

## **CAPÍTULO VI: MODELOS DEPOSITACIONALES**

En el presente capítulo se enmarcarán las unidades sedimentarias conjuntamente con los paleosuelos en cada uno de los paleoambientes deposicionales interpretados. Para ello se dividieron los sistemas de acumulación en litorales y continentales, en este sentido se describieron e interpretaron cada uno de los diferentes paleoambientes de la Formación Mata Amarilla.

### **6.1- Modelos de acumulación de ambiente litorales**

#### **6.1.1- Sistema de Albufera**

Los ambientes de albufera caracterizan a la sección inferior de la Formación Mata Amarilla en la parte Norte del área de estudio (localidades 1, 2, 4 y 5; lámina 1.4 y mapa Anexo 1). Aunque también se encuentran presentes en la sección superior de la Formación Mata Amarilla en las localidades 1 y 2. Los mejores afloramientos y relaciones espaciales entre las unidades sedimentarias se encuentran en la sección inferior en las localidades 4 y 5, las cuales permitieron el desarrollo conceptual del modelo de acumulación de este paleoambiente. La caracterización del ambiente de albufera, la definición de los respectivos subambientes y la interpretación de los procesos depositacionales se realizó a través de la sedimentología (unidades sedimentarias y arquitectura de las mismas, capítulo IV) conjuntamente con un detallado estudio tafonómico de la malacofauna hallada en las asociaciones de facies. Las unidades sedimentarias intervinientes en este sistema de albufera son las siguientes (ver capítulo IV para más detalles):

- Barras arenosas con estructura monticular
- Barras bioclásticas
- Lóbulos bioclásticos
- Barras de mediana escala
- Heterolíticos con fósiles marinos
- Sedimentación de grano fino con valvas

#### **Análisis de los datos Tafonómicos**

En lo que respecta a la historia de acumulación de los bioclastos, se realizó una descripción de campo detallada nivel por nivel de los diferentes parámetros

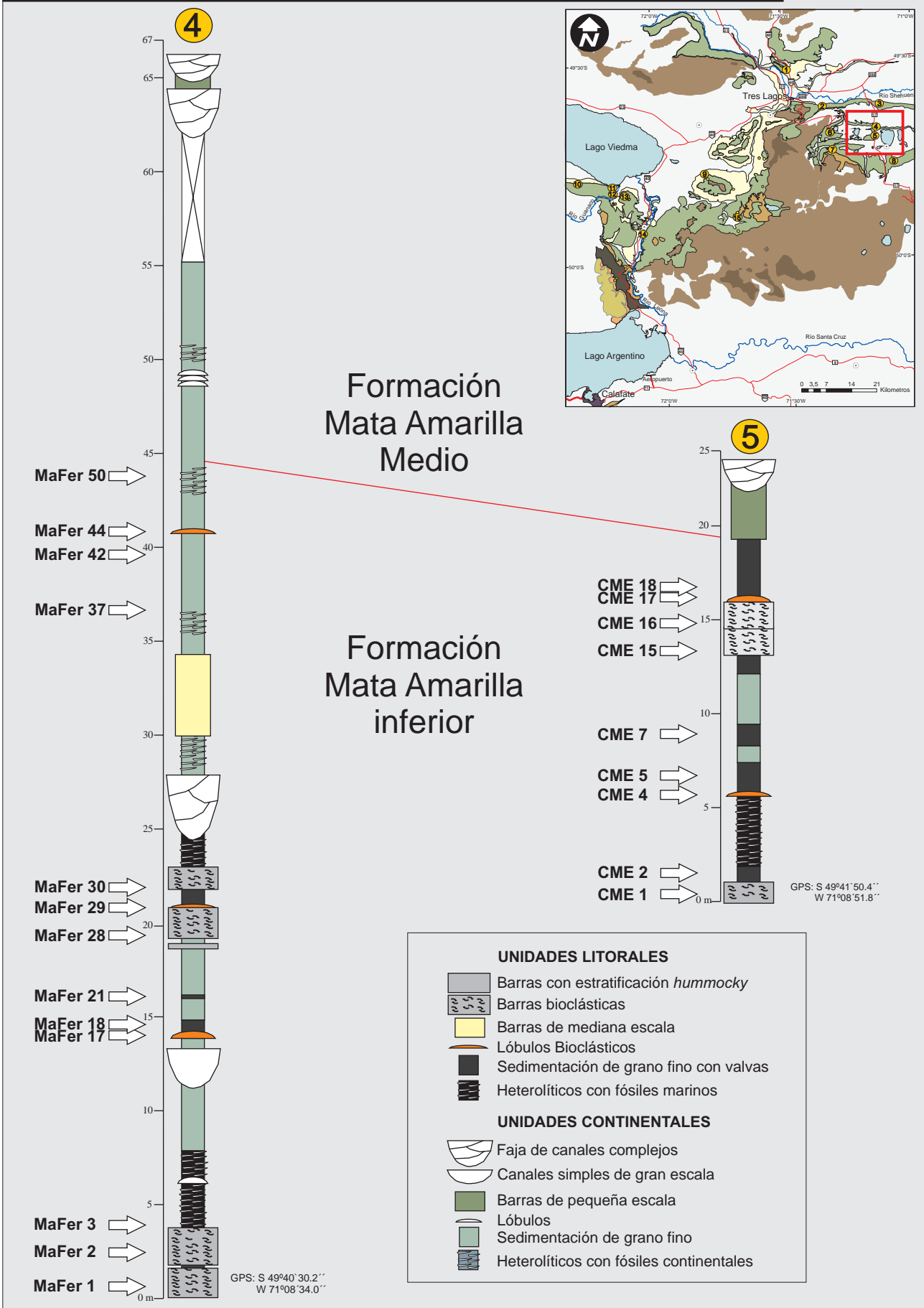
tafonómicos y de las respectivas asociaciones malacológicas. De esta manera se describieron trece niveles bioclásticos para la localidad 4 (perfil MAFer) y nueve niveles para la localidad 5 (camino a María Elena, CME), en la lámina 6.1 se muestran los perfiles esquemáticos de las unidades sedimentarias en las localidades 4 y 5 con los niveles bioclásticos correspondientes. Los parámetros tafonómicos descriptos fueron los siguientes: *Articulación, abrasión, disolución, fragmentación, bioerosión, incrustación, selección, empaquetamiento, orientación y polaridad* (Kidwell *et al.*, 1986; Fürsich y Oschmann, 1993). Estos parámetros tafonómicos fueron descriptos y jerarquizados por separado para cada grupo taxonómico presente y por cada nivel, siguiendo los criterios de Mendahl (2001) y Kidwell y Holland (2002). Para abrasión, disolución, fragmentación, bioerosión e incrustación se utilizaron las siguientes categorías: ausente; raro; frecuente; abundante y muy abundante. Para articulación se utilizaron las siguientes categorías: articulados; parcialmente articulados y desarticulados. Para la selección las categorías utilizadas fueron: pobre, moderada y buena. Y finalmente las categorías pobre, disperso y denso, se utilizaron para el empaquetamiento. Los análisis tafonómicos se presentan en dos tablas, la tabla 6.1 corresponde a la localidad 4 y la tabla 6.2 corresponde a la localidad 5. Los parámetros de bioerosión e incrustación fueron tenidos en cuenta pero no se incluyeron en las tablas debido a que las valvas en todos los niveles de las dos localidades no presentaban ni bioerosión ni incrustaciones. A pesar de que las valvas no se encuentran bien preservadas, si hubiese habido bioerosión o incrustación se podría haber determinado en los moldes muy bien conservados.

