

Guía de Campo

Curso de campo intensivo sobre
**SEDIMENTOLOGÍA
PREDICTIVA**

por Carlos Zavala

3 al 8 de Abril de 2006

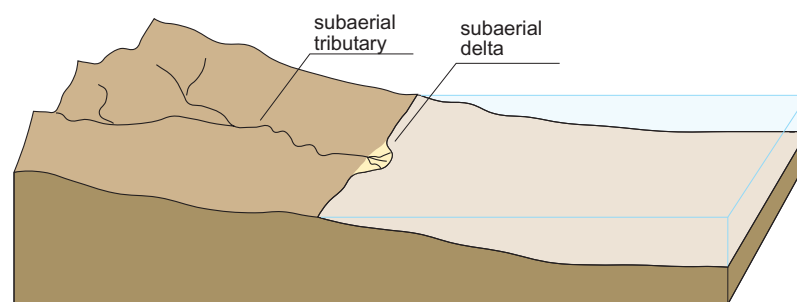


FOREWORDS

Data and interpretations provided in this field guide are largely based on field works carried out by C. Zavala over the past 19 years in the Neuquén Basin. These interpretations are part of an original research work which is still in progress. The author is responsible for most of the stratigraphic and sedimentological analysis as well the inferred relationships with tectonics and sedimentation.

This guide must be viewed as a modest tribute to my teachers: Carlos Gulisano, Emiliano Mutti and Mirta Quattrocchio, which always support me with their friendship, guidance and inspiration. A great number of figures introduced in these notes were not published before, and remain the propriety of C. Zavala. The writer assumes that these figures will be used by Geologists attending the course only for personal and academic training. Other uses of the material (commercial, publishing, etc.) are not allowed without the permission of the author.

Fluvio-deltaic system



Hyperpycnal system

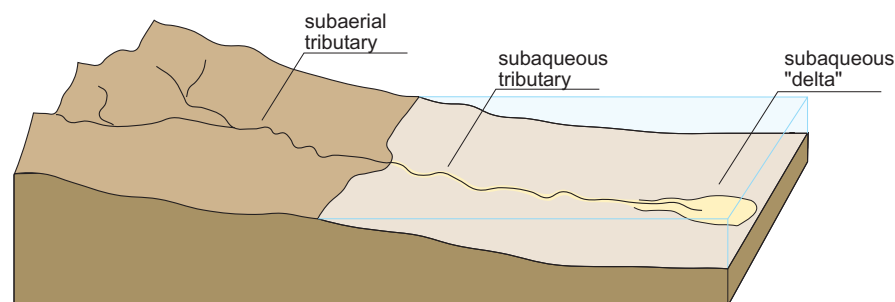
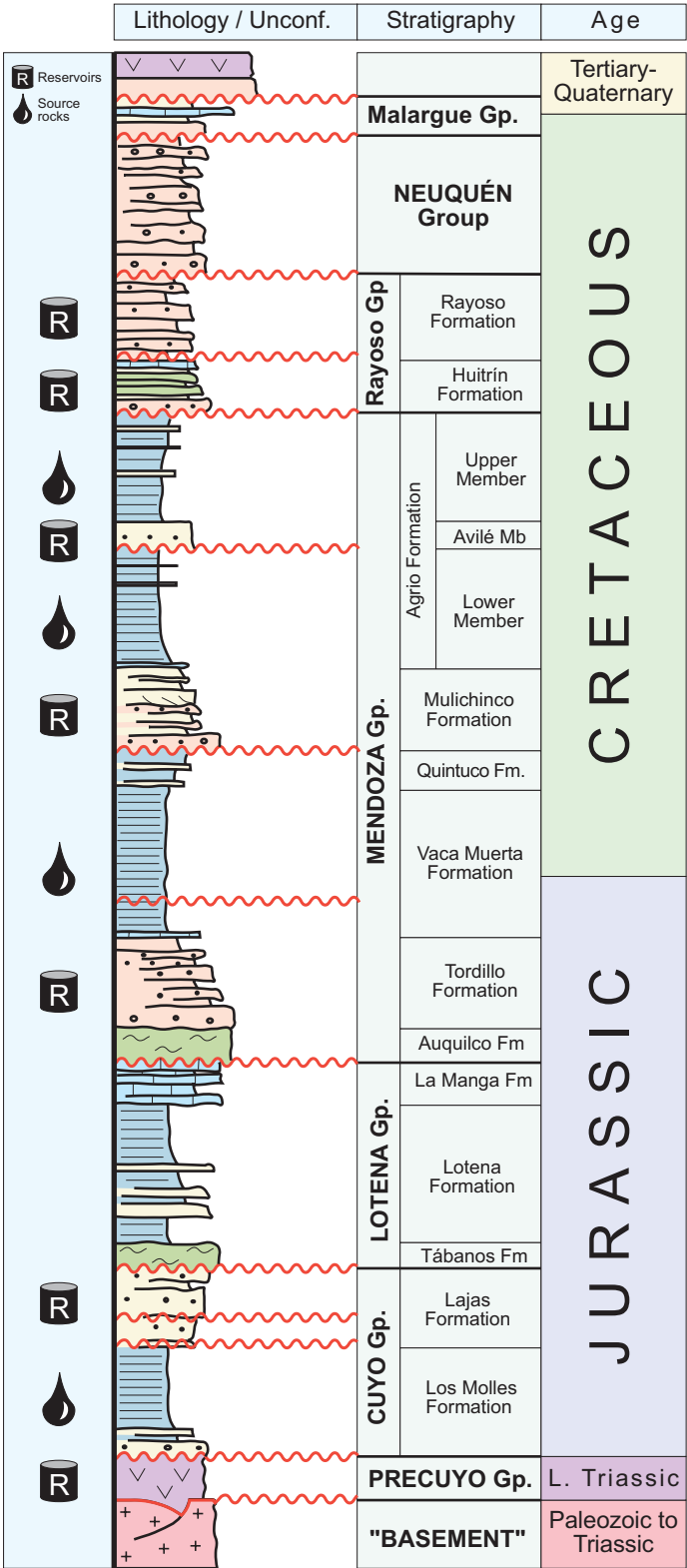


Fig. 1: Similarities and differences between fluvio-deltaic and hyperpycnal systems. Note that hyperpycnal systems represent the subaqueous extension of the fluvial system, and are characterized by subaqueous tributaries

Generalized stratigraphic column for the western portion of the Neuquén Basin, Argentina. (without scales)





*Día
Uno*

Sierra de la Vaca Muerta

Día 1**11:00 - 19:00 Field Trip**

Lóbulos de espesor anómalo relacionados a flujos hiperpícnicos de larga duración en la Fm Lotena. Evidencias de actividad tectónica jurásica fuera del ámbito de la Dorsal y su control en la estratigrafía. Estructuras compresivas de crecimiento durante la acumulación del Grupo Cuyo. Estructuras distensivas lítricas a la base del Grupo Lotena.

13:00 Almuerzo en el arroyo Covunco

Facies de carga de lecho relacionadas a flujos hiperpícnicos en la Fm Tordillo. Evidencias de disolución (karstificación) en el techo de las calizas de la Formación La Manga. Actividad tectónica oxfordiana en la Sierra de la Vaca Muerta. Discusión.

Stop 1**La sucesión estratigráfica de Arroyo Covunco**

Material de referencia : Figs. 2, 4 & 6.

Puntos de observación :

- 1.- Análisis de la columna aflorante
- 2.- Estratigrafía secuencial de la Fm Lajas
- 3.- Espesor de la Fm Tordillo

Stop 2**Los grupos Cuyo y Lotena al oeste de Los Catutos**

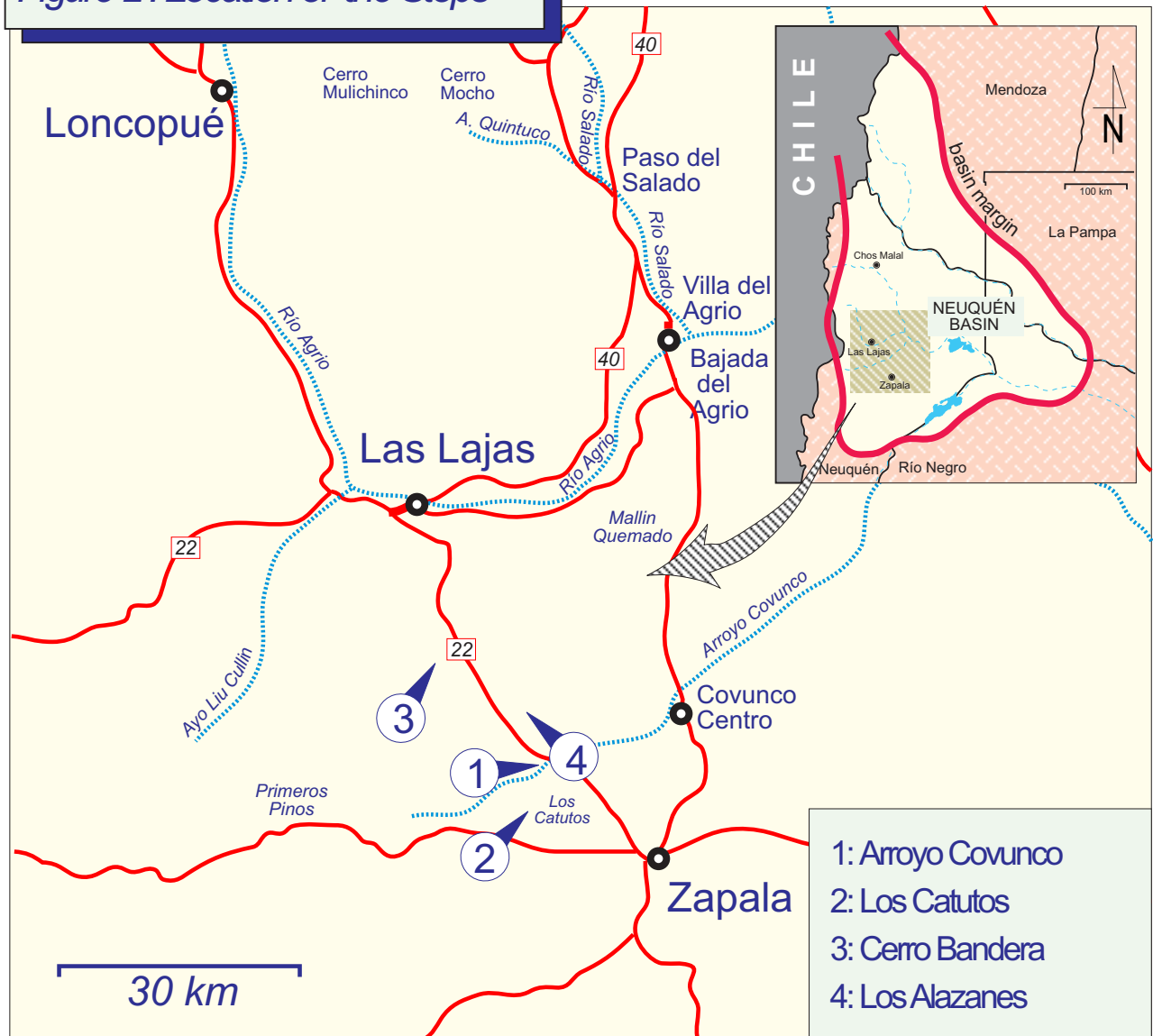
Material de referencia : Figs. 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 & 19.

Puntos de observación :

- 1.- La discordancia entre los grupos Cuyo y Lotena
- 2.- Evidencias de actividad tectónica distensiva en el contacto
- 3.- Características de lóbulos de plataforma confinados (espesos) y no confinados.
- 4.- Leve discordancia angular entre las formaciones Tordillo y Lotena.

Puntos de discusión :

- 1.- Evidencias de campo de actividad tectónica durante el Jurásico
- 2.- Mecanismo de acumulación para capas espesas de areniscas masivas.
- 3.- Implicancias petroleras.

Day 1*Figure 2 : Location of the Stops*

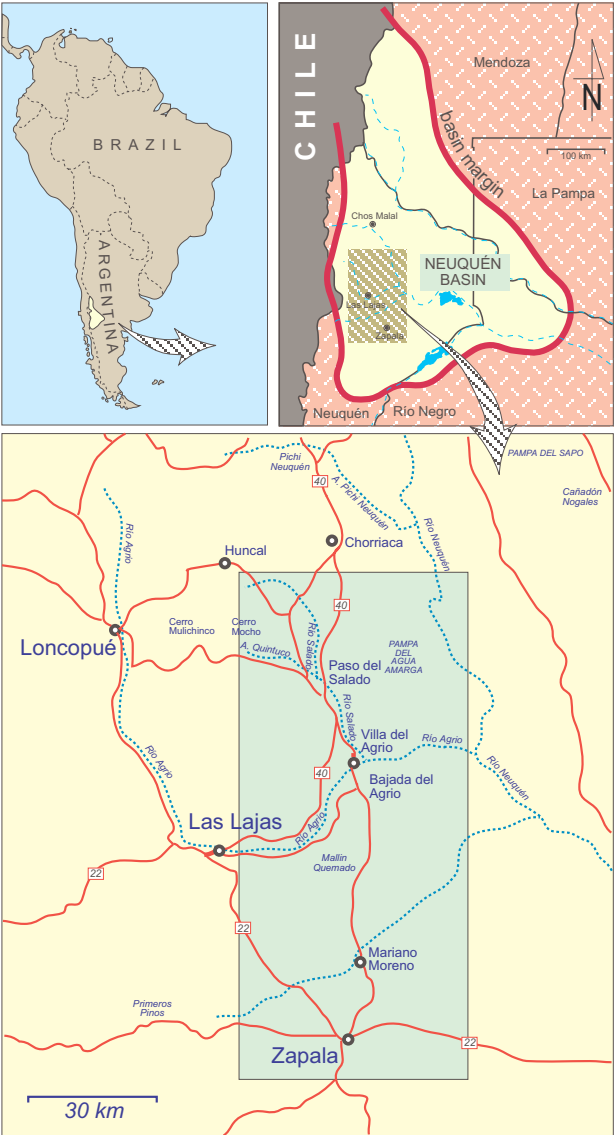
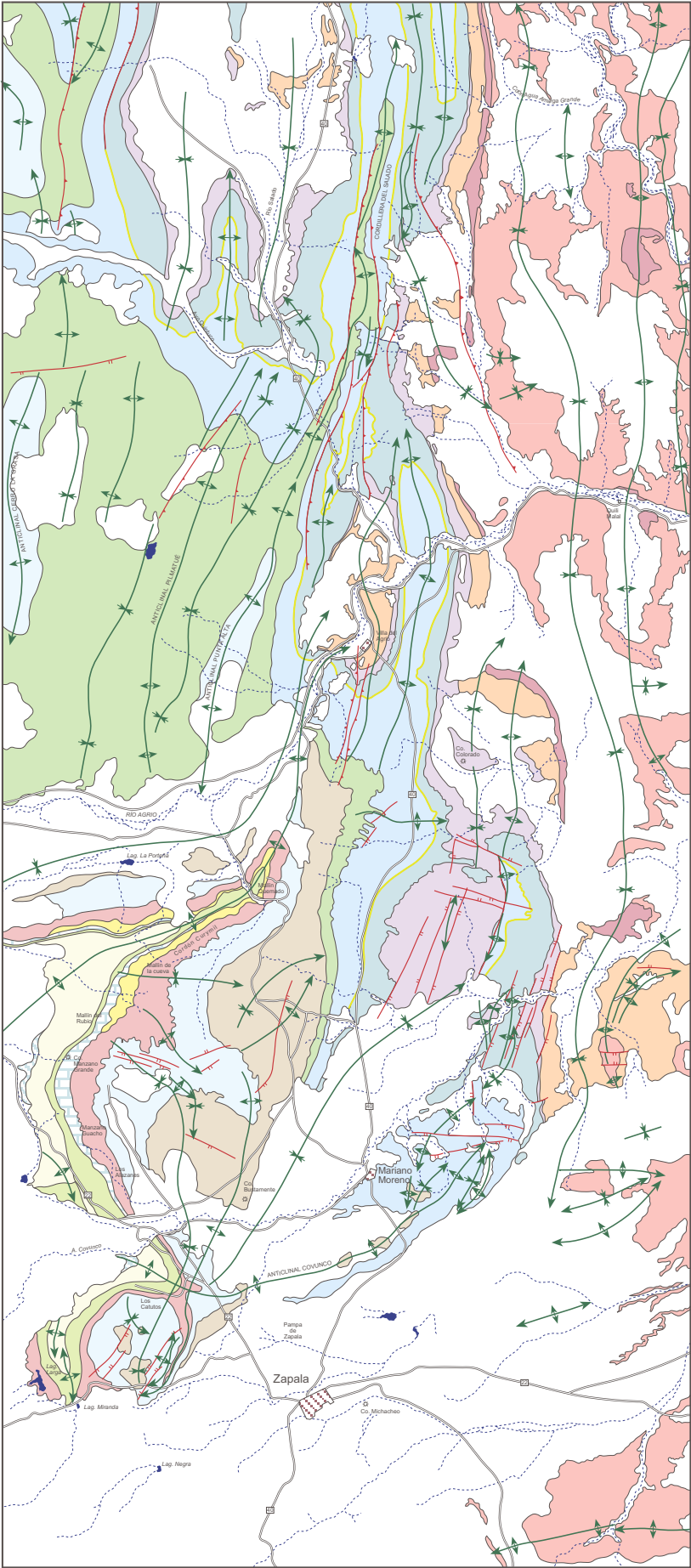
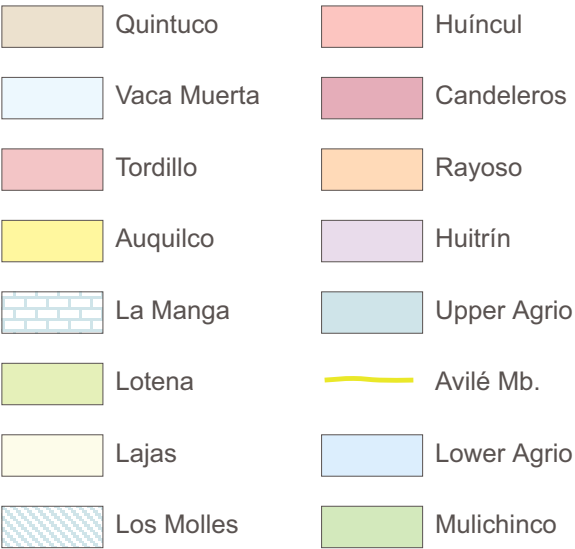
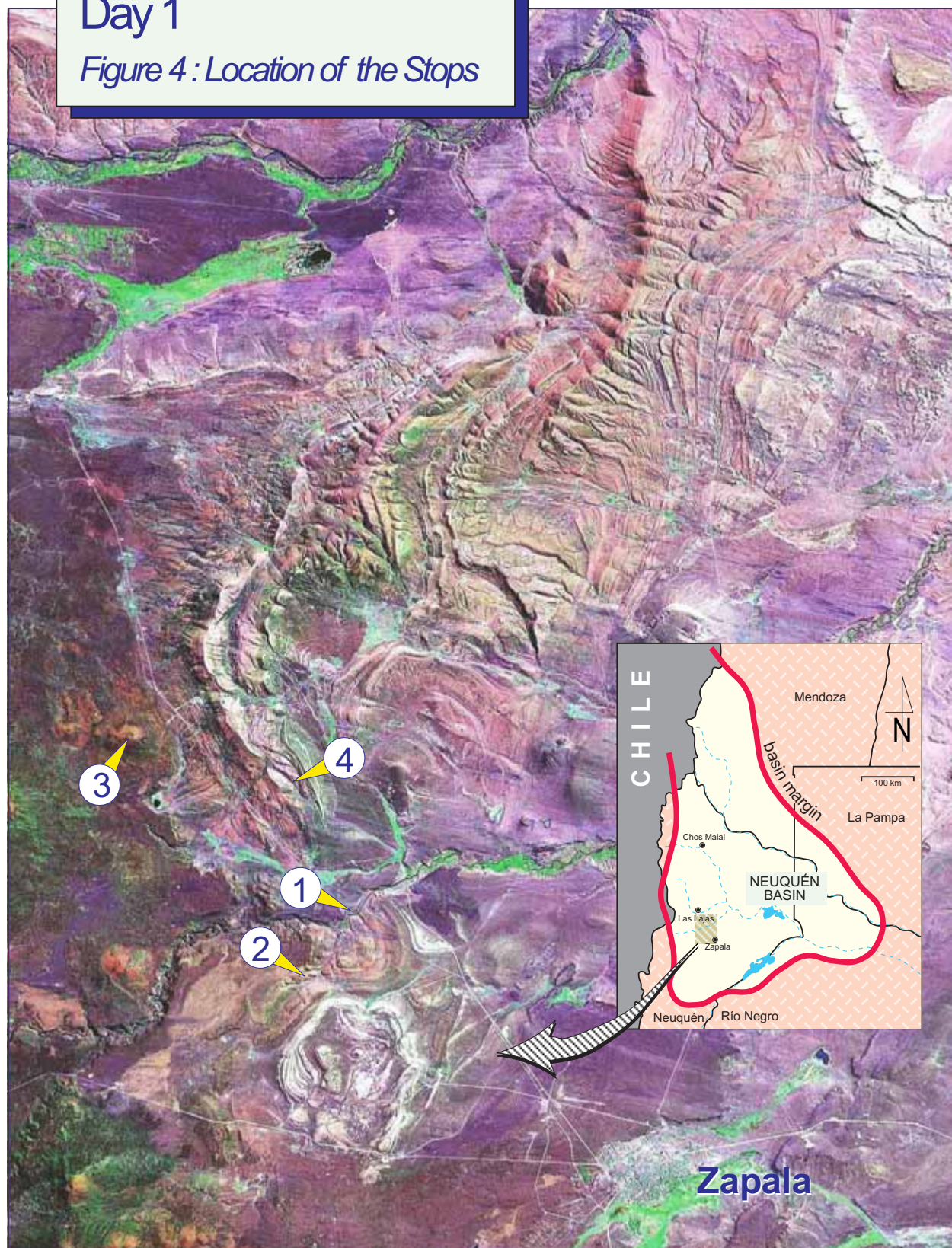


Fig. 3: General geologic map of the Sierra de la Vaca Muerta and the Agrio foldbelt



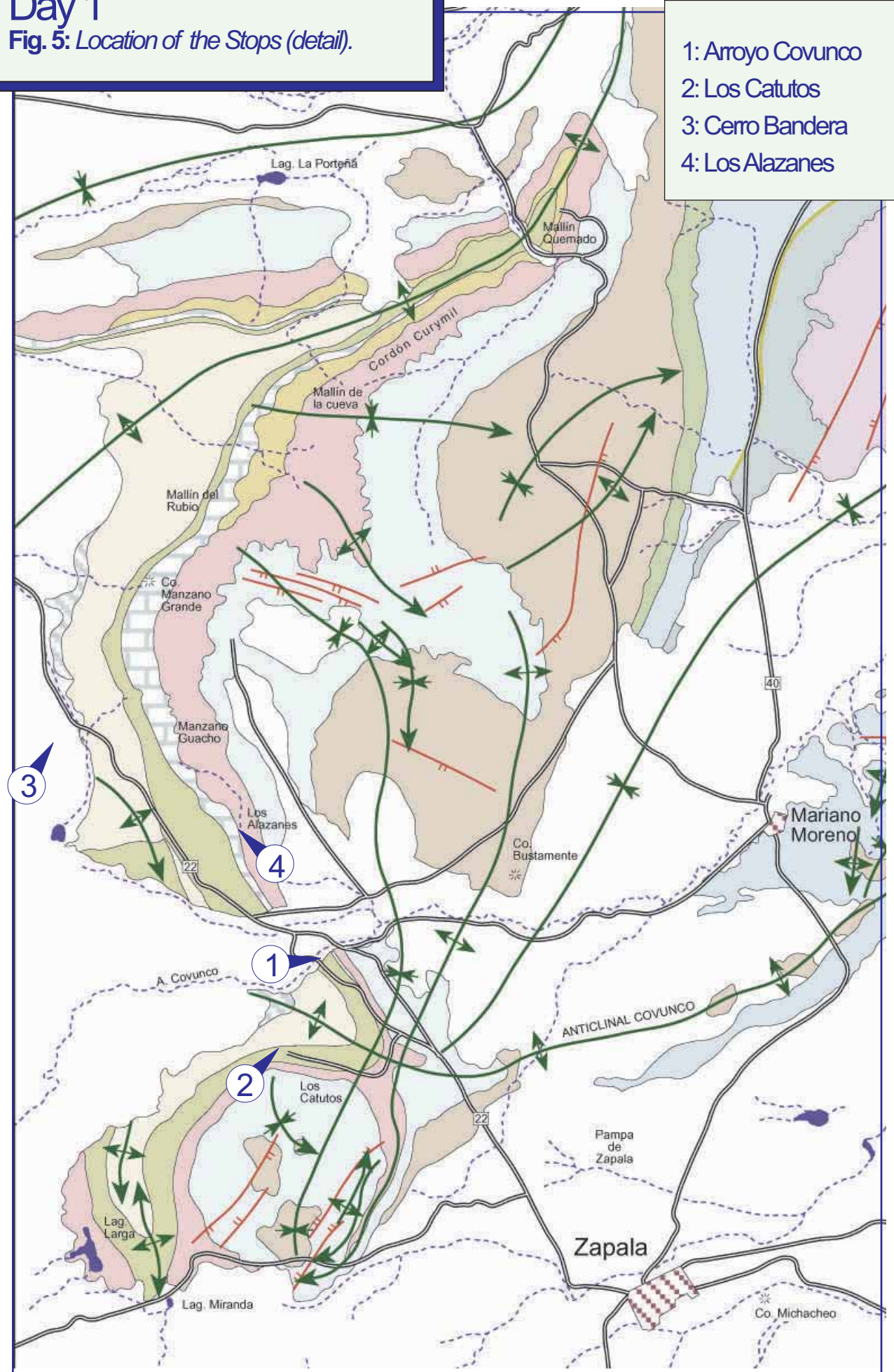
Day 1

Figure 4 : Location of the Stops

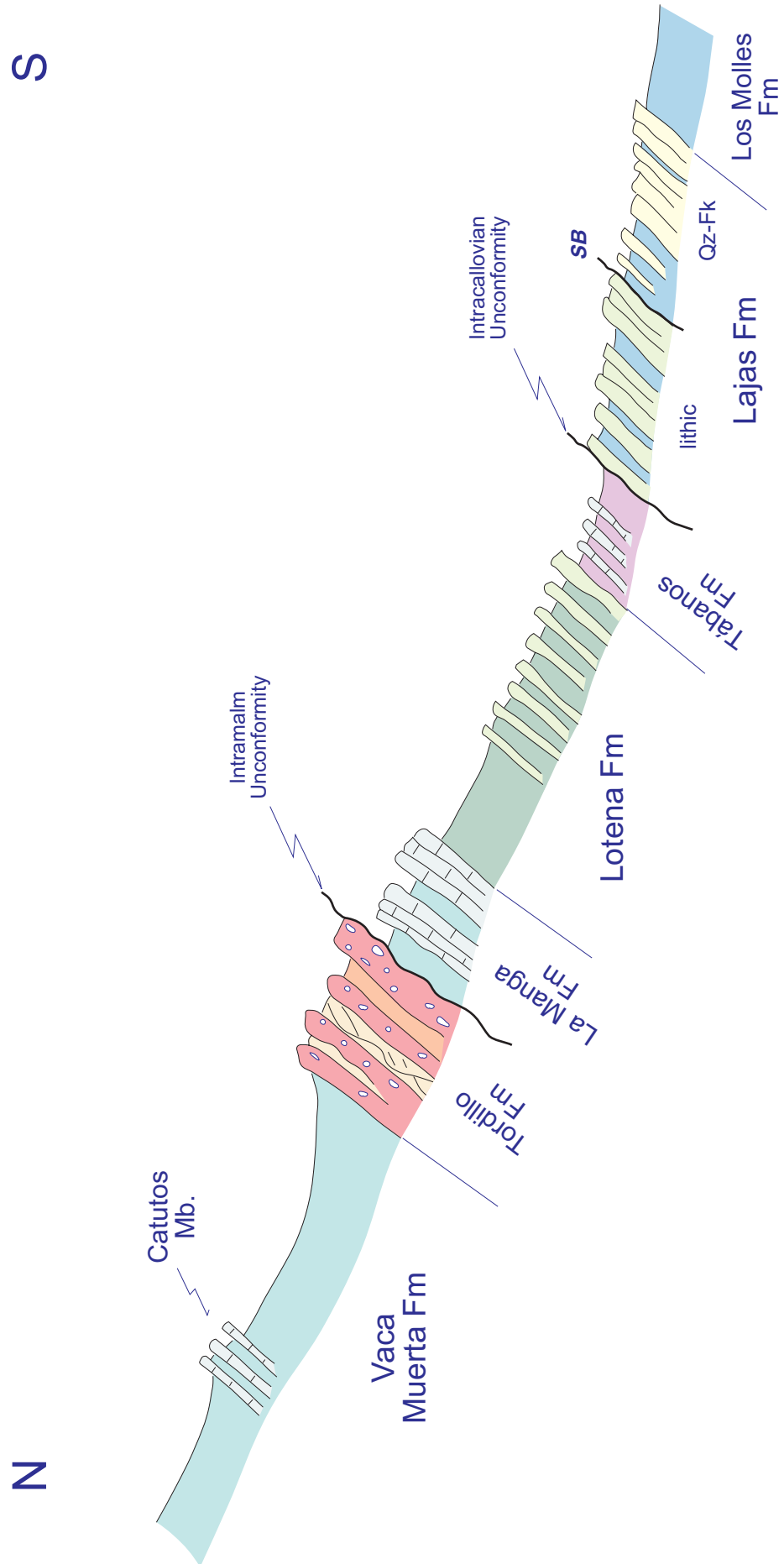


Day 1

Fig. 5: Location of the Stops (detail).



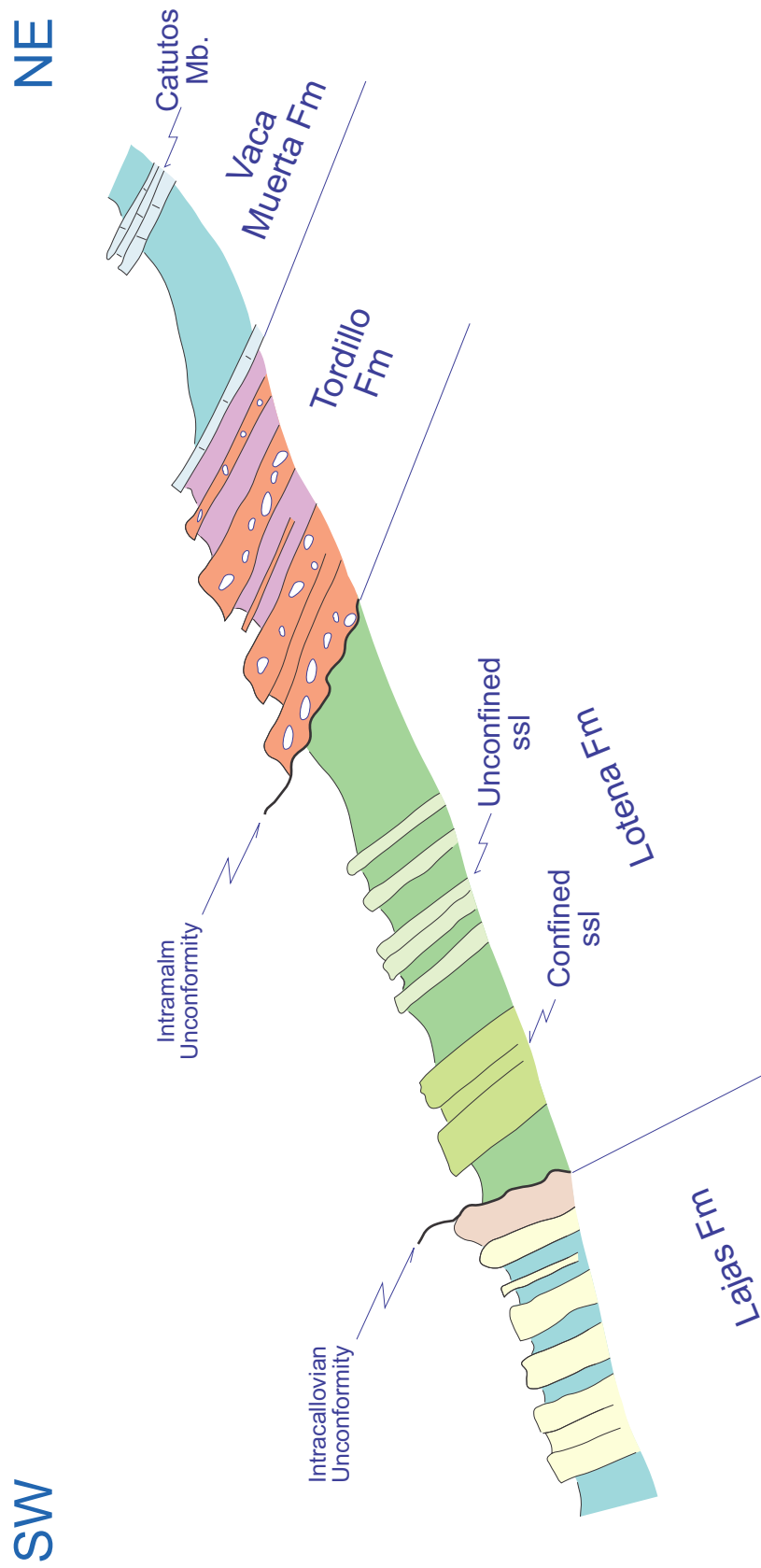
Day 1, Stop 1

Fig. 6 : Generalized geological section in the Arroyo Covunco area. Without scales.

Day 1: Stop 2

Fig. 7

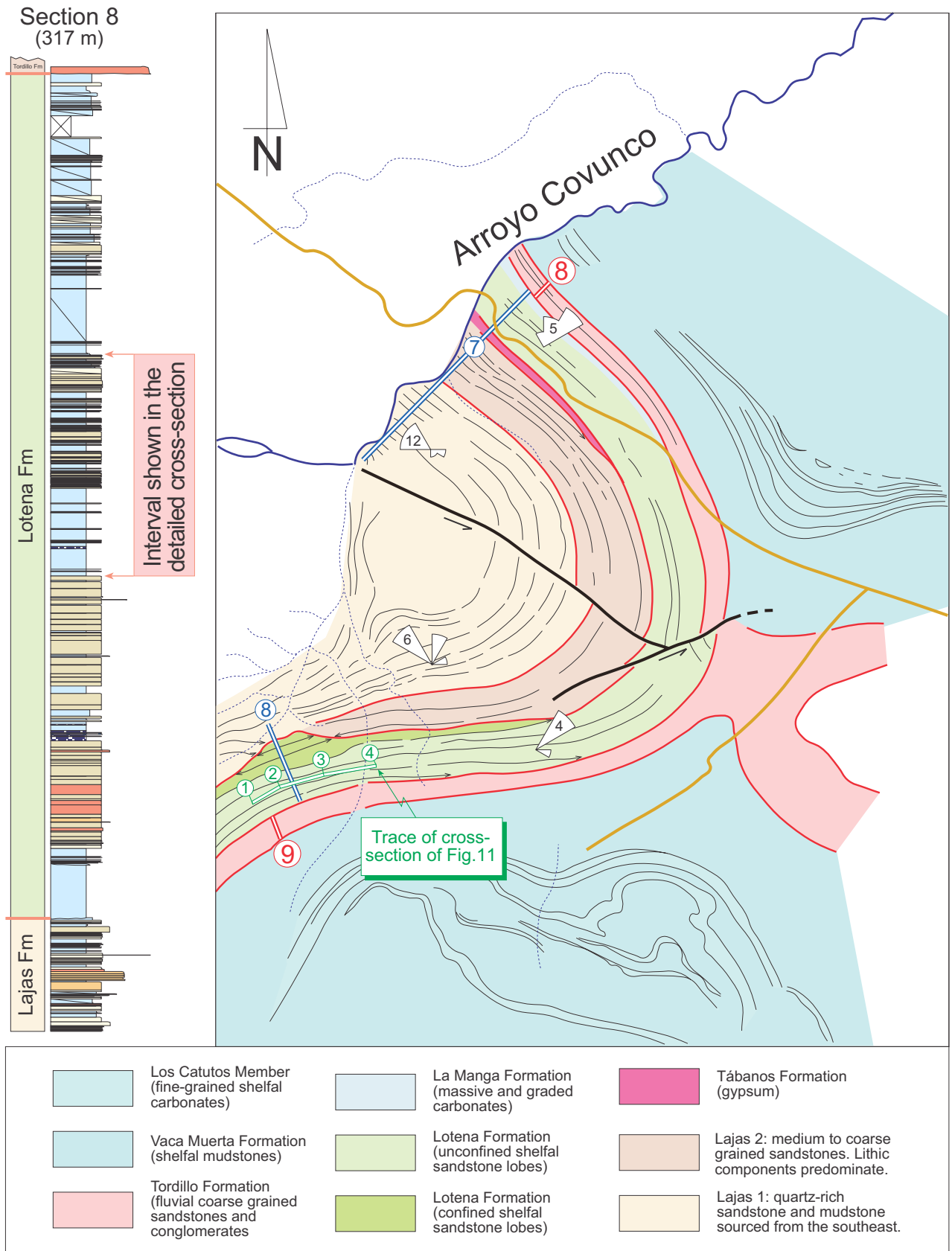
Generalized geological section in the Los Catutos area. Note the angular nature of the Intramalm unconformity. Without scales.

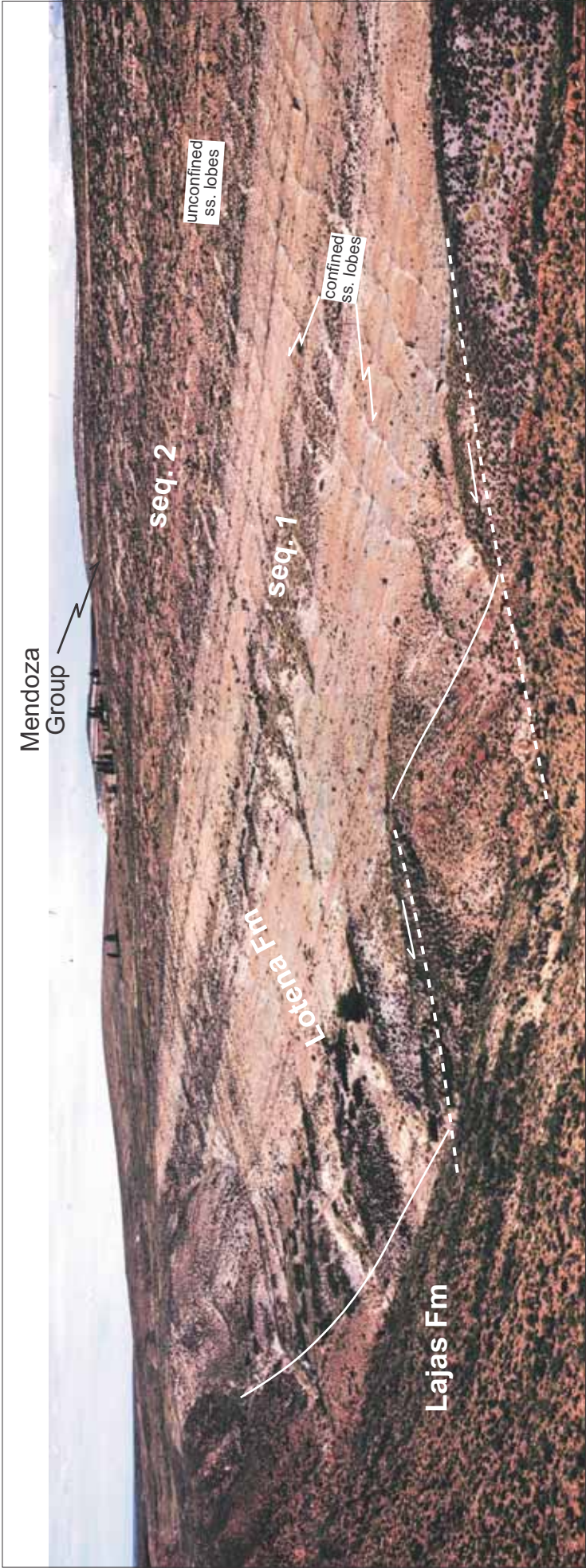


Day 1 , Stop 2

Fig. 8

Geologic sketch-map and stratigraphic section of the Los Catutos area, showing the location of the detailed stratigraphic cross-section of Fig. 11





Day 1 , Stop 2

Fig.9

Panoramic view of the field relationships between the Cuyo and Lotena Groups at the Los Catutos area. View towards the NE.

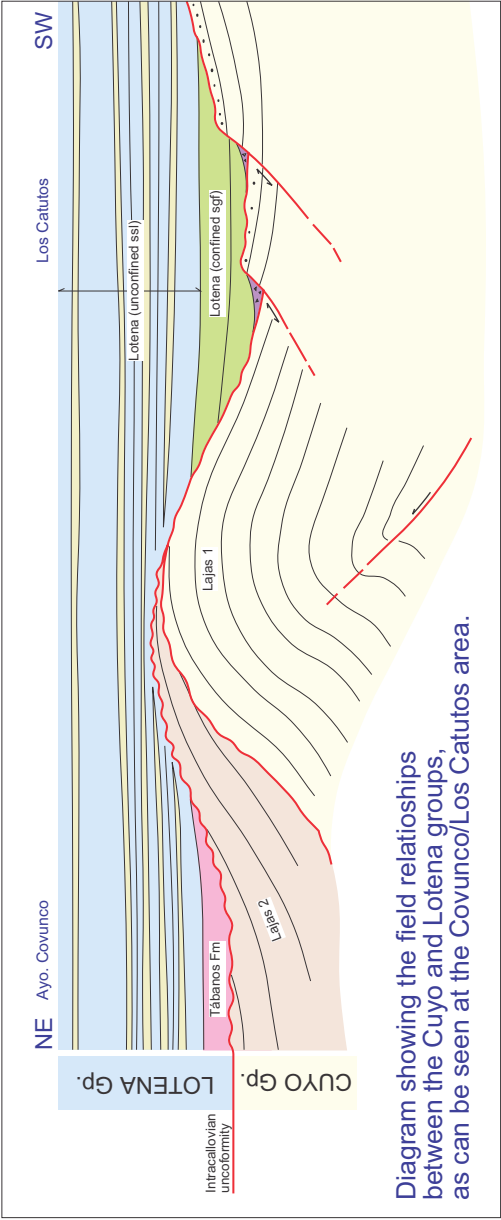


Diagram showing the field relationships between the Cuyo and Lotena groups, as can be seen at the Covunco/Los Catutos area.

Day 1, Stop 2

Fig. 10

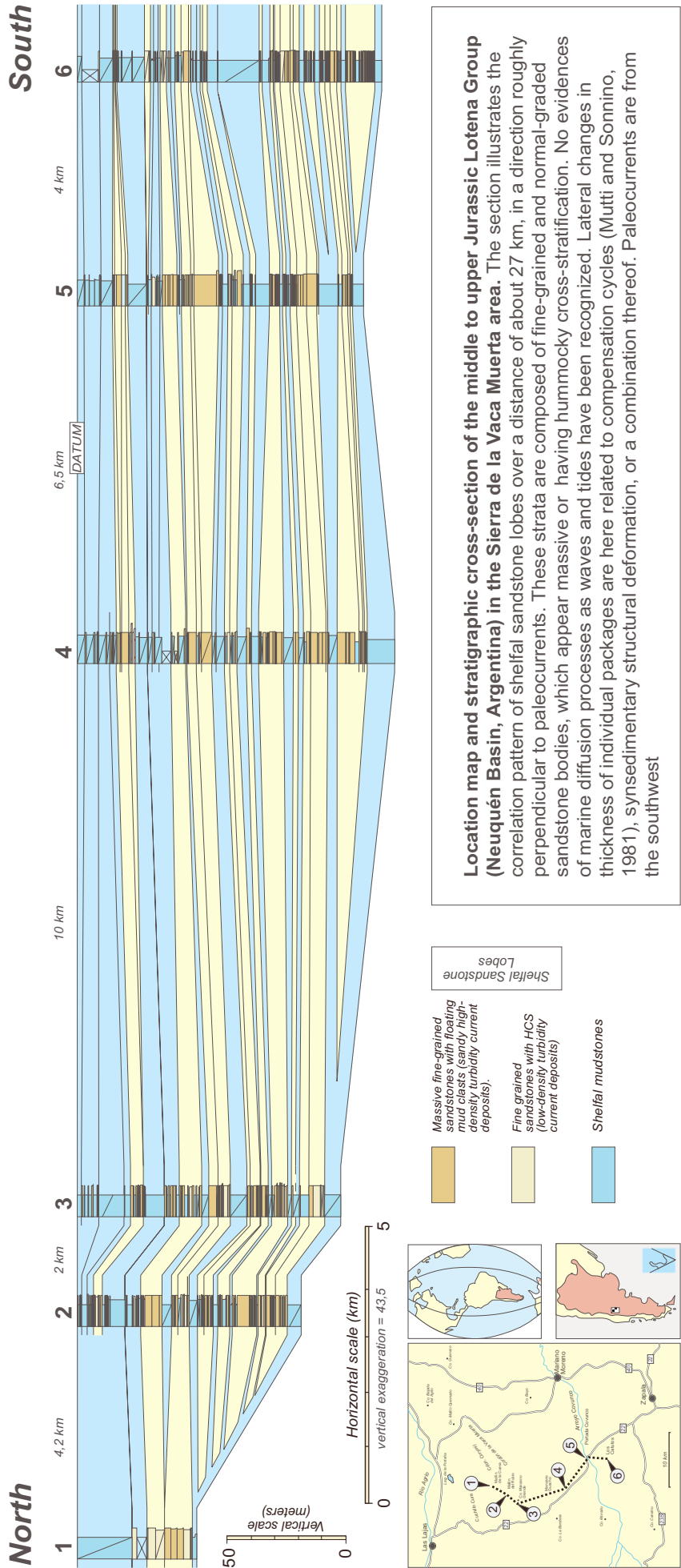


Fig.11: Detailed correlation of shelfal sandstone lobes of the Lotena Fm. (partial) at the Los Catutos area. Note the overall tabular geometry. See Fig. 8 for location and their position in the succession.