A partir del análisis tafonómico y de los datos sedimentológicos se definieron cinco tafofacies (Lámina 6.2), las cuales se denominaron: tafofacies de sistema de barrera, tafofacies de sobrelavado *washover* (*wave run-up*), tafofacies de retrabajo o *lags* basales (*backwash*), tafofacies de pavimentos mezcla de faunas (*washover* distales) y tafofacies de pavimentos de fauna autóctona (mortalidad en masa).

### **Modelo de acumulación**

La interpretación de las unidades sedimentarias en conjunto con el análisis tafonómico permitió la interpretación de los procesos sedimentarios actuantes y la elaboración de una secuencia de eventos sedimentarios (Lámina 6.3). En un primer estadio se presenta un sistema de barrera arenoso, el cual limita a una albufera en condiciones de buen tiempo (Lámina 6.3 A). Durante un evento de gran oleaje la

# Unidades sedimentarias y niveles bioclásticos



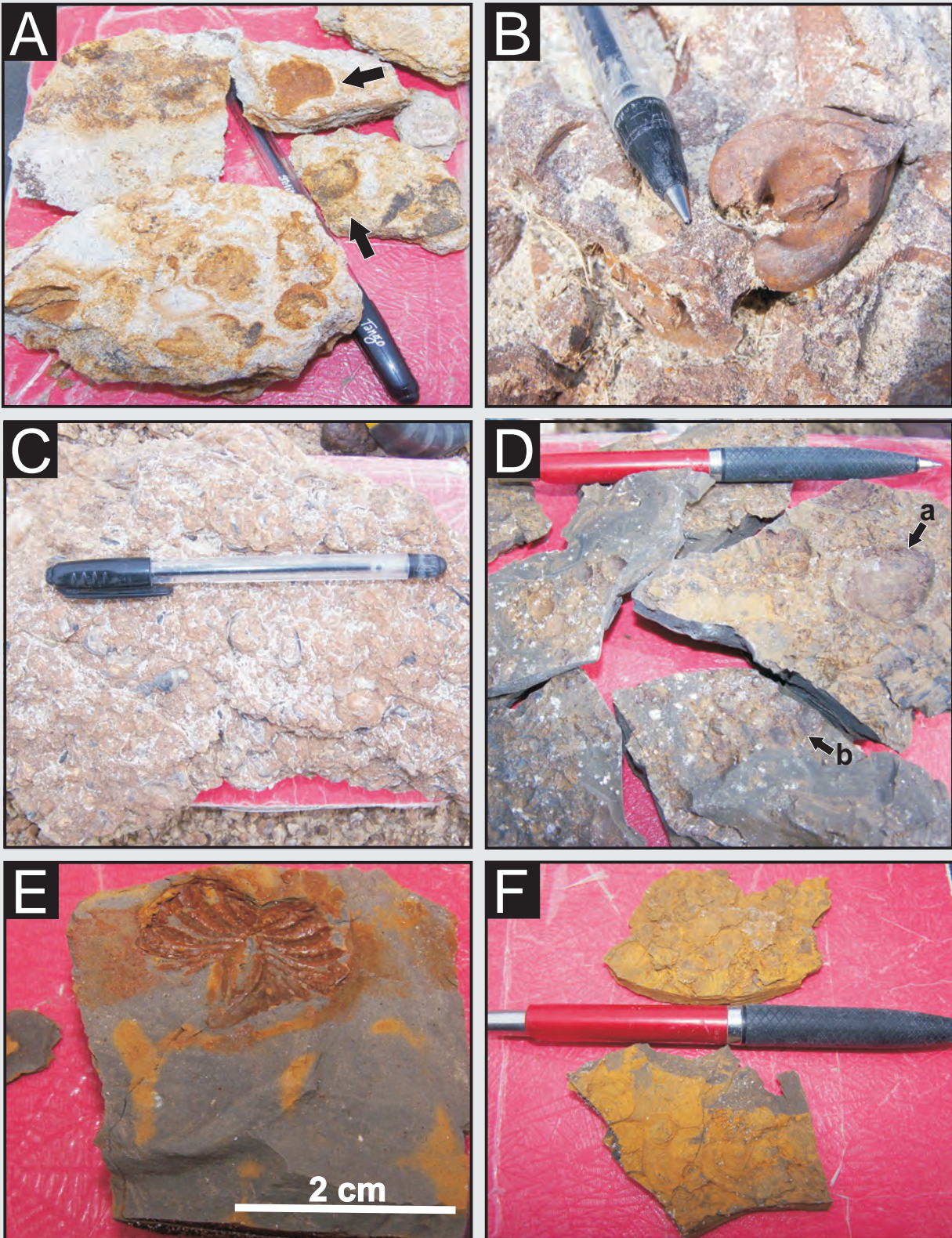
## Tabla 6.1- Análisis Tafonómico de la localidad 4