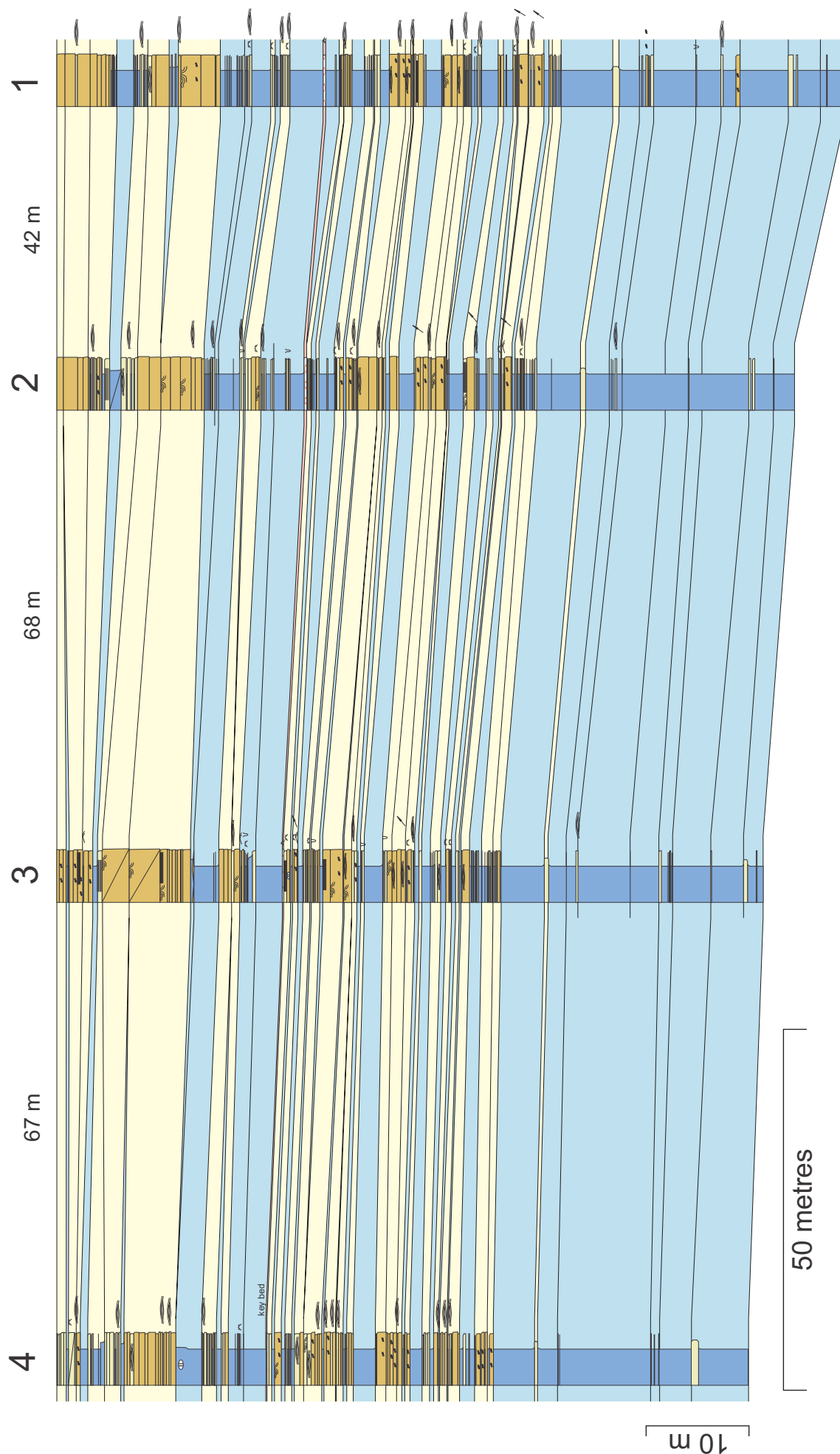
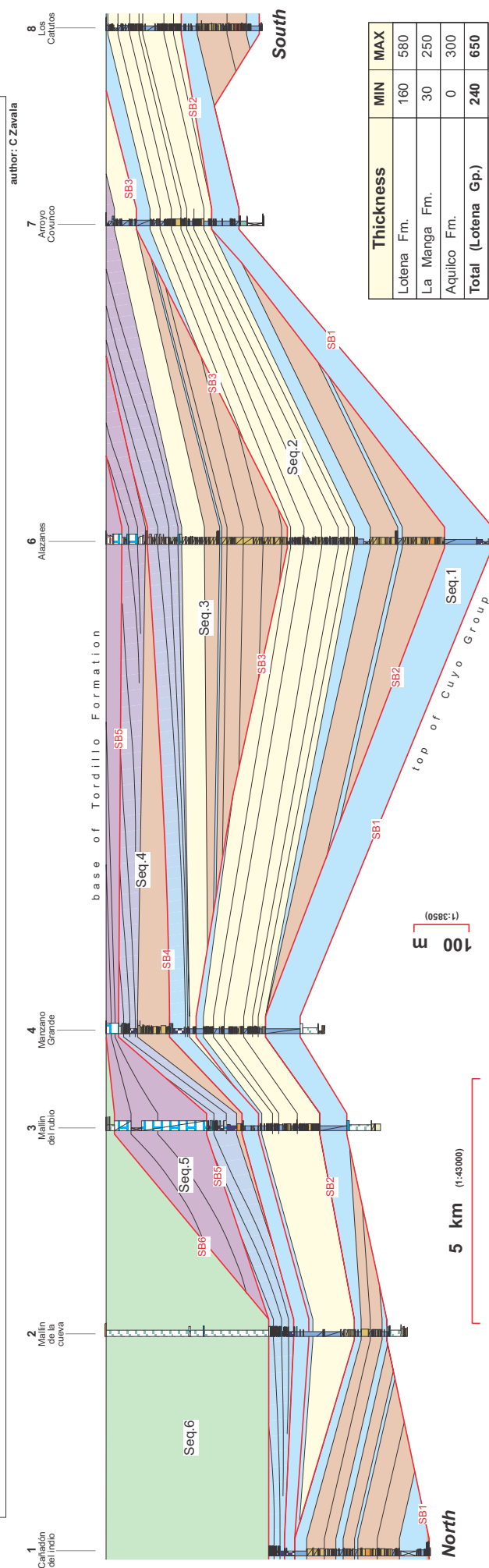


Fig.12: Cross section of the Lotena Group in the Sierra de la Vaca Muerta Area



1:1

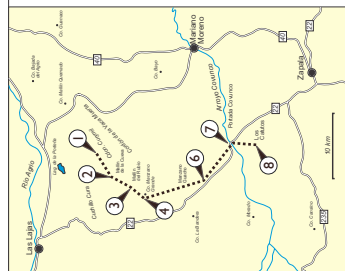
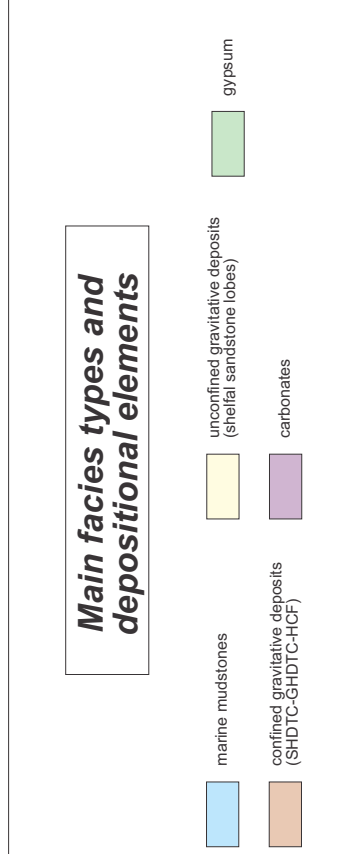
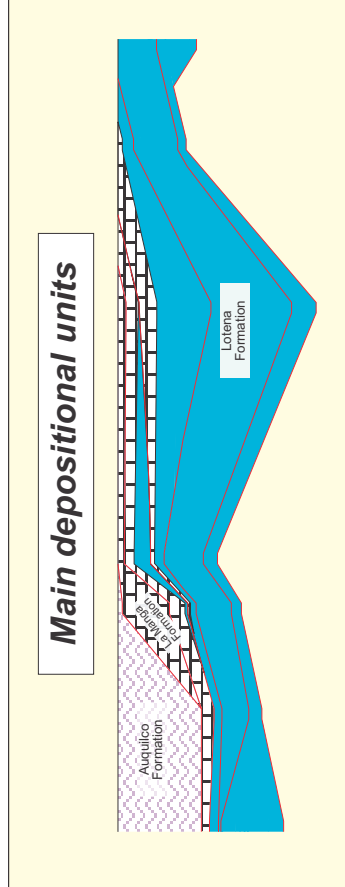


Figure 13 : Stratigraphic evolution of the Lotena Group in the Sierra de la Vaca Muerta area

author: C Zavala

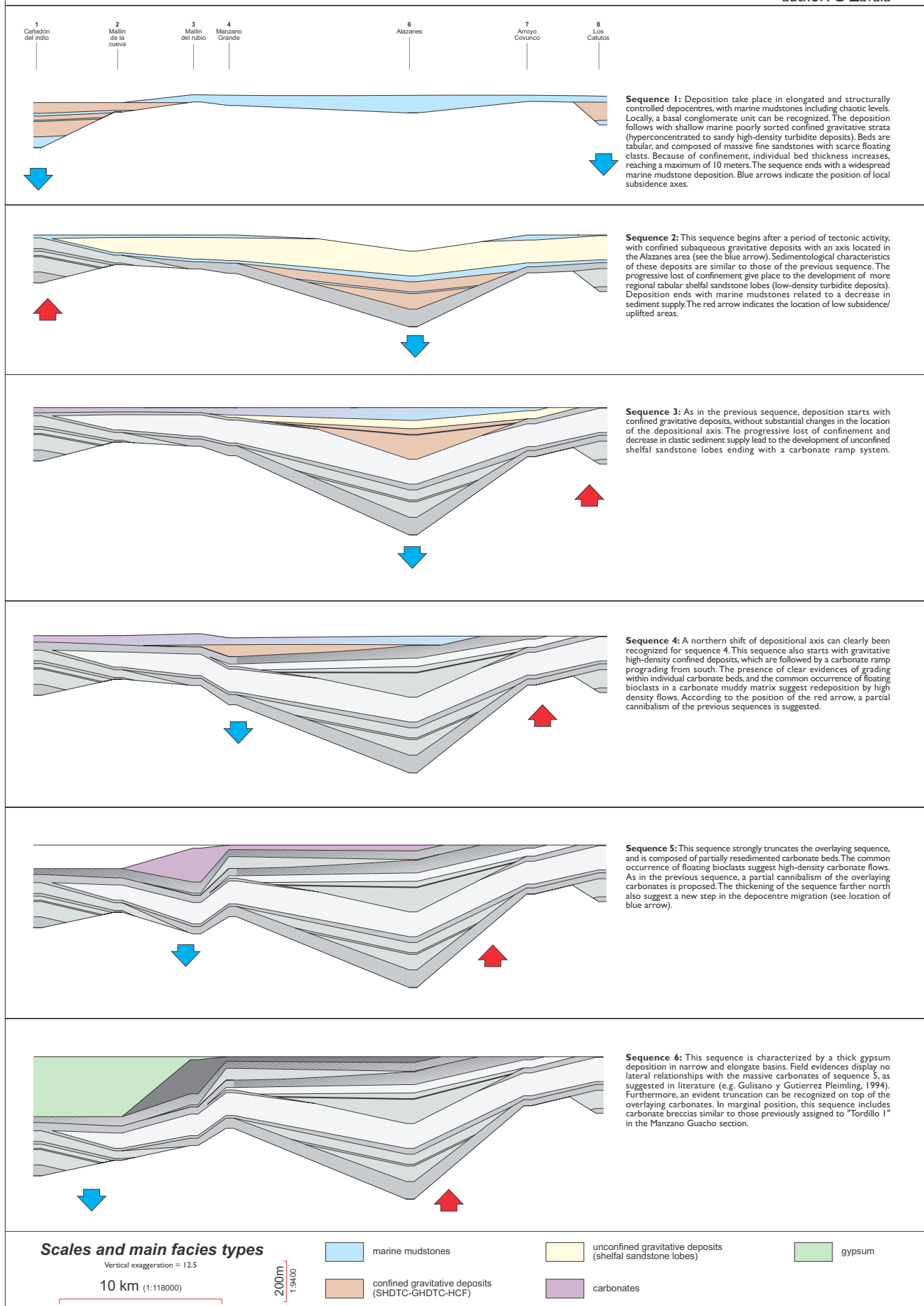
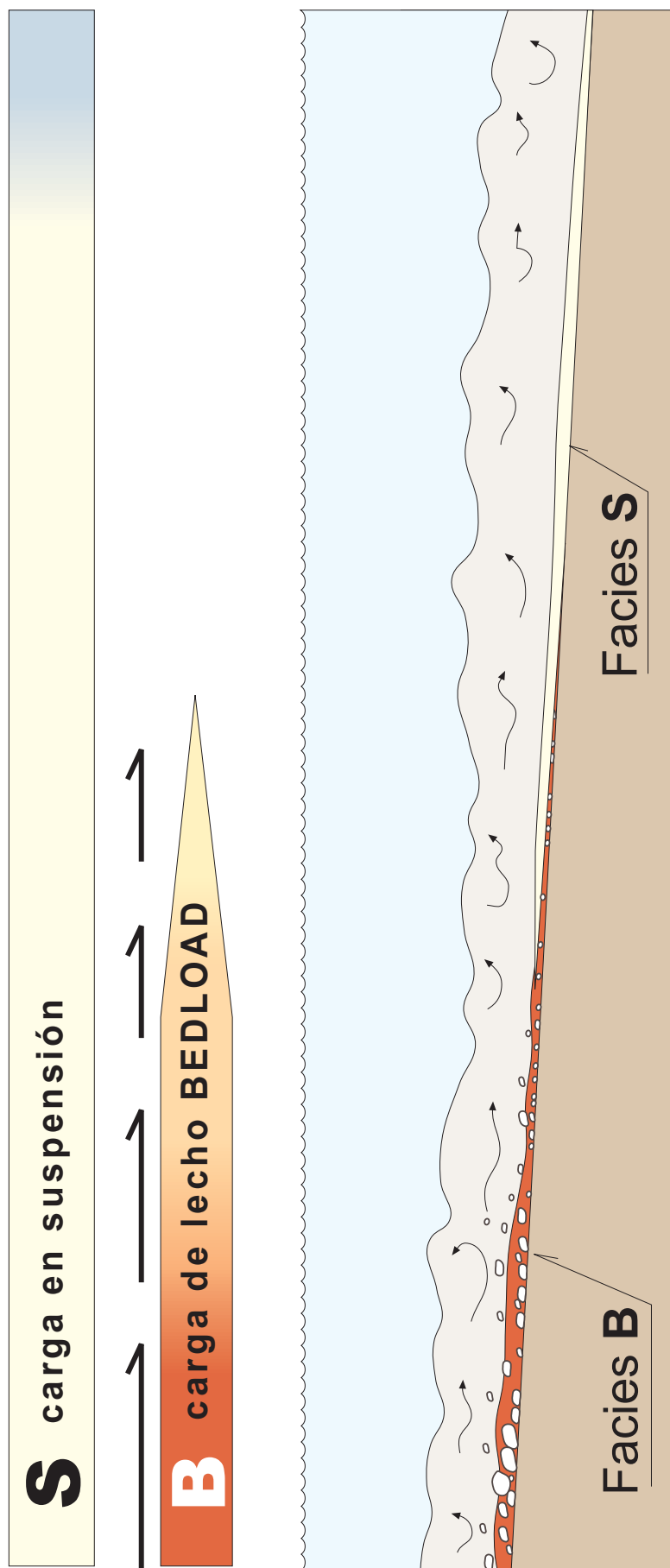


Fig. 14: Tracto de facies idealizado para flujos hiperpícnicos



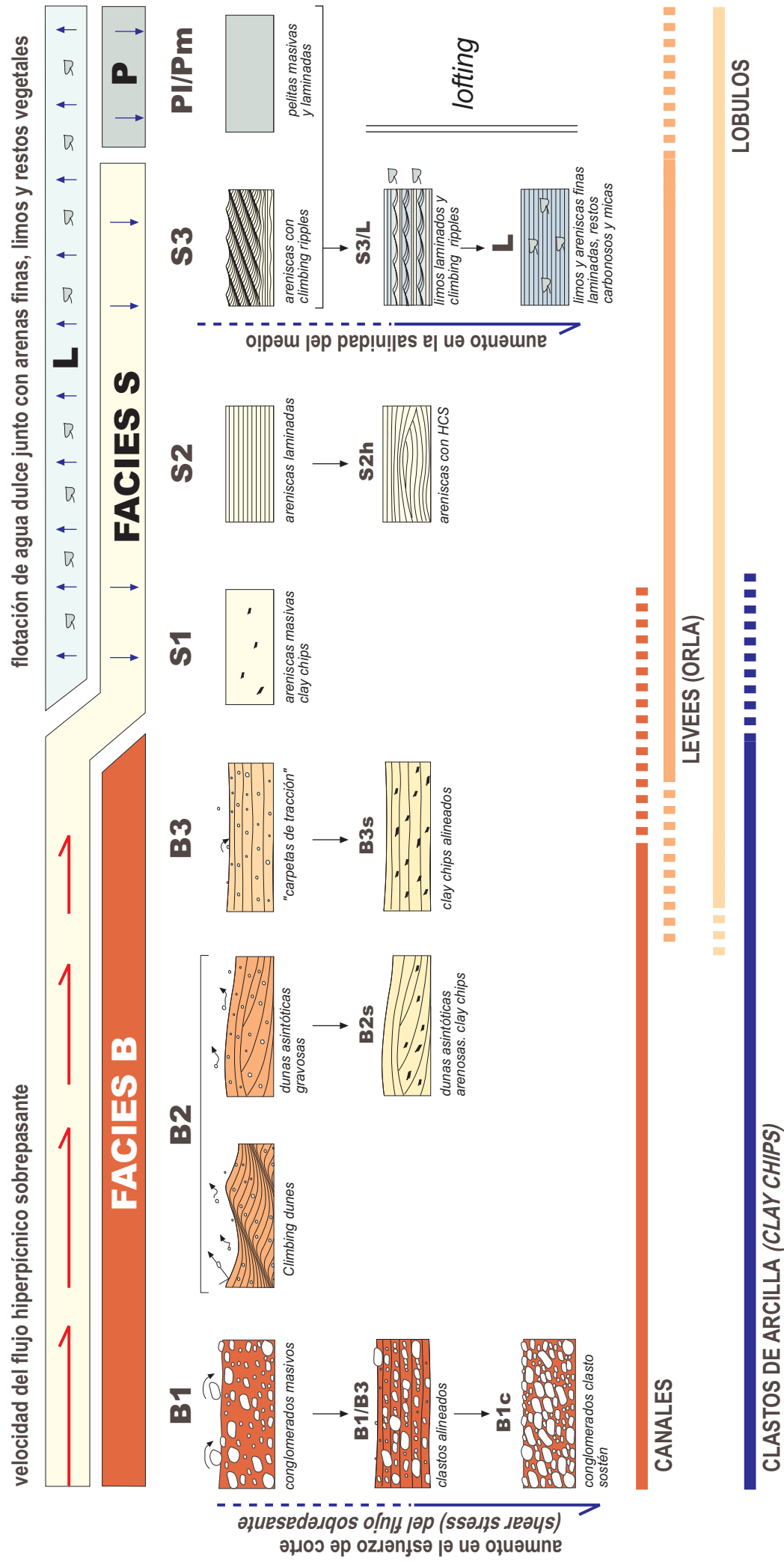


Fig. 15: Esquema conceptual para la interpretación genética de las facies clásticas relacionadas a sistemas hiperpícnicos. Las facies **tipo B** corresponden a carga de lecho relacionada a un flujo turbulento sobrepasante de larga duración. Las facies de **tipo S y P** corresponden a depósitos relacionados al colapso del material en suspensión en el flujo turbulento. Las facies **L**, corresponden a areniscas finas y limos laminados con abundantes restos vegetales, relacionados a la pluma de "lofting". Esta última facies es común en medios marinos, llegando en sectores a sustituir a la facies S3.

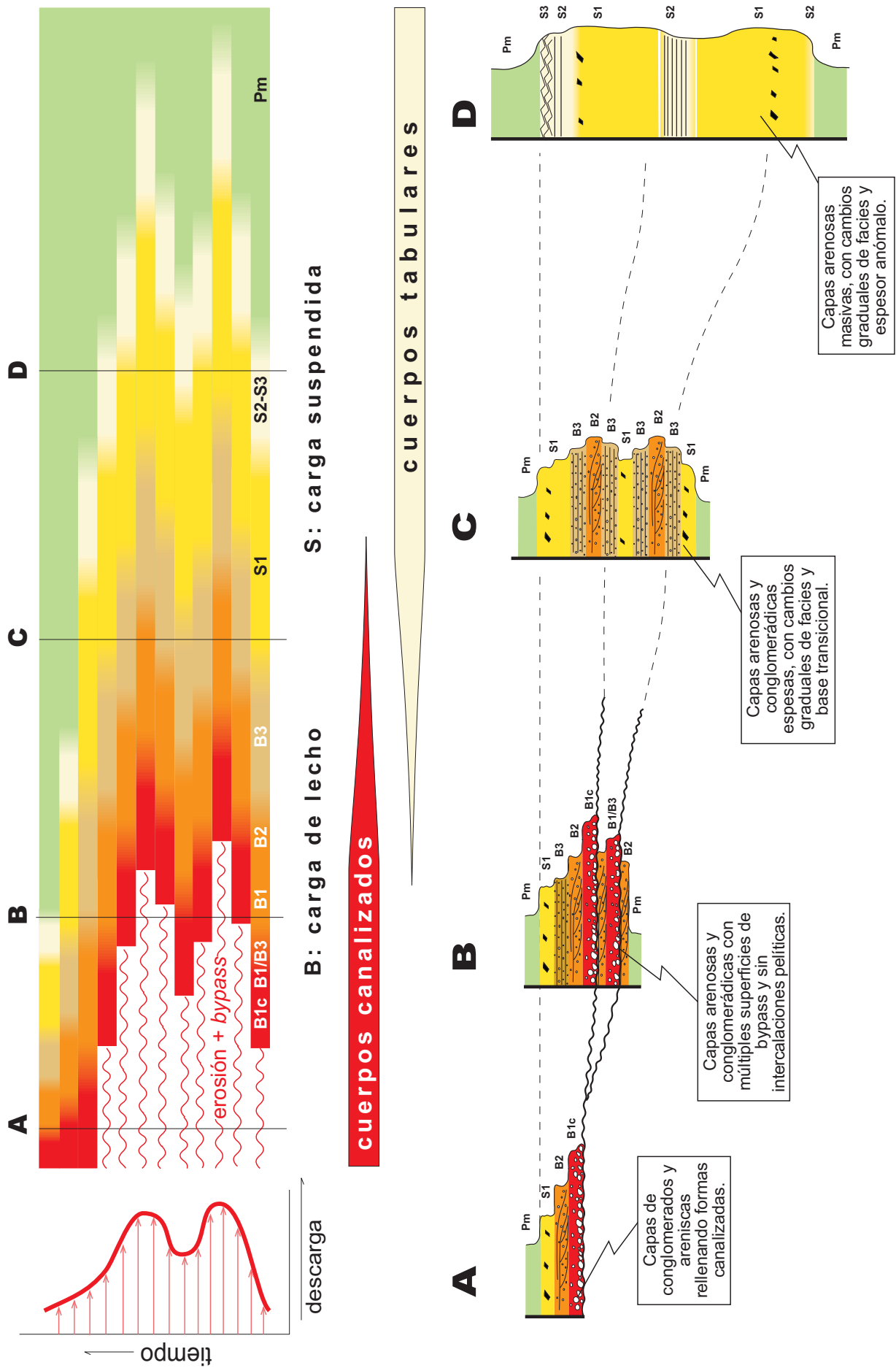


Fig. 16: Diagrama ejemplificando las relaciones genéticas entre las facies reconocidas, y su respuesta a lo largo de la evolución de un flujo turbulento casi estacionario, de larga duración y con carga de lecho asociada. Note como en B la presencia de superficies de erosión interna y *bypass* no indica necesariamente la existencia de eventos distintos. Note además en C y D como las capas resultantes muestran pasajes transicionales y recurrencia entre las facies, lo cual es diagnóstico de descargas de larga duración con energía fluctuante. Mas explicaciones en el texto.

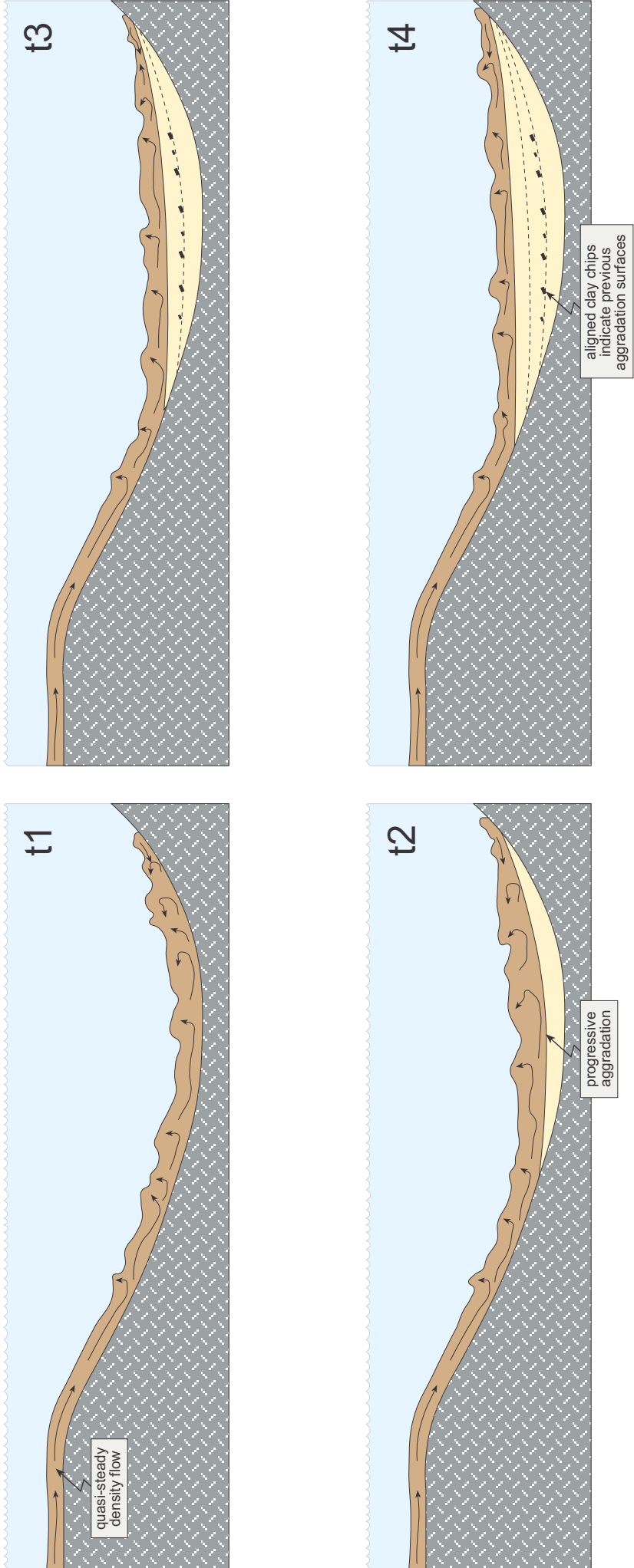


Fig 17: Conceptual diagram for the deposition of thick massive beds from quasi-steady underflows. Lotena Formation

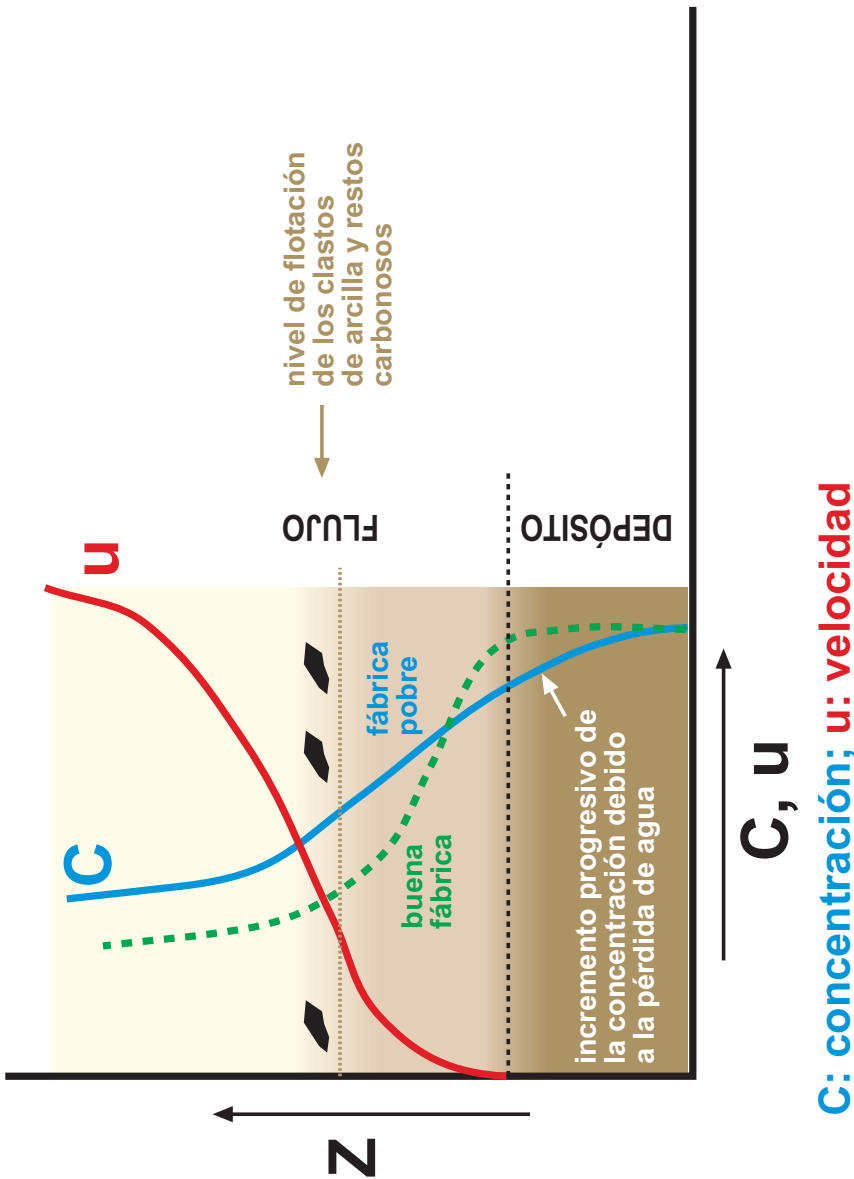


Fig. 18: Esquema conceptual para la acumulación de niveles espesos de arenas masivas a partir de flujos sostenidos casi estacionarios, con una alta tasa de decantación. Note que la ausencia de una superficie reológica definida entre el depósito y el flujo inhibe la generación de formas de lecho, y favorece la generación de una zona de transición con una alta concentración de sedimentos y una alta densidad relativa. En razón de su menor densidad, los clastos de arcilla a menudo tienden a flotar sobre esta zona de transición. Modificado de Kneller & Branney 1995.

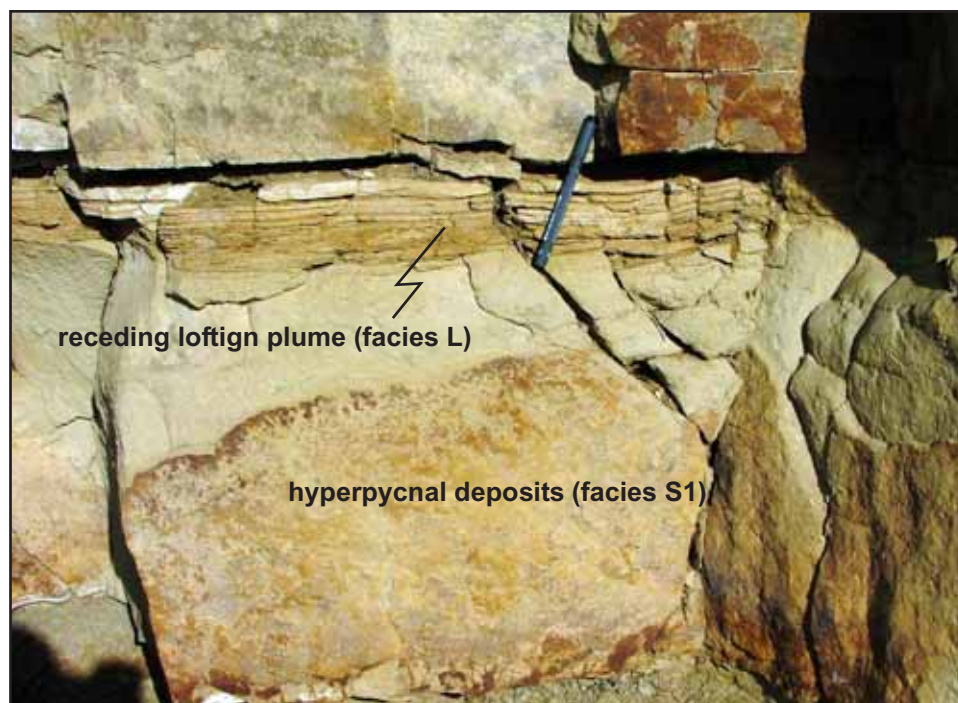
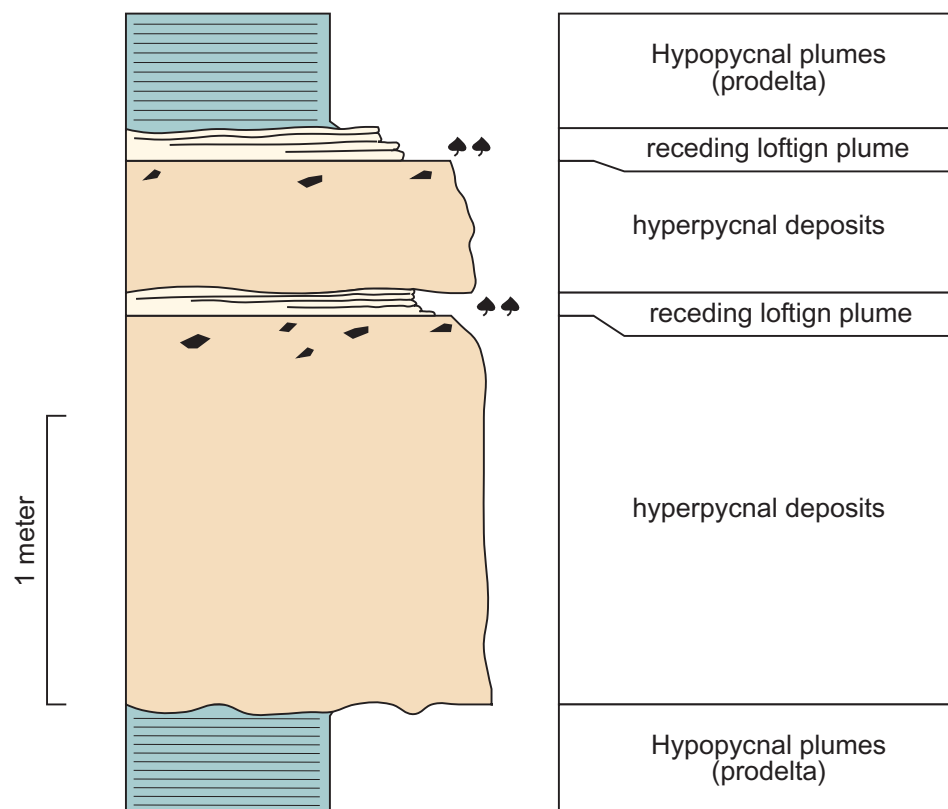


Fig. 19. Vista de los niveles de arenas masivas pertenecientes a la Fm Lotena en Los Catutos. Se indican hacia el techo las arenas y limos laminados con abundantes restos vegetales, interpretados como depósitos asociados a plumas de lofting.

Stop 3**Vista panorámica de la Sierra de la Vaca Muerta desde el Cerro La Bandera**

Objetivos : Analizar y discutir la evolución tectono-estratigráfica del Grupo Cuyo en la Sierra de la Vaca Muerta

Material de Referencia : Figs. 4, 20, 21, 22 & 23.

Puntos de observación :

- 1.- Sistema de cuñas sinorogénicas en la Formación Lajas

Puntos de discusión:

- 1.- Cambios composicionales y su relación con las áreas de aporte para la Formación Lajas.
- 2.- Significado y ubicación estratigráfica de la Formación Tábanos.
- 3.- Actividad tectónica jurásica fuera del ámbito de la Dorsal de Huíncul y su control en la estratigrafía

Stop 4**La Formación Tordillo en Los Alazanes**

Objetivos : Análisis y discusión sobre el origen de facies clásticas gruesas. Sistemas fluviales vs. sistemas lacustres de grano grueso.

Material de referencia : Figs. 4, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 29 & 30

Puntos de observación :

- 1.- Evidencias de disolución (karstificación) en el contacto entre las formaciones La Manga y Tordillo.
2. Facies gruesas relacionadas a sistemas hiperpícnicos con carga de lecho asociada.

Puntos de discusión :

- 1.- Evidencias de campo de actividad tectónica durante el Jurásico.
- 2.- Origen, significado estratigráfico y predicción de facies en la Formación Tordillo.

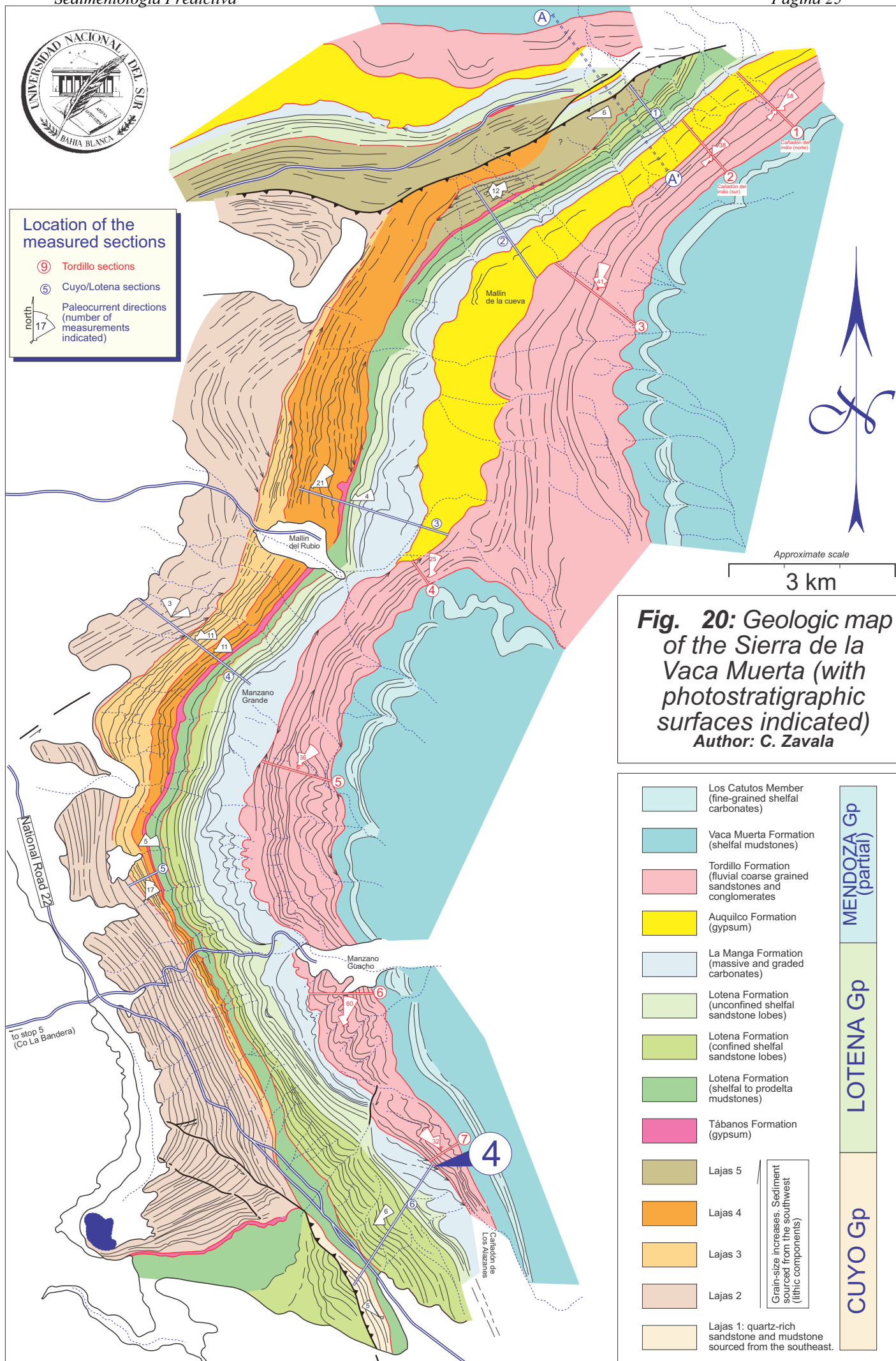
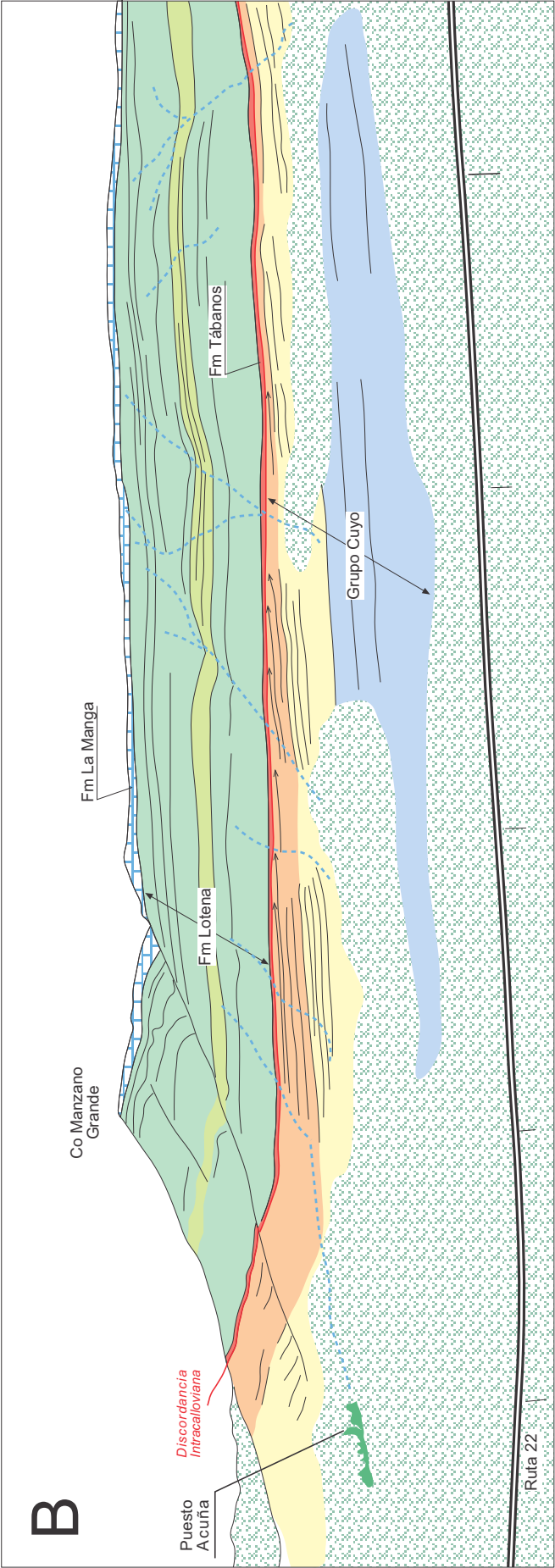
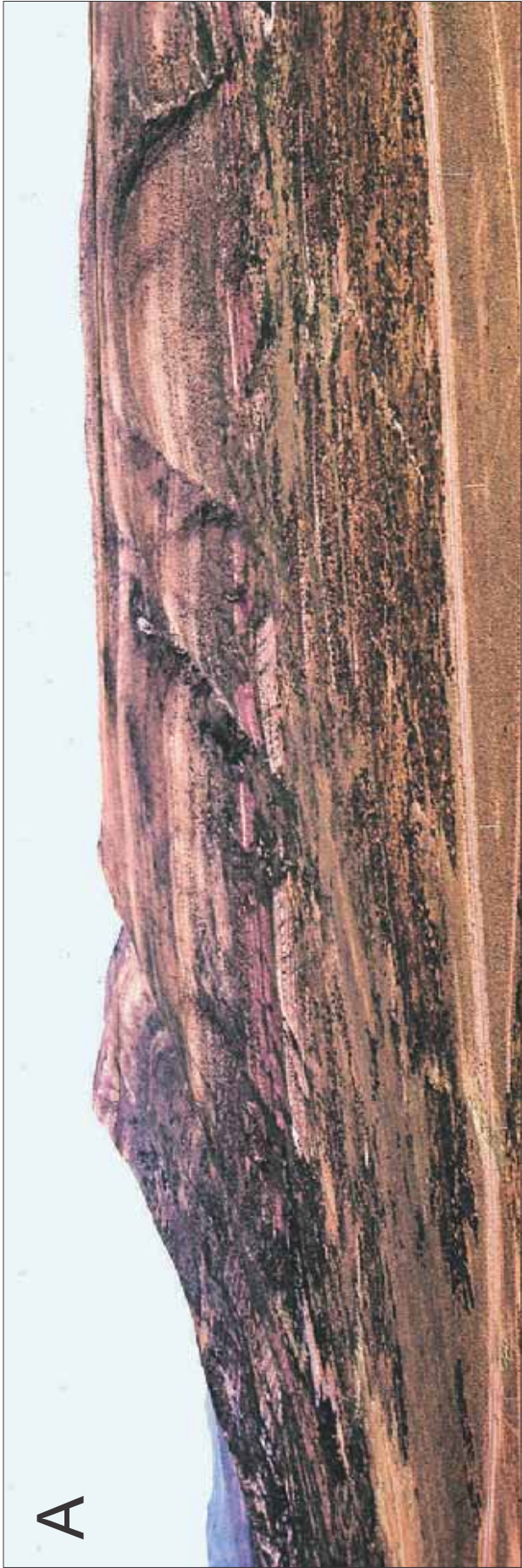


Fig. 21



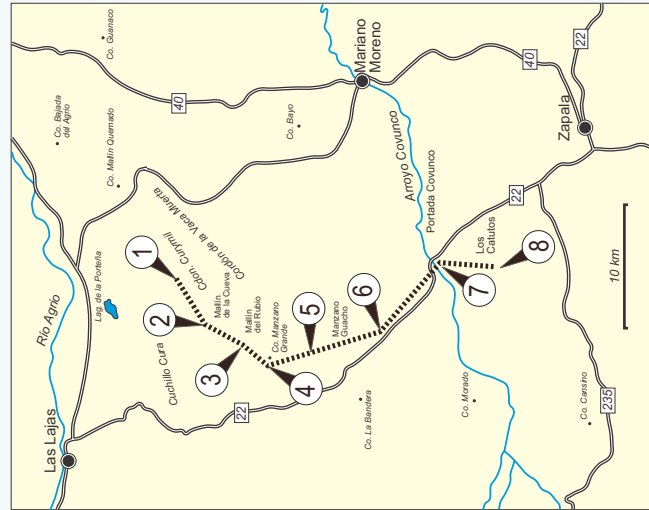
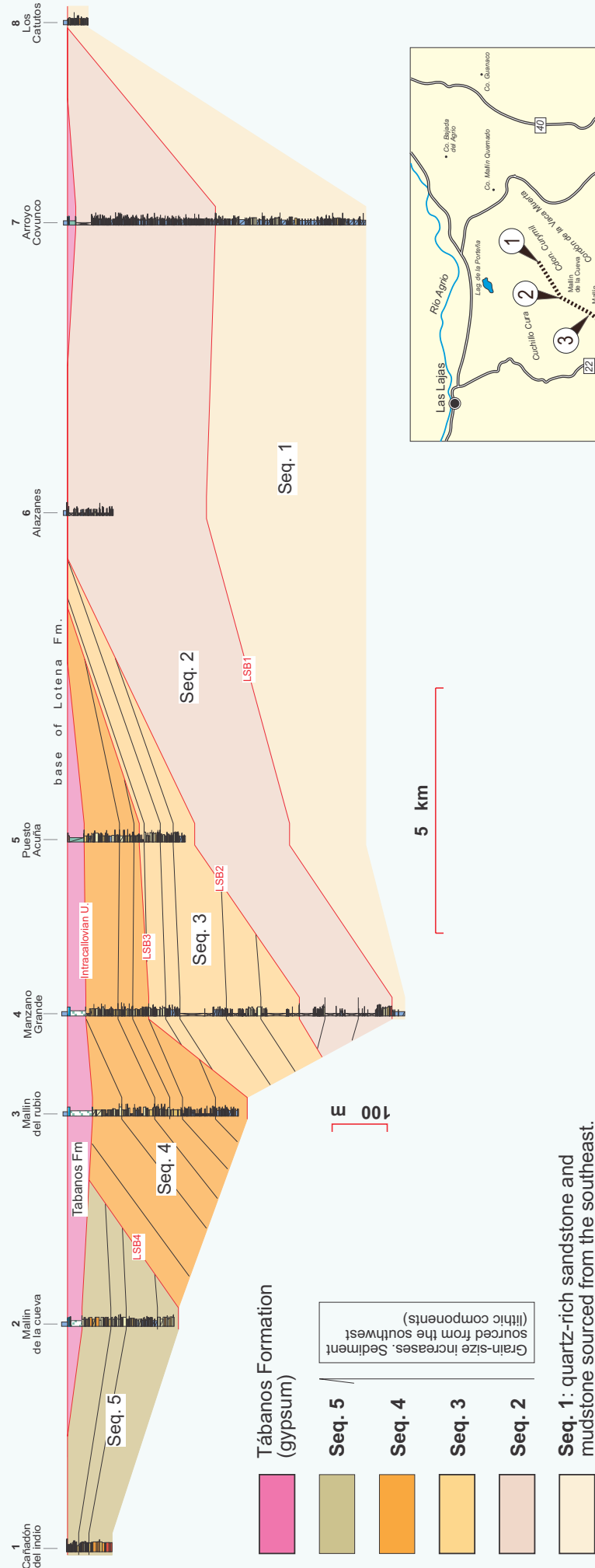
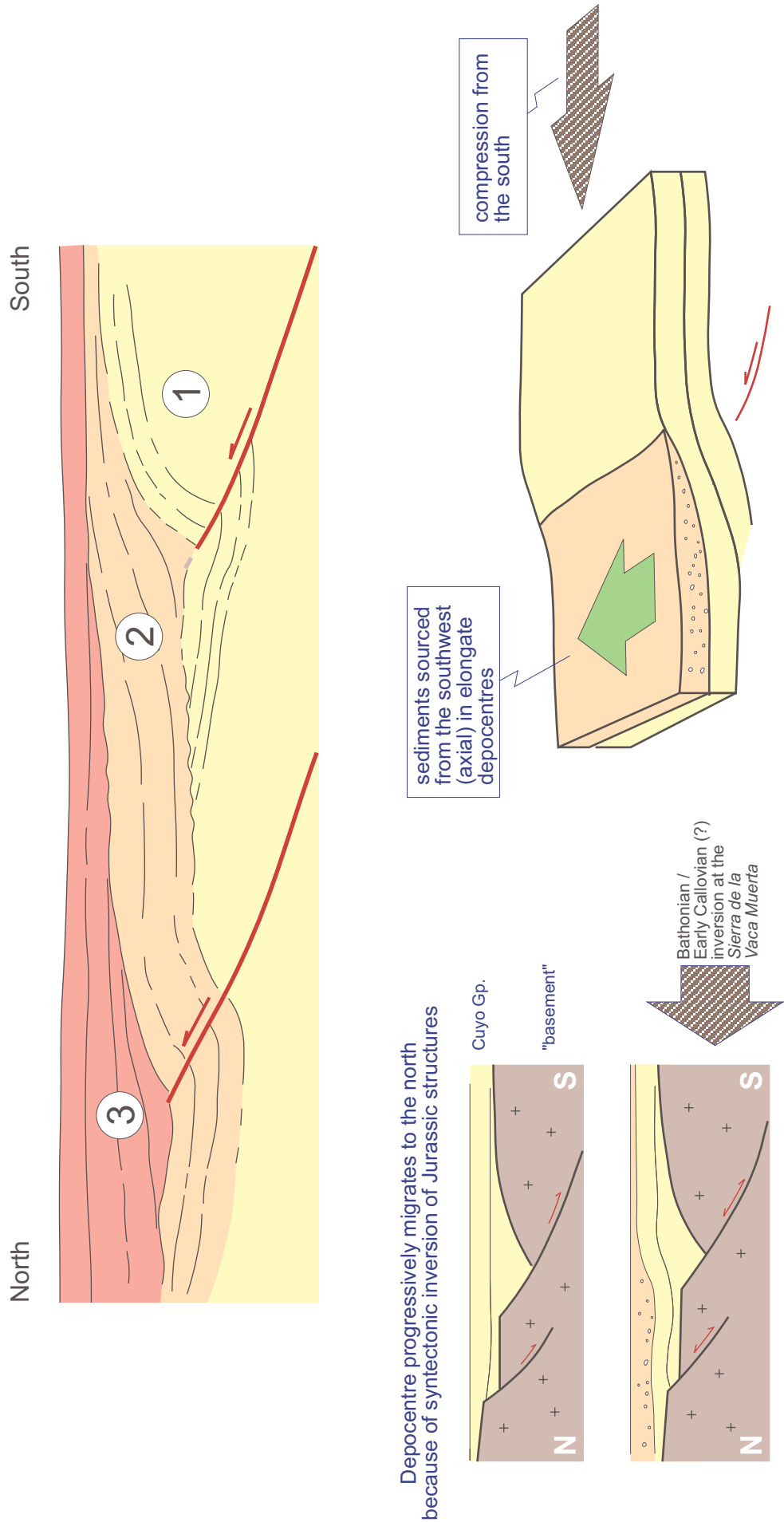


Fig 22: Geologic cross-section of Lajas and Tábanos formations at the Sierra de la Vaca Muerta. Note that the Lajas Fm displays coarse-grained facies toward the north

author: C Zavala

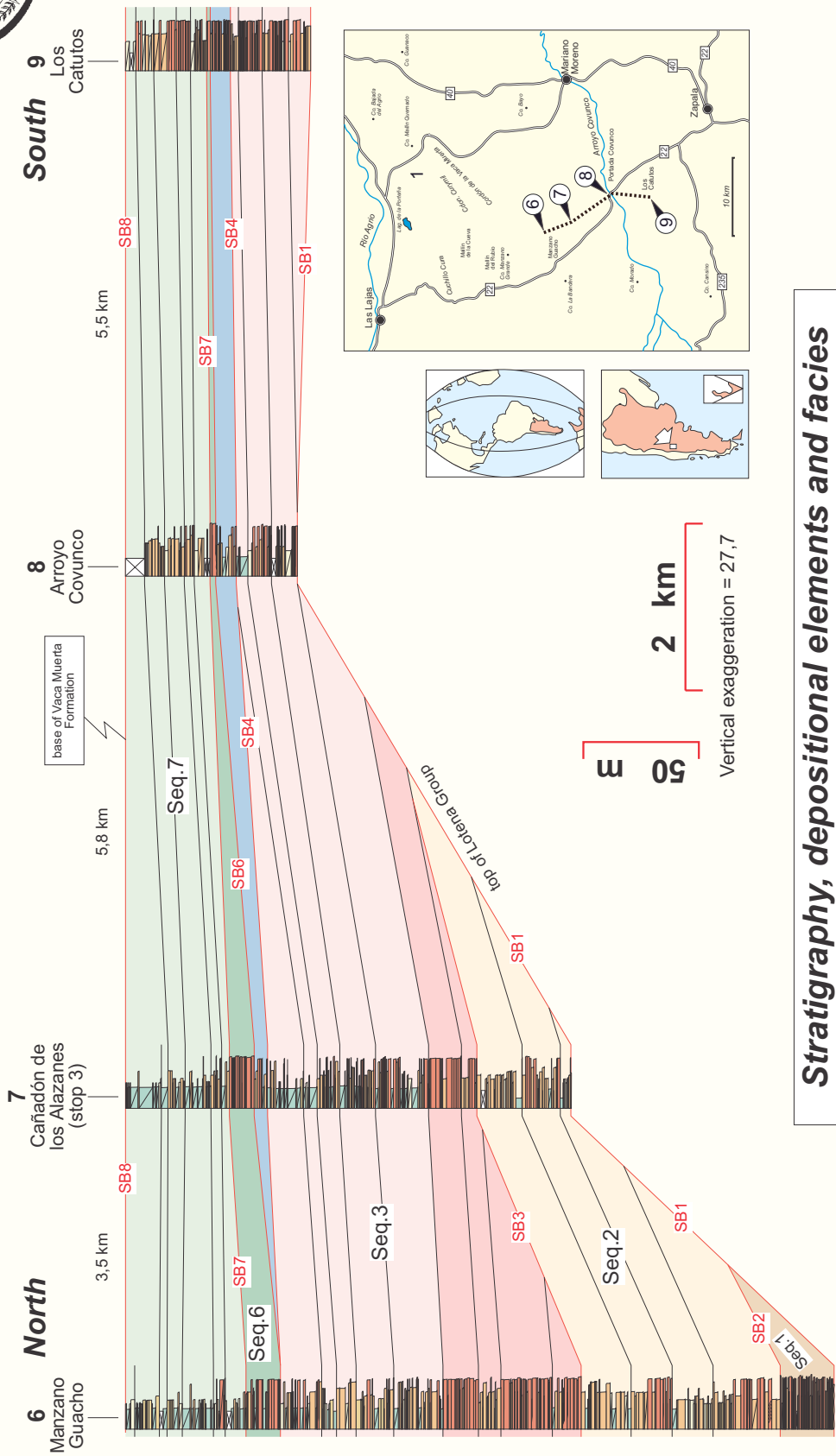
Fig 23: Conceptual evolution of the Lajas Fm. in a syntectonic setting. *Vaca Muerta Range.*



Depocentre progressively migrates to the north because of syntectonic inversion of Jurassic structures



Fig. 24: Cross-section of the Tordillo Formation in the southern part of the Sierra de la Vaca Muerta (14,8 km)
author: C. Zavala



Stratigraphy, depositional elements and facies

Sequence 7: Proximal lacustrine sandstone lobes and mudstones, with minor river deposits.

Sequence 6: Coarse-grained channelized deposits (hyperconcentrated flow and residual conglomerates)

Sequence 5: River deposits (sediment-laden stream flow) with receding lobes on top.

Sequence 4: Coarse-grained channelized deposits (mainly facies of hyperconcentrated flow and residual conglomerates)

Sequence 3:

Sequence 2: Channelized river-delta deposits (mainly facies of sediment-laden stream flow)

Sequence 1: "normal" type fan-delta deposits. Clasts supplied from the underlying carbonates

Fig. 25: Schema of the stratigraphic relationships in the basal deposits of the Tordillo Formation (Kimmeridgian) in the southern part of the Vaca Muerta Range

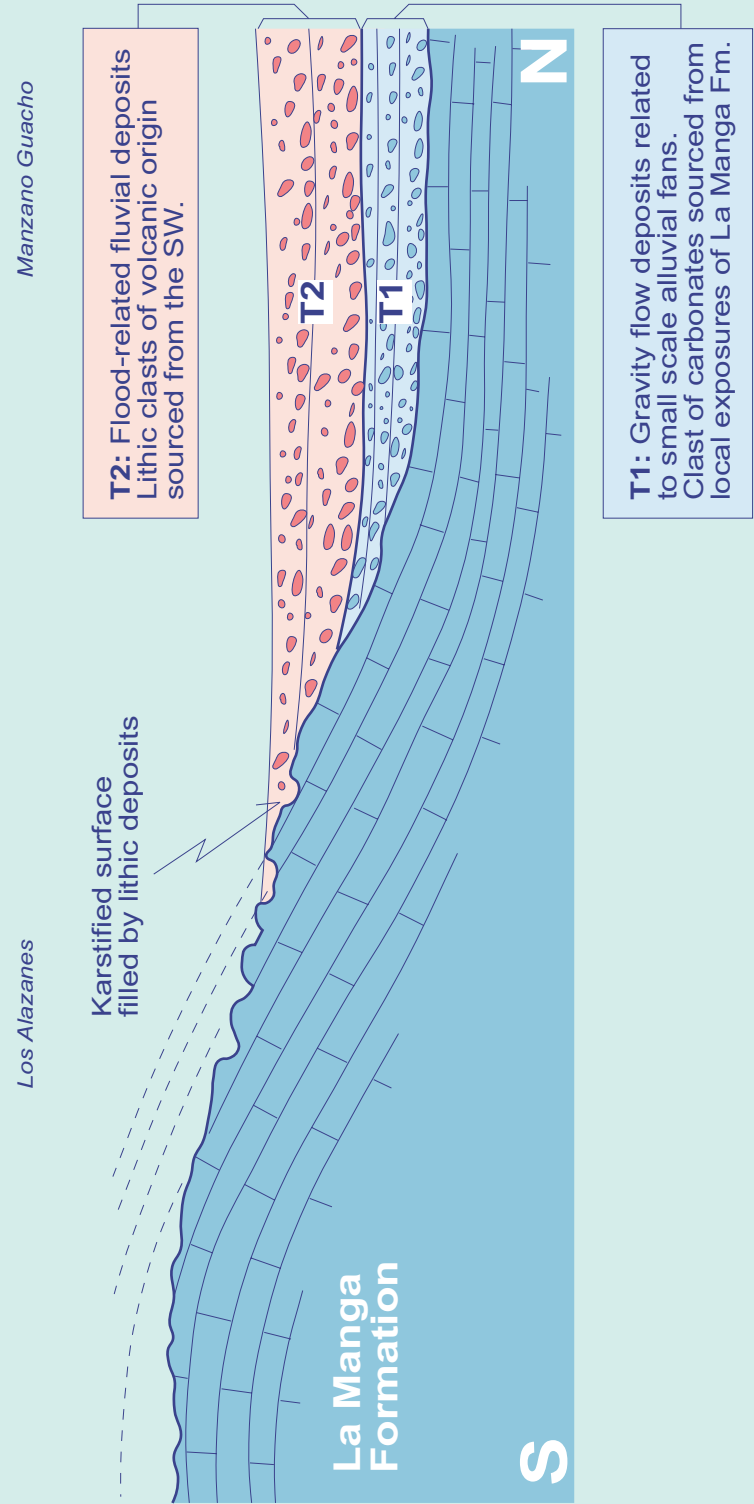
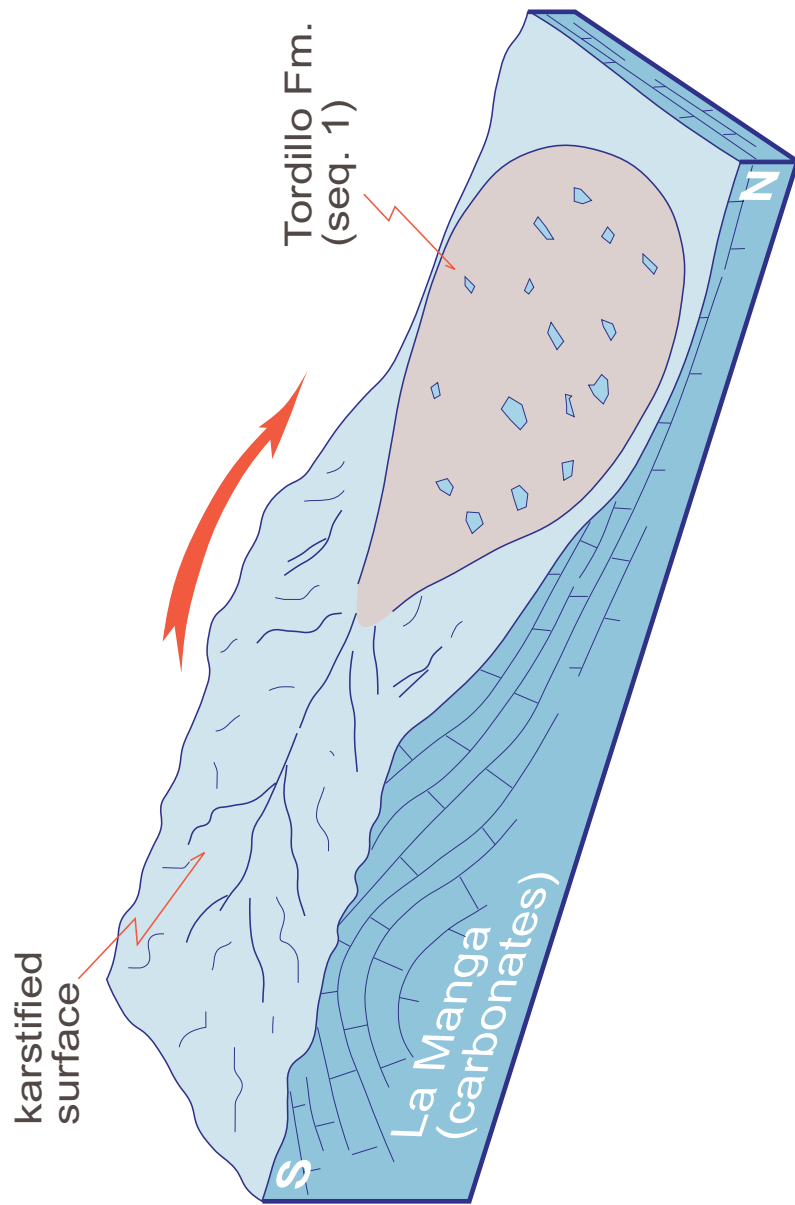
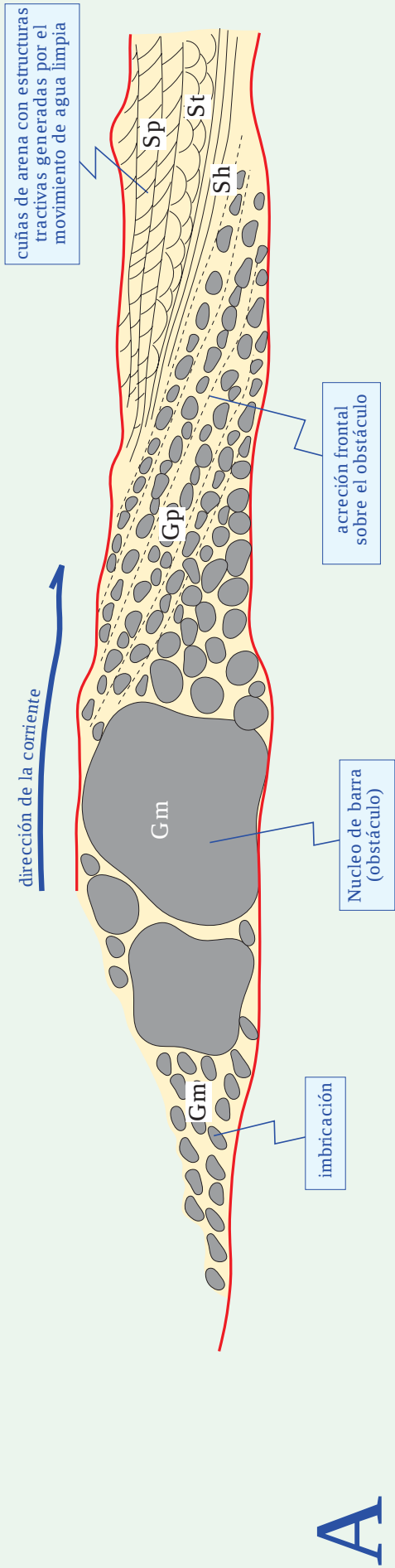


Fig. 26: Schema of the surface bounding the La Manga and Tordillo fms. (Intramalm unconformity) at the southern part of the Sierra de la Vaca Muerta. Most clasts in the small-scale alluvial fan are composed of carbonates derived from the erosion of the La Manga Fm.



Configuración interna de una barra longitudinal. Sistemas fluviales entrelazados.



Depósitos relacionados a flujos hiperpícnicos con carga de lecho

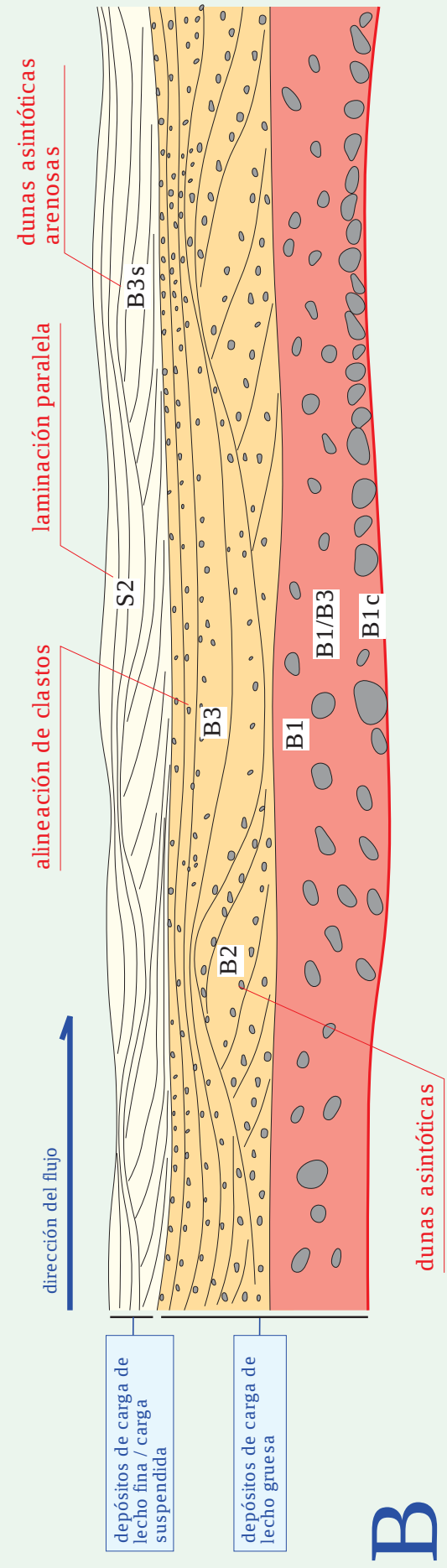


Fig. 27

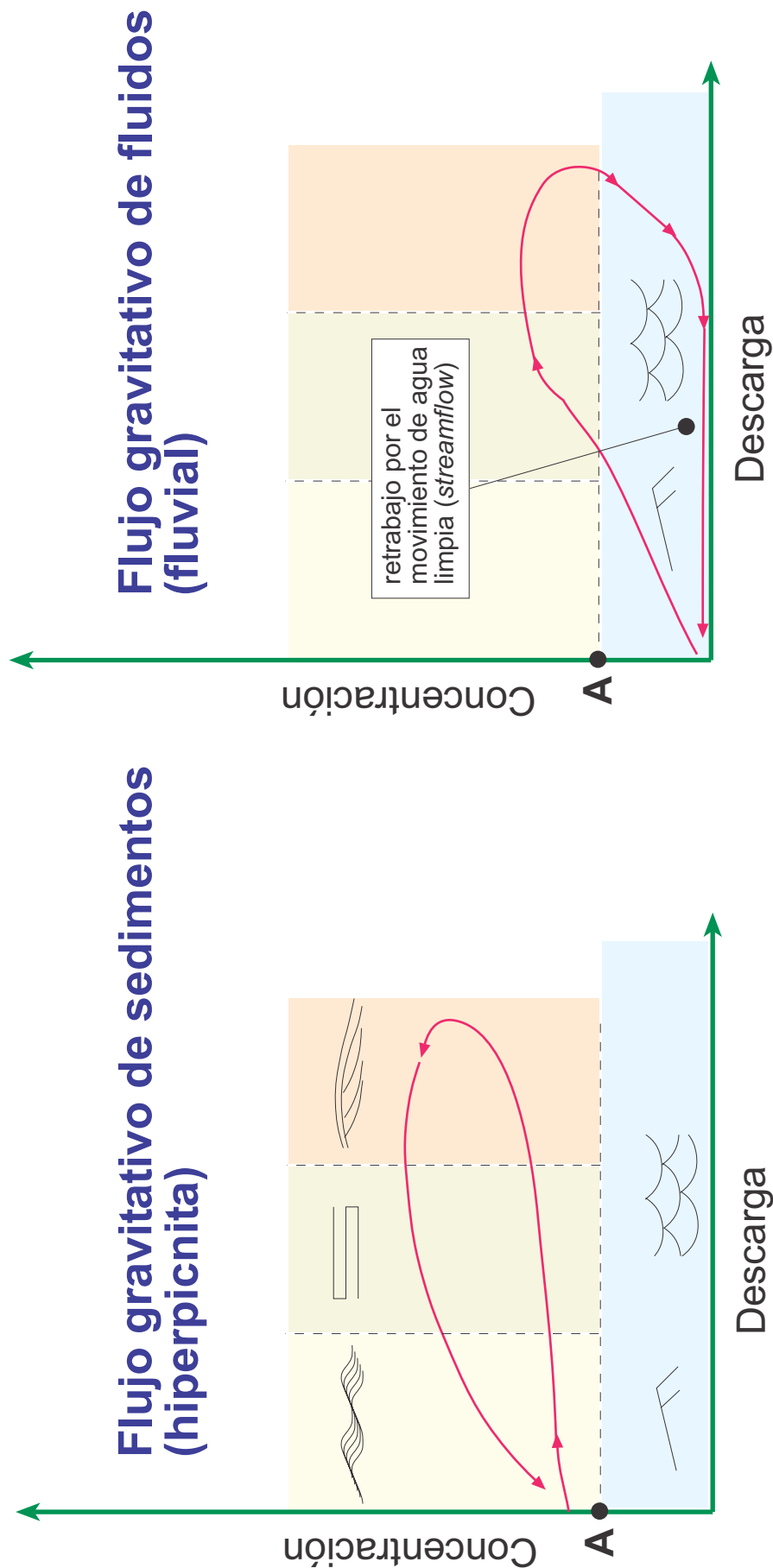


Figura 28. A: concentración crítica para producir un flujo de fondo

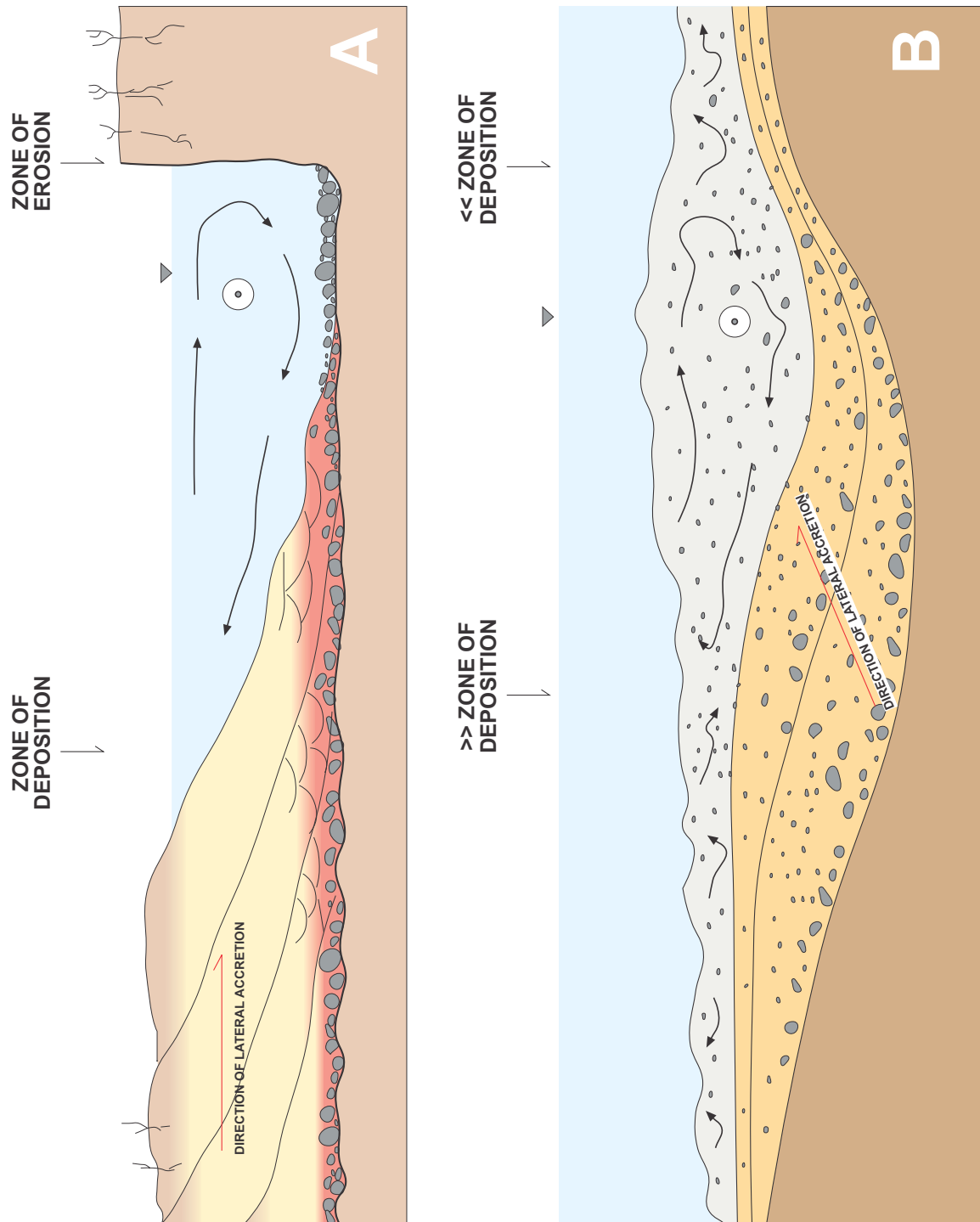


Fig 29 : Comparison between lateral accretion related to the migration of a fluvial (A) and subaqueous (B) sinuous channel. Without scales.

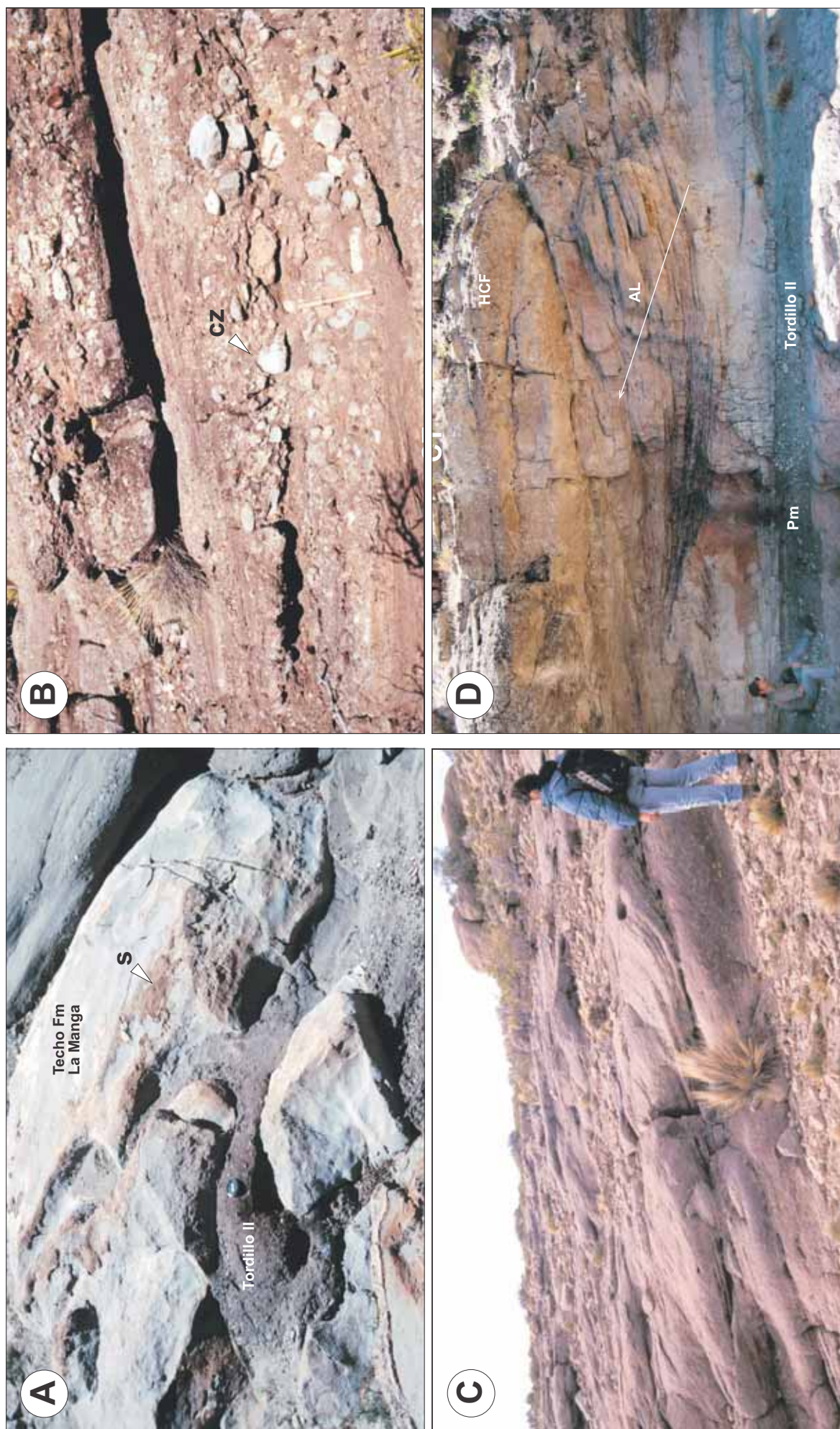


Figura 30 **A:** Vista de la superficie de karstificación al techo de la Formación La Manga en el Cañadón de Los Alazanes. Note en el contacto con los clásticos de la Fm Tordillo (Tordillo II), la existencia de una superficie endurecida (s), la cual podría corresponder a una silcreta. **B:** Detalle de los depósitos de la unidad Tordillo I, aflorantes en la localidad de Manzano Guacho. Los clastos corresponden principalmente a fragmentos de calizas (cz) depositados en pequeños abanicos aluviales. **C:** Depósitos de areniscas conglomeráticas con *climbing dunes* relacionadas a carga de lecho en flujos de larga duración. **D:** Particular de depósitos canalizados con acreción lateral (AL) de posible origen subáqueo (migración hacia arriba) cerca de la base de la unidad Tordillo II en Los Alazanes.

A photograph of a person standing at the base of a massive, layered rock formation. The person is wearing a hat, a plaid shirt, and dark pants, and has a red backpack. They are looking up at the rock face. The rock formation is composed of large, light-colored blocks with visible horizontal layering and some vertical cracks. The ground is rocky and uneven. The sky is blue with some clouds.

*Día
Dos*

Loncopué

Día 2**11:00 - 19:00 Field Trip**

Loncopué. Facies tipo S. Capas individuales de areniscas masivas de hasta 40 metros de espesor en la Formación Lajas. Control estructural en el espesamiento de las capas.

13:30 Almuerzo en el Río Agrio.

Carga de lecho en depósitos de flujos hiperpícnicos de la Formación Lotena. Análisis de facies. Facies tipo B y S. Correlación. Importancia petrolera de los depósitos relacionados a sistemas hiperpícnicos. Discusión.

Stop 1**Afloramientos del Grupo Cuyo en el Cerro Agua Fria**

Material de referencia : Figs. 31, 32 & 33

Puntos de observación :

- 1.- Capas individuales de areniscas masivas de mas de 40 metros de espesor en la Formación Lajas
- 2.- Niveles de clastos de arcilla orientados, hacia el techo de las capas

Puntos de discusión:

- 1.- Procesos involucrados y significado de la acumulación de areniscas masivas.
- 2.- Factores de control en el espesor de las capas.
- 3.- Importancia petrolera.

Stop 2**La Formación Lotena en la sección Puesto Lagos**

Material de referencia : Figs. 15, 16, 32, 34 - 44

Puntos de observación :

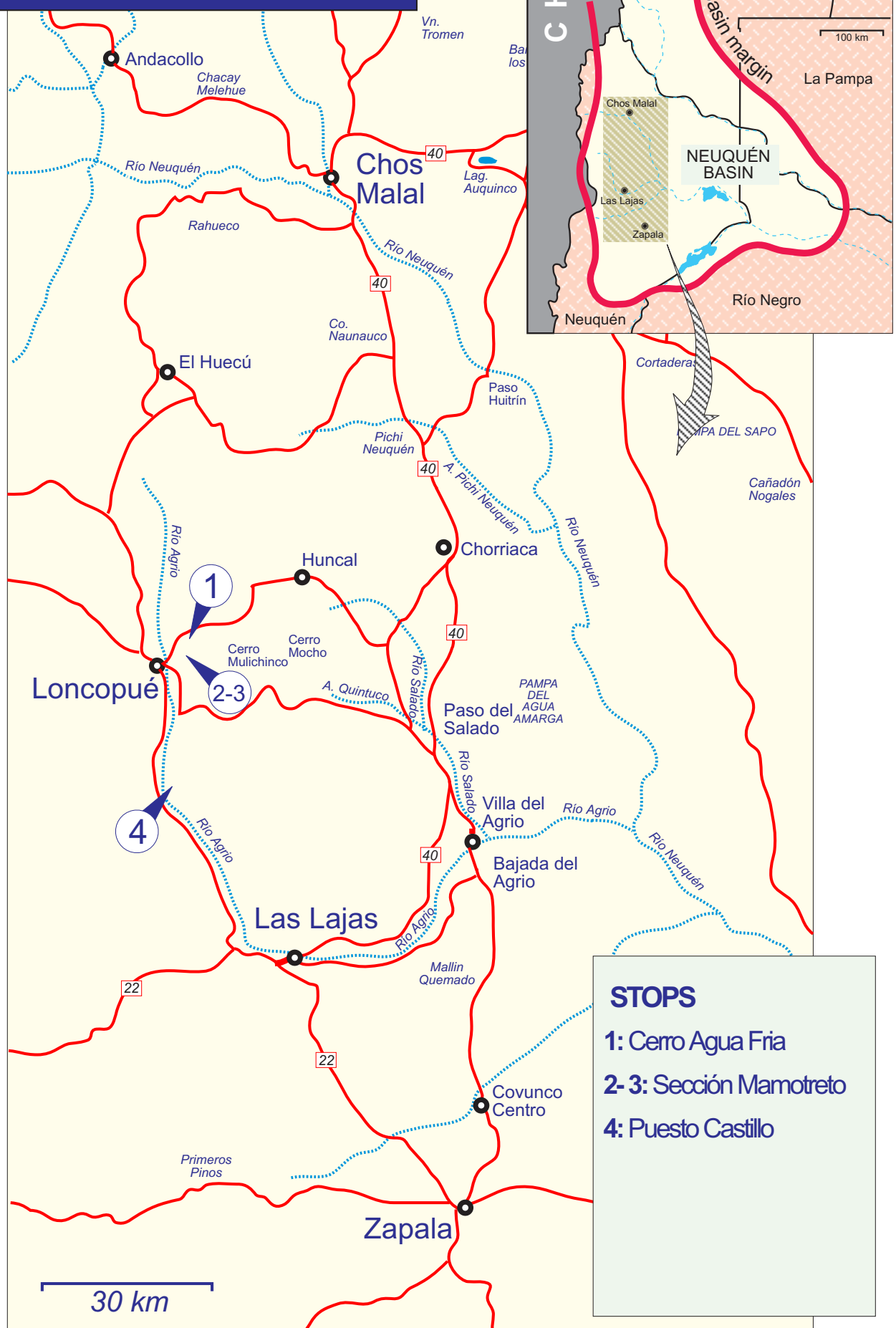
- 1.- El contacto entre las formaciones Tábanos y Lotena
- 2.- Facies clásticas gruesas relacionadas a carga de lecho en el tramo basal de la Formación Lotena
- 3.- Características de lóbulos de plataforma confinados de espesor anómalo, con niveles de clastos alineados.

Puntos de discusión :

- 1.- Tracto de facies en sistemas hiperpícnicos gruesos
- 2.- Predicción de facies y su significado petrolero

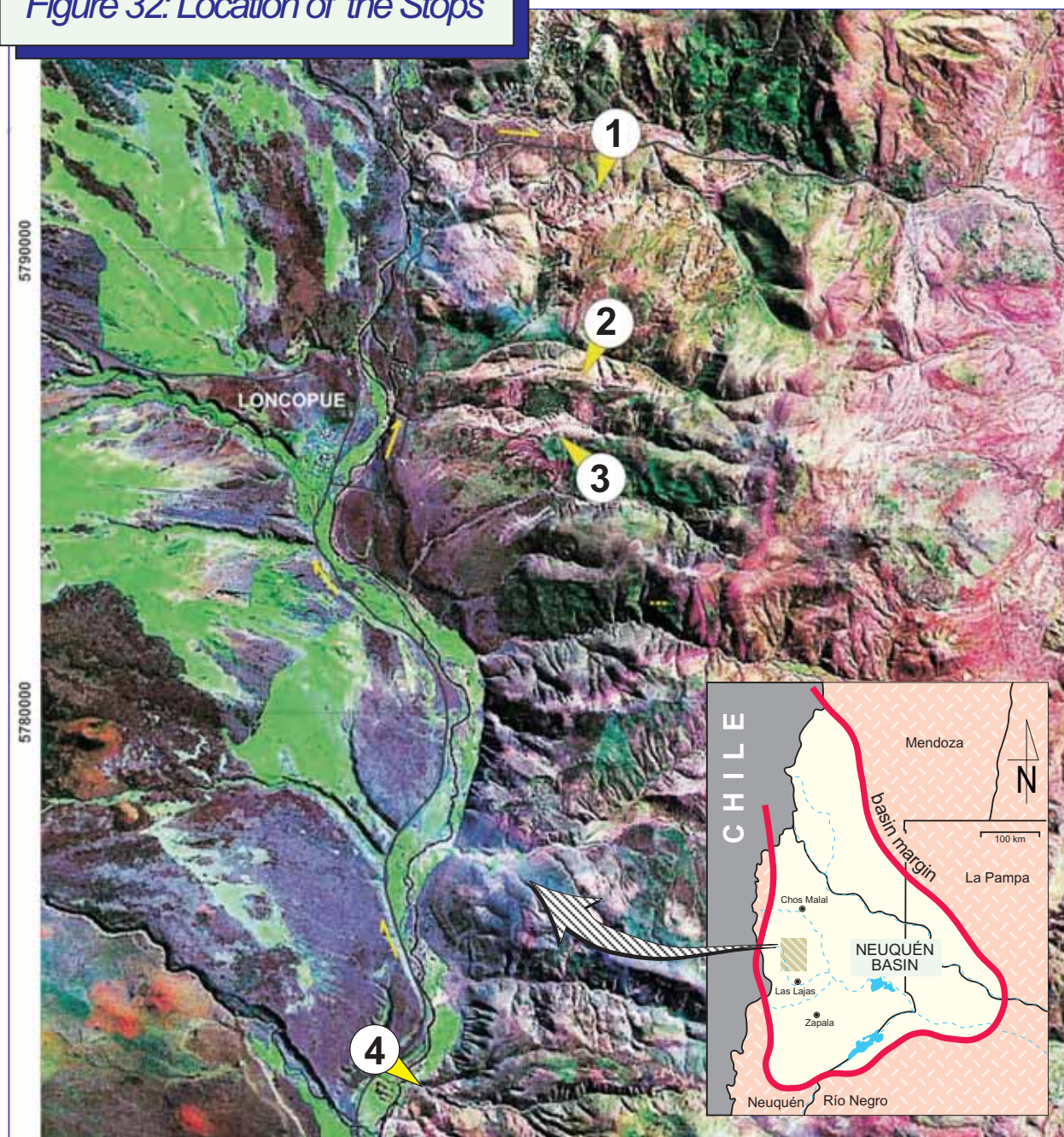
Day 2

Fig. 31: Location of the Stops



Day 2

Figure 32: Location of the Stops



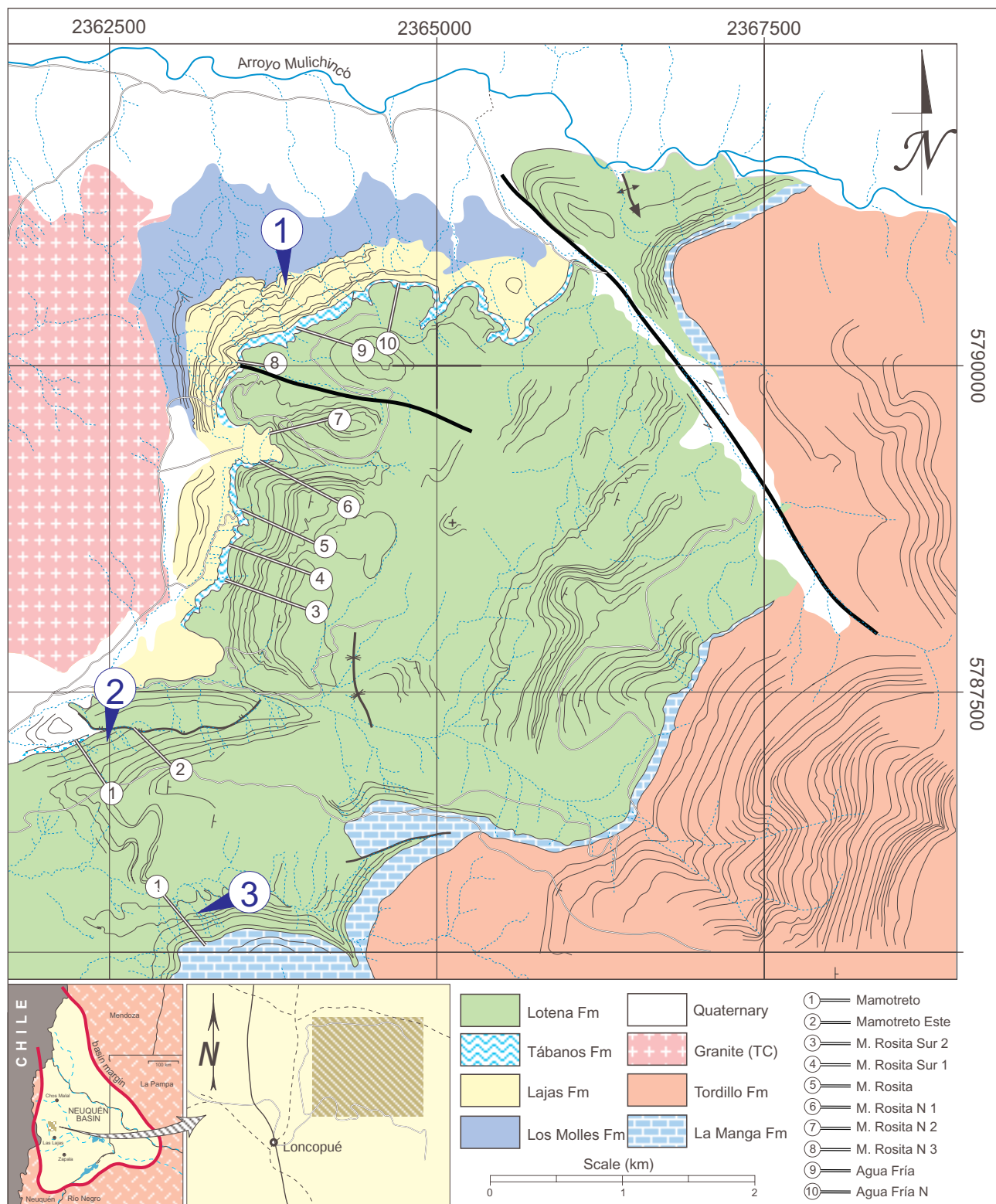


Fig 33: Geologic map of the Loncopué area, with indication of measured sections and stop points locations.