Nivel	Articulación	Abrasión	Disolución	Fragmentación	Selección	Empaquetamiento	Orientación	Polaridad	Fauna	Interpretación
MaFer 1	desarticulados a articulados	raro	muy abundante a raro	raro	moderada	disperso	oblicuo	-	ostréidos, trigónidos, otros bivalvos marinos	Sistema de barrera
MaFer 2	desarticulados a parcialmente articulados	raro	muy abundante a raro	raro	moderada	disperso	oblicuo	-	ostréidos, trigónidos, otros bivalvos marinos	Sistema de barrera
MaFer 2	desarticulados a articulados	ausente	frecuente	frecuente	moderada	disperso	concordante	probable cóncavo hacia arriba	otros bivalvos marinos, conchostracos, gastropodos	Pavimentos (washover distales)
MaFer 17	desarticulados	raro	muy abundante a raro	raro	moderada	denso	oblicuo	-	ostréidos, trigónidos, otros bivalvos marinos, gastropodos	Washover (wave run-up)
MaFer 18	desarticulados a parcialmente articulados	ausente	muy abundante	ausente	buena	denso	concordante	cóncavos hacia arriba	otros bivalvos marinos, corbúlidos, conchostracos	Pavimentos (washover distales)
MaFer 21	desarticulados	ausente	muy abundante	raro	moderada	pobre	concordante	cóncavos hacia arriba	corbúlidos, gastropodos, conchostracos	Pavimentos (mortalidad en masa)
MaFer 28	desarticulados	ausente	frecuente	abundante	buena	pobre	oblicuo	-	otros bivalvos marinos	Sistema de barrera
MaFer 29	articulados a desarticulados	ausente	frecuente	frecuente	moderada	pobre	oblicuo	-	otros bivalvos marinos, tigónidos	Washover (wave run-up)
MaFer 30	articulados	ausente	muy abundante	ausente	buena	disperso	oblicuo	-	otros bivalvos marinos	Washover (wave run-up)
MaFer 37	desarticulados	ausente	abundante	ausente	buena	denso	concordante	cóncavos hacia arriba	conchostracos	Pavimentos (mortalidad en masa)
MaFer 42	desarticulados a parcialmente articulados	ausente	raro	frecuente	moderada	denso	concordante	probable cóncavo hacia arriba	conchostracos, corbúlidos	Pavimentos (washover distales)
MaFer 44	desarticulados	ausente	raro a ausente	muy abundante	buena	denso	oblicuo	-	ostréidos, gastropodos	Retrajo o lags basales (backwash)
MaFer 50	desarticulados	ausente	muy abundante	muy abundante	moderada	denso	concordante	cóncavos hacia arriba	conchostracos	Pavimentos (mortalidad en masa)