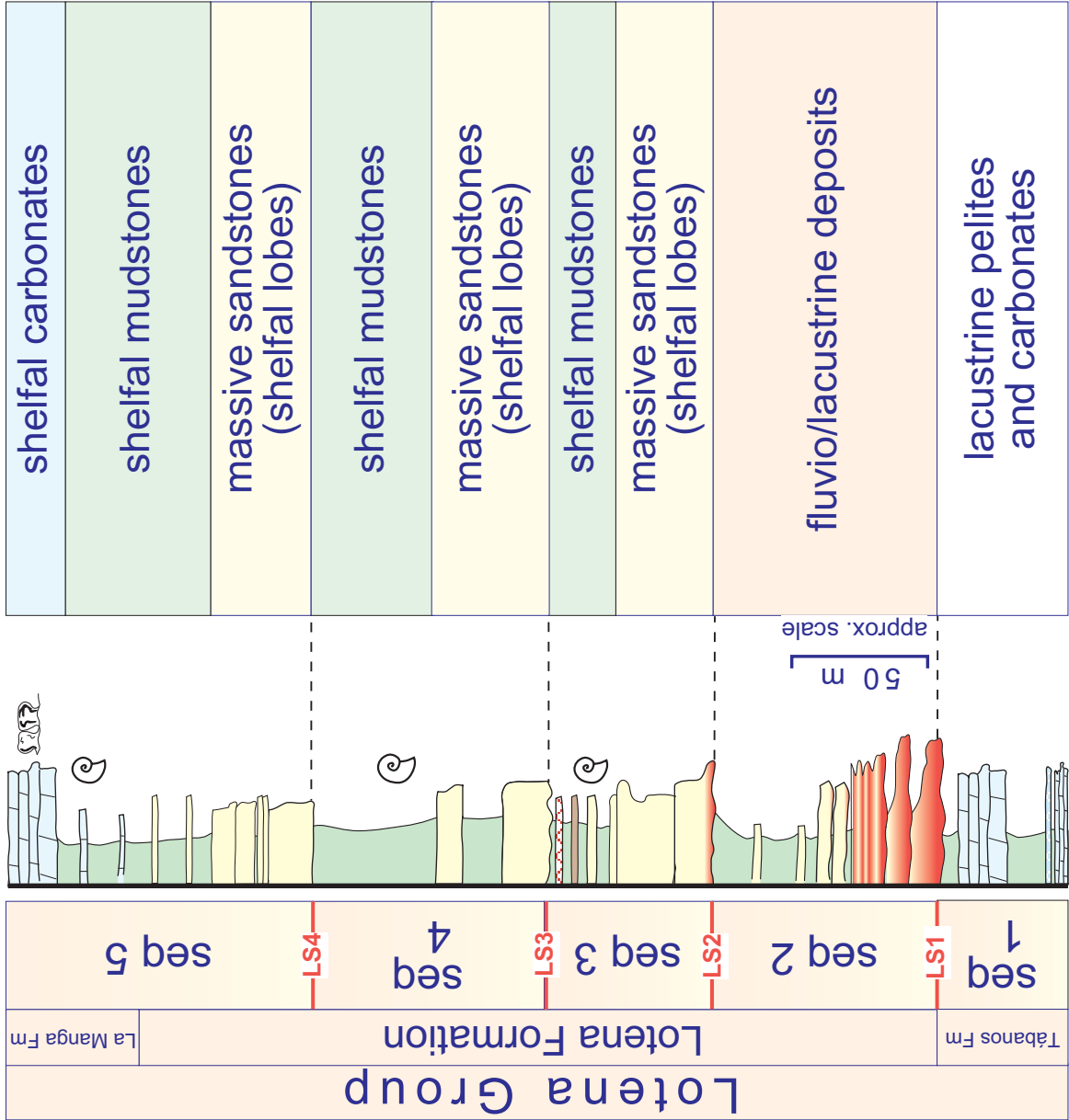


Fig. 34: Stratigraphic column for the Lotena Group in the surroundings of Loncopué

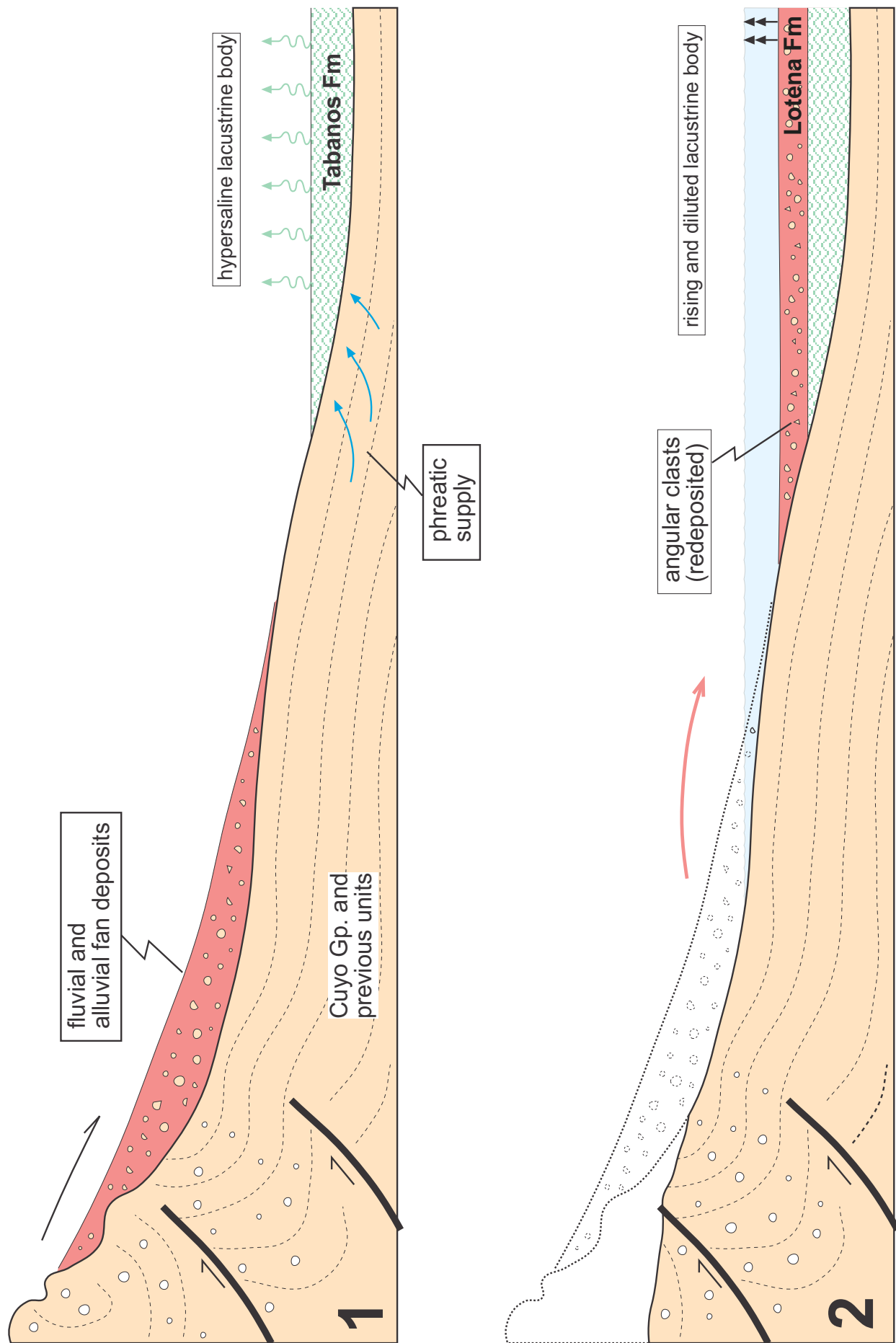


Fig. 35

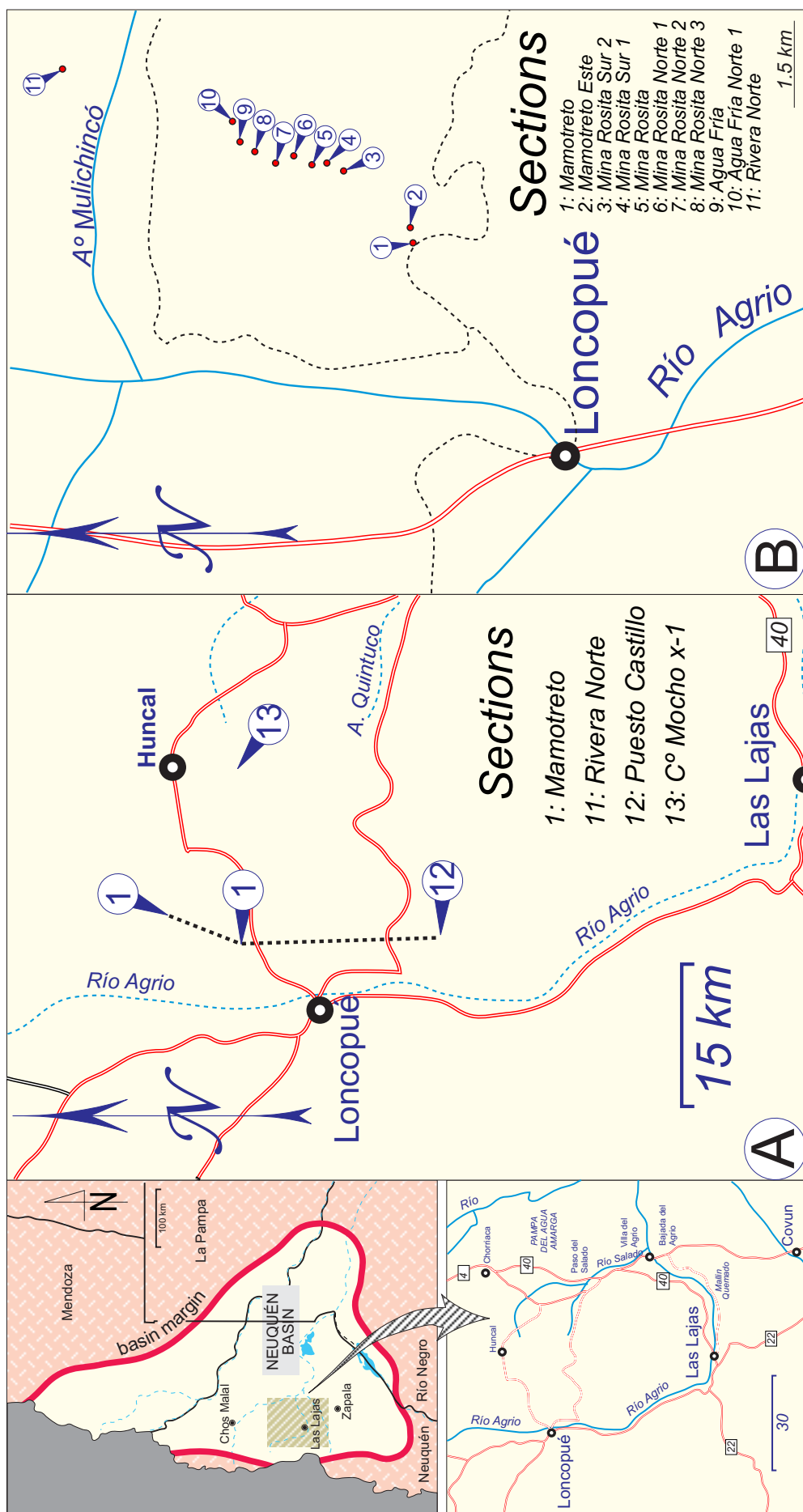


Fig. 36: Location map of the measured sections and the Cerro Mocho x-1 well

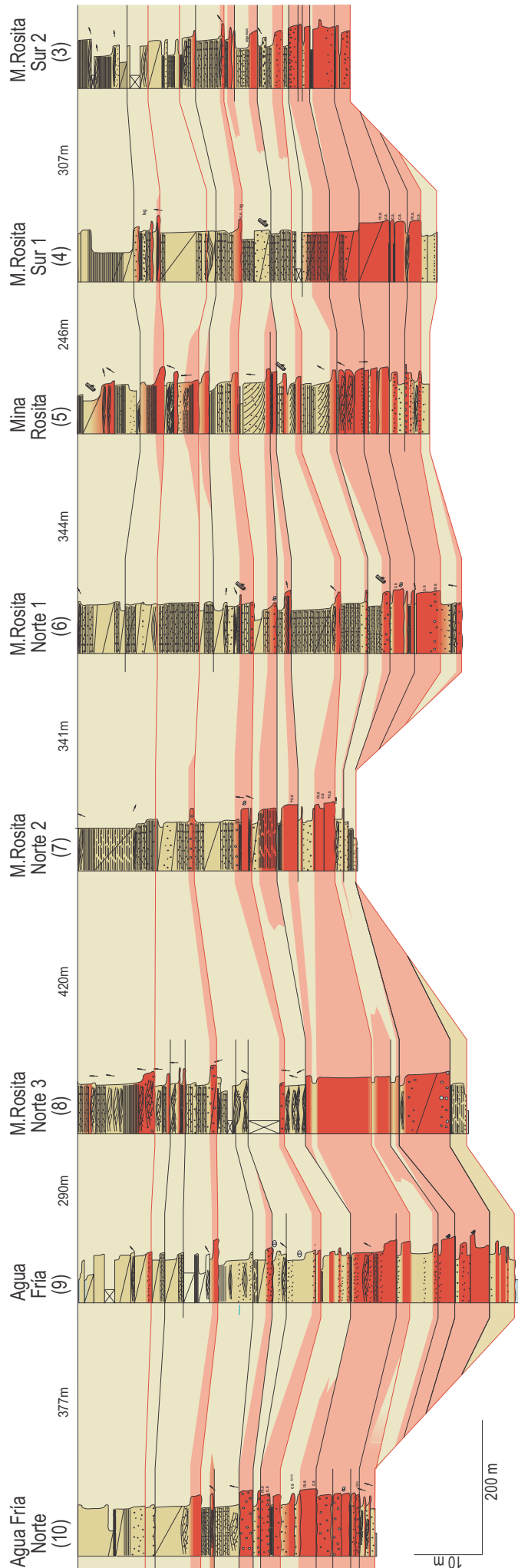


Fig 37 : Detailed cross-section of the lower conglomerates. Lotena Formation. Loncopué, Neuquén Basin Argentina

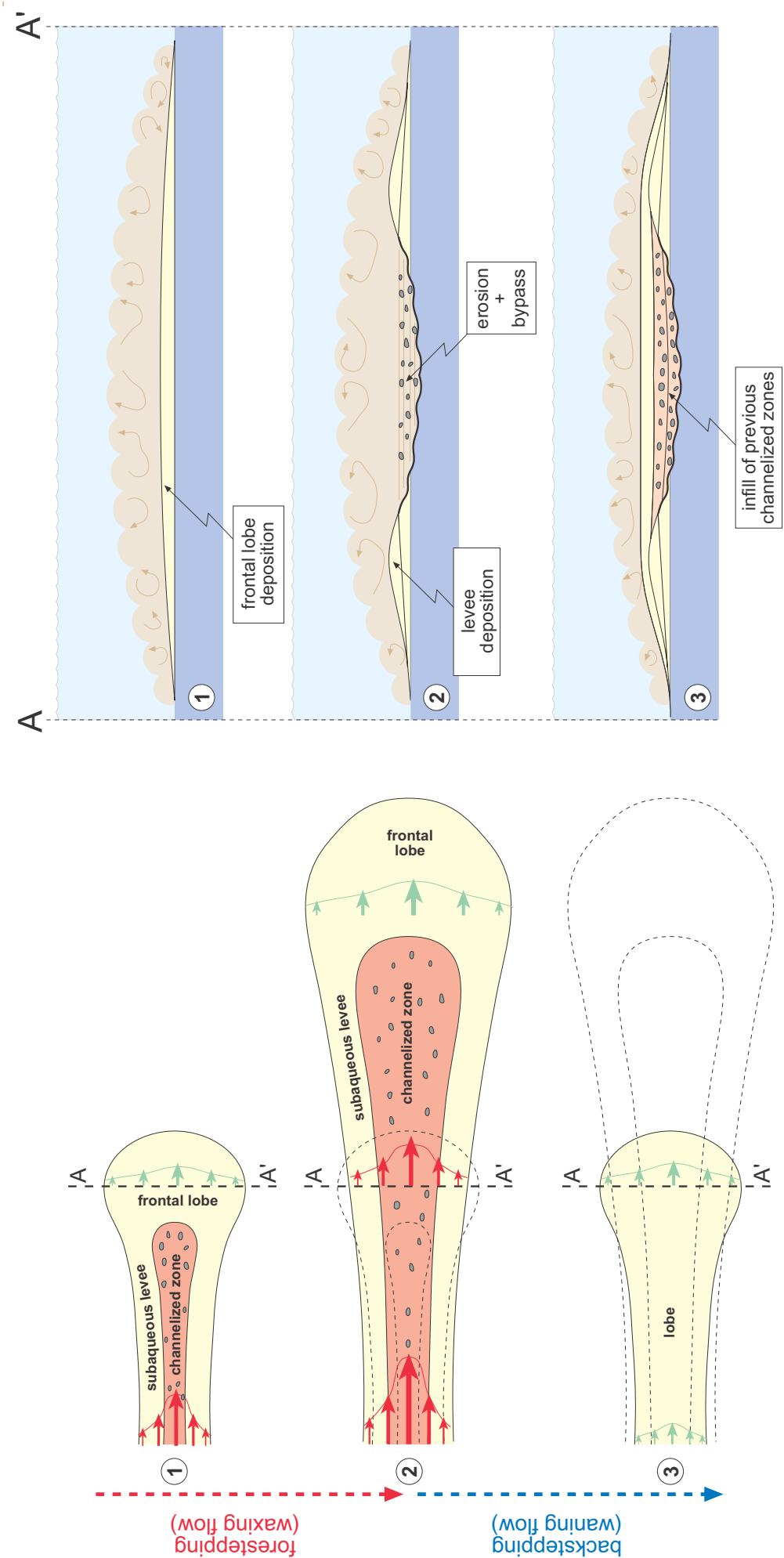


Fig 38

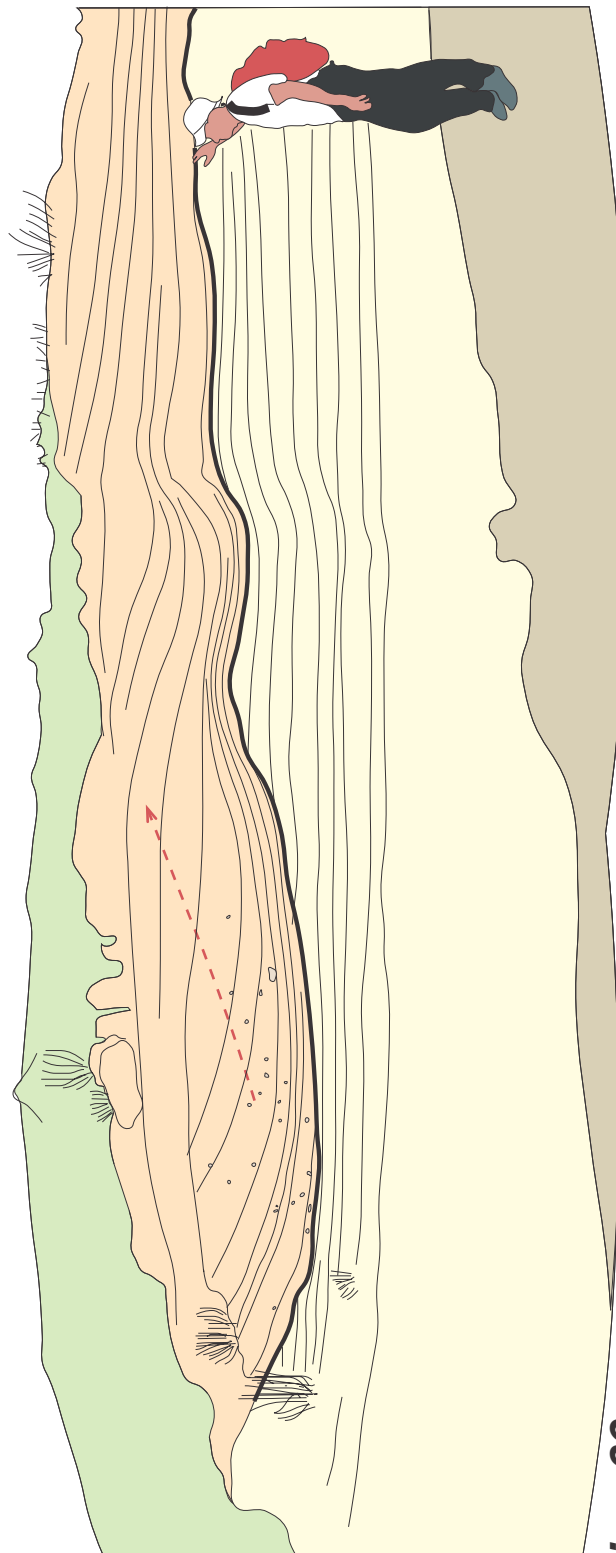


Fig. 39

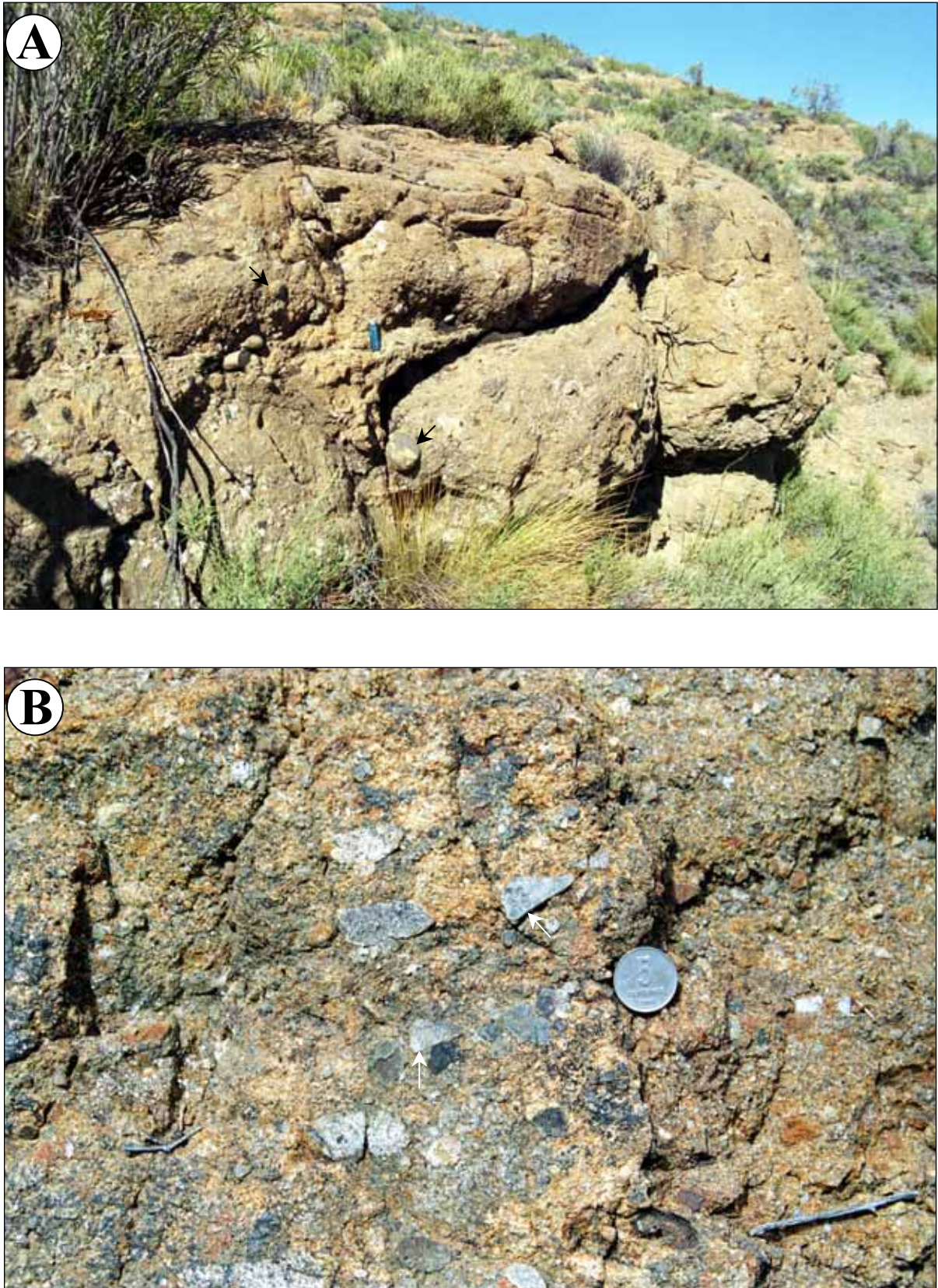


Figura 40: Facies clásticas gruesas. Depósitos de carga de lecho. A) Conglomerados con abundante matriz arenosa (facies B1) depositados por flujos hiperpícnicos. Note el aspecto masivo y la presencia de clastos de grandes dimensiones “flotando” en areniscas gruesas (flechas). B) Detalle de la misma facies. Note la falta de ordenamiento interno y la presencia de clastos redondeados “partidos” (flechas), sugiriendo un posible reciclado del material.

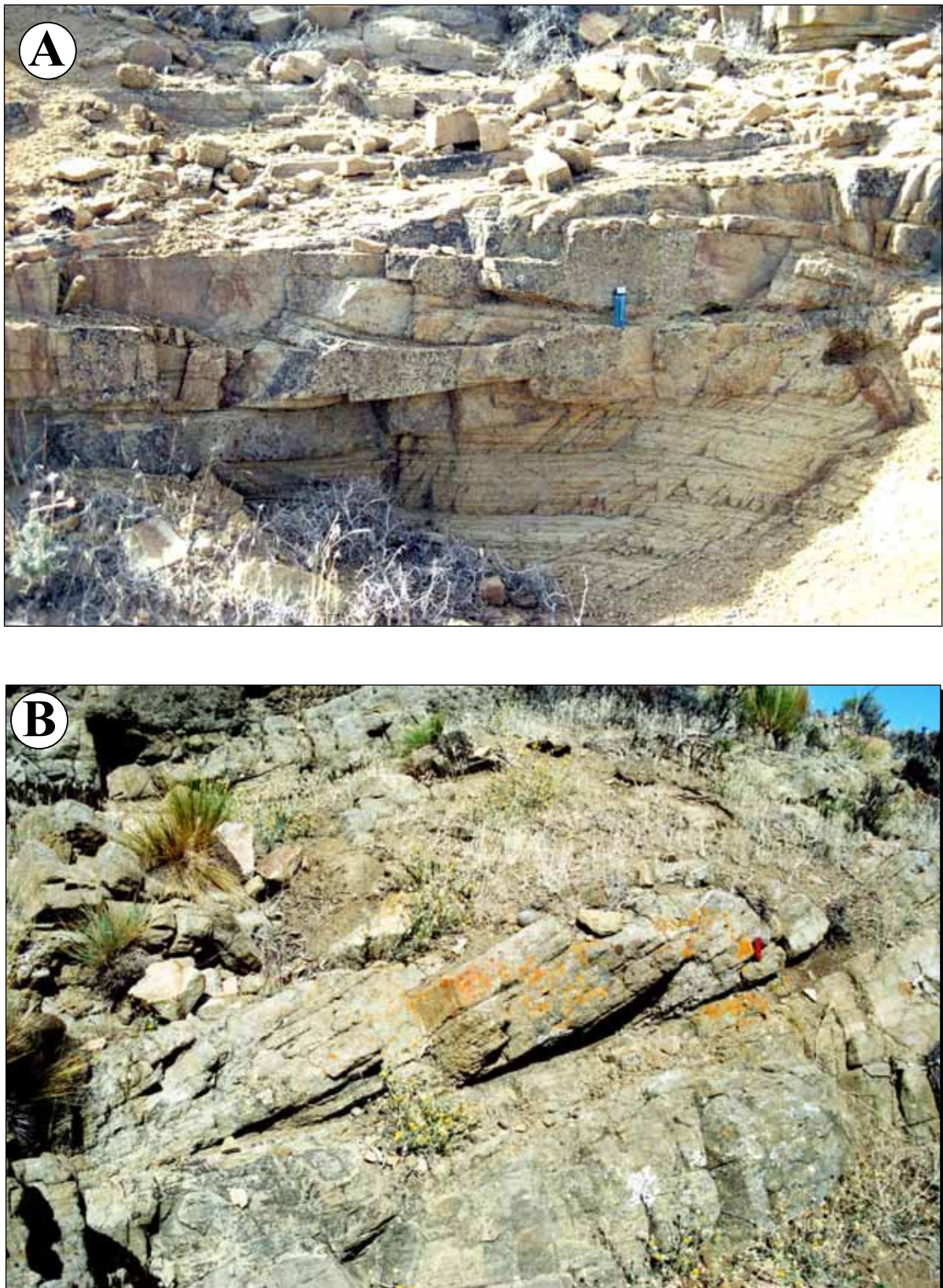


Figura 41: Facies clásticas gruesas. A y B) Facies de areniscas gruesas con estratificación diagonal asintótica (facies B2s) originada por tracción del flujo hiperpícnico sobrepasante. Esta facies a menudo incluye pequeños clastos dispersos de hasta 1 cm de diámetro. El relevamiento de campo permite vincular a esta facies con zonas de bajo encauzamiento.



Figura 42: A) Areniscas conglomerádicas con clastos alineados (facies B3) relacionadas a carga de lecho asociada a decantación B) Areniscas masivas con estructuras de escape de agua (*dish*) relacionadas a elutriación (facies S1).



Figura 43: A y B) Areniscas finas a medias laminadas (facies S2). La frecuente asociación de esta facies con areniscas masivas sugiere un origen relacionado a procesos de tracción decantación.

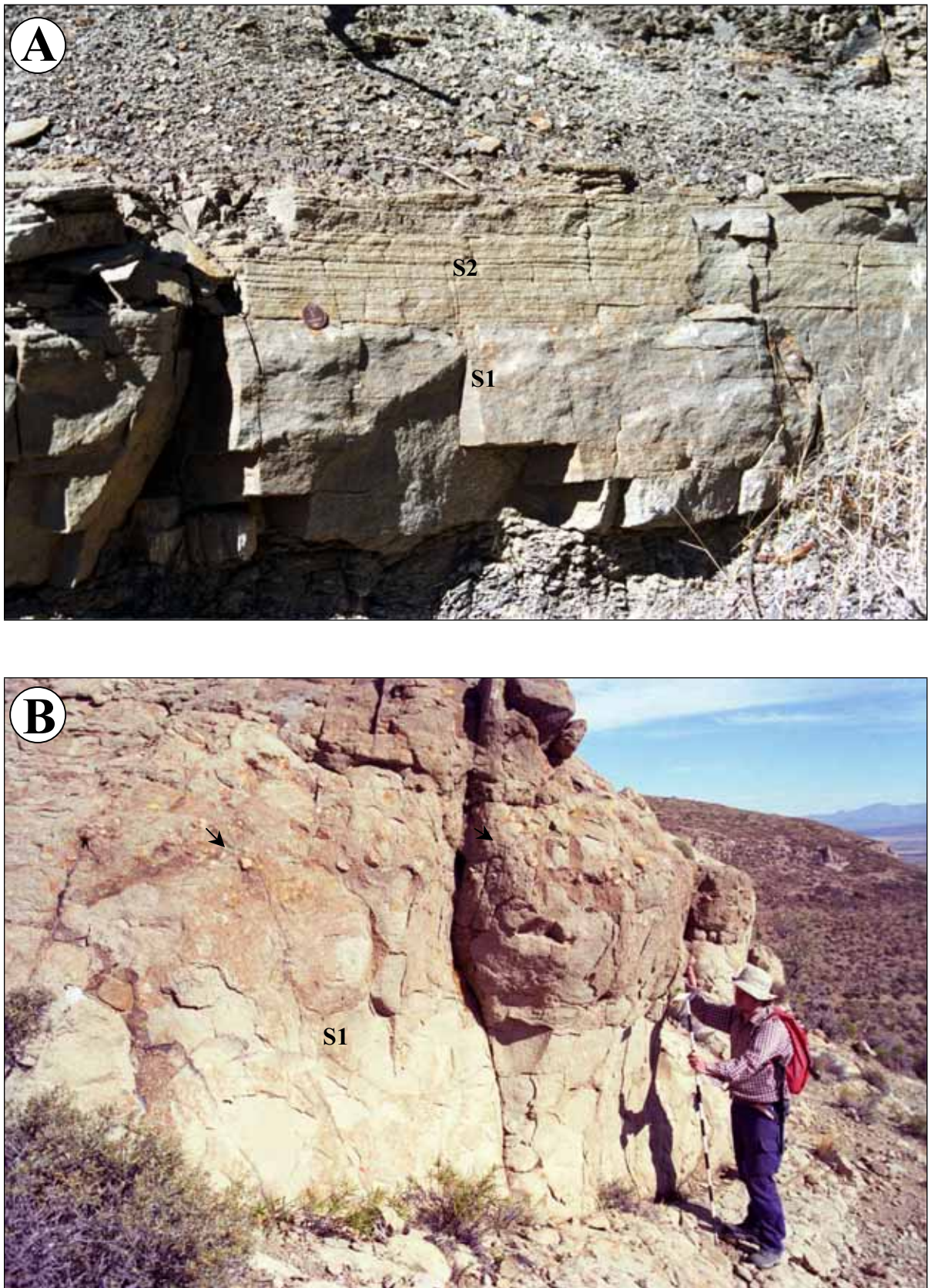


Figura 44: A) Depósitos de areniscas masivas (facies S1), las que evolucionan a areniscas finas laminadas. Ambas facies se relacionarían a tracción-decantación, con una tasa de decantación variable. B) Facies de areniscas masivas, relacionadas a flujos hiperpícnicos de larga duración. El espesor individual de estas capas puede alcanzar los 35 metros. Note la presencia de clastos redondeados de grandes dimensiones (flecha) alineados, posiblemente transportados como carga de lecho.

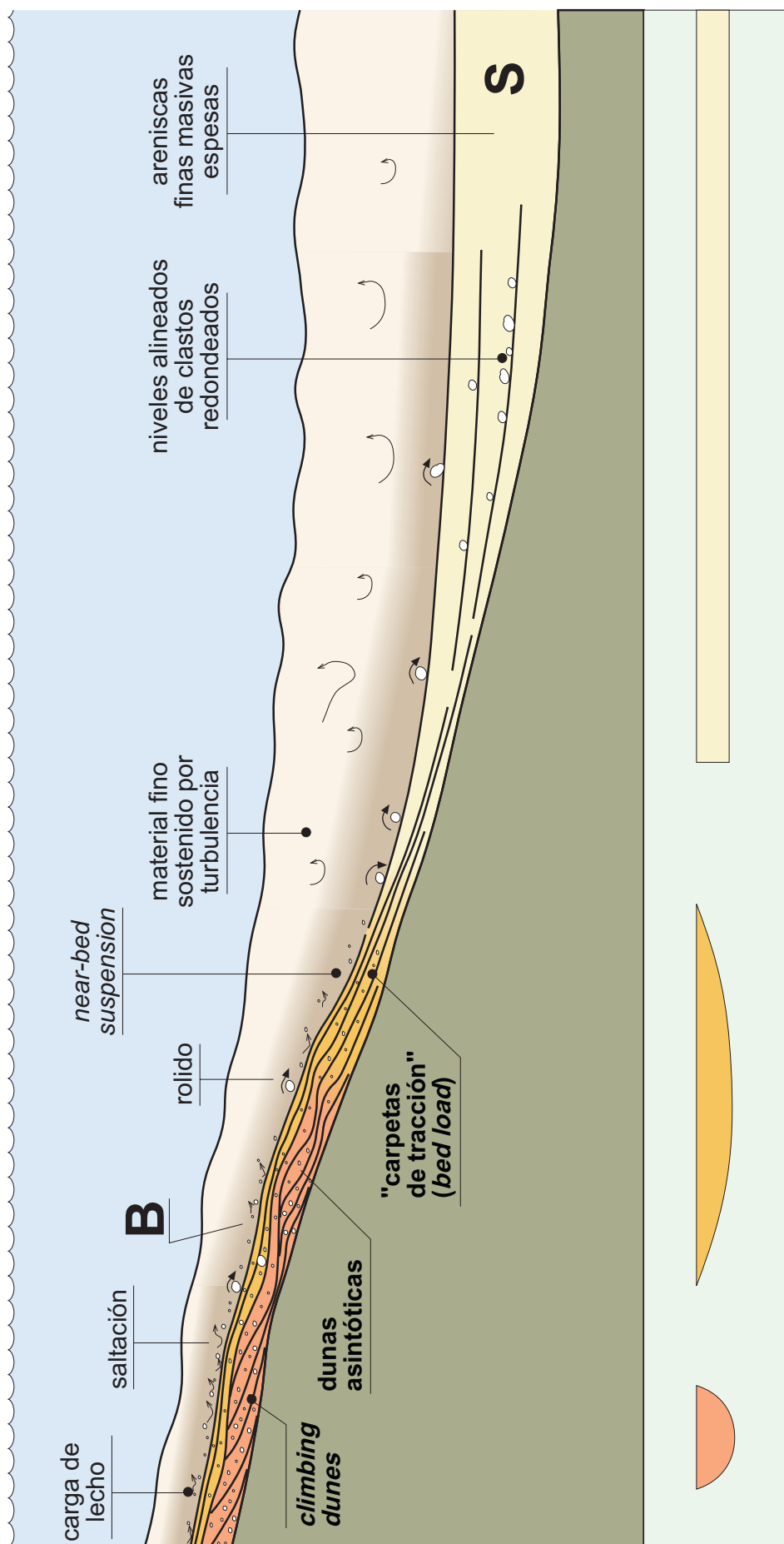


Fig. 45: Diagrama conceptual mostrando los principales tipos de litofacies asociadas a un sistema hiperpícnico con participación de carga de lecho. Se muestra también la localización relativa de las facies tipo B (relacionadas a carga de lecho) y tipo S (relacionadas a carga suspendida), y la geometría de los depósitos.

Stop 3

Tramo superior de la sección Puesto Lagos

Material de Referencia : Figs. 32 & 46

Puntos de observación :

- 1.- Capas de areniscas masivas de espesor anómalo, con fósiles marinos.
- 2.- Discordancias angulares intra-Lotena

Puntos de discusión:

- 1.- Actividad tectónica durante el Caloviano y la generación de lóbulos confinados.

Stop 4

La Formación Lotena en Puesto Castillo

Objetivos : Análisis y discusión de los cambios faciales en depósitos asociados a sistemas hiperpícnicos.

Material de referencia : Figs. 15, 16 & 49

Puntos de observación :

- 1.- Depósitos de conglomerados masivos relacionados a carga de lecho
- 2.- Niveles marinos fosilíferos.

Puntos de discusión :

- 1.- Mecanismos de acumulación y significado estratigráfico.
- 2.- Correlación y cambios de facies en sistemas hiperpícnicos.

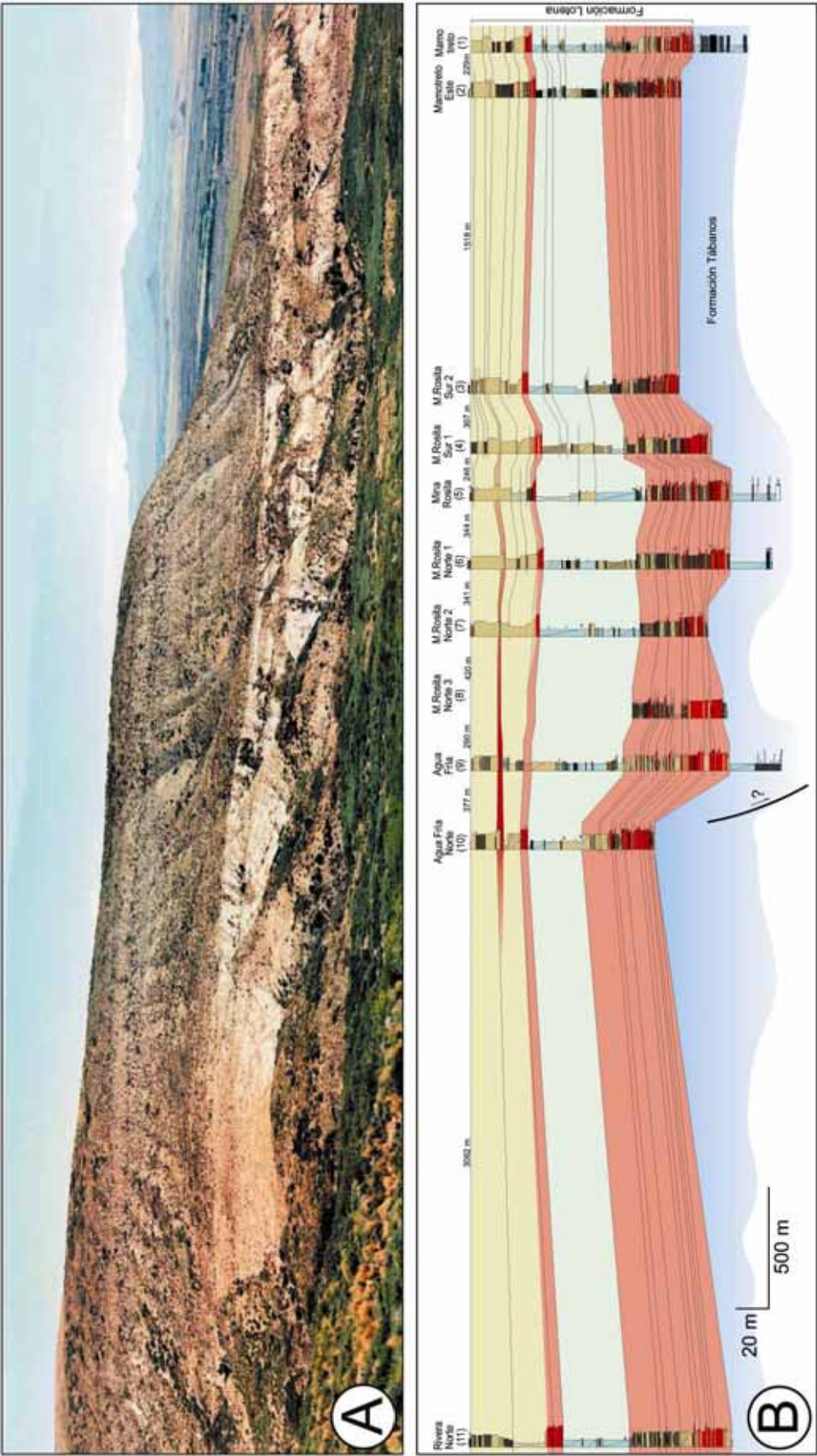


Fig. 46: Massive sandstone beds. A: Panoramic view in the surroundings of Mamotreto Section. B: Cross-section (partial) of the lower levels of the Lotena Formation. Note the relative great lateral continuity.

Fig. 47: Generalized geological section in the Loncopué area. Not to scale.

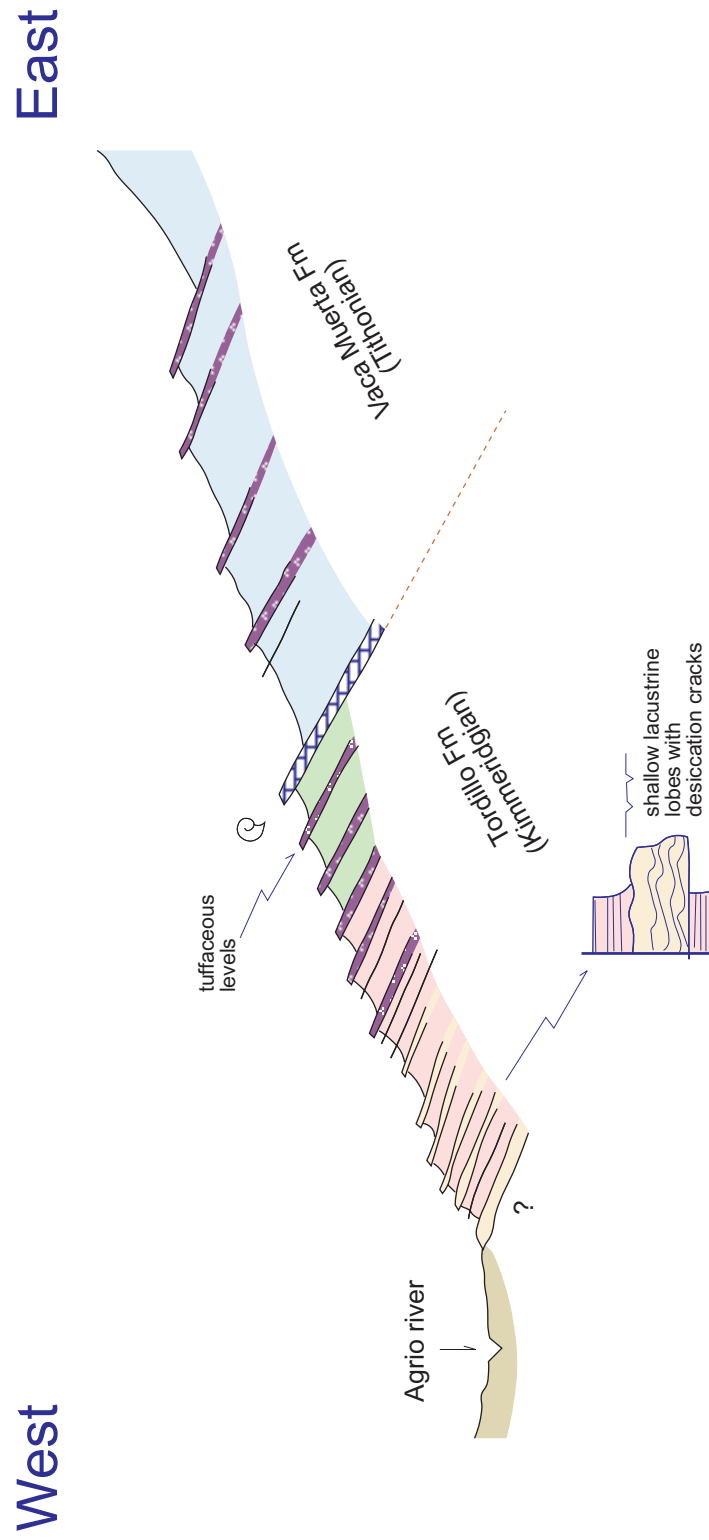
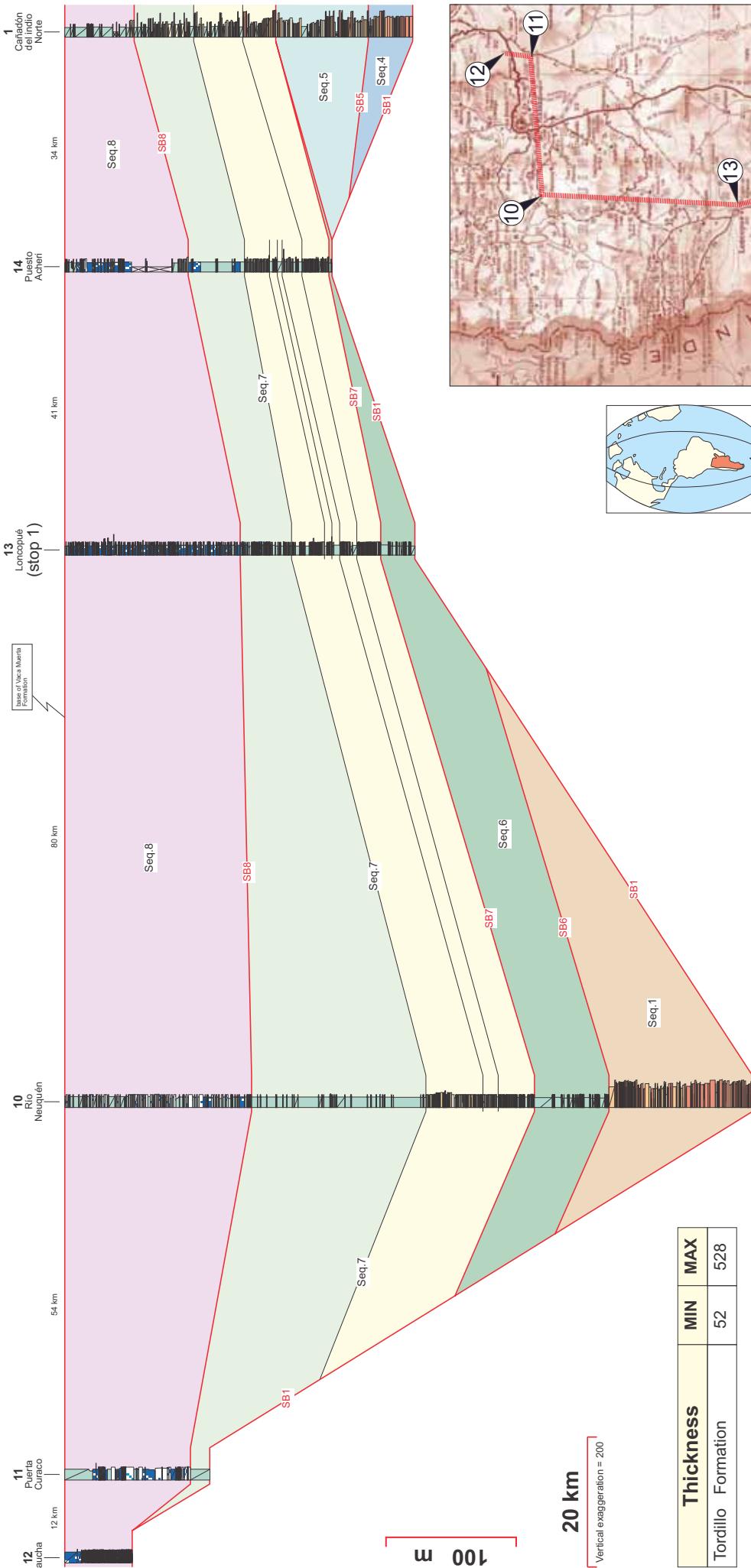




Fig. 48: Cross-section of the Tordillo Formation between the Sierra de la Vaca Muerta and Barranca de los Loros areas (221 km)

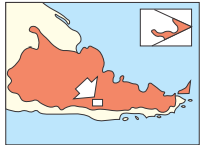
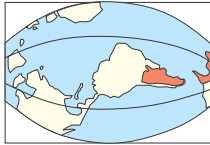
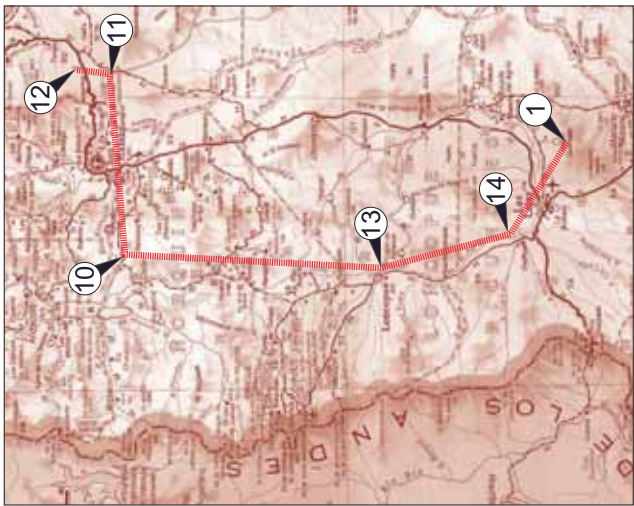
author: C. Zavala



Thickness	MIN	MAX
Tordillo Formation	52	528

Stratigraphy, depositional elements and facies

- Sequence 4:** Coarse-grained channelized deposits (mainly facies of hyperconcentrated flow and residual conglomerates)
- Sequence 5:** River deposits (sediment-laden stream flow) with receding lobes on top.
- Sequence 6:** Terminal fan deposits (fine grained) with desiccation cracks.
- Sequence 7:** Terminal fan deposits (fine grained). Pyroclastic and epiclastic materials (HST?).
- Sequence 8:** Shallow lacustrine deposits (locally wave reworked). Intercalations of pyroclastic materials (tuffs and tuffaceous sandstones and mudstones) are very common.
- River deposits and associated lacustrine facies:** Minor pyroclastic intercalations (LST?).



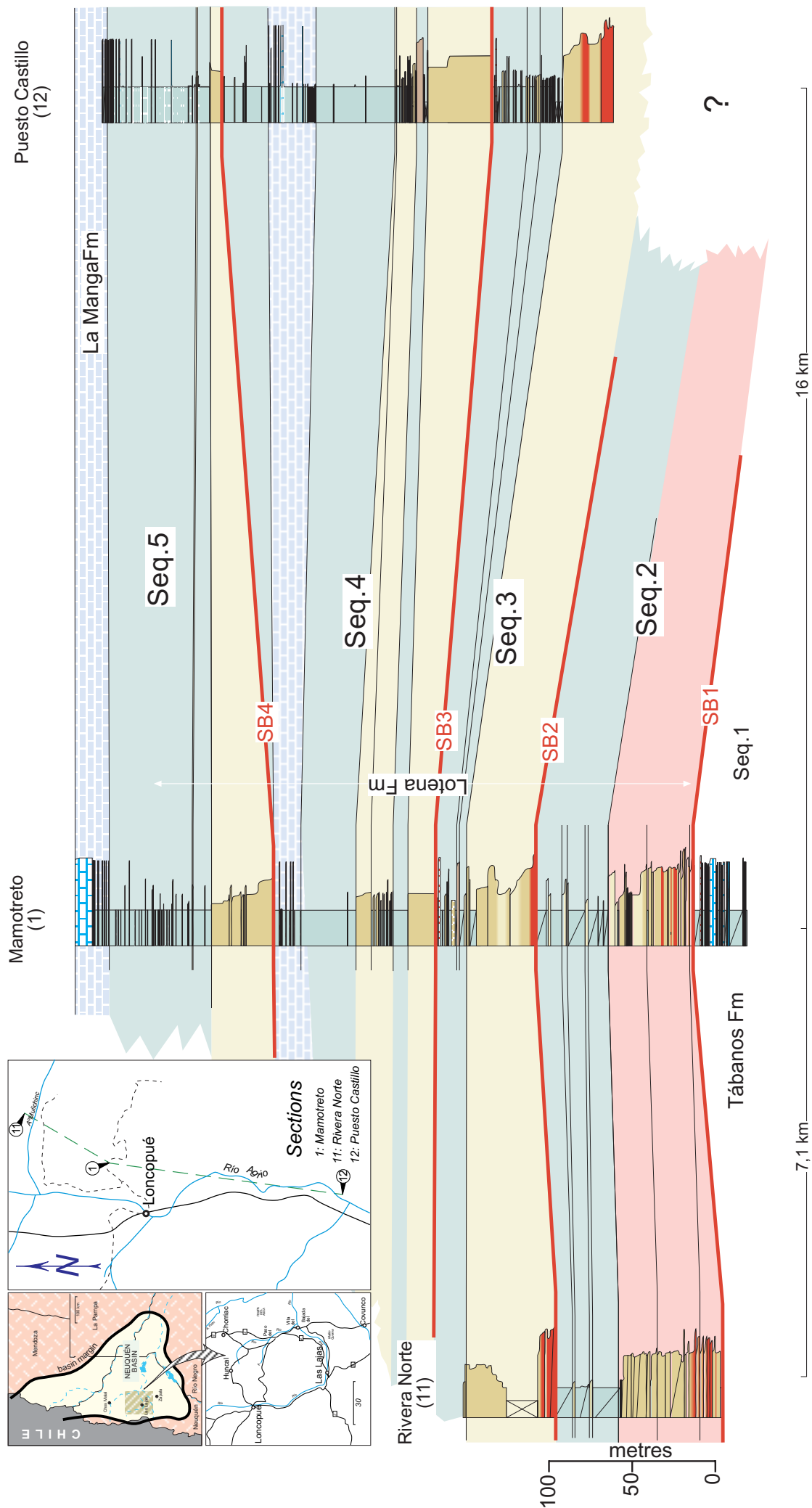
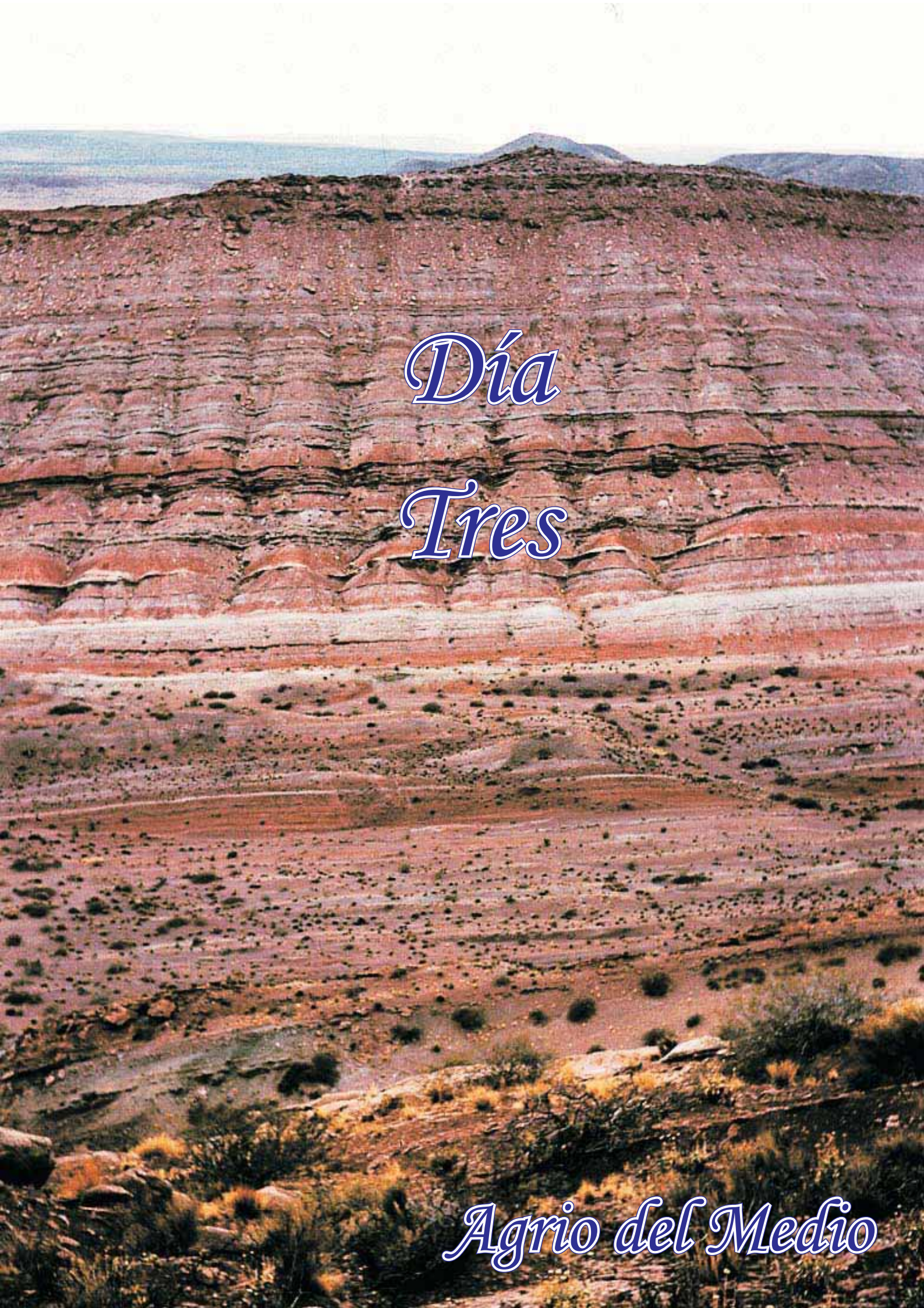


Fig. 49: Regional correlation of the Lotena Group in the studied area



Día

Tres

Agrio del Medio

Día 2**11:00 - 19:00 Field Trip**

La Fm Rayoso en Agrio del Medio. Cortejos de contracción y expansión. Origen y significado de la ciclicidad de alta frecuencia. Origen de las arenas. Fluctuaciones de flujo. Cambios laterales y longitudinales de facies. Paleosuelos y niveles de deflación al techo de la Formación Rayoso. Su importancia como un sello regional.

13:30 Almuerzo en el río Agrio

Capas espesas arenosas masivas y estructuradas vinculadas a flujos hiperpícnicos en un cuerpo lacustre somero (Fm. Rayoso). Evidencias de fluctuaciones en la velocidad del flujo. Relleno de canales por acreción lateral subácuea (barras hiperpícnicas). Significado paleoambiental y consecuencias para la explotación de Hidrocarburos.

Stops 1 y 2**La Formación Rayoso en Agrio del Medio y Villa del Agrio**

Material de referencia : Figs. 50 a 69.

Puntos de observación :

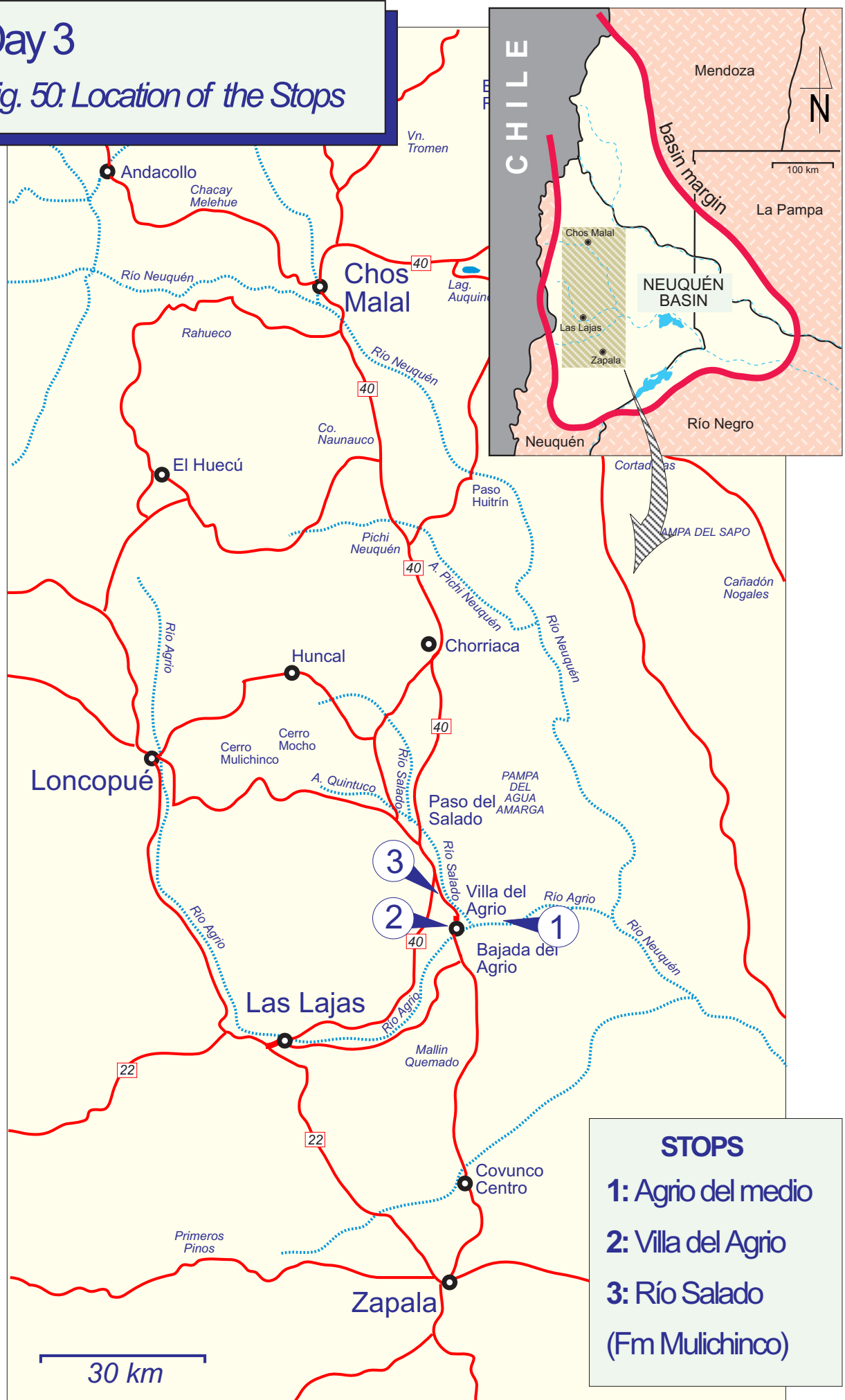
- 1.- Capas arenosas compuestas con recurrencias graduales de facies, interpretadas como el resultado de flujos hiperpícnicos fluctuantes de larga duración.
- 2.- Cuerpos canalizados rellenos por formas de acreción lateral.
- 3.- Niveles de estromatolitos y anhidritas.

Puntos de discusión:

- 1.- Estratigrafía secuencial de la Fm Rayoso
- 2.- Análisis de facies
Geometría y extensión de los cuerpos arenosos y niveles pelíticos
- 3.- Interpretaciones paleoambientales alternativas y su significado petrolero
- 4.- Origen de las arenas finas

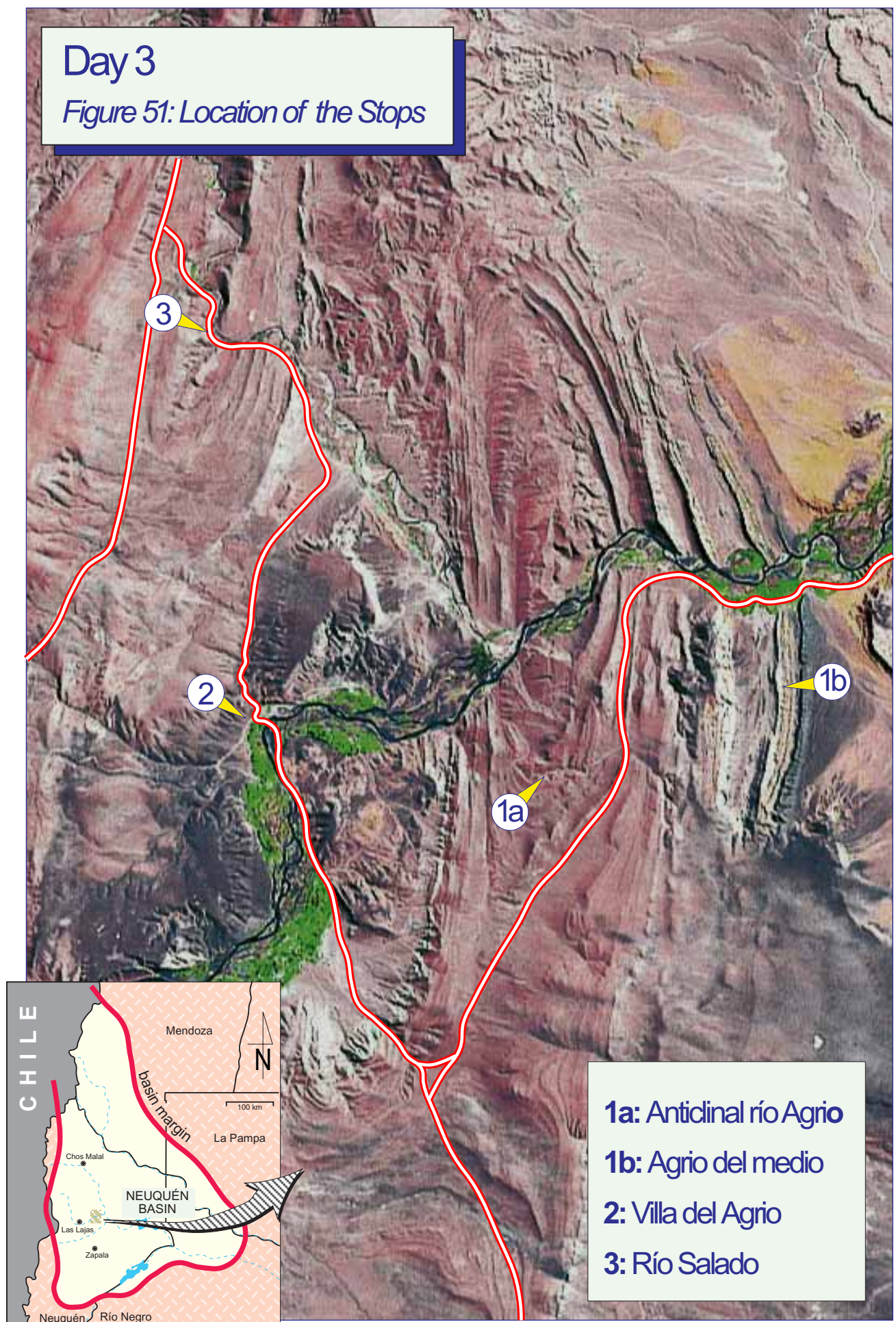
Day 3

Fig. 50: Location of the Stops



Day 3

Figure 51: Location of the Stops



1a: Antidinal río Agrio

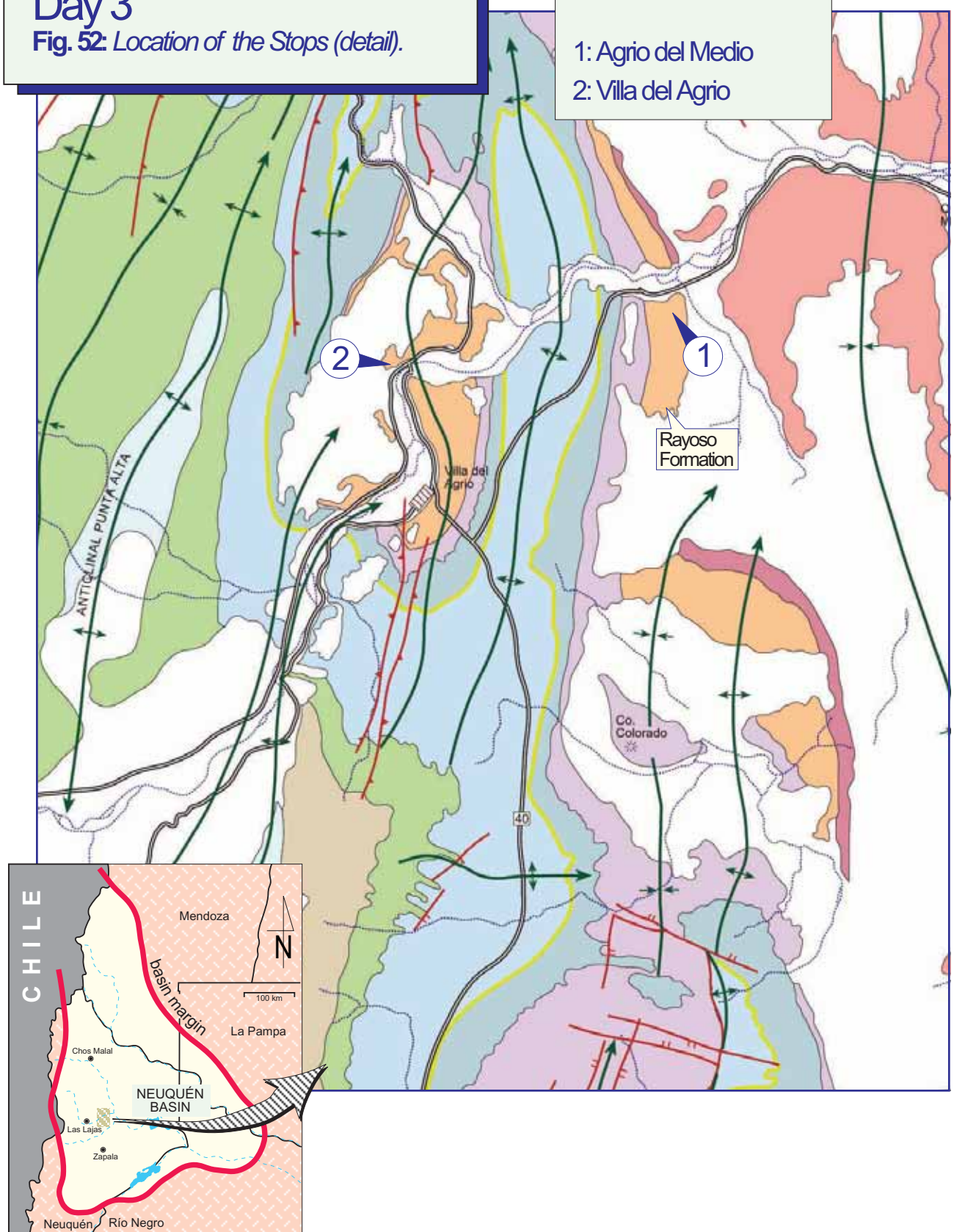
1b: Agrio del medio

2: Villa del Agrio

3: Río Salado

Day 3

Fig. 52: Location of the Stops (detail).



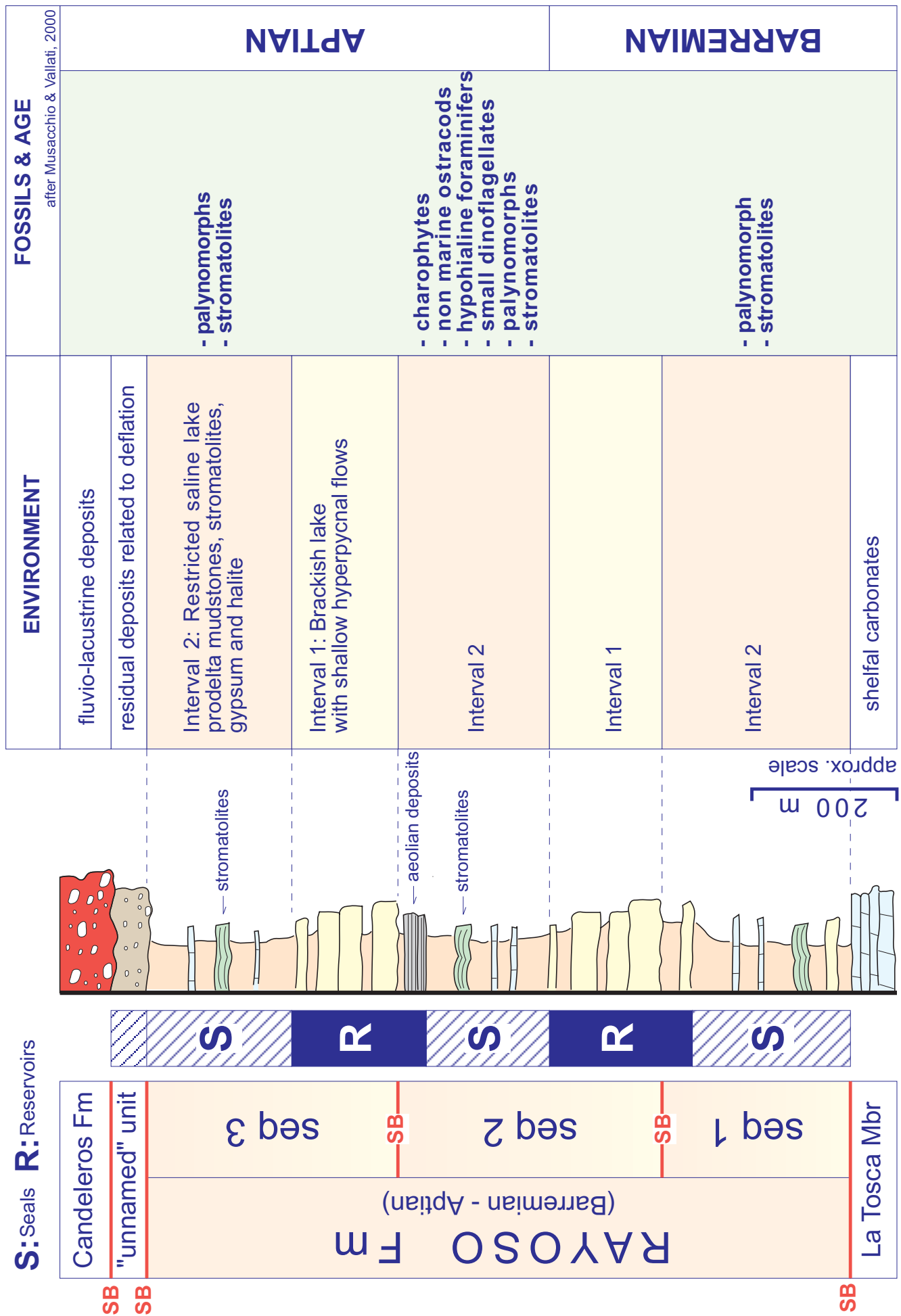


Fig. 53: Basic stratigraphic schema for the Rayoso Formation

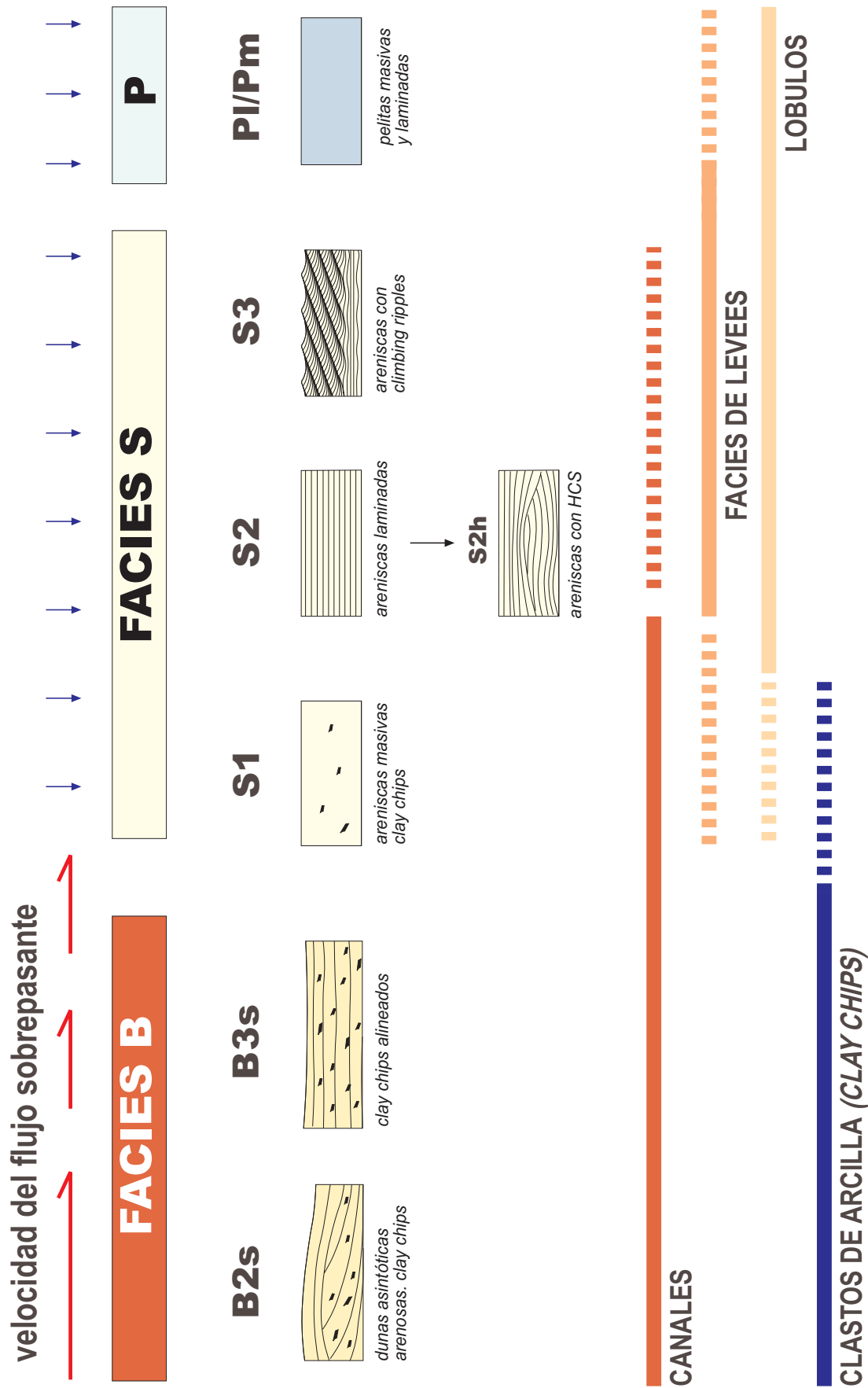


Fig. 54: Esquema conceptual para la interpretación genética de facies clásticas relacionadas a sistemas hiperpícnicos dominados por carga arenosa. Las facies **tipo B** corresponden a carga de lecho relacionada a un flujo turbulento sobrepasante de larga duración. Las facies de **tipo S y P** corresponden a depósitos relacionados al colapso del material en suspensión en el flujo turbulento.

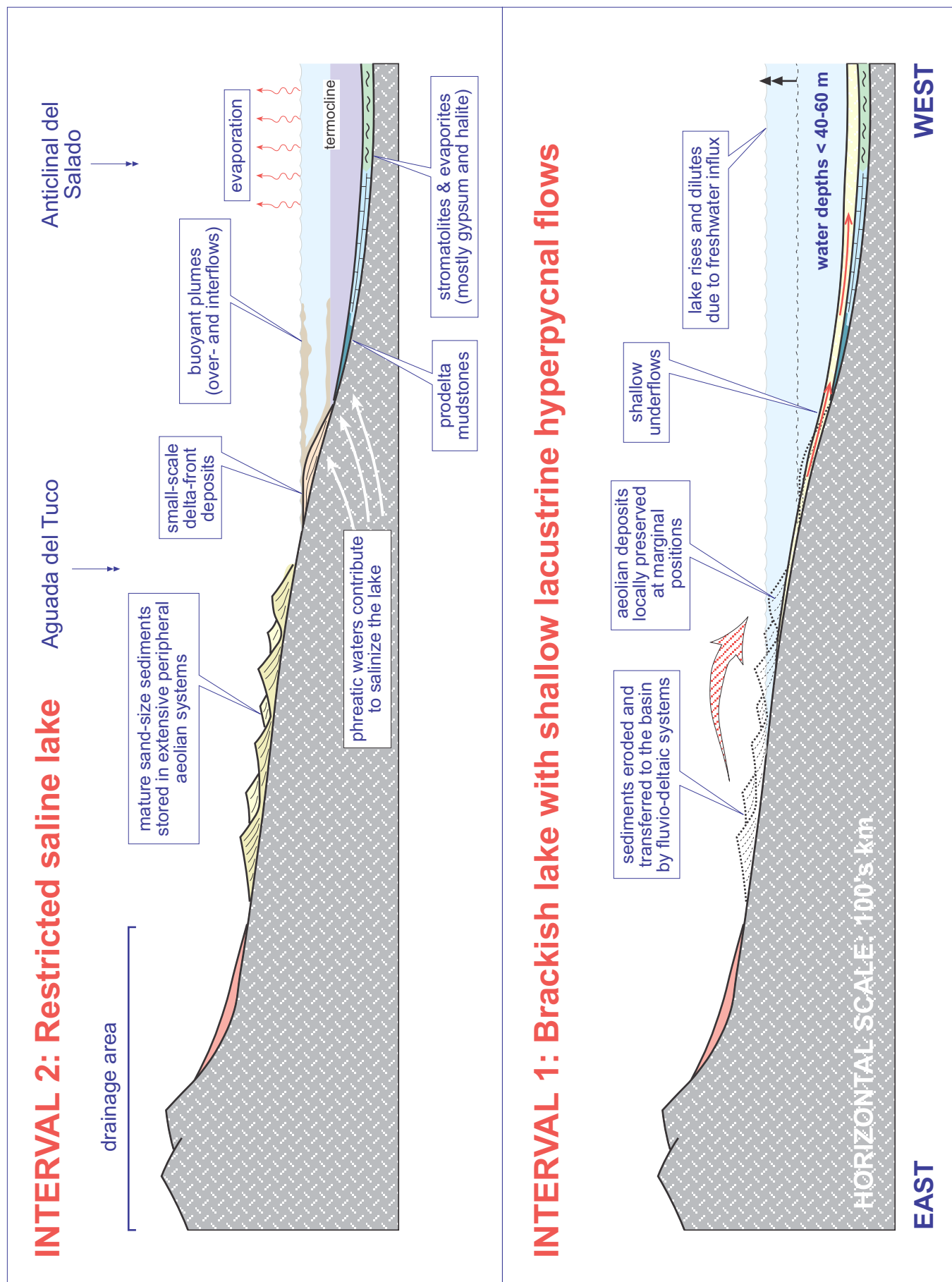


Fig. 55

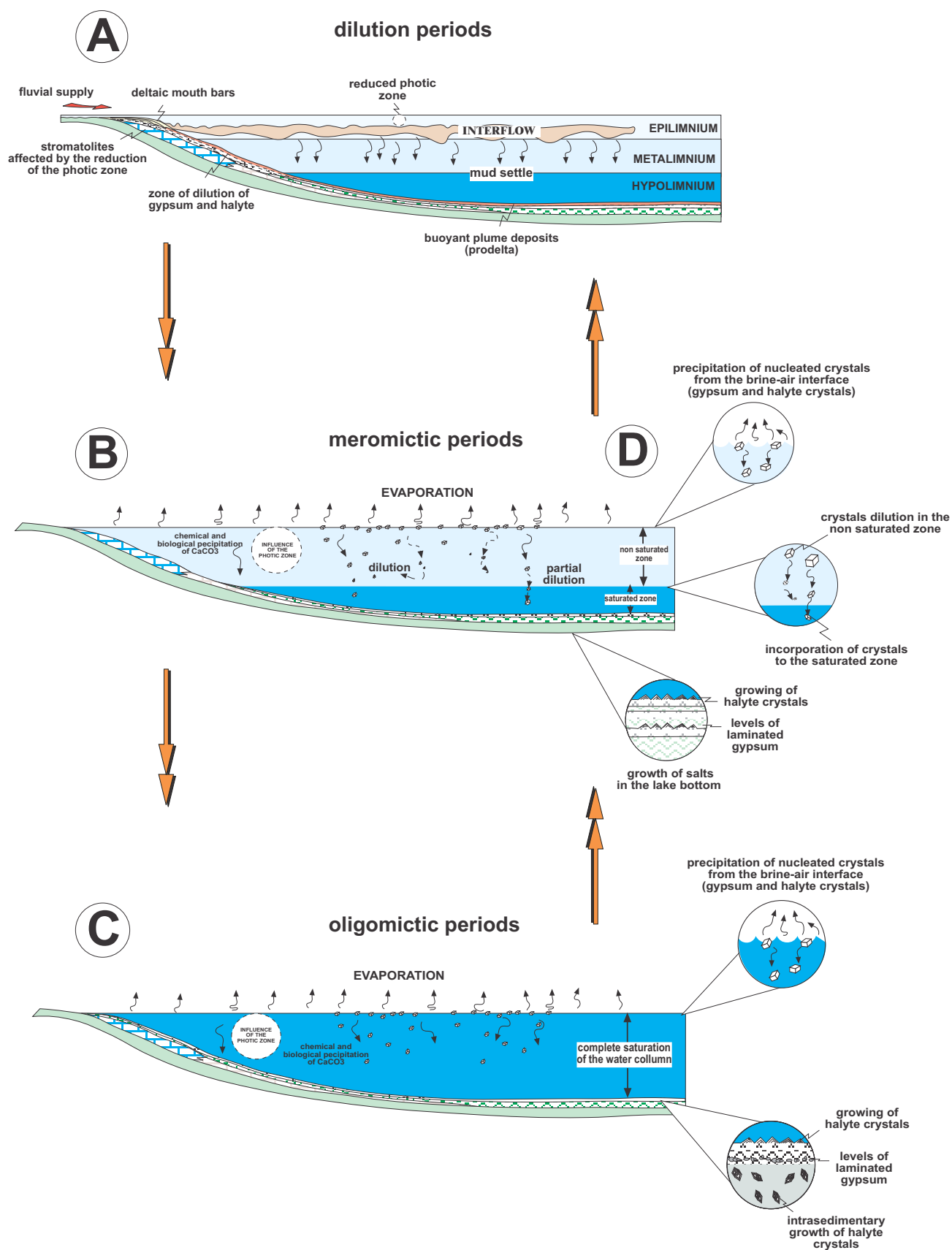


Fig 56: climatically induced cycles and their possible consequences in sedimentation

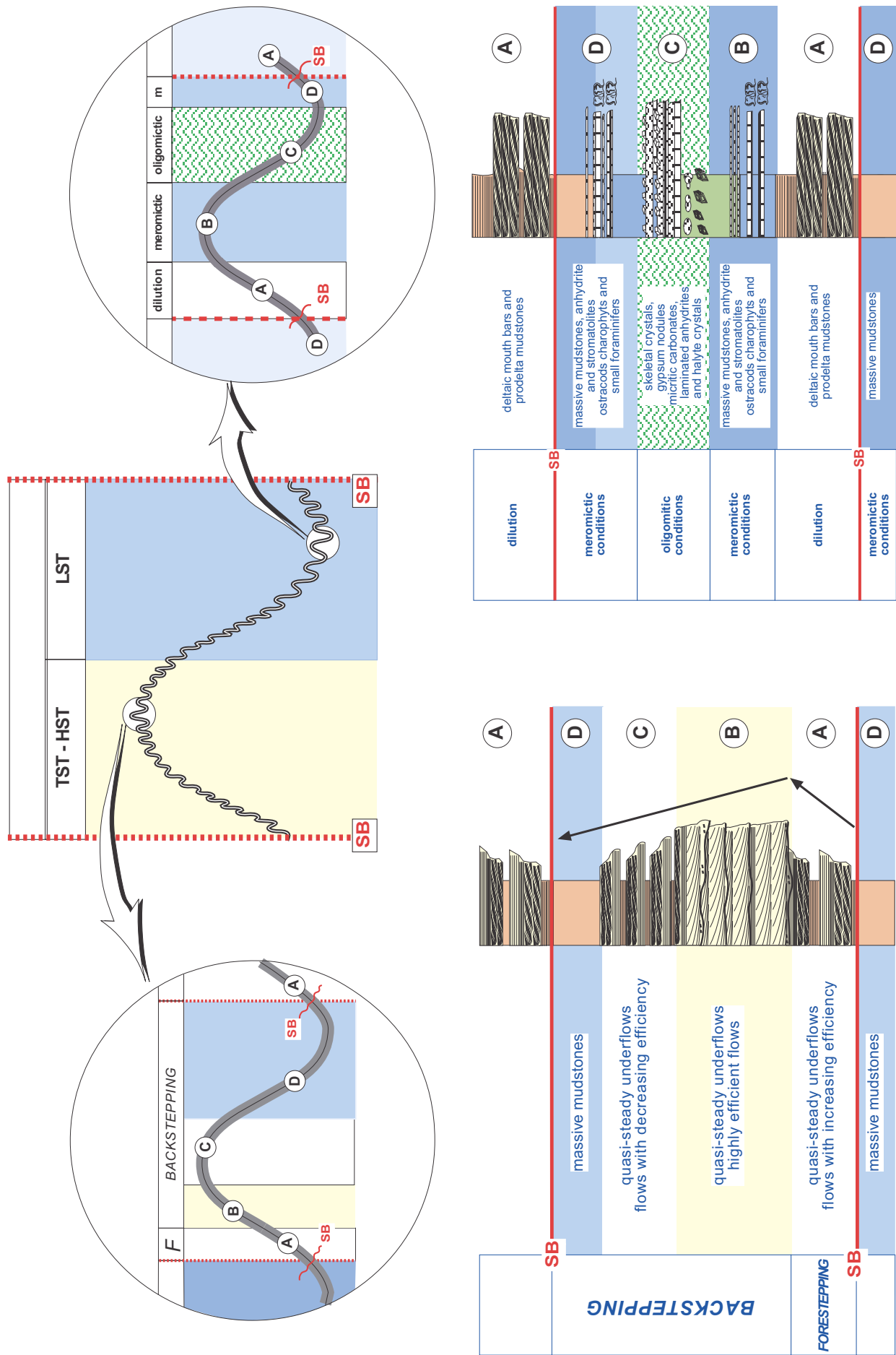


Fig 57: Origin, type and significance of small cycles (elementary sequences) in type 1 and 2 intervals

facies	lithology	sedimentary structures	geometry	origin	thickness (metros)	interval	
						1	2
Sm	fine to medium grained sandstones with clay chips	massive	tabular to lenticular bodies	traction plus fallout from quasi-steady turbulent flows	0.6 - 4		
Sha	fine to medium grained sandstones with clay chips	anisotropic hummocky cross stratification	tabular to lenticular bodies	unidirectional current with a subordinate oscillatory component	0.5 - 2		
Shi	fine to medium grained sandstones	isotropic hummocky cross stratification	tabular to lenticular bodies	unidirectional current with a subordinate oscillatory component	0.3 - 1		
Sl	fine to medium grained sandstones	parallel lamination with parting lineation	tabular to lenticular bodies	traction plus fallout from quasi-steady turbulent flows	0.4 - 0.8		
Scr	fine to medium grained sandstones	critical to subcritical climbing ripples	tabular to lenticular bodies	traction plus fallout from quasi-steady turbulent flows	0.3 - 1.5		
Sei	well sorted fine to medium grained sandstones	subcritically climbing translantent strata	tabular bodies	traction in dry interdunes	0.7 - 1		
Sed	well sorted fine to medium grained sandstones	diagonal (large scale)	tabular bodies	migration of aeolian dunes	0.6 - 1		
Sem	fine grained sandstones	massive	tabular bodies	subaqueous grainfall during aeolian duststorms	0.8 - 1		
Pl	mudstones	lamination	tabular bodies	precipitation from prodelta plumes			
Pm	mudstones	massive	tabular bodies	decantation. wind induced currents contributes to internal circulation			
Cm	carbonate mudstone (micritic)	massive	tabular bodies	photosynthesis	< 0.3		
Ce	carbonates	rhythmic laminae	tabular bodies	algal metabolic activity	< 0.6		
Eh	evaporite deposits (halite)	- pseudomorphs - skeletal crystals	- tabular bodies - individual aggregates	precipitation from saturated water bodies	0.6 - 1.2		
Ey	evaporite deposits (gypsum)	- laminar - nodular	tabular bodies	precipitation from saturated water bodies	< 0.3		

common

rare

absent

Fig 58: Main facies types in the Rayoso Formation

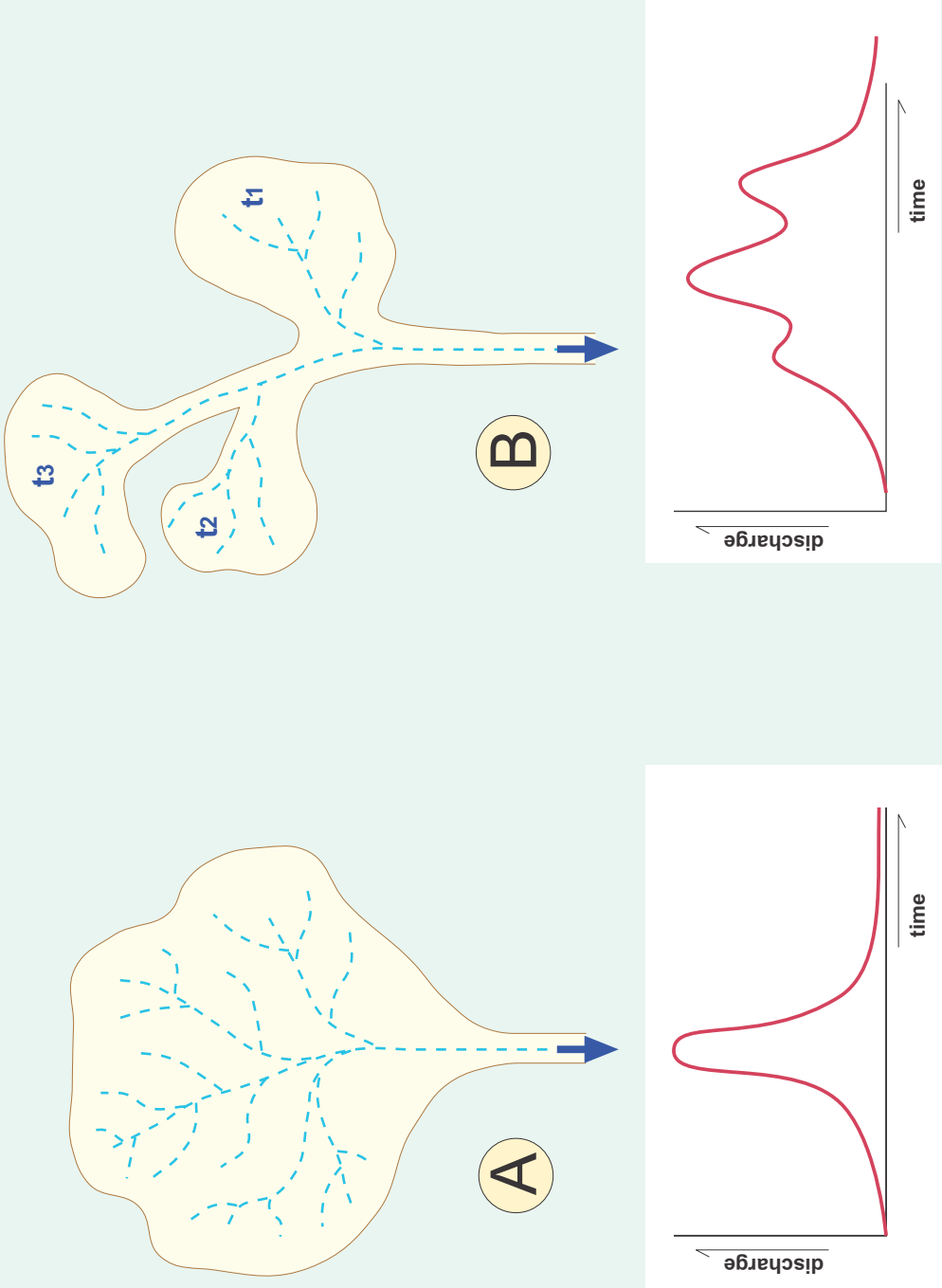


Fig. 59 : Comparison between fluvial discharges and the morphology of the catchment 's area. While in A a single peak is recognized, in B different arrival times result in a relatively more complex curve displaying a fluctuating discharge. The occurrence in fossil strata of fluctuating discharge evidences constitutes the main signature that suggests a fluvial connection