## Tabla 6.2- Análisis Tafonómico de la localidad 5

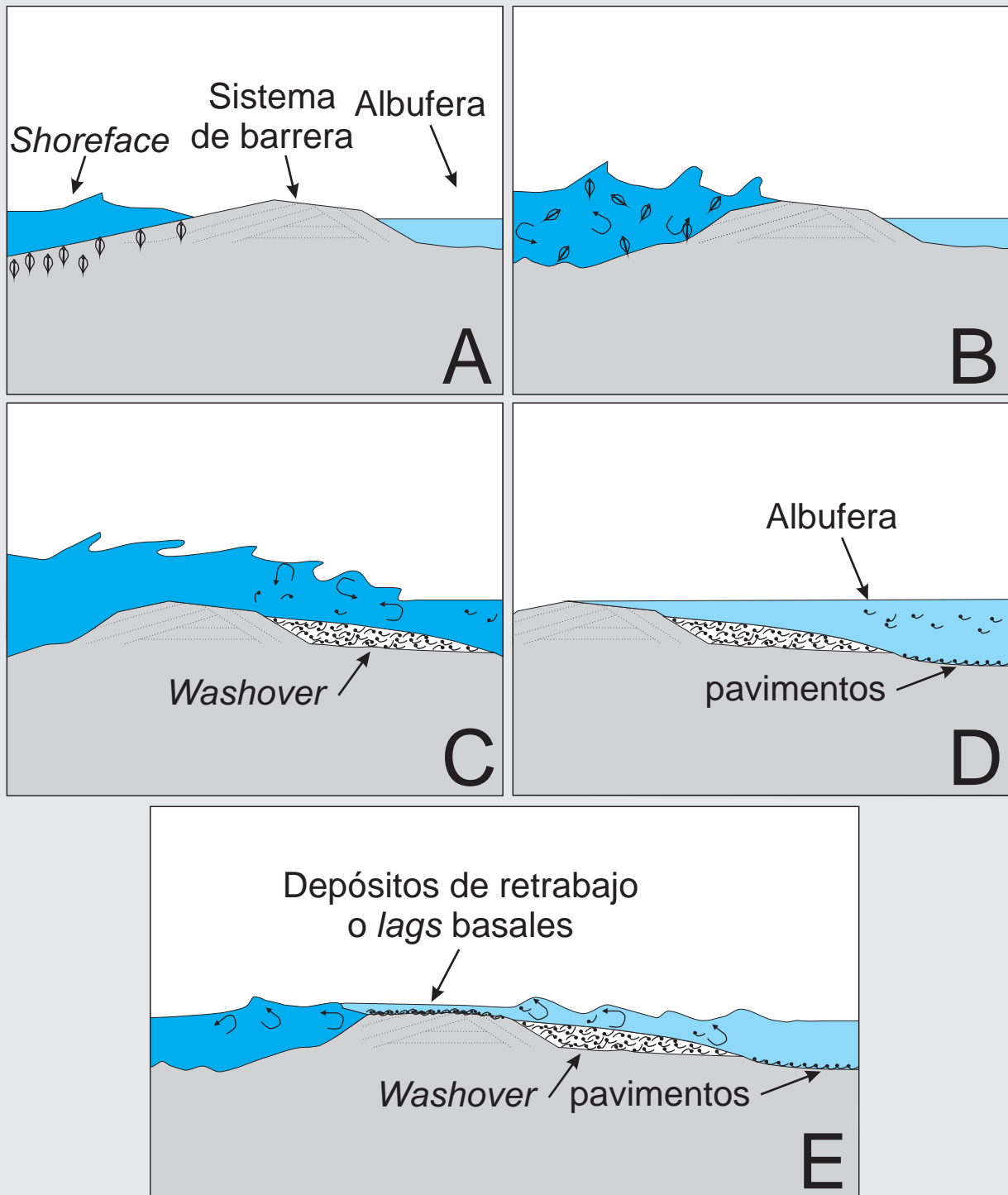
Nivel	Articulación	Abrasión	Disolución	Fragmentación	Selección	Empaquetamiento	Orientación	Polaridad	Fauna	Interpretación
CME 1	articulados	ausente	muy abundante	ausente	buena	disperso	<i>in situ</i>	-	trigónidos	Sistema de barrera
CME 2	parcialmente articulados	ausente	muy abundante	ausente	buena	disperso	concordante	cóncavos hacia arriba	trigónidos, otros bivalvos marinos, corbúlidos	Pavimentos ( <i>washover</i> distales)
CME 4	desarticulados	frecuente	raro	abundante	pobre	denso	oblicuo	-	ostréidos, otros bivalvos marinos, gastrópodos	Retrabajo o <i>lags</i> basales ( <i>backwash</i> )
CME 5	parcialmente articulados	ausente	muy abundante	frecuente	pobre	denso	concordante	cóncavos hacia arriba	corbúlidos, otros bivalvos marinos, conchostracos, gastrópodos	Pavimentos ( <i>washover</i> distales)
CME 7	articulados a parcialmente articulados	ausente	muy abundante	raro	pobre	denso	concordante	cóncavos hacia arriba	corbúlidos, conchostracos, gastrópodos	Pavimentos (mortalidad en masa)
CME 15	desarticulados	ausente	muy abundante	abundante	moderada	disperso	oblicuo	-	trigónidos	Sistema de barrera
CME 16	desarticulados	ausente	muy abundante	abundante	moderada	disperso	oblicuo	-	trigónidos	Sistema de barrera
CME 17	articulados	ausente	muy abundante	ausente	buena	denso	oblicuo	-	otros bivalvos marinos trigónidos, ostréidos, gastrópodos	<i>Washover</i> ( <i>wave run-up</i> )
CME 18	articulados a parcialmente articulados	ausente	muy abundante	ausente	buena	pobre	concordante	cóncavos hacia arriba	corbúlidos, gastrópodos	Pavimentos (mortalidad en masa)

## Tafonomía y tafofacies de Mata Amarilla inferior



**A-** Trigónidos articulados *in situ*, completamente oxidados y disueltos, tafofacies de sistema de barrera, unidad de "Barras bioclásticas". **B-** Bivalvo articulado, unidad de "Lóbulos bioclásticos", tafofacies de *washover*. **C-** Unidad de "Lóbulos bioclásticos" mostrando los bioclastos retrabajados, representado por trigónidos, gastrópodos y ostréidos, fueron interpretados como tafofacies de retrabajo o *lags* basales (*backwash*). **D-** Pavimentos (*washover* distales) con todas las valvas cóncavas hacia arriba a) conchostraco b) otros bivalvos marinos. **E-** Trigónido parcialmente articulado (en forma de mariposa), cóncavo hacia arriba, tafofacies de pavimentos de faunas de mezcla (*washover* distales). **F-** Pavimentos de conchostracos y gasterópodos, tafofacies de pavimentos de fauna autóctona (mortalidad en masa).