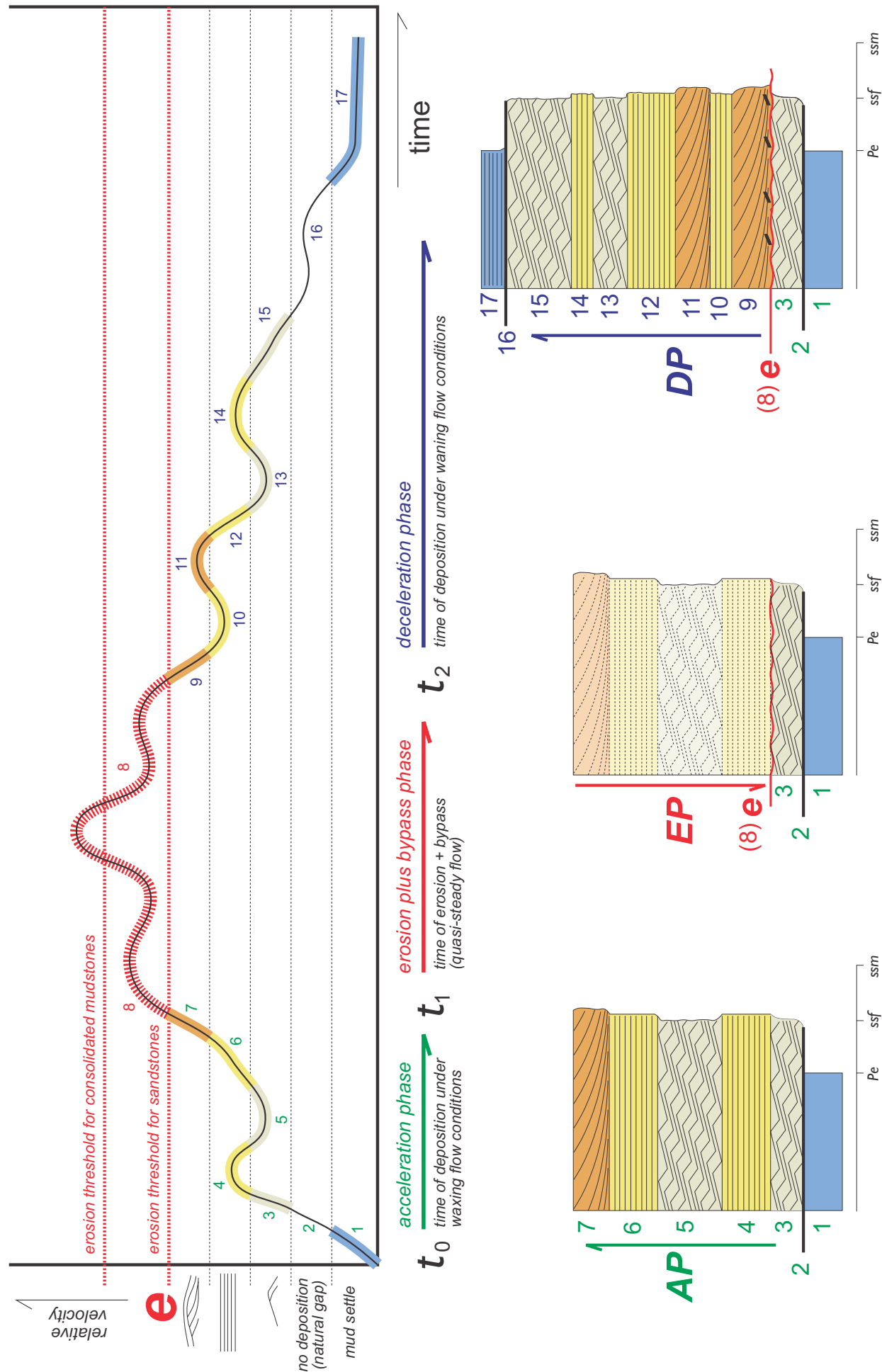


Fig. 60

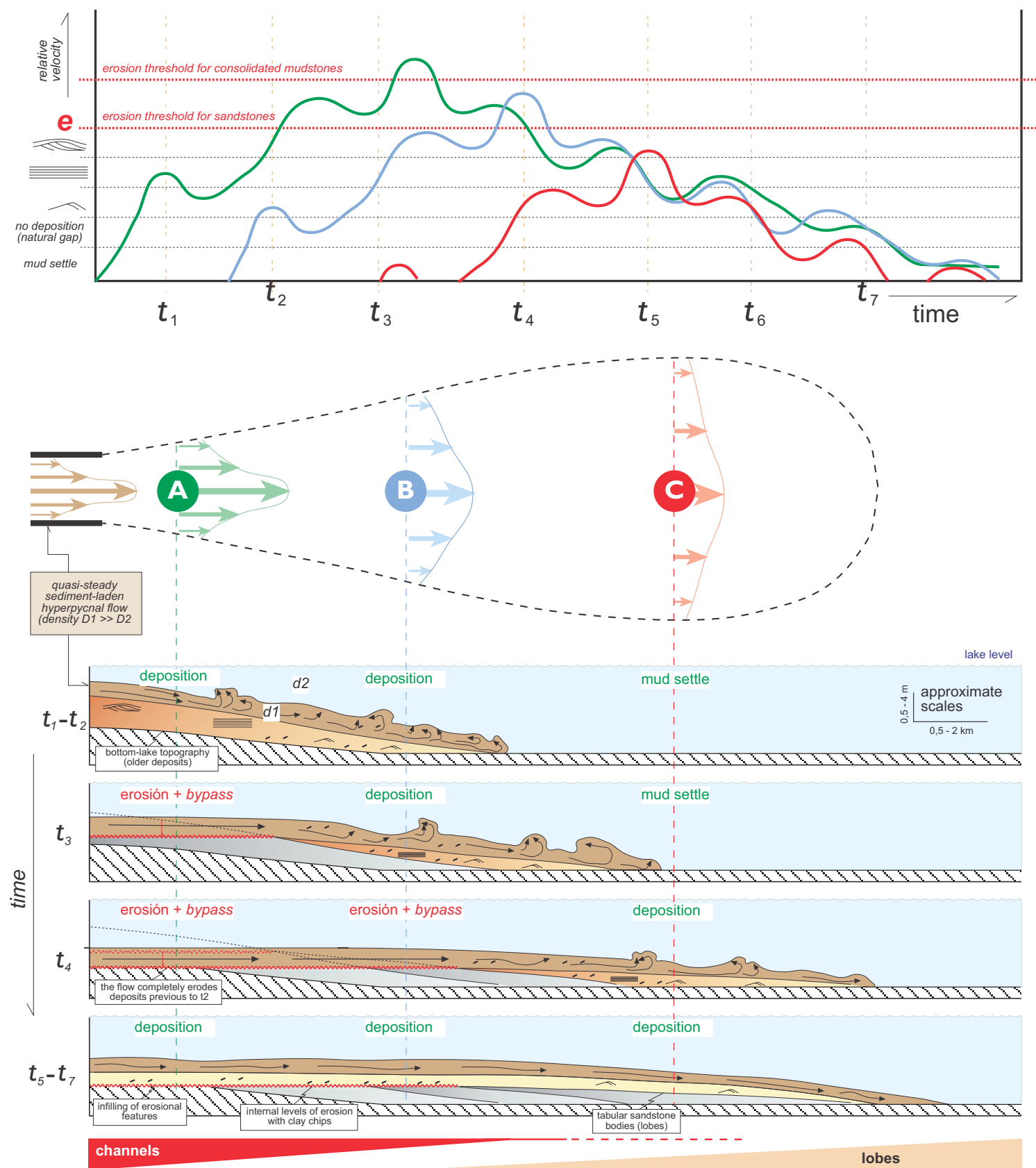
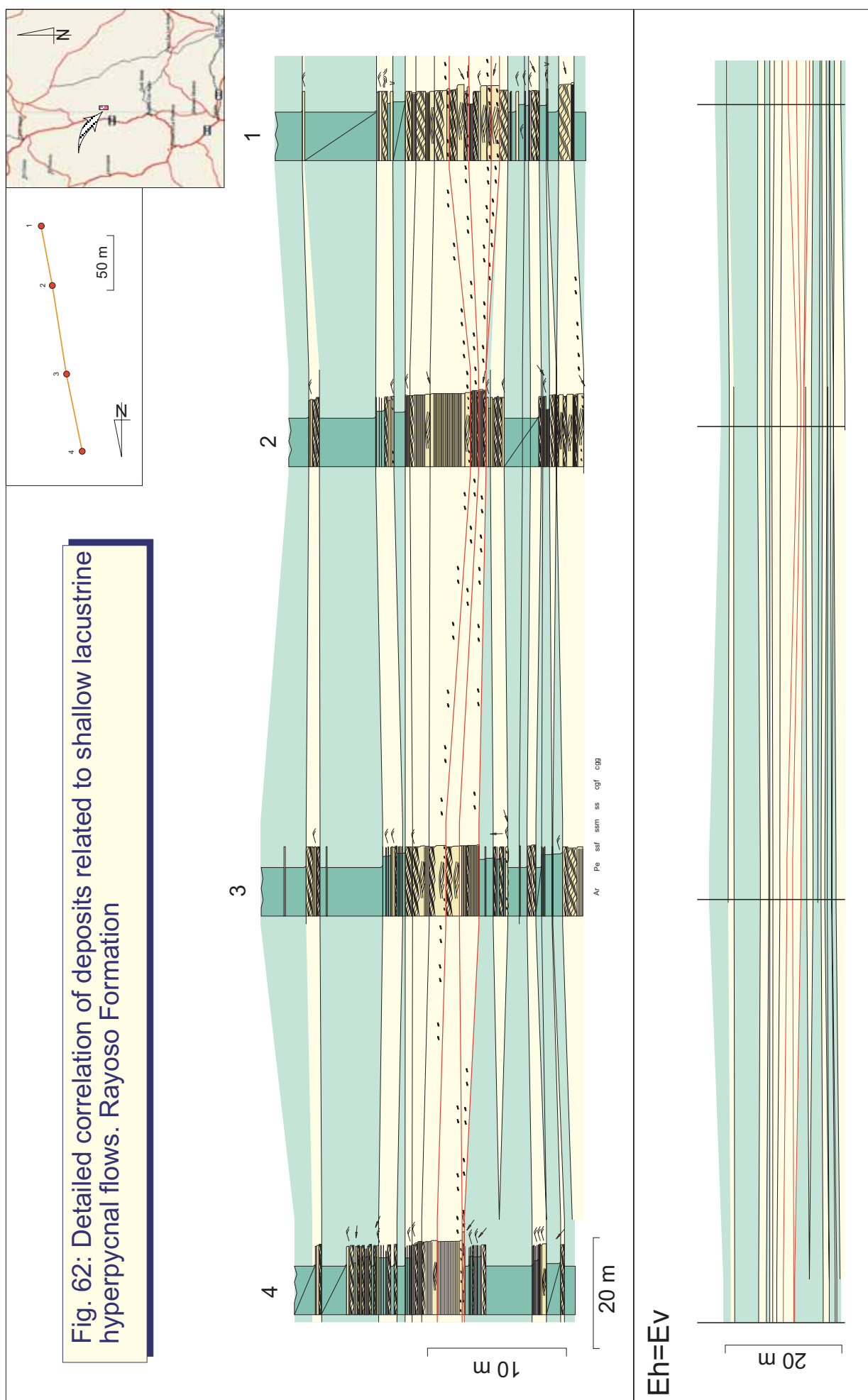


Fig. 61



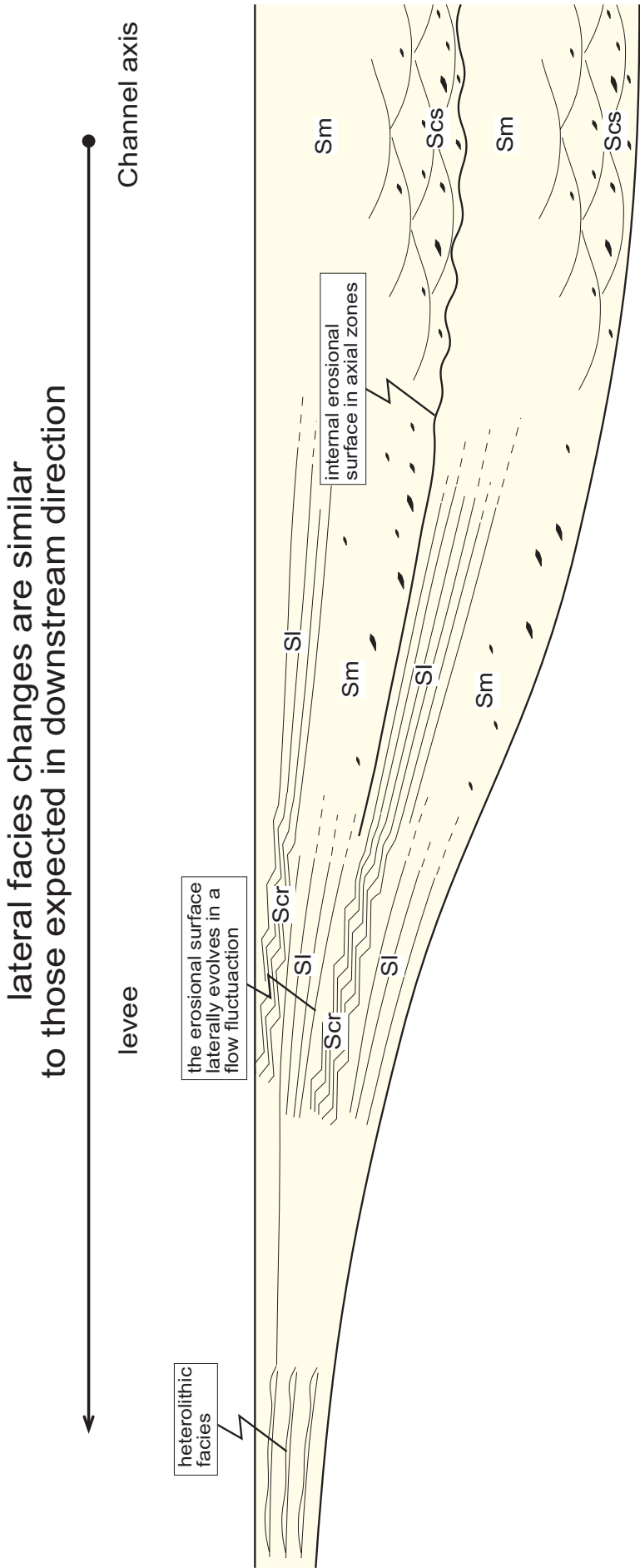


Fig. 62 bis: Diagrama mostrando las variaciones laterales de facies entre el eje y los bordes del canal (levee) dentro de canales asociados a sistemas hiperpícnicos lacustres someros. Los cambios de facies hacia los laterales están relacionados a una disminución progresiva en la velocidad del flujo. El análisis de estos cambios laterales es sumamente importante ya que permite predecir y analizar en un corto trecho la familia de facies y los cambios de facies esperables a lo largo de kilómetros en dirección a la cuenca. Note como la superficie de erosión pasa lateralmente a una superficie concordante, a lo largo de la que se registra una fluctuación de flujo.

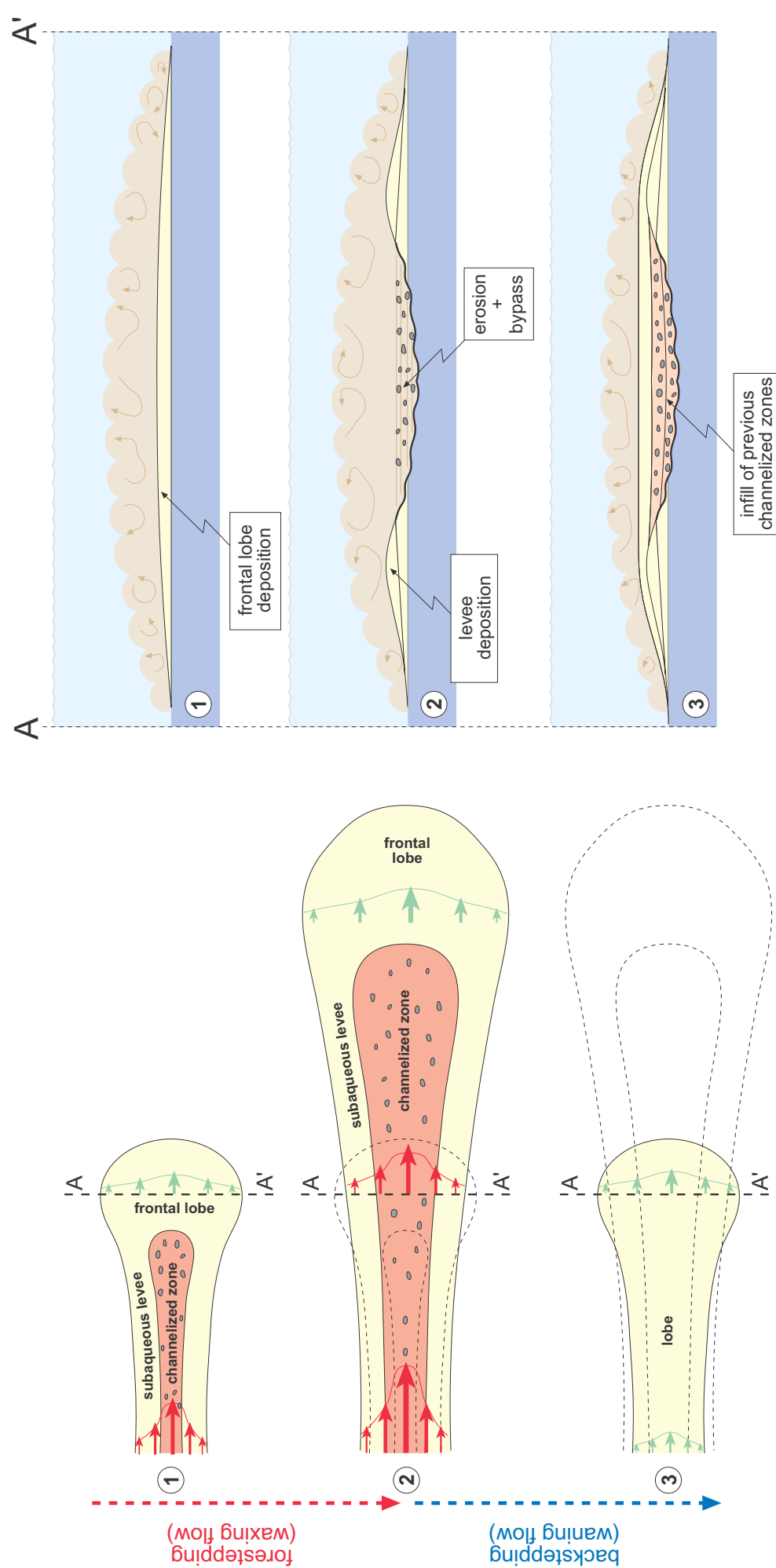


Fig 63

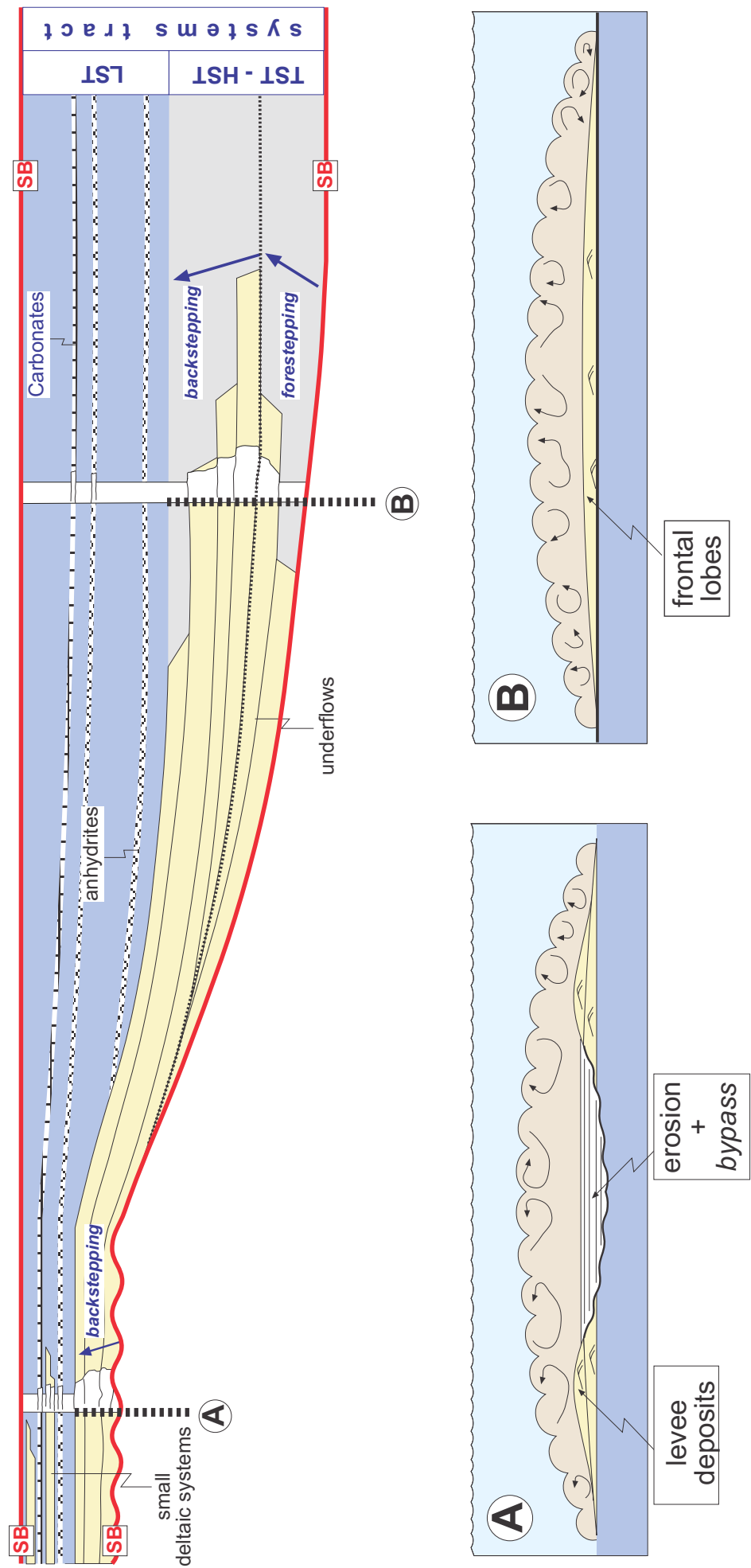


Fig 64: Basic internal geometry of depositional sequences in the Rayoso Formation. Note that the TST-HST correspond to type 1 intervals, while type 2 intervals develop during LST.

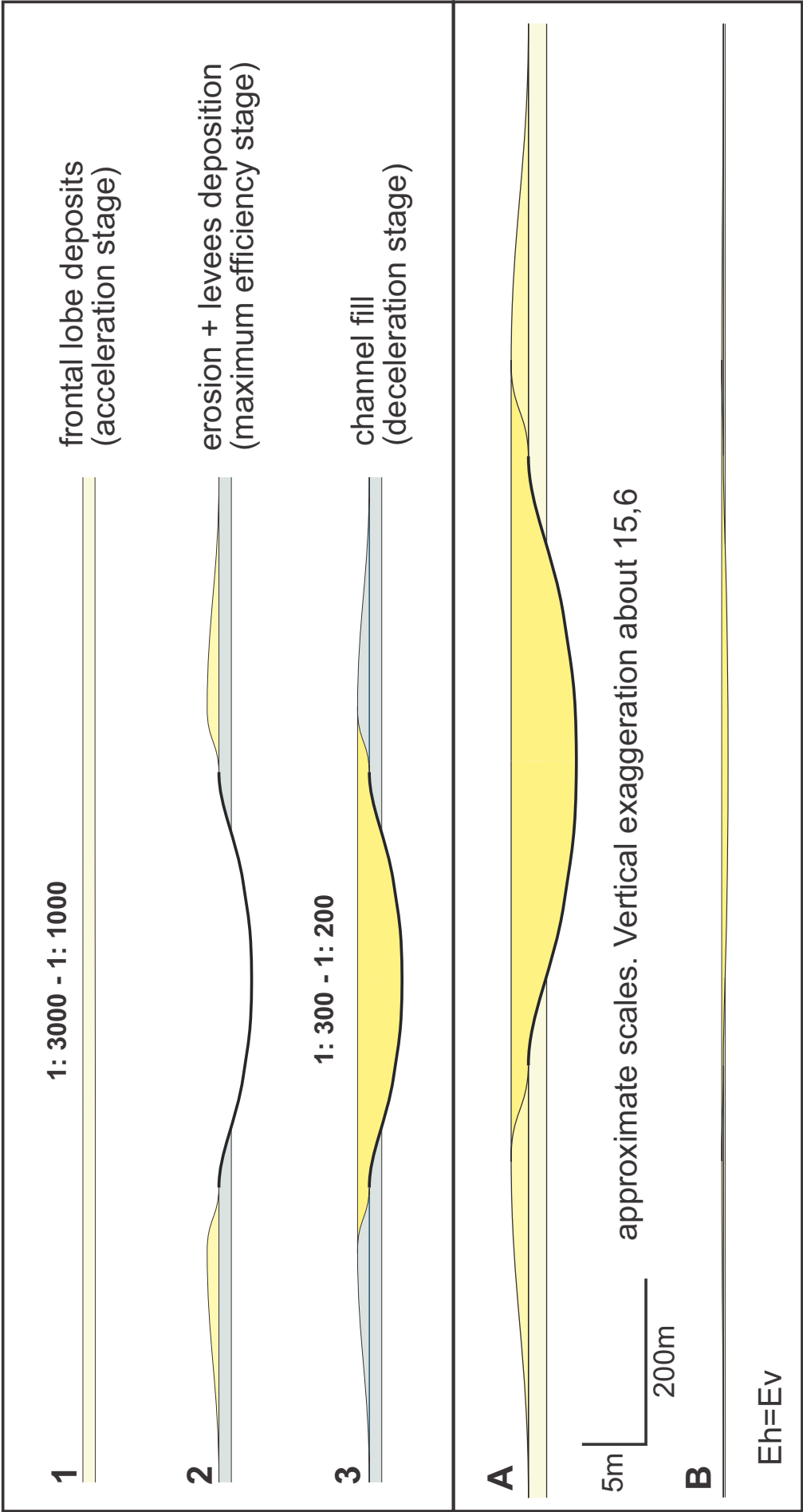


Fig 65: Extension and geometries of main sandstone bodies accumulated during the evolution of a quasi-steady shallow hyperpycnal flow.

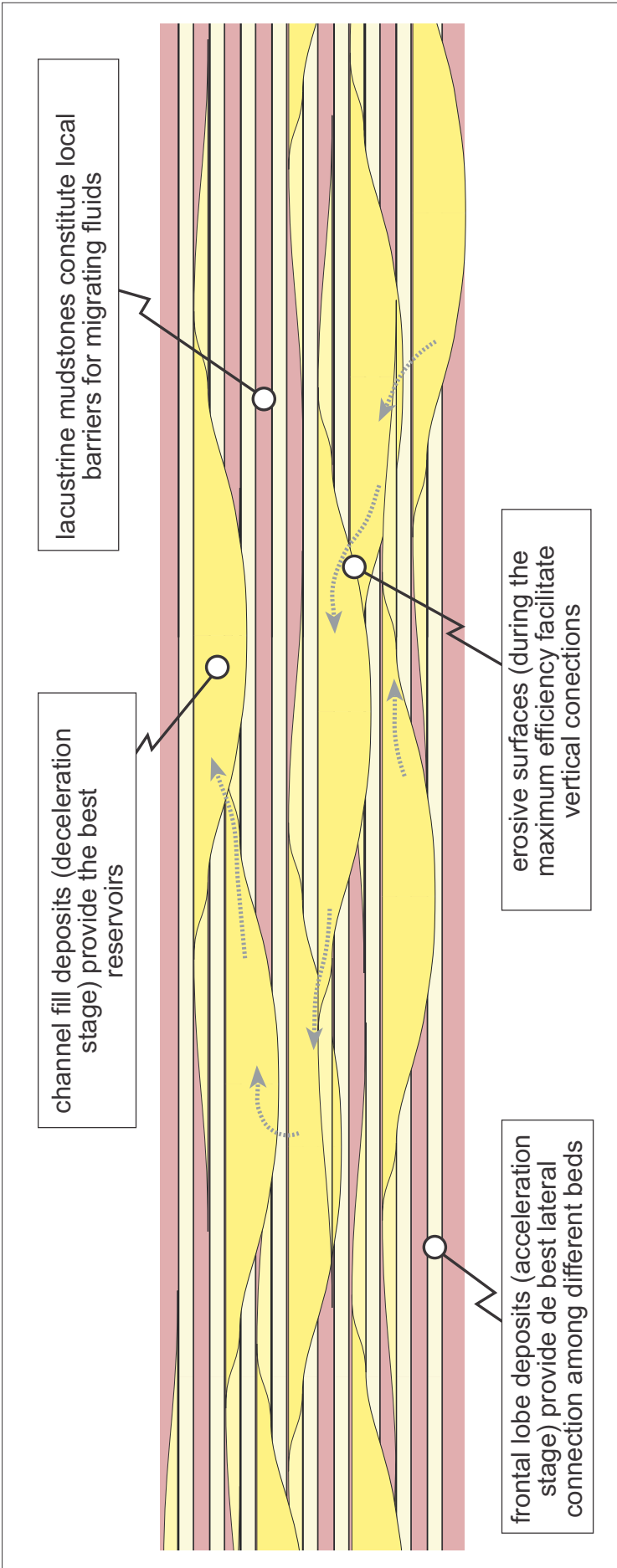


Fig 66: Possible pathways of migrating fluids within sandstone bodies accumulated by shallow hyperpycnal flows

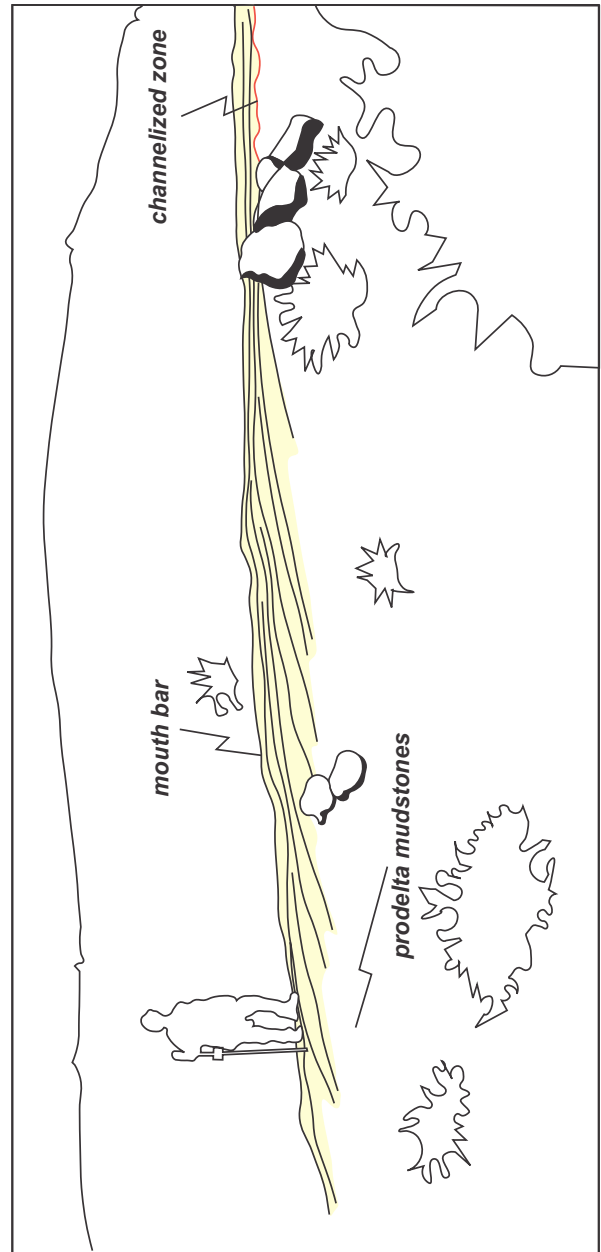


Fig. 67 . Small mouth bars in type 2 intervals. Cerro Rayoso

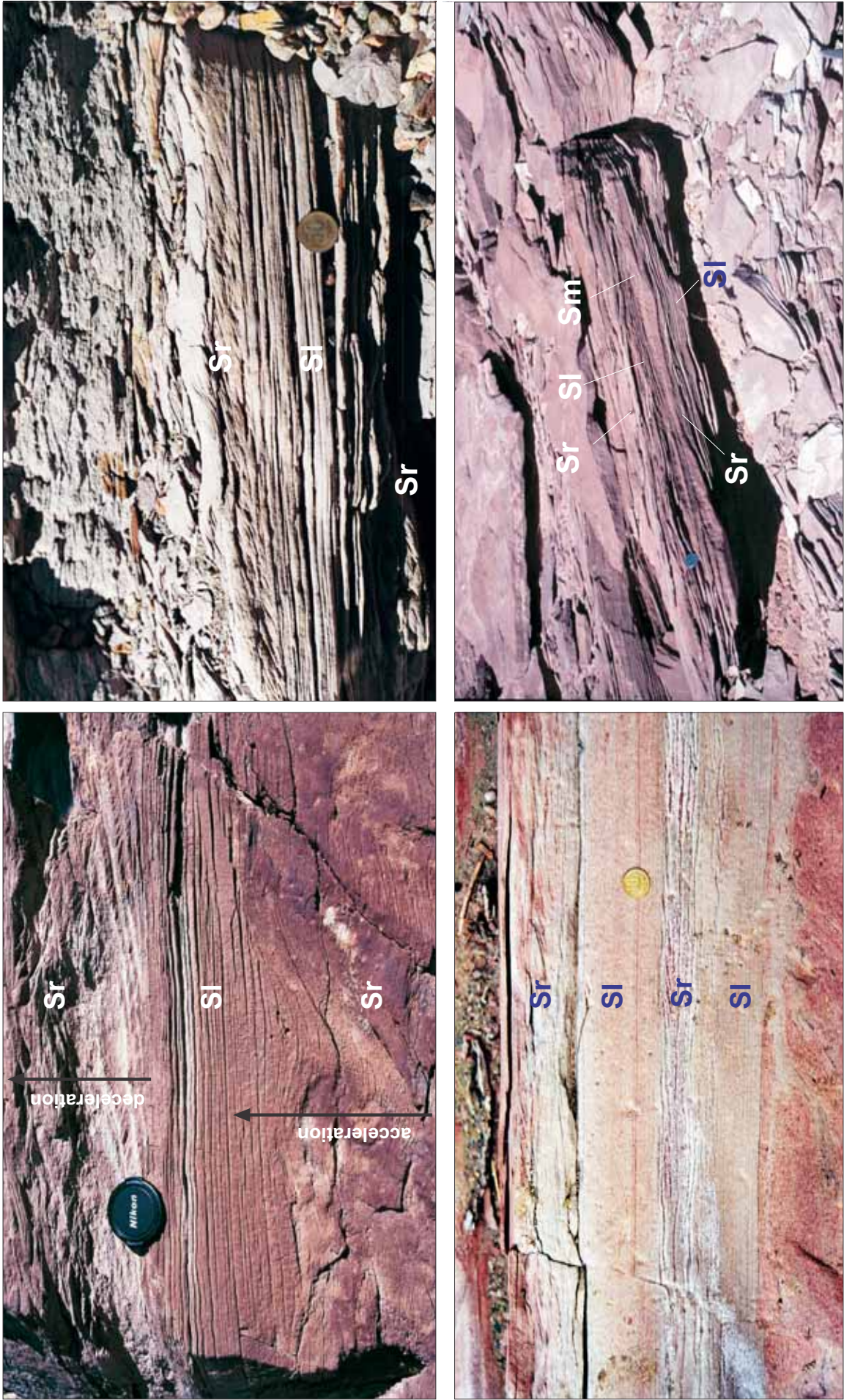


Fig 68. Some field evidences of deposition by fluctuating long lived hyperycnal flows

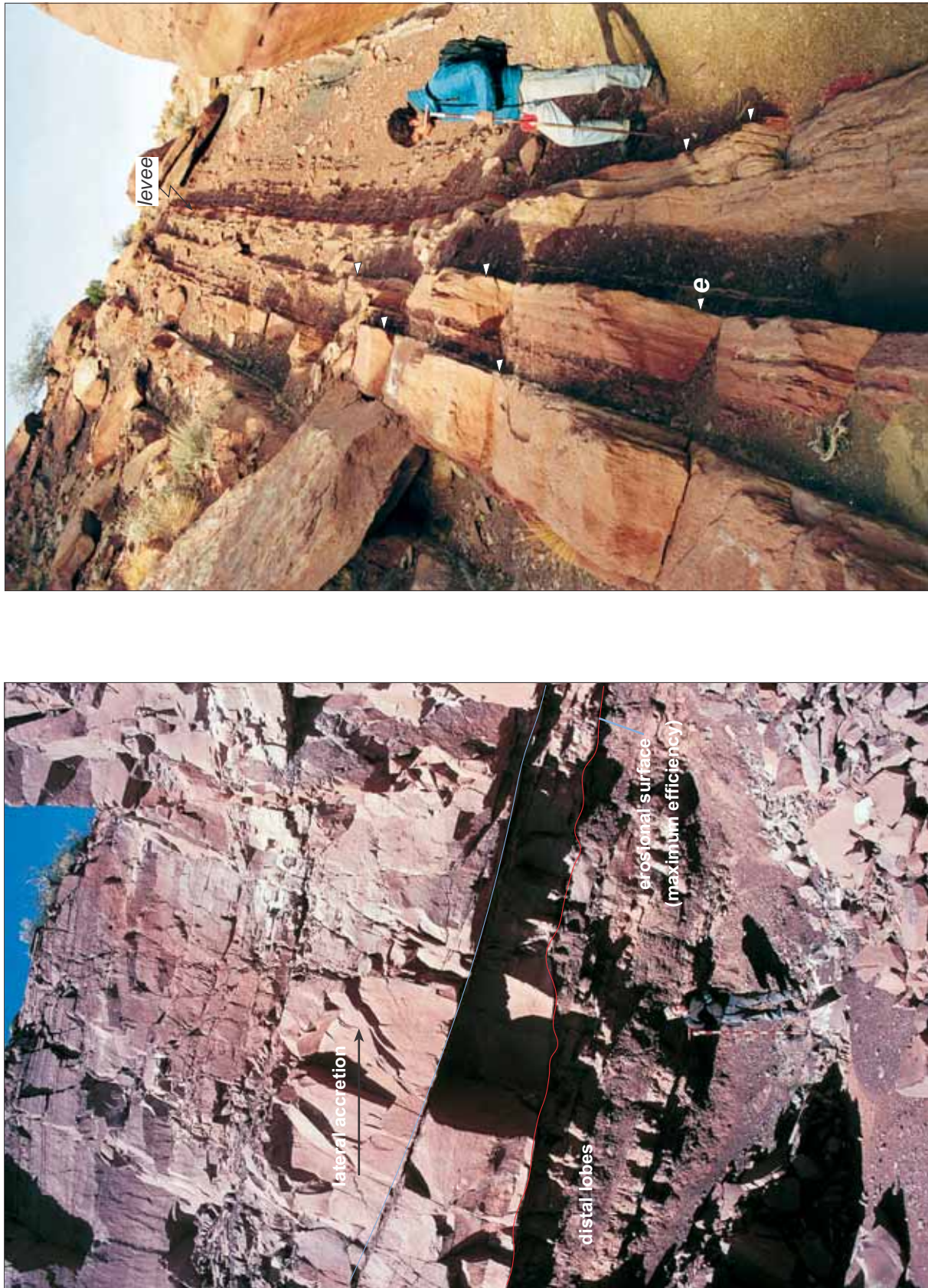


Fig. 69 : Channel fill deposits associated with shallow lacustrine underflows. Rayoso Formation.

Stop 3

La Formación Mulichinco en el río Salado

Material de referencia : Figs. 15, 16, 51, 70, 71, 72, 73 & 74.

Puntos de observación :

- 1.- Lóbulos arenosos de la Fm Mulichinco
- 2.- Interacción de sistemas hiperpícnicos con procesos de difusión marina.

Puntos de discusión :

- 1.- Evolución estratigráfica de la Fm Mulichinco
- 2.- Origen, predicción de facies y significado petrolero.



Fig. 70 :The stratigraphic position of the Mulichinco Formation in the Mendoza Gp. (redraw after Gulisano et al., 1984)

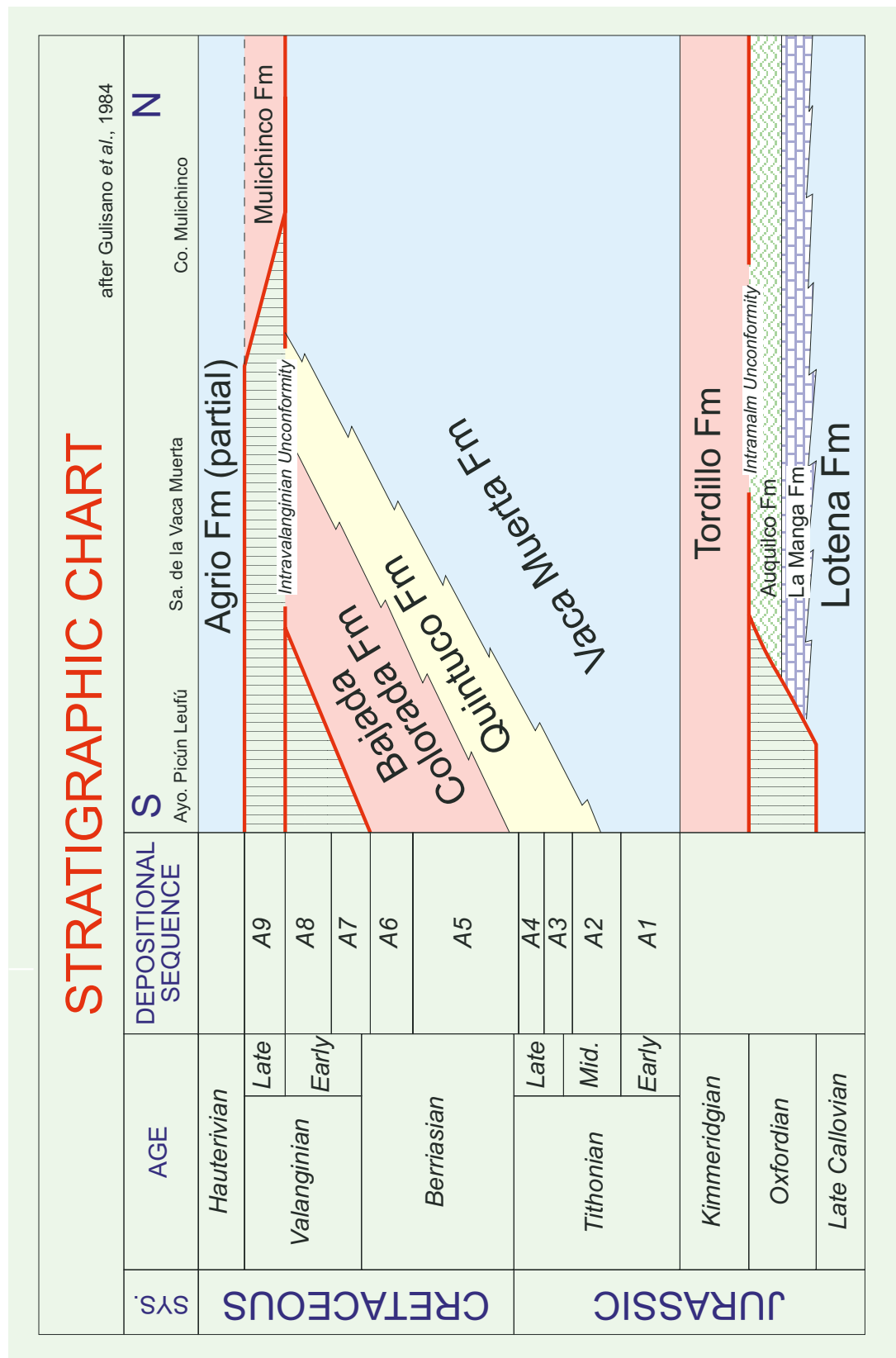


Fig. 71 : Depositional model for the lower section of the Mulichinco Fm (Valanginian).
Note the diachronism between lobes and channel-fill deposits (without scales)

AUTHOR: C. ZAVALA

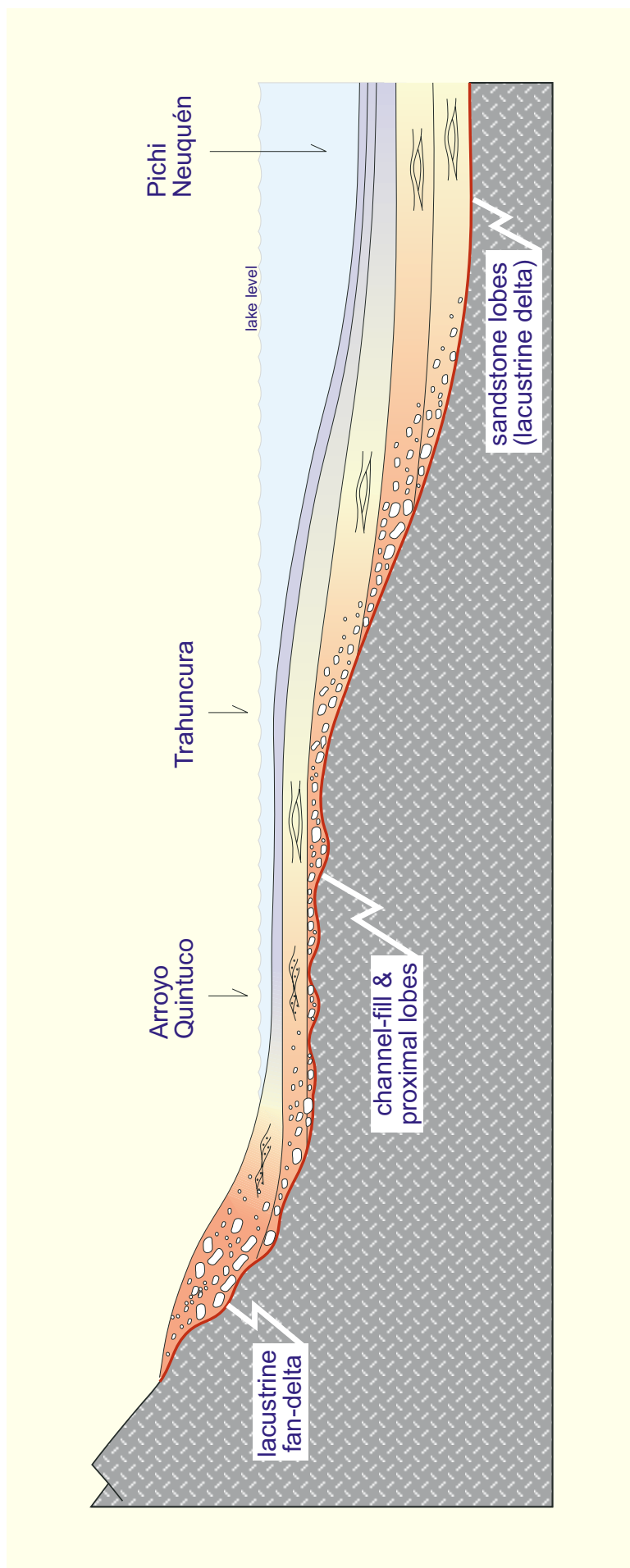
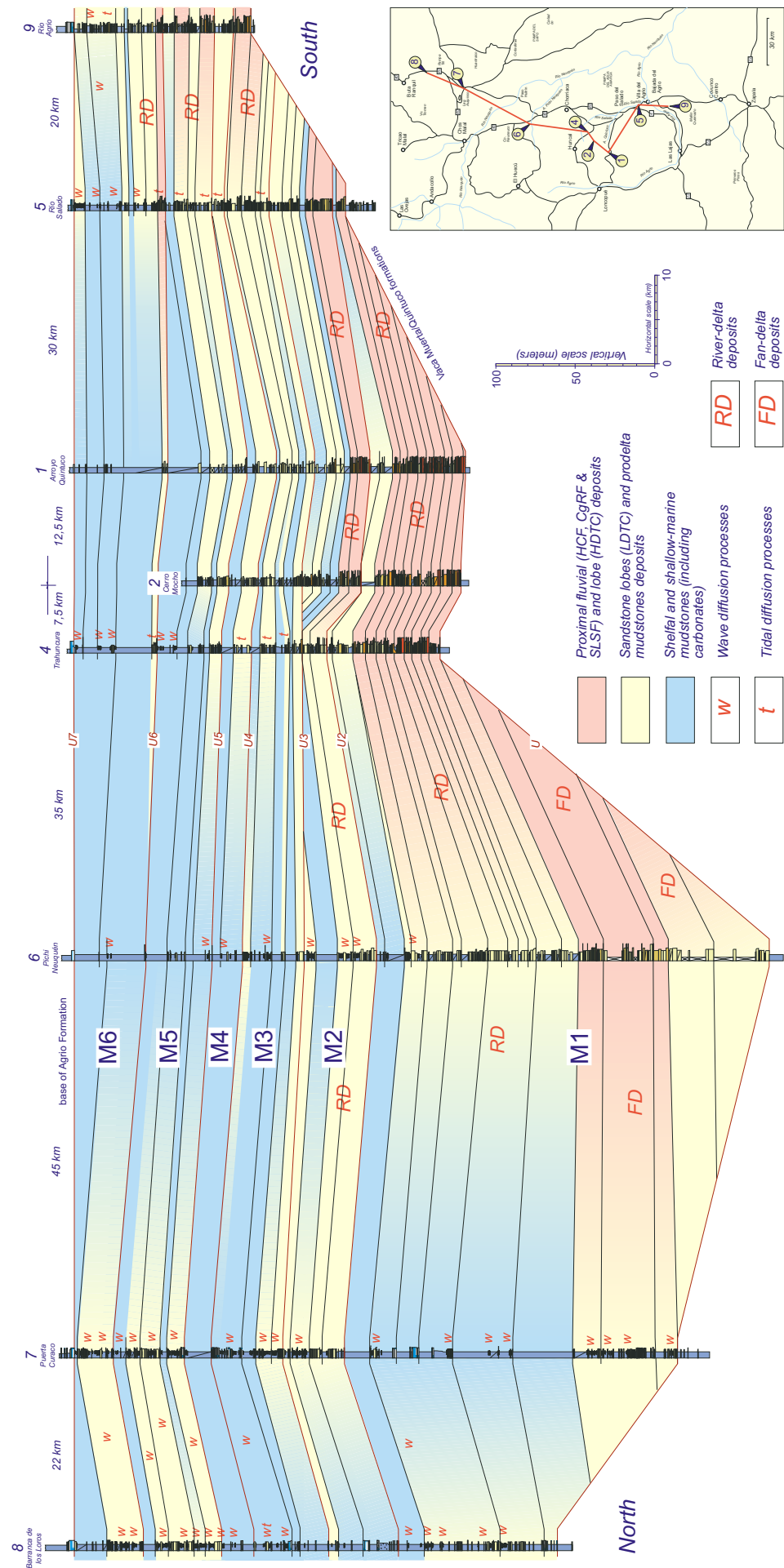


Fig. 72: Cross section of the Mulichinco Fm. between the Agrio river and Barranca de los Loros areas (172 Km).

Author: C. Zavala



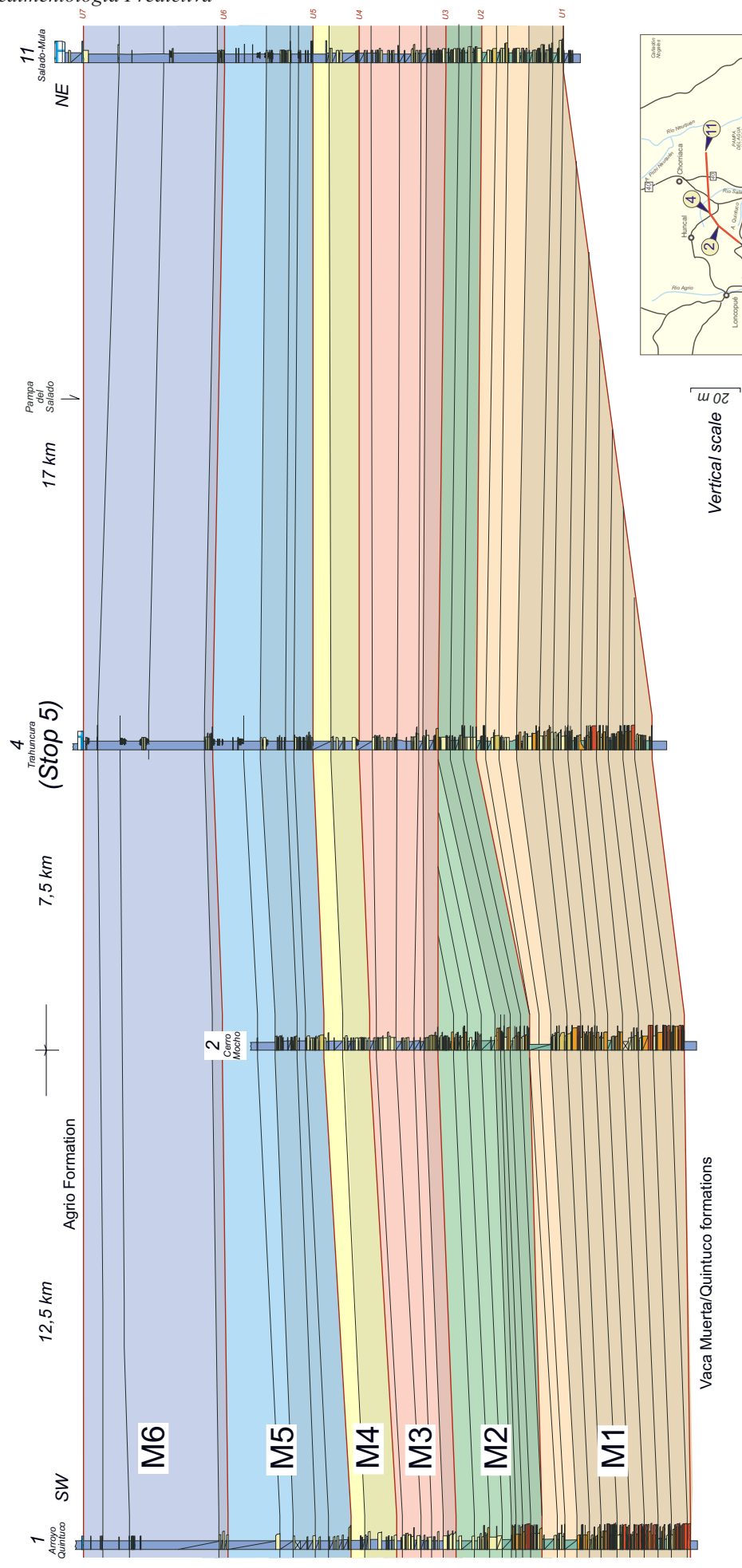
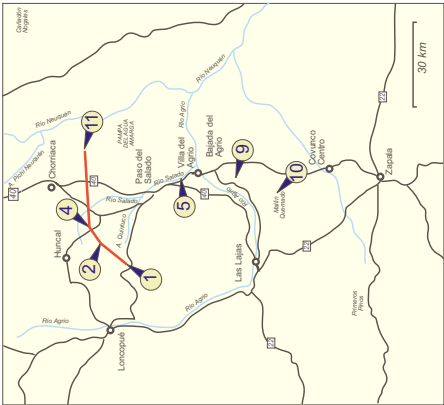


Fig. 73: Cross-section of the Mulichinco Fm. between Arroyo Quintuco and Salado Mula areas (37 Km). Note that the lower section (sequences M1 and M2) displays a reduced thickness in the west, related to the existence of a contemporaneous uplifted structure.

Author: C. Zavala



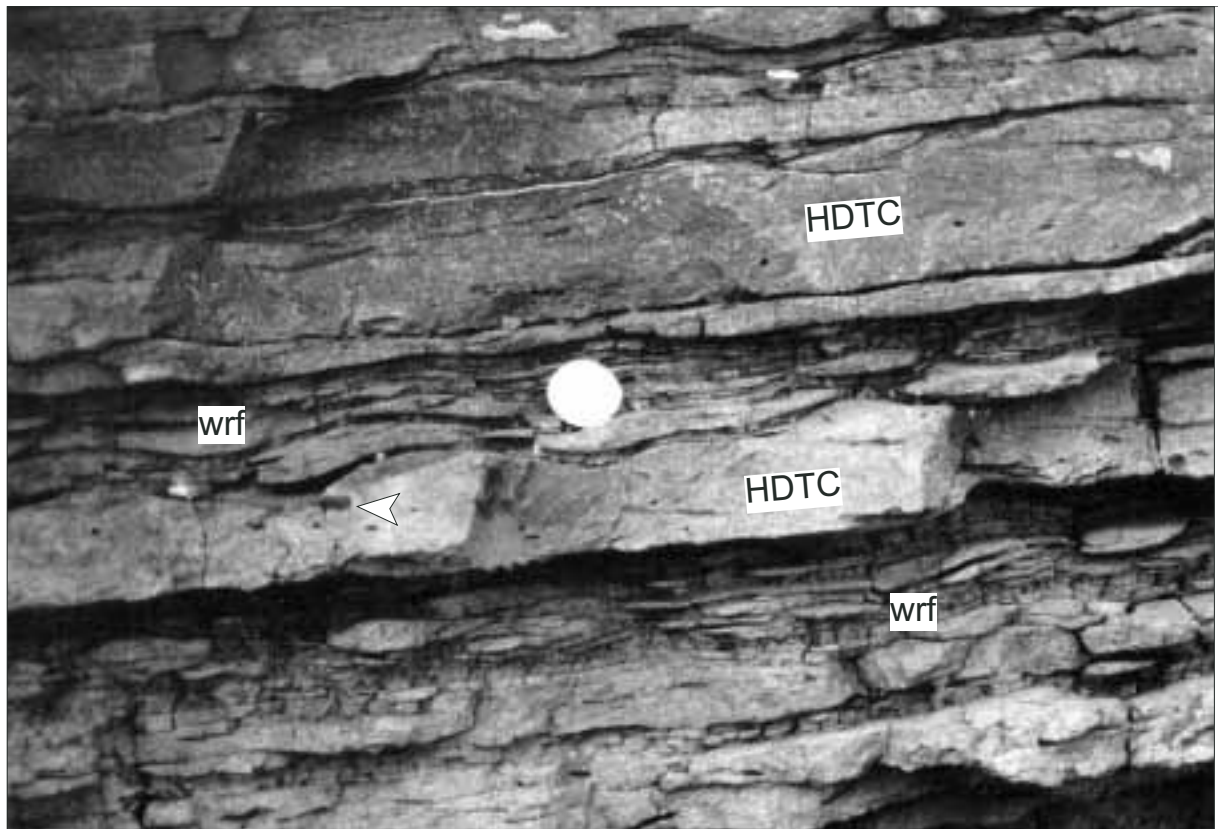


Fig.74A : Evidences of wave reworking processes (wrf) affecting flood-related deposits. The high-density origin of the lower deposit (HDTC) is evidenced by the presence of "floating" mud clasts (arrow). Mulichinco Fm., sequence M3.



Fig. 74B : Panoramic view of the Mulichinco Formation at the Salado river. Note that this unit sharply overlies offshore fine-grained deposits of the Vaca Muerta Fm, with some evidences of subaerial exposure at the boundary.

*Día
Cuatro*

Catán Lil

Día 4**11:00 - 19:00 Field Trip**

Panorámica del Grupo Cuyo en el área de Ñireco. Discusión sobre estratigrafía secuencial de la sucesión y evolución tectónica (jurásica y cretácica) de la localidad. Evidencias de actividad tectónica intrabajociana e intrakimmeridgiana.

13:30 Almuerzo en el arroyo Picún Leufú.

Plumas de *lofting* en la Fm Los Molles, alternancia con depósitos hiperpícnicos. Altos de basamento y valles estructurales: su control en la estratigrafía del Grupo Cuyo. Superficies fósiles de exposición subaérea en granitos del basamento. Canales y lóbulos hiperpícnicos. Análisis de facies. Facies tipo B y S en la Fm Los Molles. Predicción de cuerpos arenosos. Análisis y significado de la ciclicidad. Tectónica de inversión en el Cordón de la Piedra Santa. Discordancias progresivas.

Stop 1**La sucesión estratigráfica en los alrededores del cañón del Picún Leufú**

Material de referencia : Figs. 75 a 83.

Puntos de observación :

- 1.- Depósitos deltaicos de la Fm. Lajas en el núcleo de una estructura de rumbo E-W.
- 2.- Relación de la Fm Lajas con las fms. Tordillo y Vaca Muerta.
- 3.- Estructuras de crecimiento jurásicas (intrabajocianas)

Puntos de discusión :

- 1.- Edad de los eventos de deformación. Importancia petrolera.

Stops 2, 3 & 4**Área de Morro del Aguila**

Material de referencia : Figs. 84 a 99

Puntos de observación :

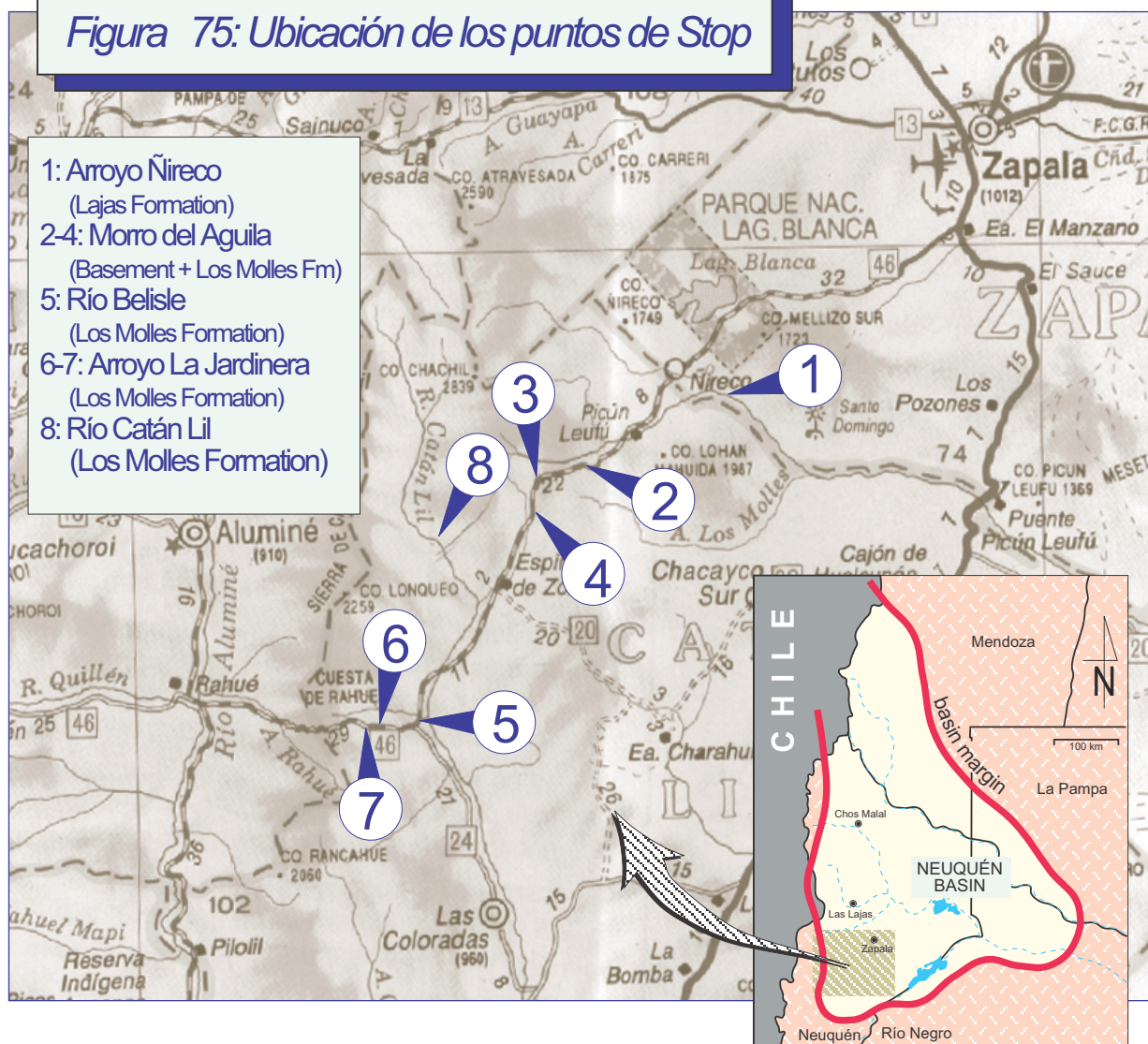
- 1.- Depósitos de plumas de *lofting* asociados a canales y lóbulos
- 2.- Depósitos calcáreos someros a la base del Gr. Cuyo (Miembro Chachil)
- 3.- Superficies de meteorización antiguas sobre rocas del basamento

Puntos de discusión :

- 1.- Efecto de la topografía en el control de facies y espesor del Gr. Cuyo.
- 2.- Significado sedimentológico y petrolero de los depósitos de *lofting*..

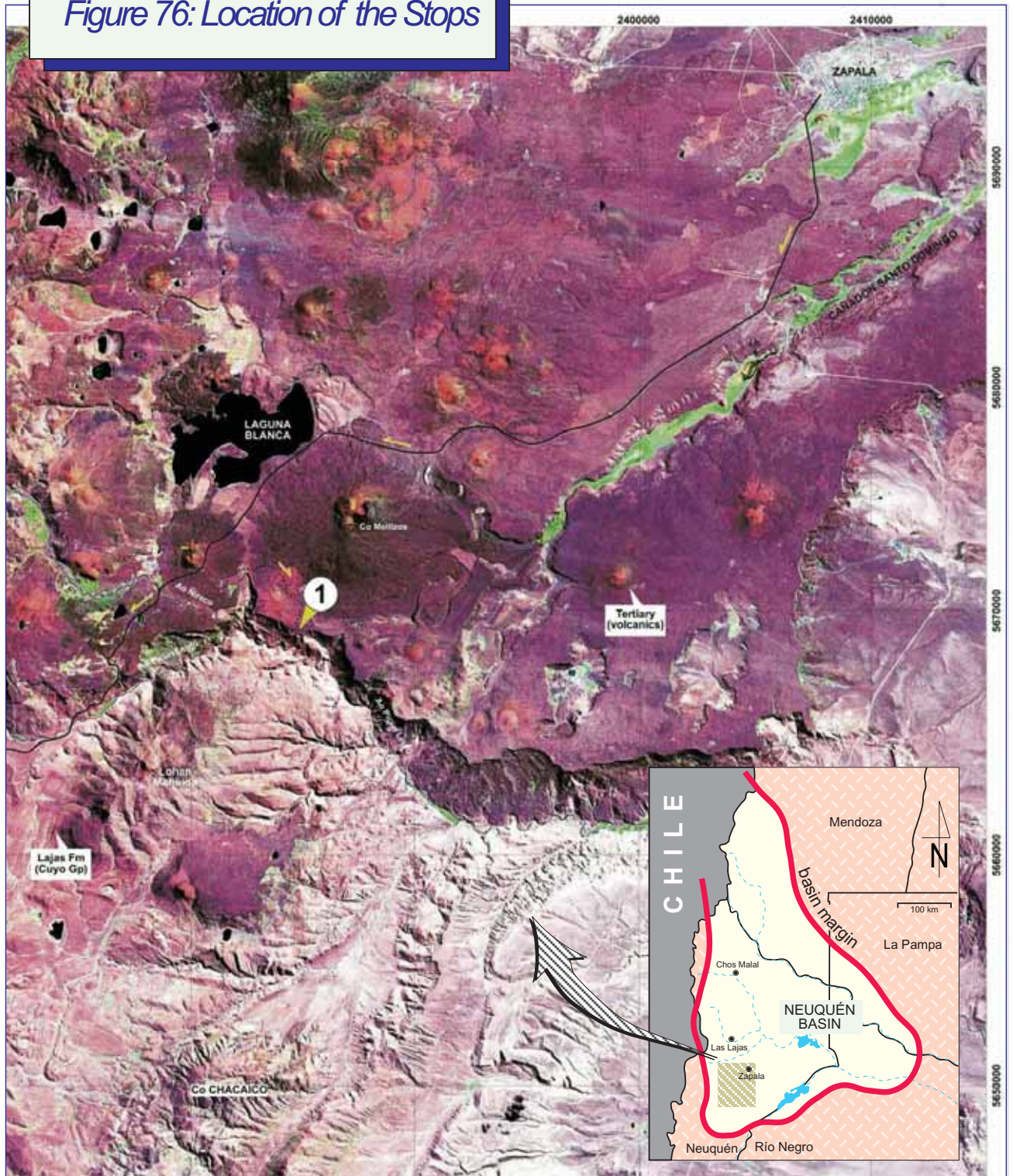
Día 4

Figura 75: Ubicación de los puntos de Stop



Day 4

Figure 76: Location of the Stops



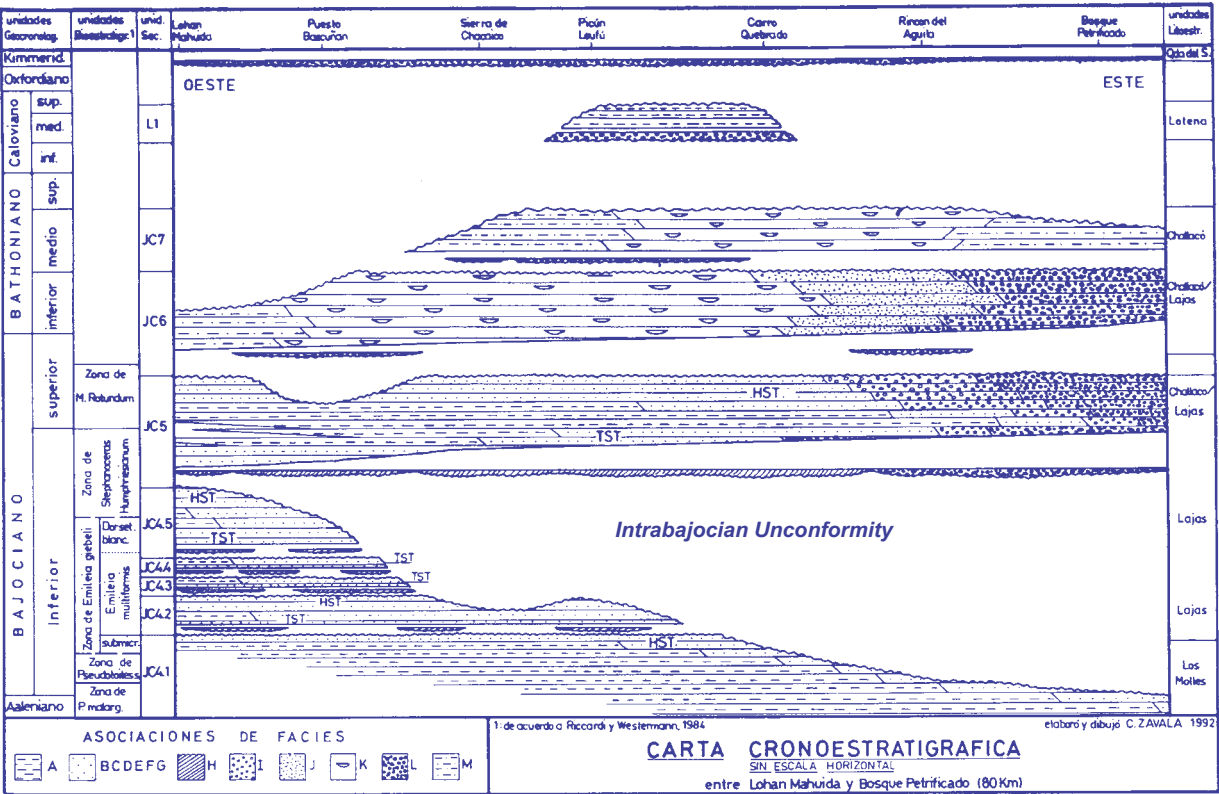


Fig. 77: Chronostratigraphic chart for the Middle Jurassic in the Sierra de Chacaico / Cerro Lotena area. *after Zavala, 1993.*

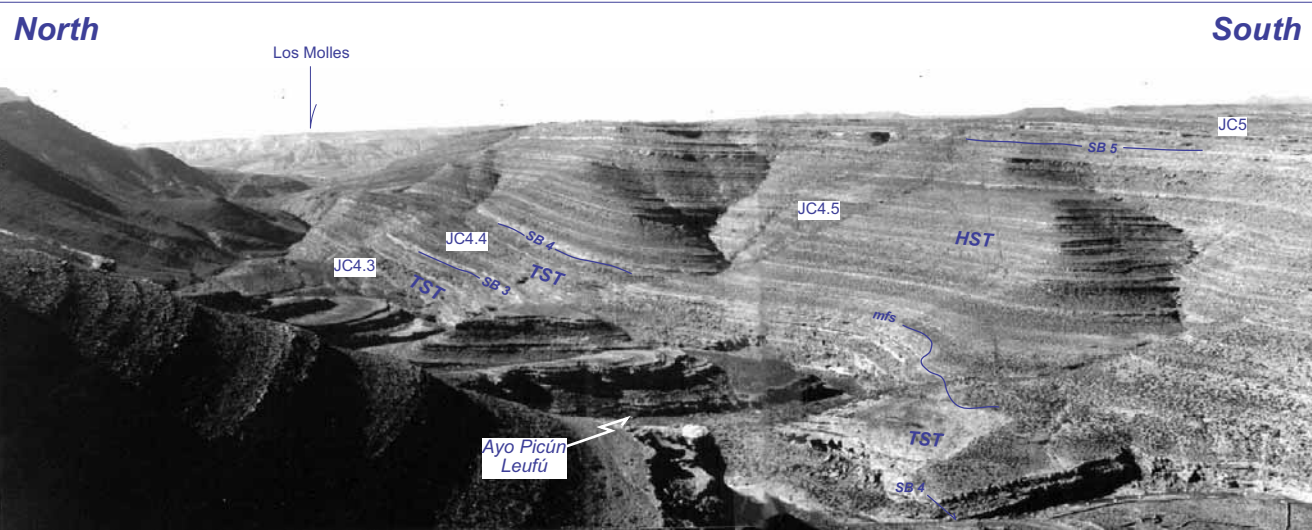


Fig. 78: Panoramic view of the Lajas Fm at the Nireco / Picún Leufú zone.

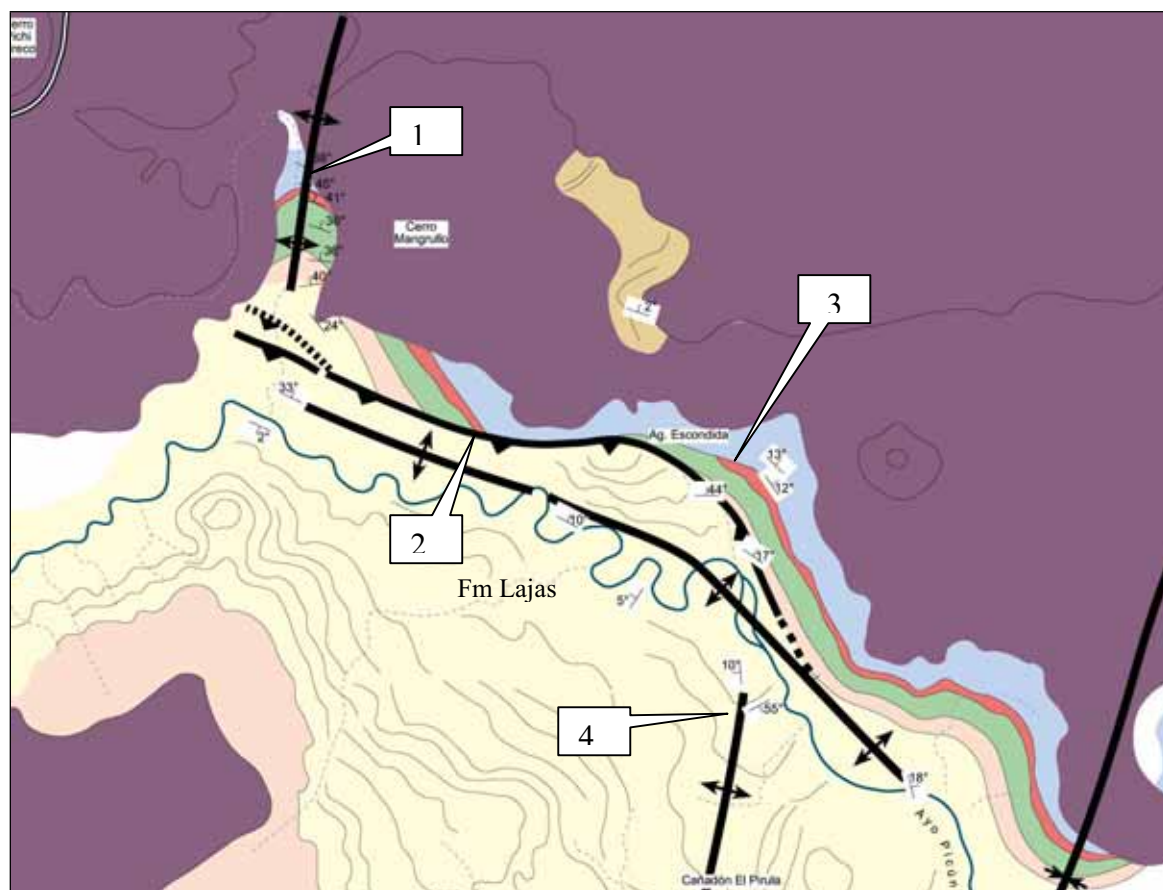


Fig. 79: Detailed geologic map in the surrounding of stop 1

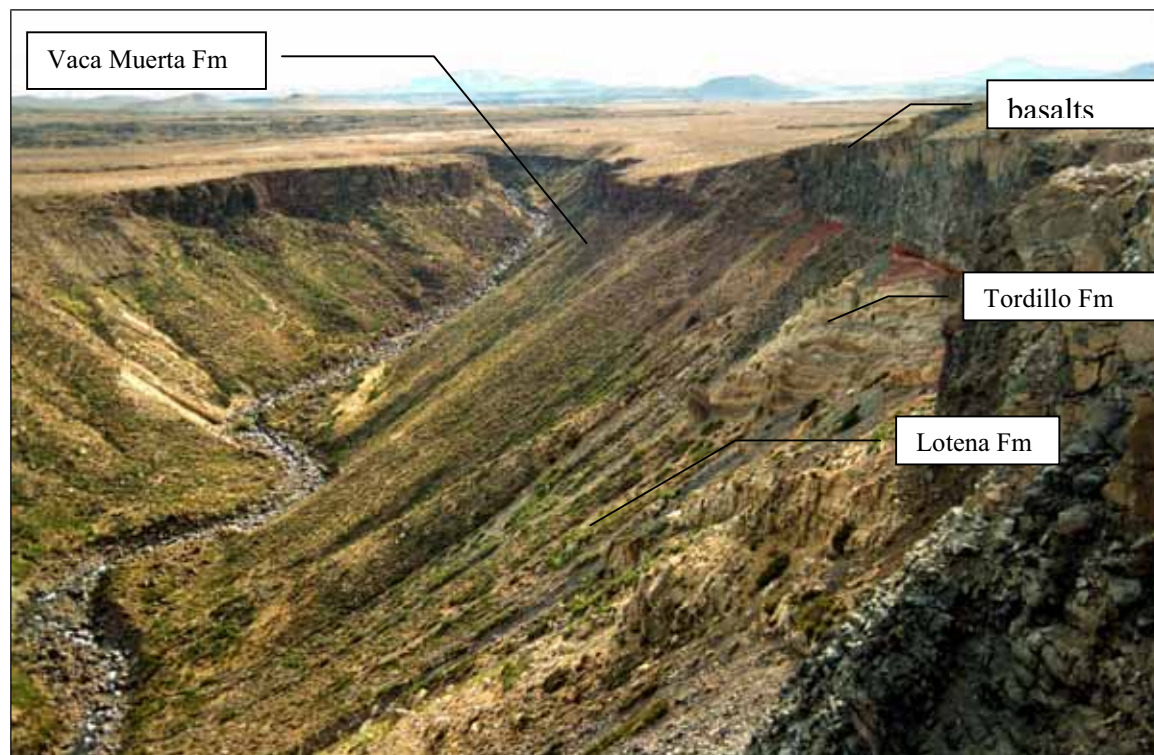


Fig 80: View towards the North from the Picún Leufú Canyon (1 in Fig. 75)

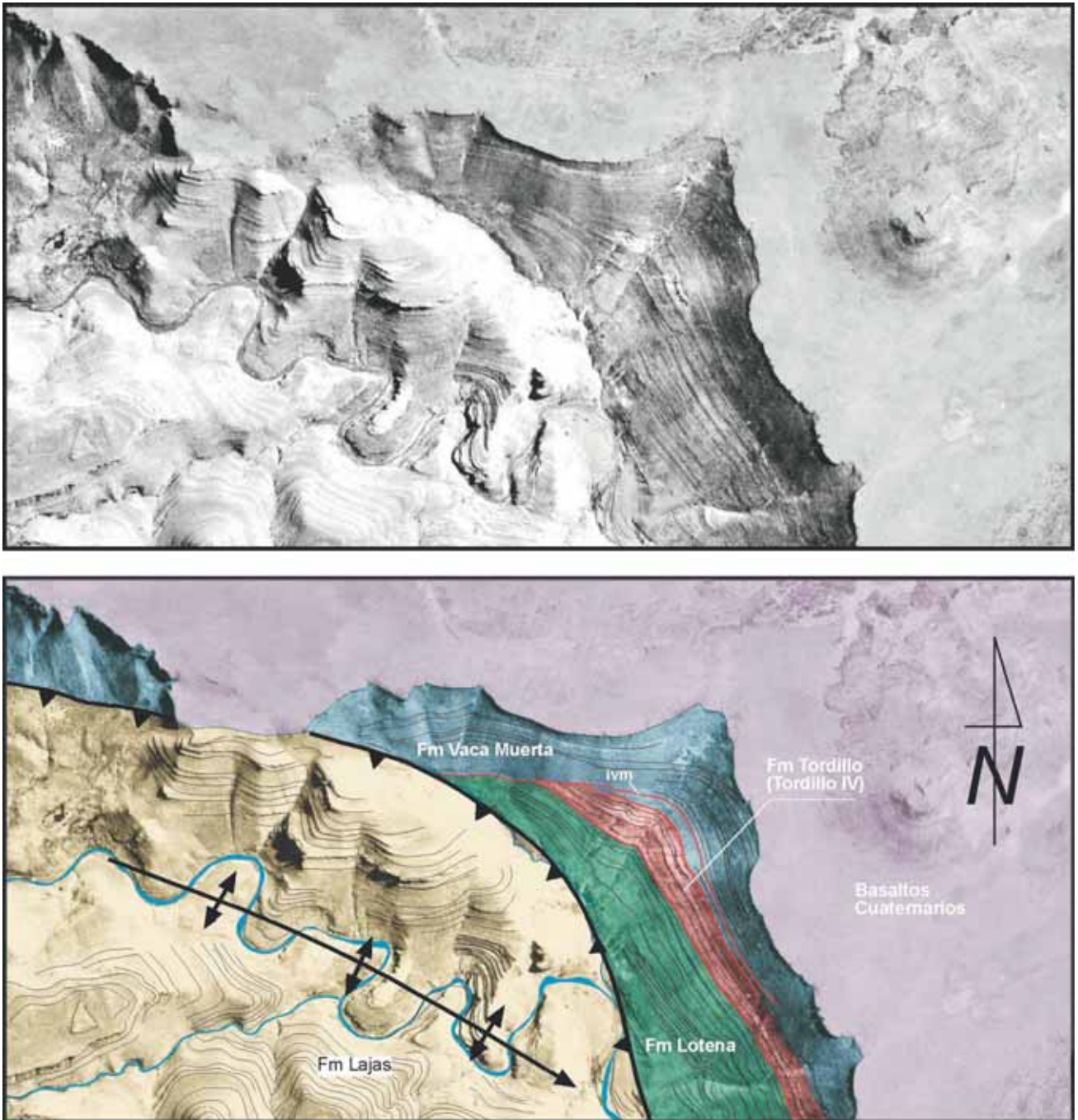


Figura 81: Vista de la truncación reconocida al techo de la unidad Tordillo IV en Barda Norte, cerca de la desembocadura del Ayo Ñireco en el Picún Leufú. Dicha truncación es traslapada por las pelitas de la Fm Vaca Muerta. Se indica además una segunda truncación (ivm) la cual podría corresponder a la discordancia Intratithoniana, reconocida además en Picún Leufú y Estancia María Juana.



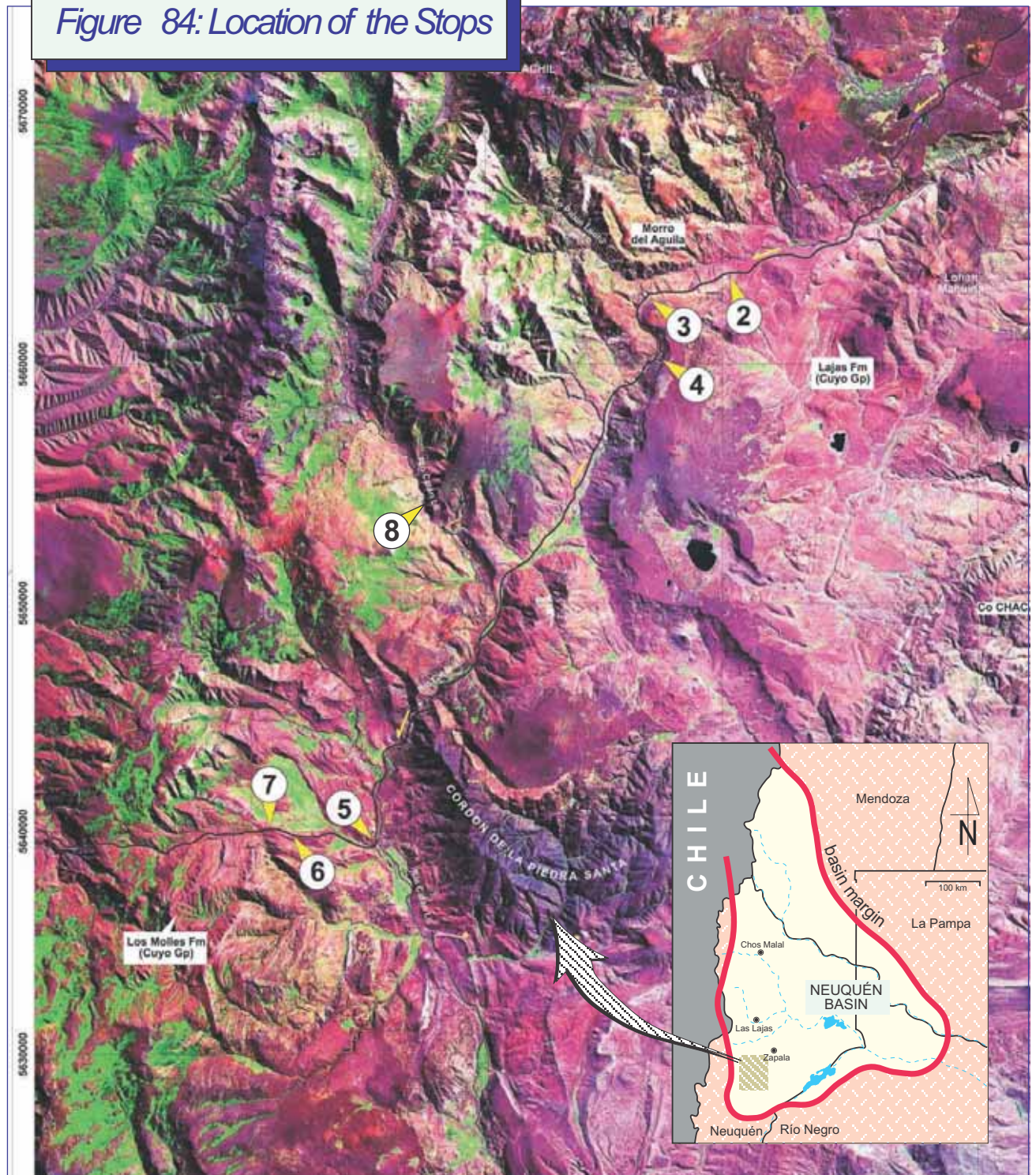
Fig. 82: Panoramic view of the Picún Leufú Canyon. Note the relative high structural position of the Lajas Formation, related to an East-West inverse fault.



Fig. 83: View of an intra-Lajas tectonic structure (indicated as 4 in Fig. 75). Strata below and above the unconformity contain fossils of Bajocian age

Day 4

Figure 84: Location of the Stops



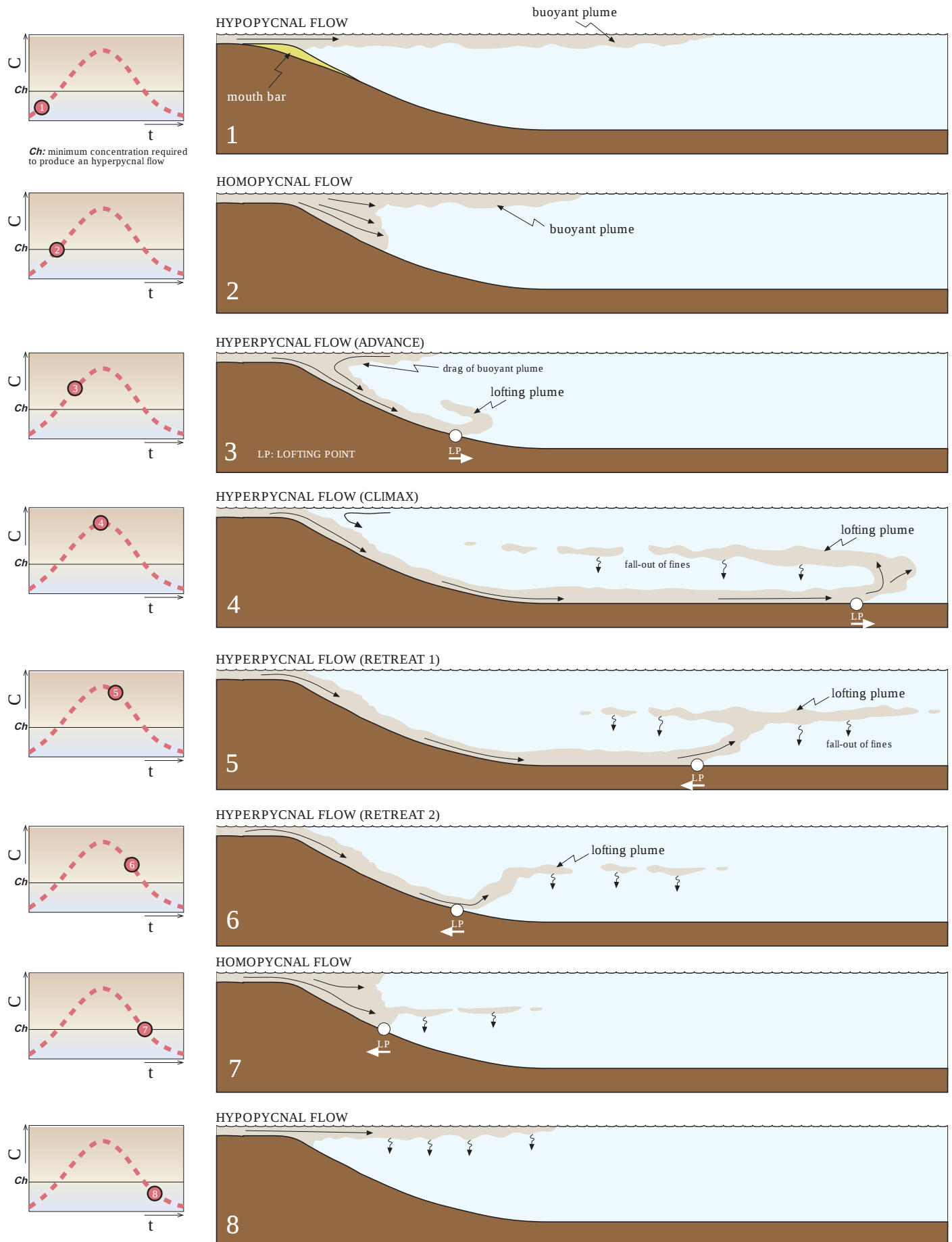


Fig. 85: Desarrollo completo de un ciclo de avance-retroceso de un flujo hiperpícnico en un medio marino. Note como la progresiva pérdida de densidad del flujo hiperpícnico causada por la sedimentación favorece la flotación del fluido intersticial (lofting) junto con las arenas más finas, limos, micas y material carbonoso.

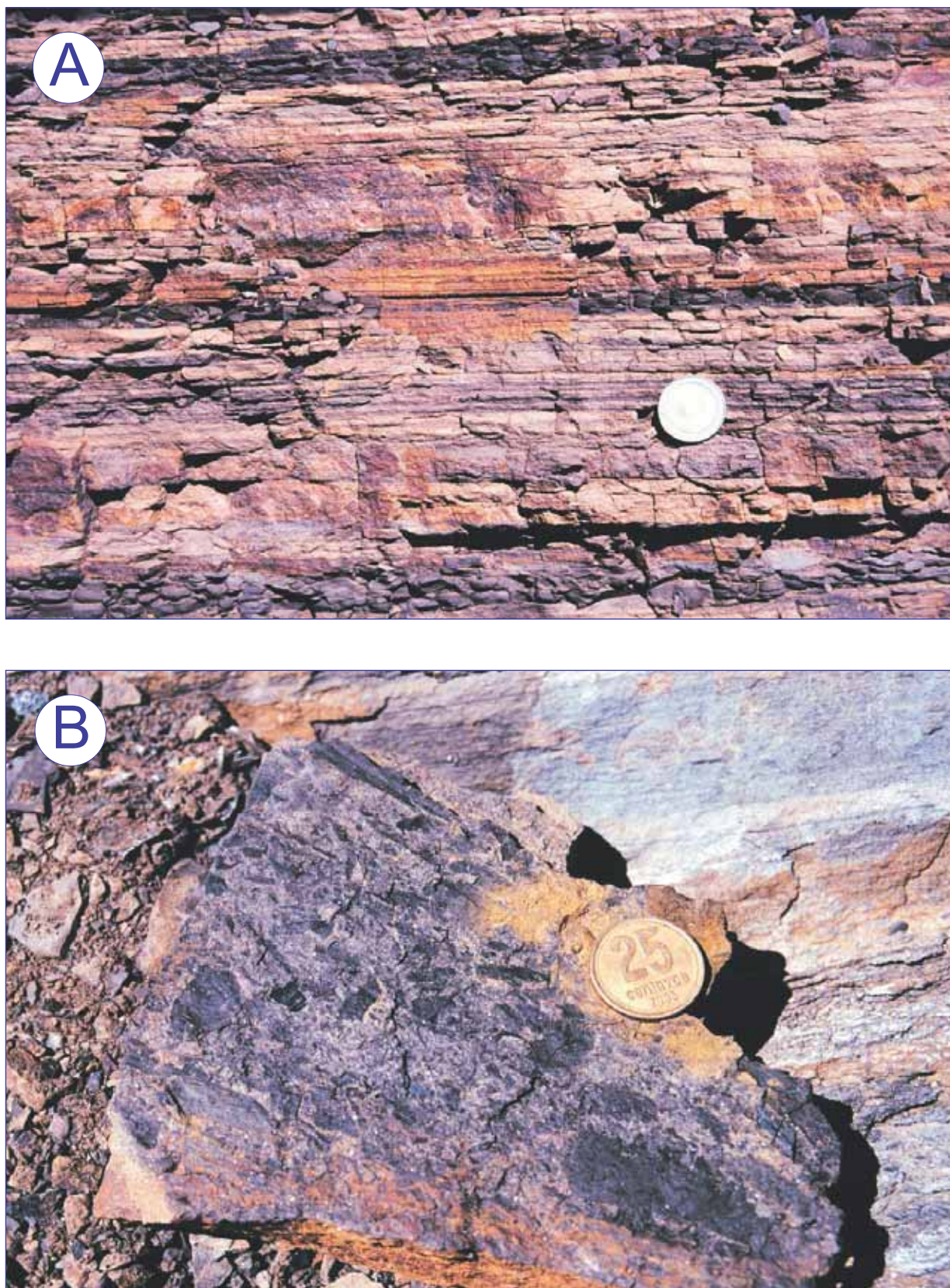


Fig. 86: Stop 2. A) Close view of deposits related to lofting plumes. B) Detail of the bounding surfaces between different laminae. Note the abundant plant debris.

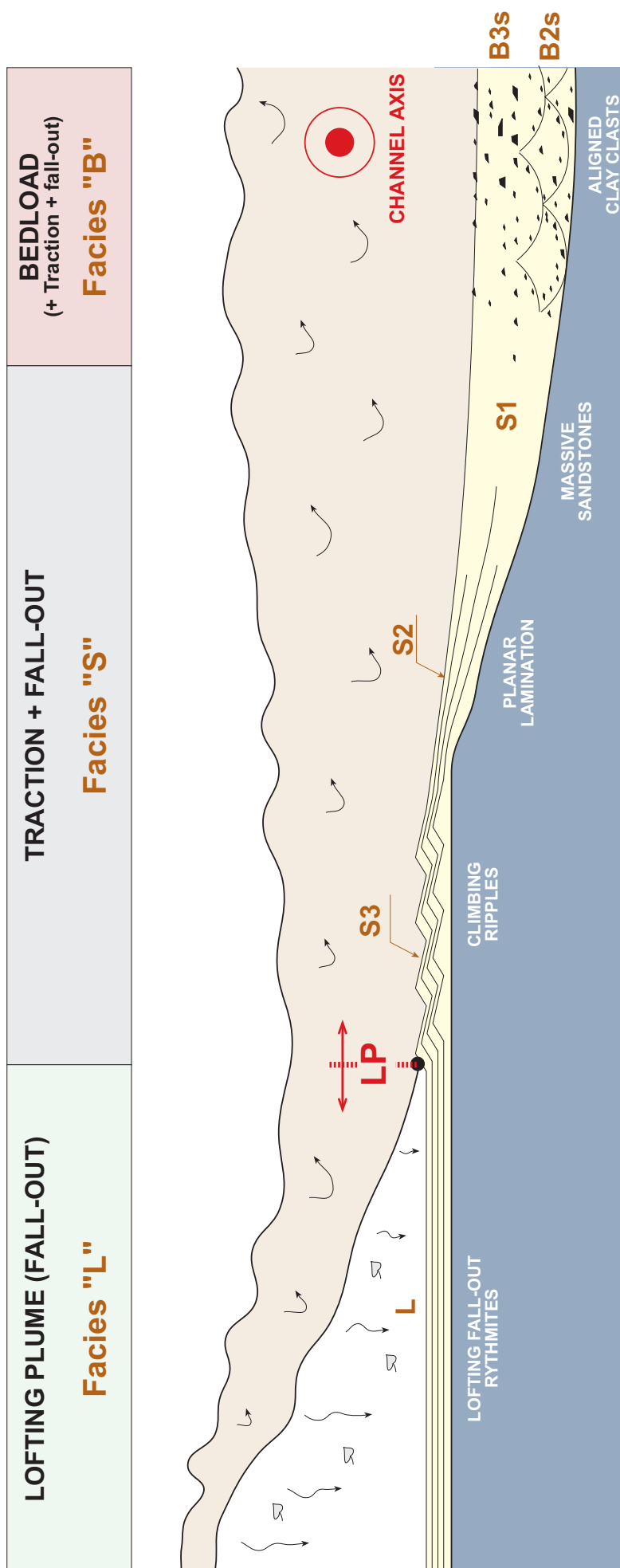


Fig. 87. Esquema mostrando las relaciones laterales entre facies de canal y los depósitos de orla (o levee). El punto LP muestra la localización de la zona de inversión de la flotación, o punto de lofting.