## Secuencia de eventos y procesos depositacionales



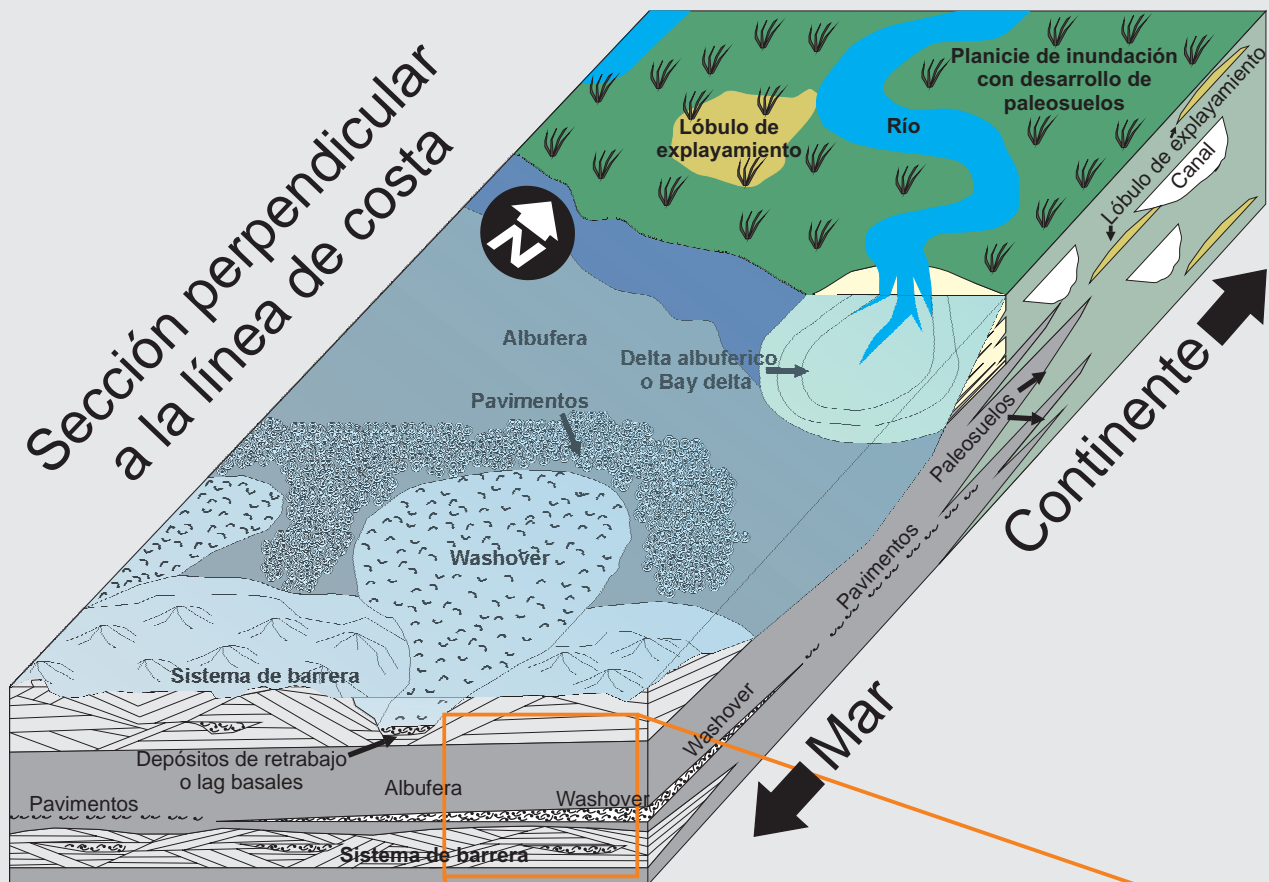
- A-** Sistema de barrera arenosa que limita la albufera, en condiciones de buen tiempo.  
**B-** Avenida de una ola gigante (*wave run-up*) los moluscos son removidos mediante erosión en la zona del *shoreface*. **C-** Estos bioclastos son sedimentados como depósitos de *washover* por detrás del sistema de barrera. **D-** Estos depósitos de *washover* pasan lateralmente hacia el centro de la albufera a formar pavimentos por decantación subácuea de los bioclastos. **E-** Durante el estadio de retorno o *backwash*, toda el agua que entró a la albufera vuelve al mar retrabajando los depósitos de *washover* y resedimentando los bioclastos, dejando formas acanaladas por los flujos de retorno (depósitos de retrabajo o lags basales).

fauna que vivía en el sistema de barrera es removida por erosión costera (Lámina 6.3 B) y es depositada como un *washover* (Schwartz, 1982), atrás del sistema de barrera (Lámina 6.3 C). Estos depósitos de sobrelavado o *washover* pasan lateralmente hacia el centro de la albufera, donde son depositados por decantación subácuca (Lámina 6.3 D). Este tipo de sedimentación genera “pavimentos de bioclastos”, los cuales poseen la característica de que todas las valvas se encuentran orientadas paralelas o concordantes con el plano de estratificación y están cóncavas hacia arriba, lo cual sugiere un proceso de decantación pasiva desde una suspensión (ver Allen, 1984; Kidwell *et al.*, 1986; Fürsich & Oschmann, 1986, 1993; Kidwell & Bosence, 1991; Kidwell & Holland, 1991; Simões & Kowalewski, 1998). Estos depósitos de *washover* están caracterizados por una asociación de fauna de moluscos mixtas, con componentes tanto autóctonos como alóctonos. La asociación de fauna alóctona posee afinidad marina, y está compuesta de trigónidos, ostréidos y otros bivalvos marinos (e.g., *Pholadomya* sp., *Protocardia shehuenensis* sp., *Cucullaea* sp.). La asociación de fauna autóctona, presenta características dulceacuícolas y está compuesta de conchostracos, gasterópodos y corbúlidos. Durante el estadio de resaca o *backwash*, toda el agua que entró a la albufera tiende a retornar al mar (flujo de retorno o *backwash flow*). Durante este momento los depósitos de *washover* son reabajados y re-sedimentados como depósitos de retrabajo o *lags* basales (Lámina 6.3 E). Estos están caracterizados por sus bases canalizadas y por la gran proporción de bioclastos desarticulados y rotos (lámina 6.2 C).

El ambiente depositacional para la sección inferior de la Formación Mata Amarilla en la parte Norte de la Cuenca está representado por una albufera limitada por un sistema de barrera arenosa (Láminas 6.4; 4.5 y 4.7). La albufera estuvo afectada por eventos esporádicos de grandes olas, los cuales interrumpieron la normal depositación de pelitas y heterolíticos laminados, dejando depósitos de coquinas y areniscas bioclásticas en las zonas proximales al sistema de barrera. Las coquinas y areniscas bioclásticas representan los depósitos de sobrelavado o *washover* y retrabajo o *backwash* (unidades de “Lóbulos bioclásticos”, lámina 4.4). La preservación de organismos articulados fuera de la posición de vida, sin evidencias de bioerosión o incrustaciones, representa condiciones de enterramiento rápidas o eventuales, dejando los organismos aislados de la interfase agua-sedimento y de la zona tafonómicamente activa. Los eventos de grandes olas en las zonas más profundas de la albufera generan depósitos de pavimentos intercalados entre las



## 6.1.1- Modelo depositacional de albufera



Sección paralela a la línea de costa



Modelo paleoambiental de albufera para la sección inferior de la Formación Mata Amarilla, mostrando los arreglos verticales y laterales de los diferentes subambientes (unidades sedimentarias), y el registro sedimentario que dejan en secciones tanto paralela como perpendicular a la línea de costa. Es de destacar la interacción de la albufera con el mar hacia bajo del diagrama y de la albufera con el sistema fluvial hacia el continente. La fotografía de afloramiento ( de la localidad 4) muestra el arreglo espacial en dos dimensiones de las diferentes unidades sedimentarias.

facies finas; estos pavimentos representan la continuación lateral de los depósitos de *washover* (Láminas 6.2 D y E; 6.3 D; 6.4 y 4.10). Contienen tanto organismos marinos como dulceacuícolas, en algunos casos semiarticulados (trigónidos en forma de mariposa; Láminas 6.2 E y 4.10), los cuales tampoco poseen evidencias de bioerosión o incrustaciones. Este tipo de preservación tafonómica también confirma una sedimentación rápida o eventual. Estos pavimentos podrían haber sido generados por detrás de la rompiente de olas de tormenta (zona de *offshore*) mediante corrientes de reflujos o *backwash* (Breener y Davies, 1973). Sin embargo, la interdigitación de los pavimentos con paleosuelos y la presencia de malacofauna dulceacuícola, sugieren que los mismos fueron depositados hacia el continente dentro de la albufera.

Variaciones en la salinidad y en las condiciones de Eh/pH del agua de la albufera, generaron otro tipo de pavimentos formado sólo por conchostracos, gastrópodos y corbúlidos (organismos que vivían en la albufera). Estos pavimentos de fauna autóctona no tienen relación directa o aparente con los episodios de grandes olas y representan episodios de “mortalidad en masa”. Los conchostracos son altamente sensibles a los cambios en las condiciones Eh/pH. Fürsich *et al.* (2007) describieron ejemplos de mortalidad en masa estacionales en el Cretácico inferior de China, causados por condiciones anóxicas durante el verano. El decrecimiento del pH así como también de la oxigenación de las aguas de la albufera podrían haber sido generados por el aporte o *input* de agua dulce de los ríos que desembocan en la albufera (Lámina 6.4). Los deltas albuféricos o *bay deltas* (unidad de “Barras de mediana escala”; lámina 4.3) son portadores de abundantes briznas vegetales y de la tafoflora dominada por angiospermas descritas en Iglesias *et al.* (2007); el arribo de materia orgánica y su eventual degradación podrían contribuir al decrecimiento del pH y del oxígeno disuelto en el agua. Por otra parte, Nichols *et al.* (2007) reconocieron fluctuaciones en la salinidad y el nivel de agua de la albufera Okarito, Nueva Zelanda. Estos autores determinaron que las fluctuaciones respondían a aperturas y cierres periódicos de la barrera (*tidal inlet entrance*). En este sentido Goff *et al.* (2004) propusieron a los tsunamis como el mecanismo principal por el cual se rompen las barreras.