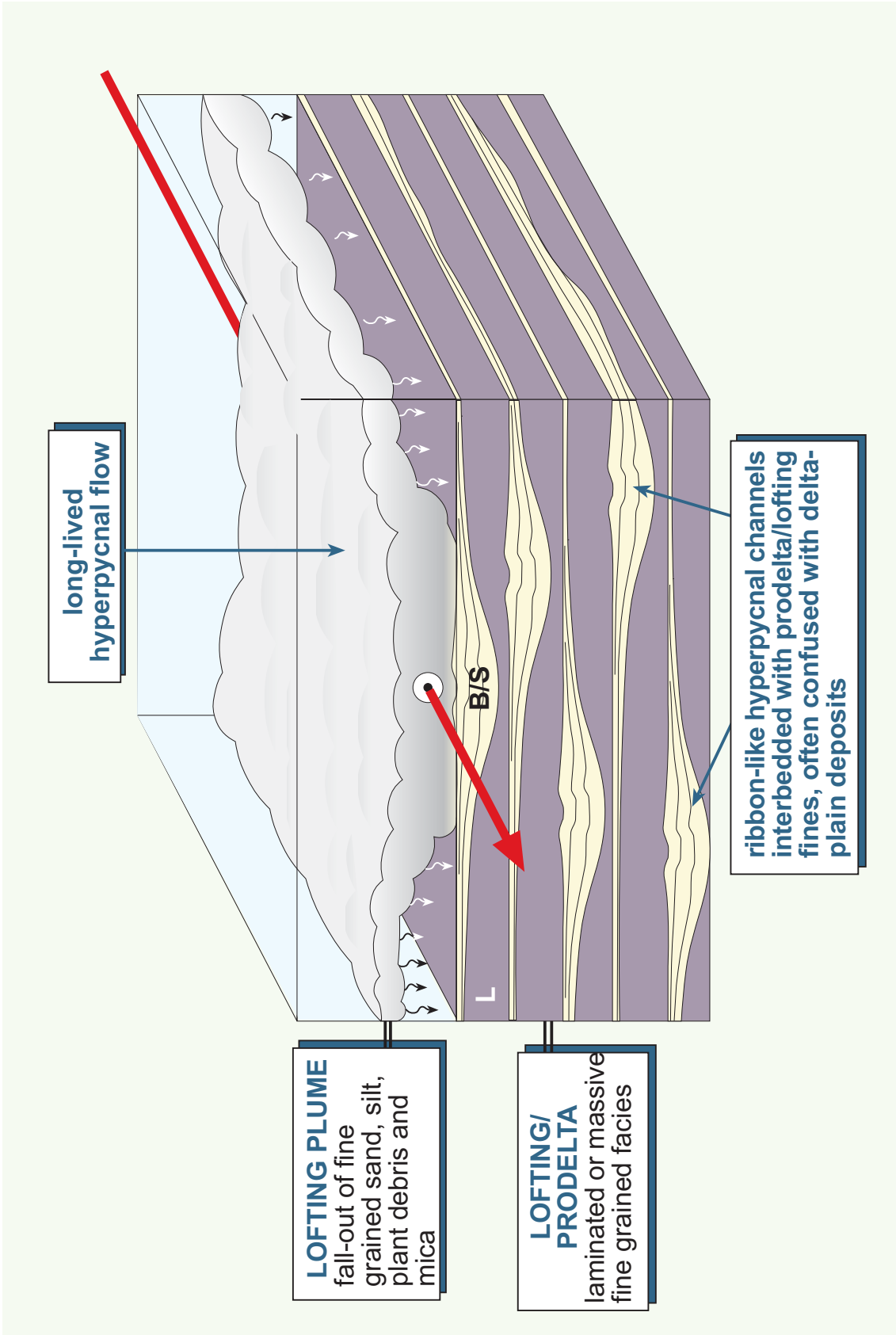
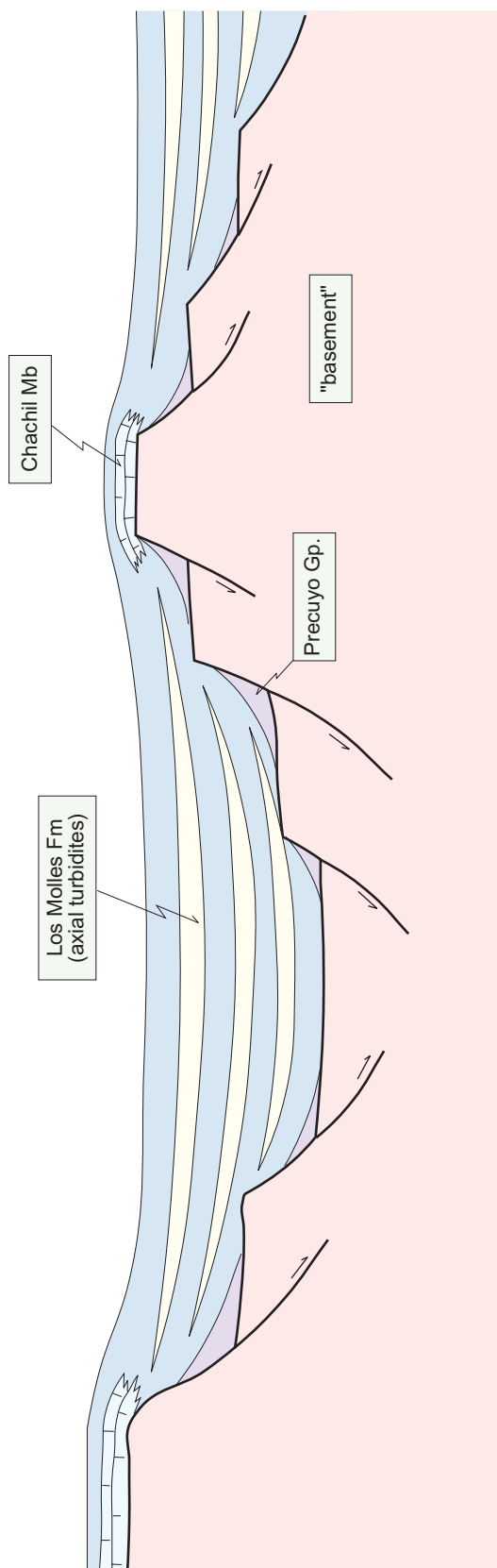


Fig. 87bis: Block diagram mostrando las relaciones laterales entre las facies de centro de canal (B/S) y de levee u orla, estas últimas caracterizadas por la acumulación de finos laminados acumulados a partir de plumas de lofting (facies L). de Zavala en preparación.

Fig. 88: Stratigraphic schema showing the topographic control on facies types in the Lower Cuyo Group (Pliensbachian / Toarcian)



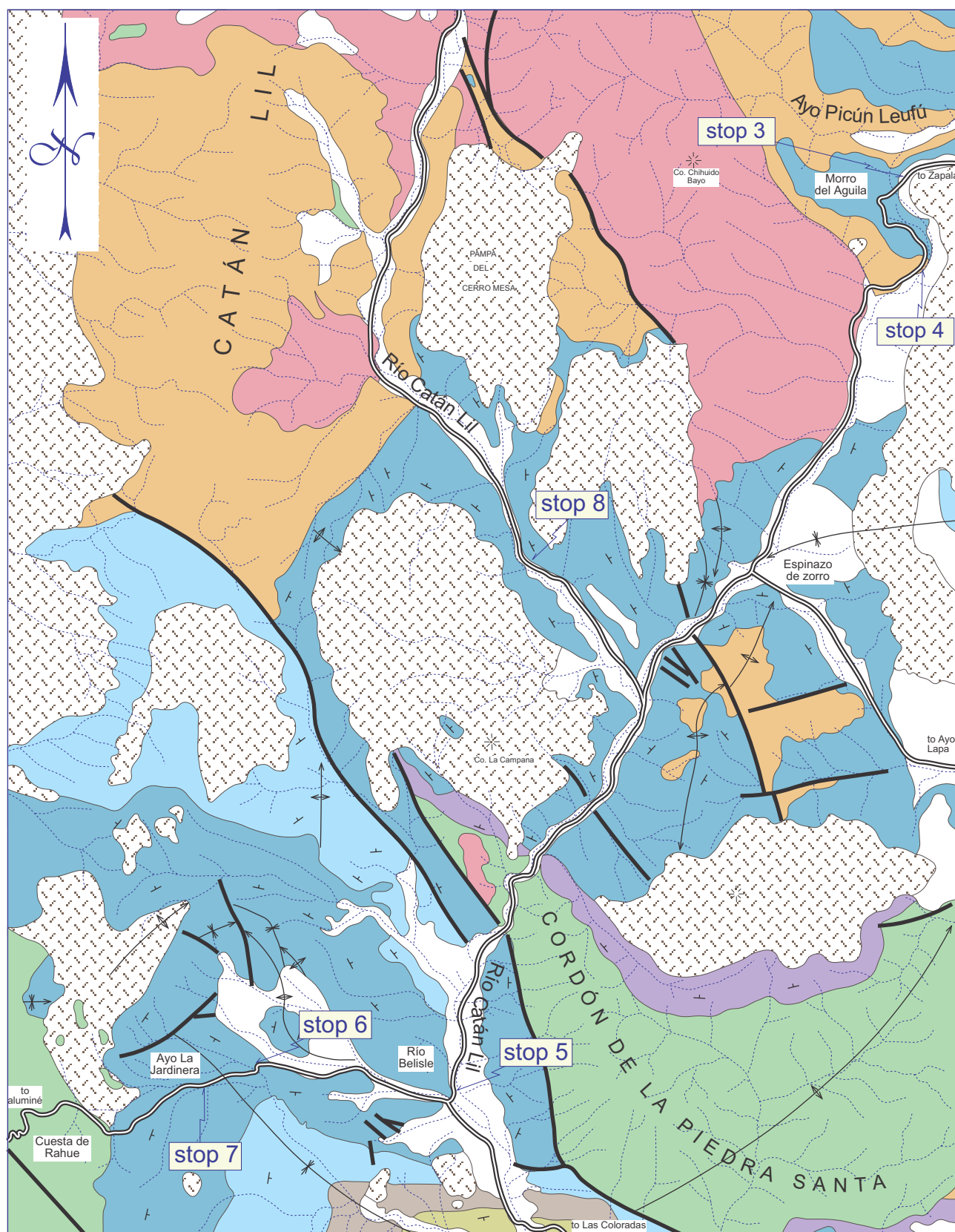
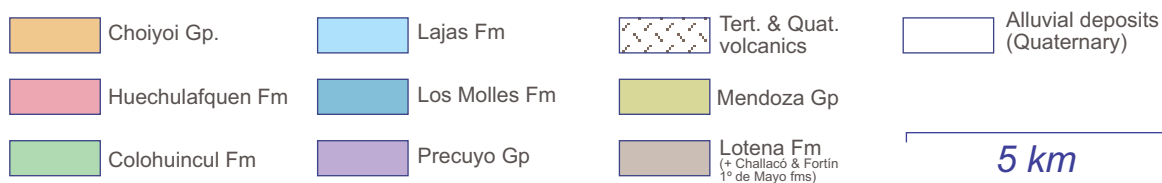


Fig 89: Geologic map of the southwestern part of the Neuquén Basin



Stop 5**La Formación Los Molles en río Belisle**

Material de referencia : Figs. 15 & 90

Puntos de observación :

- 1.- Cuerpos canalizados rellenos por lóbulos de plataforma
- 2.- Estructuras de escape de agua de gran escala
- 3.- Cambios laterales de facies
- 4.- Estructuras y superficies indicativas de *bypass* sedimentario

Puntos de discusión :

- 1.- Origen y significado de los *mud-draped scours*
- 2.- Análisis de facies en sistemas hiperpícnicos

Stop 6 & 7**La Formación Los Molles en Arroyo La Jardinera**

Material de referencia : Figs. 15, 19, 91, 92, 93 & 94

Puntos de observación :

- 1.- Características de lóbulos arenosos relacionados sistemas hiperpícnicos
- 2.- Presencia de niveles caóticos entre cuerpos tabulares
- 3.- Facies y ciclicidad de alta frecuencia en lóbulos de plataforma

Puntos de discusión :

- 1.- Significado de la coexistencia de facies de distinta madurez en la misma sucesión.
- 2.- Efecto de la topografía en el control de la distribución de facies dentro de la Fm Los Molles.
- 3.- Depósitos de corrientes episódicas y casi estacionarias.
- 4.- Aplicación del análisis de facies a la predicción de cuerpos arenosos.

Stop 8**La Formación Los Molles en el río Catán Lil**

Material de referencia : Figs. 84 & 96.

Puntos de observación :

- 1.- Lóbulos distales (S2) con abundante material calcáreo hacia el techo
- 2.- Ausencia de estructuras y superficies indicativas de *bypass* sedimentario.

Puntos de discusión :

- 1.- El rol del análisis de facies en la predicción de la ocurrencia y características de los posibles reservorios arenosos.



Fig. 90: a) Panorámica de los depósitos de lóbulos rellenando depresiones erosivas de gran escala (canales) aflorantes en la localidad de Ayo Belisle. Se indican formas de escape de agua de gran escala ("tee pee"). Fm Los Molles. **b)** Panorámica de la localidad de Ayo La Jardinera. Se observan depósitos de lóbulos de plataforma, entre los que intercalan depósitos gravitacionales de *slump*. Las paleocorrientes de estos últimos son ortogonales respecto de los lóbulos, sugiriendo un origen relacionado a deslizamientos desde altofondos locales.

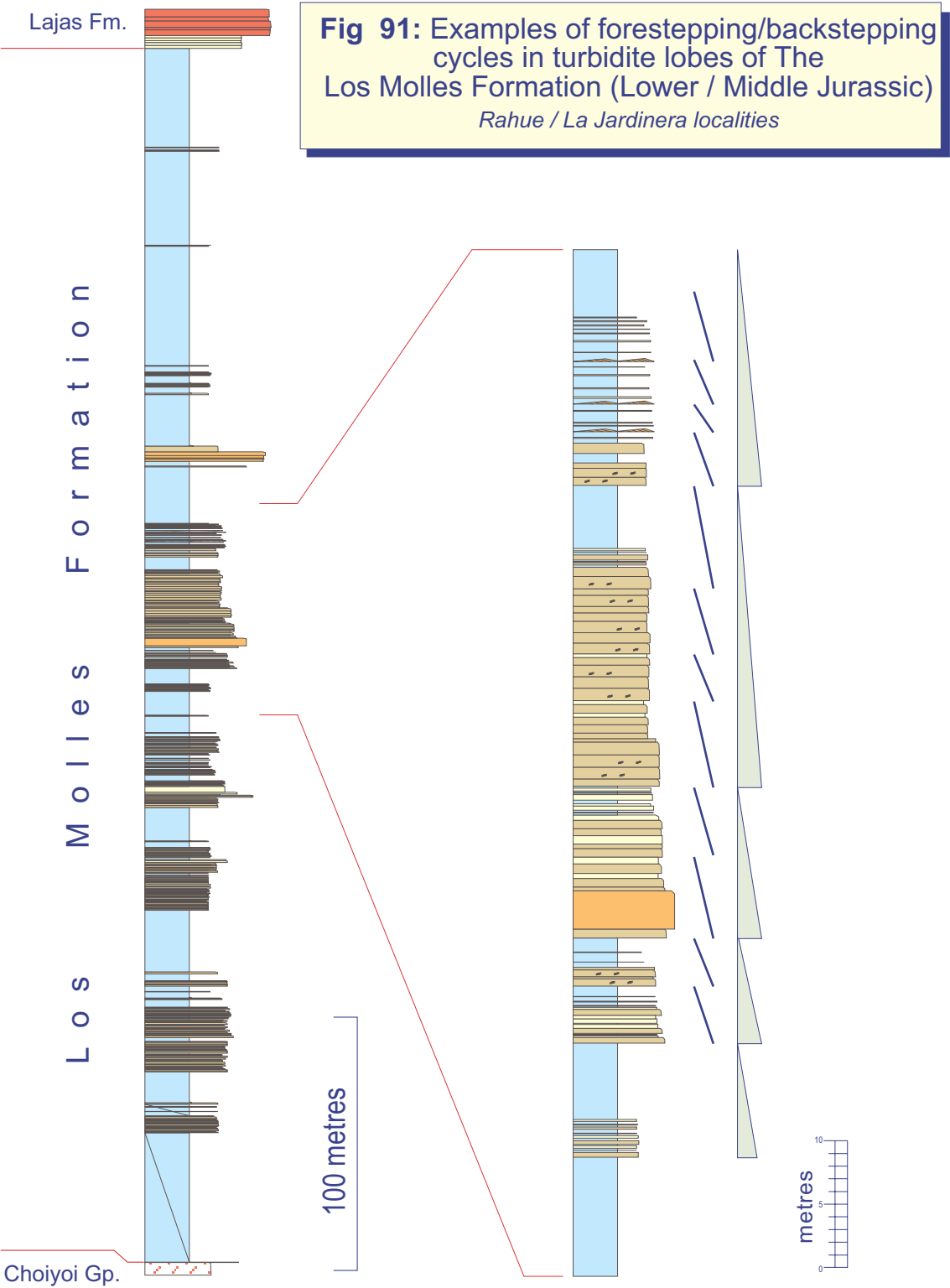


Fig. 92: Stacking pattern of sandstone lobes in the Jurassic Los Molles Formation, Neuquén Basin, Argentina. Note the hierarchically different orders of cyclicity. **After Mutti, 1992.**

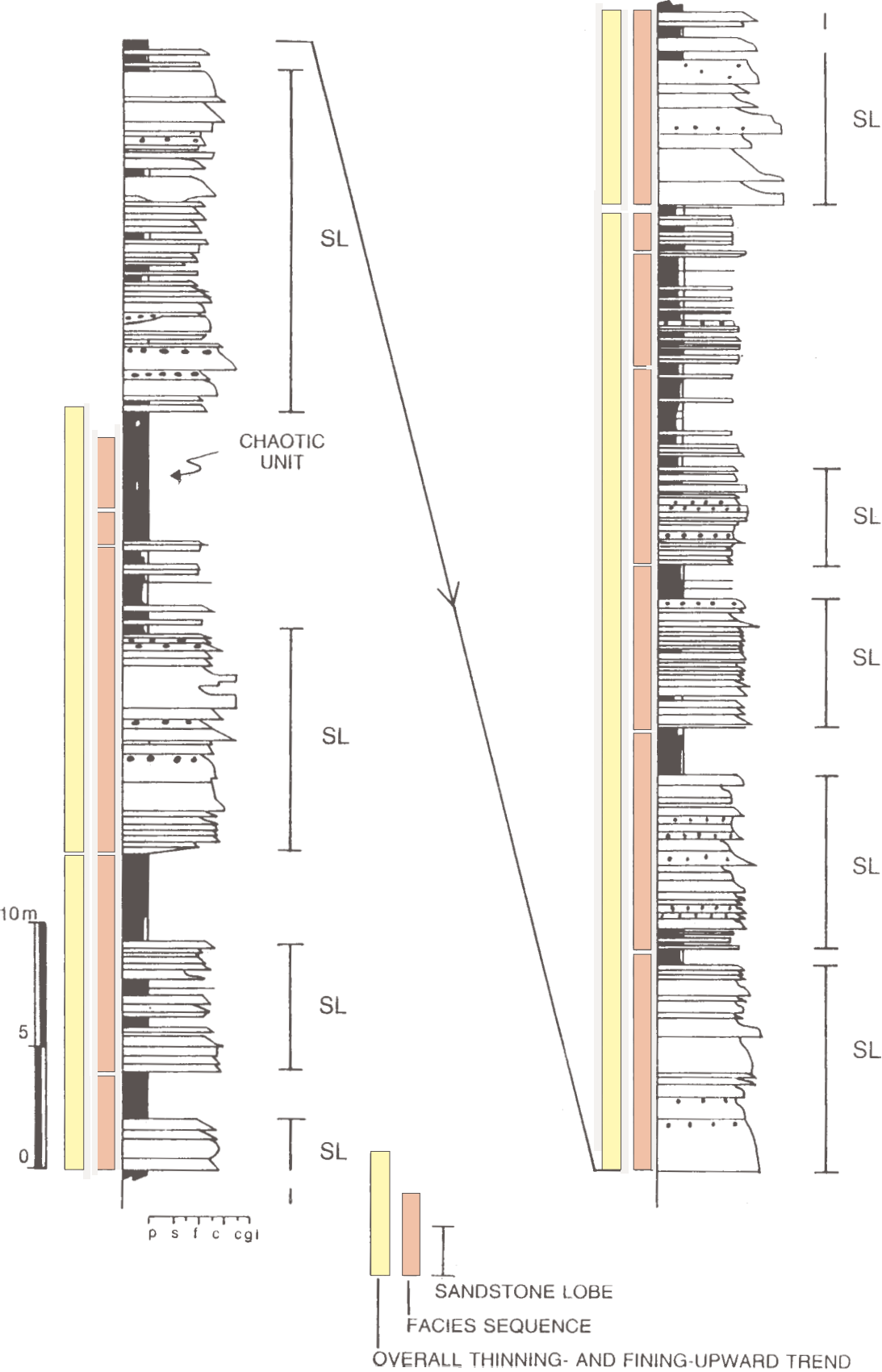
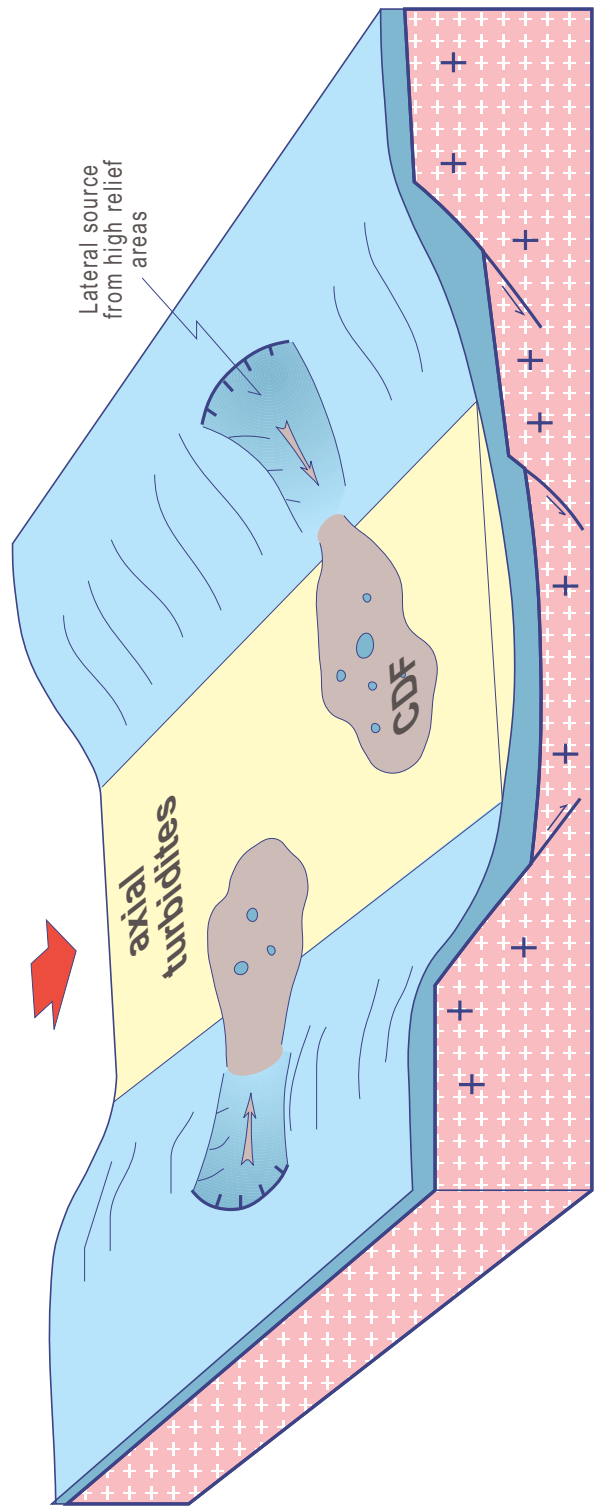


Fig. 93: Schema showing the synchronous occurrence of local and distant underflows in turbidite basins
Los Molles Fm (Pliensbachian / Toarcian)



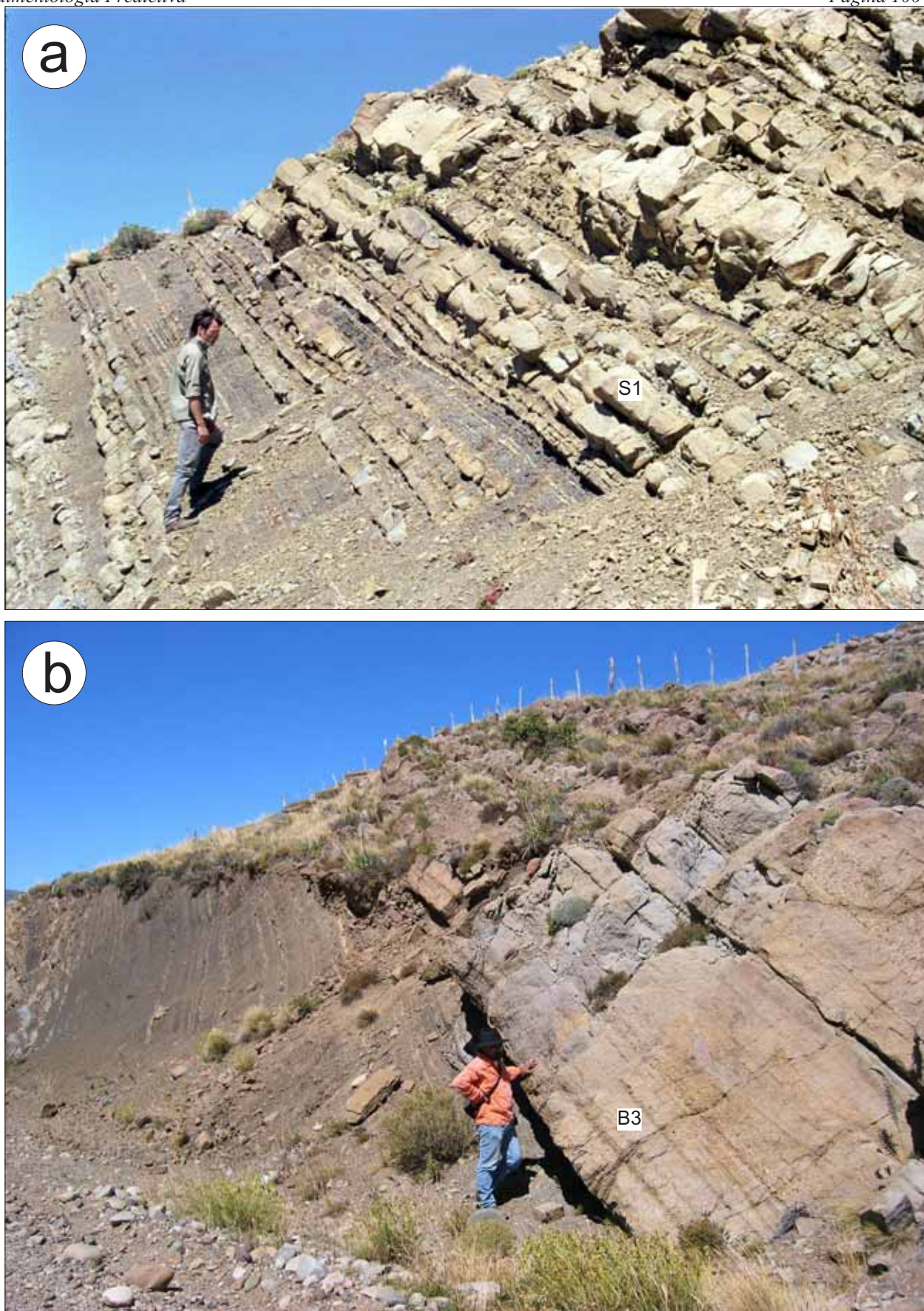


Fig. 94: a) Particular de los distintos tipos de facies reconocibles en los depósitos de la Fm Los Molles aflorantes en la localidad de Ayo. La Jardinera. Se reconocen lóbulos con ciclos de avance-retroceso, similares a los reconocibles en sucesiones turbidíticas asociadas a sistemas hiperpícnicos. La ausencia de ondulitas hacia el techo de las capas se relacionaría a lofting b) Depósitos de areniscas gravosas con alineación horizontal, vinculada a carga de lecho relacionada a sistemas hiperpícnicos.

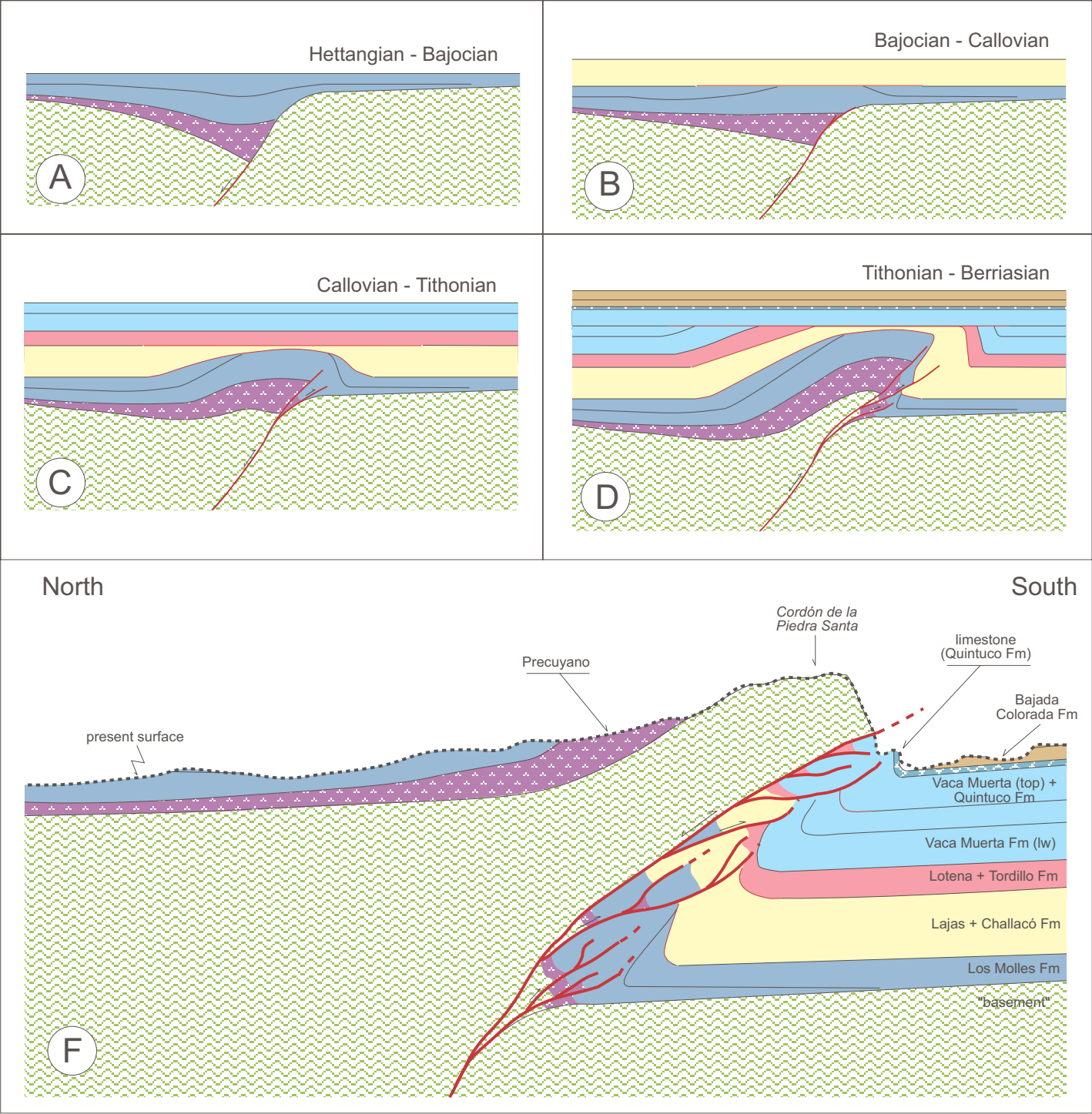


Fig 95: Evolutive schema for the Cordon de la Piedra Santa area.

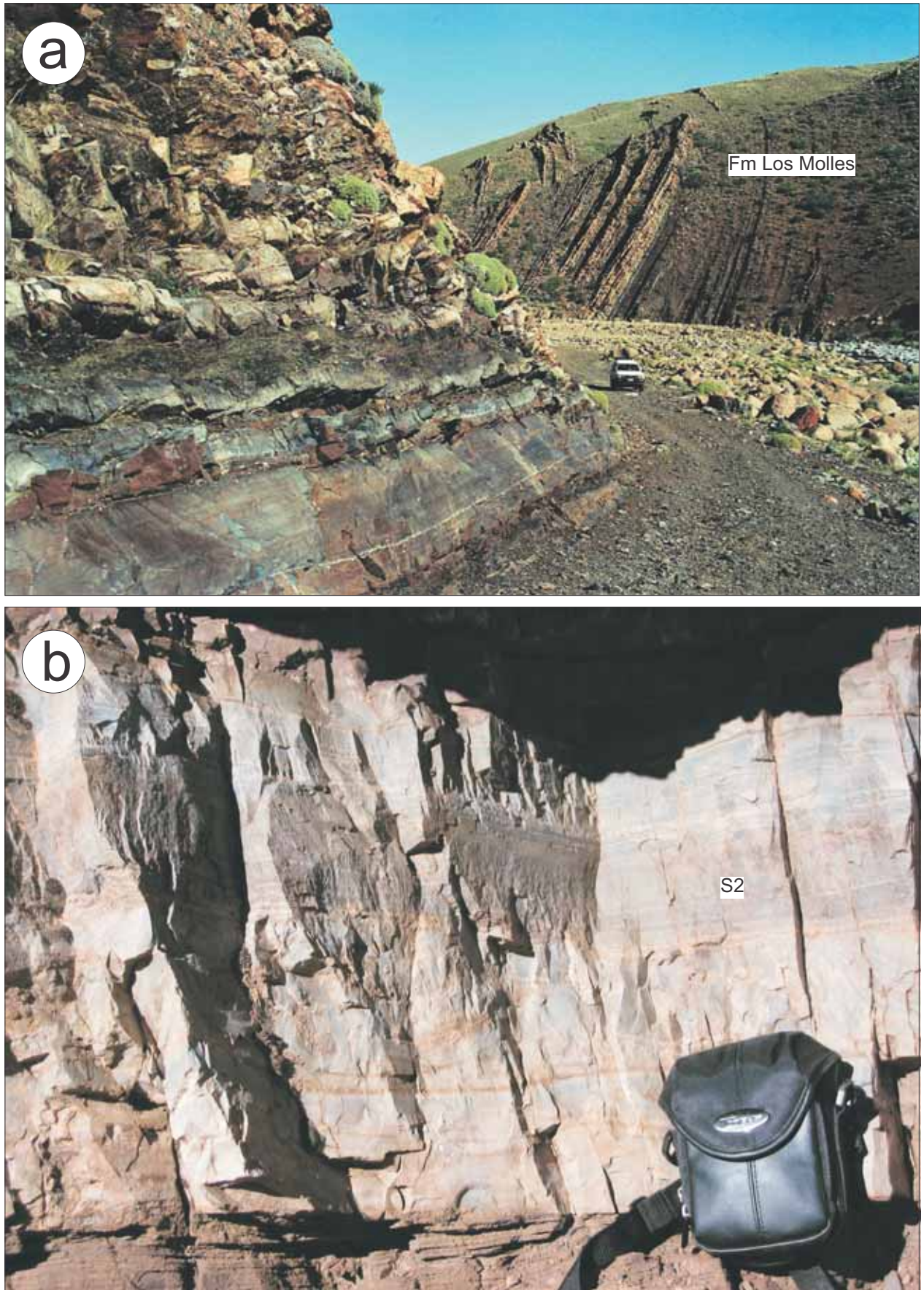


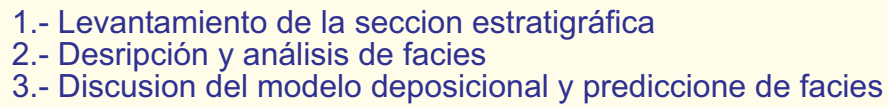
Fig 96: a) Vista de los depósitos de lóbulos "turbidíticos" distales de la Fm Los Molles en las cabeceras del río Catán Lil. b) detalle de las capas laminadas, correspondientes a lóbulos "turbidíticos" de tipo S2, con abundante material calcáreo.

A photograph of a rocky, reddish-brown landscape. The ground is covered with small, dark, rounded stones and larger, flat, reddish-brown rock fragments. A silver pen is placed vertically on the left side of the image for scale. The text "Día Cinco" is overlaid in the center in a blue, cursive font. The text "Arroyo Covunco" is overlaid in the bottom right corner in a blue, cursive font.

*Día
Cinco*

Arroyo Covunco

Comisión Nro.





UNIT	UNCONF. (meters)	Point	clays.	silts.	fine	med.	coar.	v. c.	f	c
			Mudstones		Sandstones				Cg.	
	20									
	19									
	18									
	17									
	16									
	15									
	14									
	13									
	12									
	11									
	10									
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
0										

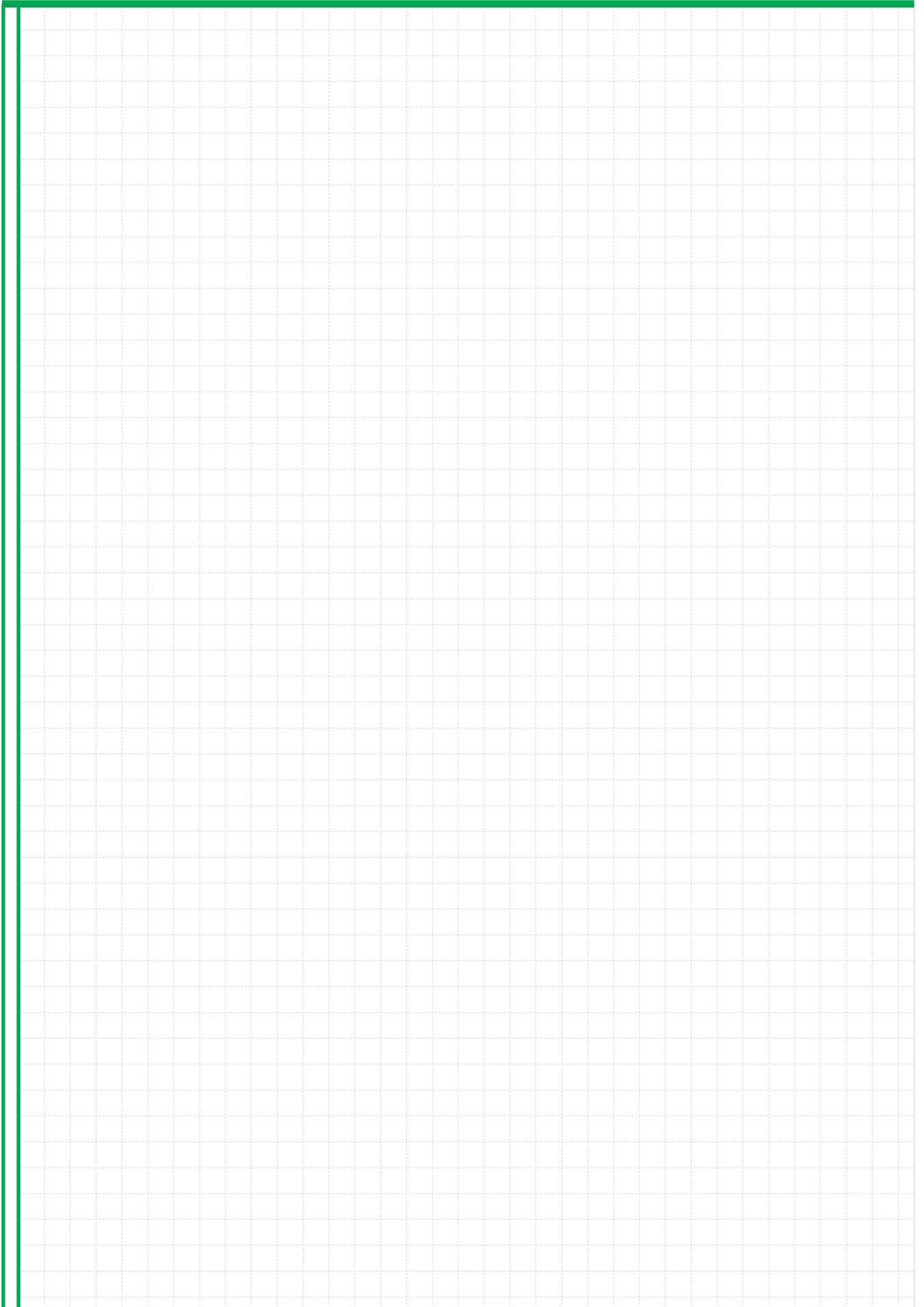
clays.	silts.	fine	med.	coar.	v. c.	f	c
Mudstones		Sandstones				Cg.	

MAIN FACIES ASSOCIATION



UNIT	UNCONF. (meters)	Point	clays.	silts.	fine	med.	coar.	v. c.	f	c
			Mudstones			Sandstones			Cg.	
	40									
	39									
	38									
	37									
	36									
	35									
	34									
	33									
	32									
	31									
	30									
	29									
	28									
	27									
	26									
	25									
	24									
	23									
	22									
	21									
	20									

MAIN FACIES ASSOCIATION



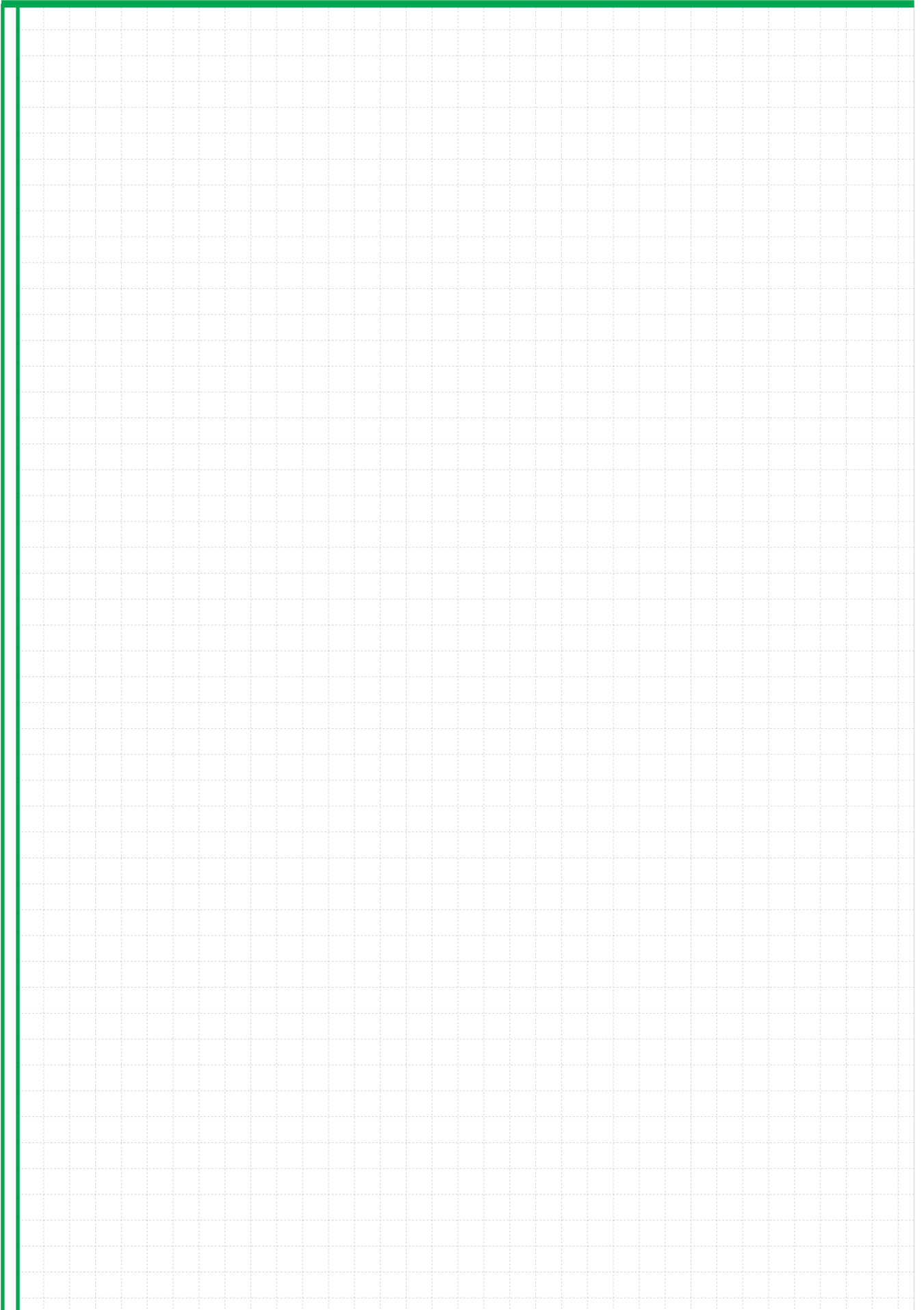


Fig. 97: Esquema deposicional para la Formación Lajas en Arroyo Covunco. Sin escalas.

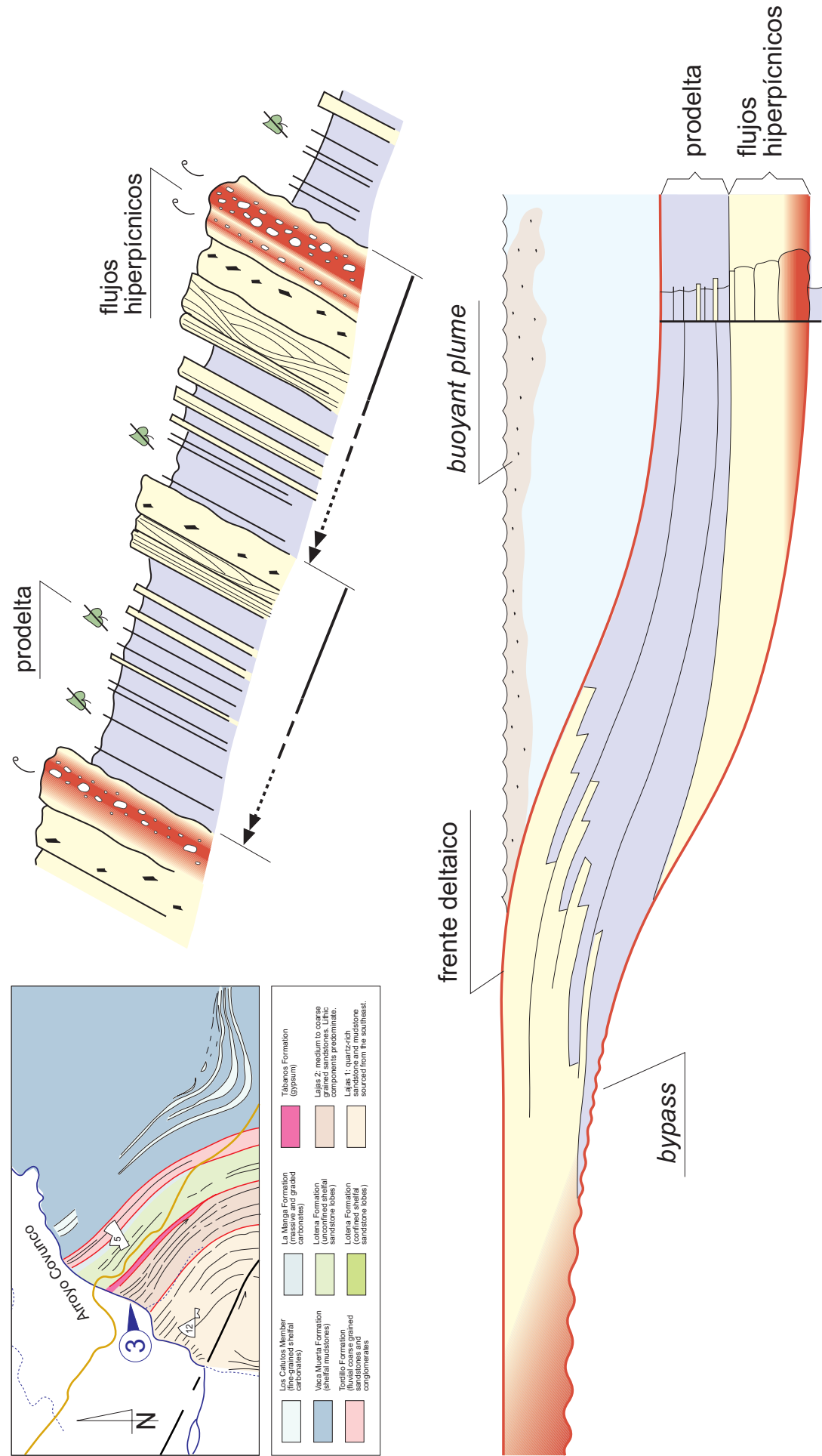


Fig 98

	Turbidita (clásica)	Hiperpicnita
duración del evento	corta (minutos a horas)	larga (horas a días)
reología	flujos supercríticos y subcríticos	flujos subcríticos
	flujos laminares y turbulentos	flujos turbulentos
erosión	principalmente cabeza (cuerpo sub.)	cuerpo (cabeza no erosiva)
depositación	principalmente en la cabeza	principalmente en el cuerpo
carga de lecho	incipiente (F3 y F6)	importante (facies B1, B2 y B3)
niveles de erosión	separan eventos distintos	no siempre separan eventos distintos
depósito	grano y estrato decreciente	recurrencia de facies (fluctuaciones de flujo)
gradación de facies	normal	normal a uniforme
espesor de capa	relacionado al espesor del flujo	relacionado a la duración del evento
canales	corte y relleno	entrelazados y meandriformes