A pesar de la pobre preservación de las valvas debido a la disolución, los moldes y las valvas preservadas no poseen signos de perforaciones (bioerosión) ni de incrustaciones, lo cual contrasta con las condiciones tafonómicas actuales de las albuferas, donde estos procesos son comunes (Hauser *et al.*, 2008). Es por ello que la

ausencia de estos parámetros tafonómicos constituye una evidencia de sedimentación eventual rápida. Sumado a esto, el alto grado de articulación y el arreglo interno simple de los niveles bioclásticos, se corresponde con un sepultamiento brusco. De acuerdo a Kidwell (1991), las capas bioclásticas con un arreglo interno simple representan un episodio ecológico simple de concentración de bioclastos (“evento de concentración”), eso siempre y cuando no haya una intensa bioturbación. Debido a que la bioturbación puede homogeneizar un nivel compuesto de muchas generaciones de bioclastos con un arreglo interno complejo. Aunque estos depósitos representan un evento de concentración durante una catástrofe, el lecho marino contiene, frecuentemente, coexistiendo bioclastos que murieron en diferentes momentos junto con los organismos vivos. Durante una depositación eventual, éstos son mezclados y depositados conjuntamente, a lo cual se denomina “promediación temporal” o *time averaging* (Kidwell y Bosence, 1992). Probablemente las conchillas más viejas se correspondan con la menor proporción de bioclastos desarticulados y rotos de los depósitos.

Durante los períodos de buen tiempo las fluctuaciones estacionales del nivel de agua de la albufera permiten el crecimiento de vegetación en las costas de la albufera cercanas al continente. Esto explicaría la interdigitación entre las facies de albufera y los paleosuelos costeros (Lámina 6.4). Las paleocorrientes de los depósitos de *washover* son hacia el Norte, lo que podría explicar los depósitos fluviales y los deltas albuféricos en la localidad 4, ubicada 2,5 Km más al Norte de la localidad 5.

El origen los depósitos de grandes olas podría atribuirse tanto a condiciones climáticas (grandes tormentas y huracanes) como a tectónica (tsunamis). Para una discusión más acabada entre tsunamis y tempestitas ver Nanayama *et al.* (2000); Witter *et al.* (2001); Tuttle *et al.* (2004); Morton *et al.* (2007); Komatsubara *et al.* (2008) y Donato *et al.* (2008).

Las evidencias a favor de las tormentas de gran magnitud (huracanes) son el clima tropical con estacionalidad marcada y la forma de embudo que posee la Cuenca (Láminas 1.1 y 1.2), la cual podría favorecer la formación de huracanes. Las evidencias climáticas se tienen a través del estudio de los paleosuelos (ver apartado 5.6). Otra evidencia paleoclimática es la degradación por actividad fúngica encontrada en las hojas fósiles de la localidad 4 (Iglesias *et al.*, 2007) lo que sugiere condiciones de climas cálidos y húmedos. En sintonía con esto, la fauna fósil de

cocodrilos, tortugas, anfibios y peces pulmonados descritos para la unidad por Goin *et al.* (2002) y Cione *et al.* (2007) también apunta a condiciones climáticas similares.

En contraposición, las evidencias a favor de tsunamis son: (1) el marco geodinámico de la Cuenca y la actividad tectónica que caracteriza la etapa de antepaís y (2) las características sedimentológicas y tafonómicas de los depósitos sedimentarios.

La actividad tectónica (terremotos) asociados al cierre de la Cuenca marginal de Rocas Verdes (Biddle *et al.*, 1986) podría haber generado tsunamis. Como es bien sabido los terremotos producidos en los fondos oceánicos constituyen hoy en día el mecanismo más común de generación de tsunamis. Ya que los tsunamis asociados a impactos de meteoritos se encuentran en discusión (Dawson y Stewart, 2007).

Con respecto a las características sedimentológicas, si se comparan los depósitos de la Formación Mata Amarilla con ejemplos modernos de tsunamis y huracanes, como los estudiados por Morton *et al.* (2007) (Tabla 6.3), es evidente que los depósitos de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla están más relacionados a los tsunamis de Nueva Guinea y Perú, que a los huracanes del Golfo de Méjico y el Oeste del Océano Atlántico. Las características sedimentológicas más significantes de los tsunamis son el espesor del depósito (menos de 60 cm), la ausencia de estructuras sedimentarias, el número de láminas (*lamina sets*) el cual es siempre de dos o menos láminas, y la presencia del flujo de retorno o *backwash* (Nanayama *et al.*, 2000; Witter *et al.*, 2001; Tuttle *et al.*, 2004; Morton *et al.*, 2007; Tappin, 2007; Lange y Moon, 2007; Kortekaas y Dawson, 2007; Dawson y Stewart, 2007; Nichol *et al.*, 2007; Komatsubara *et al.*, 2008 y Donato *et al.*, 2008). Otro elemento son los intraclastos pelíticos y láminas de fango, muy frecuentes en tsunamis (Morton *et al.*, 2007). Sin embargo, los intraclastos pelíticos y las láminas de fango no fueron encontrados dentro de los depósitos de *washover* proximales de la Formación Mata Amarilla, probablemente porque no había disponibilidad de fango en el sistema de barrera arenosa y sus alrededores. El tipo de ambiente es un fuerte condicionante de la disponibilidad y tipo de sedimento a ser transportado, es decir no va a haber intraclastos pelíticos si no hay fango para erosionar. Es por ello que se cree que los intraclastos pelíticos no pueden ser considerados rasgos diagnósticos de tsunamis. La condición que ejerce el ambiente explica por qué el tsunami de 1998 en Papua, Nueva Guinea, presenta sólo muy escasos intraclastos. En ese caso el ambiente estudiado por Morton *et al.* (2007), es una barrera arenosa y una planicie

Tabla 6.3

## Tabla 6.3- Comparación entre depósitos de tormentas (huracanes) y tsunamis

Características de los depósitos	Depósitos de la Formación Mata Amarilla Interior	Tsunami de Papúa, Nueva Guinea (1998)	Tsunami de Perú (2001)	Huracan Carla, Golfo de Méjico (1961)	Huracan Isabel, Oeste del Océano Atlántico(2003)
<b>Tamaño de grano promedio</b>	arenisca mediana a gruesa	mayormente de arena mediana	mayormente de arena mediana	Arenas y fragmentos de bivalvos gravosos	Arena
<b>Láminas internas de fango</b>	No posee	Capa de fango en la superficie	Capa de fango en la superficie y dentro del cuando hay disponibilidad	No posee	No posee
<b>Selección</b>	Moderada a bien seleccionada	Moderada a bien seleccionada	Moderada a bien seleccionada dentro de las láminas	Selección pobre (proximal) a buena (distal), depende de la posición respecto de la costa	Bien seleccionada
<b>Espesor del depósito</b>	20 a 60 cm en el washover proximal y menos de 0,2 cm en el washover distal	0,5 a 26 cm, promedio 8 cm (60 localidades)	0,5 a 26 cm, promedio 7 cm (60 localidades)	26 a 126 cm, promedio 56 cm (6 localidades)	19 a 97 cm, promedio 43 cm (13 localidades)
<b>Estructuras sedimentarias</b>	No posee	No posee	Usualmente no presenta, ondas y estratificación cruzada en los depósitos de flujo de retorno	Generalmente laminación planar	Generalmente laminación planar, con algunos sets
<b>Número de láminas (laminasets)</b>	Ninguna a 1	1 a 2	Usualmente 1 a 3, hasta más de 8	Más de 15	7 a más de 20
<b>Intraclastos pelíticos</b>	No se observan	Muy escasos	Frecuentes en ambientes fangosos en la base de las arenas y en la superficie de los depósitos	No se observan	No se observan
<b>Contacto basal</b>	Base erosional	Contacto abrupto sobre suelos orgánicos, ocasionalmente erosional	Base erosional	Base erosiva a abrupta de arena bioclástica sobre suelos orgánicos	Contacto abrupto de arena sobre un suelo orgánico
<b>Láminas bioclásticas</b>	Abundantes bioclastos en todo el depósito, especialmente hacia el techo	Algunos bioclastos en la superficie	Muy poco frecuentes dentro del depósito	Frecuentes (dependen del aporte)	Raros (dependen del aporte)
<b>Geometría perpendicular a la costa</b>	Lenticular, se adelgazan hacia el continente	Tabular, a veces se adelgazan hacia el continente	Se adelgazan hacia el continente y posee engrosamientos o adelgazamientos locales según la topografía	Depósitos estrechos y gruesos (terrazas), muy amplias (abanicos)	Depósitos estrechos y gruesos (terrazas)
<b>Ambiente deposicional</b>	Sistema de barrera arenosa y albufera	Sistema de barrera arenosa y planicie costera	Planicie costera pantanosa		

costera. Mientras que en el tsunami de Perú en 2001, estos autores encuentran abundantes intraclastos pelíticos relacionados a un ambiente pantanoso (Tabla 6.3).

En síntesis, los únicos rasgos que pueden ser extrapolados a todos los ambientes y subambientes afectados por el paso de un tsunami son: un espesor delgado (< 60 cm), compuesto de arena con gradación normal y sin estructuras internas o con algunas láminas, y la presencia de unidades de flujo de retorno o *backwash* (Nanayama *et al.*, 2000; Morton *et al.* 2007; Komatsubara *et al.*, 2008 y Donato *et al.*, 2008).

A pesar de esto, los depósitos de tormenta (huracanes) y los de tsunamis, tienen más similitudes que diferencias (Tabla 6.3). De esta manera es necesario valerse de la tafonomía para tener una interpretación más acertada. Los organismos constituyen una herramienta muy importante, ya que son muy sensibles a las variaciones ambientales y a su vez se convierten en partículas (vivas o muertas) para ser transportadas por los agentes sedimentarios.

Las tres características tafonómicas de los tsunamis denominadas “tren tsunamigénico” o *tsunamigenic traits* (Donato *et al.*, 2008) son: (1) espesor y extensión lateral de los depósitos bioclásticos (2) presencia de organismos alóctonos articulados fuera de la posición de vida y (3) valvas con fragmentación angular. Su presencia sugiere que los depósitos de *washover* de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla, fueron generados por tsunamis. Sobre la base del presente estudio se podrían adicionar dos características al tren tsunamigénico de Donato *et al.* (2008); estas serían: (4) pavimentos formados por organismos tanto alóctonos como autóctonos, concordantes con el plano de estratificación y con la valvas con la concavidad hacia arriba (*washover* distales), y (5) la presencia de organismos alóctonos semiarticulados (trigónidos en forma de mariposa) dentro de los sedimentos de la albufera, siendo que estos trigónidos fueron encontrados en posición de vida en las barreras arenosas. Estos últimos puntos representan los depósitos más distales de las avenidas de tsunamis, los cuales penetraron hacia el continente.

### **6.1.2- Sistema de estuario y delta de cabecera de estuario (*bayhead delta*)**

El paleoambiente de estuario y delta de cabecera de estuario o *bayhead delta*, caracteriza a la sección inferior de la Formación Mata Amarilla en la localidad 15 de

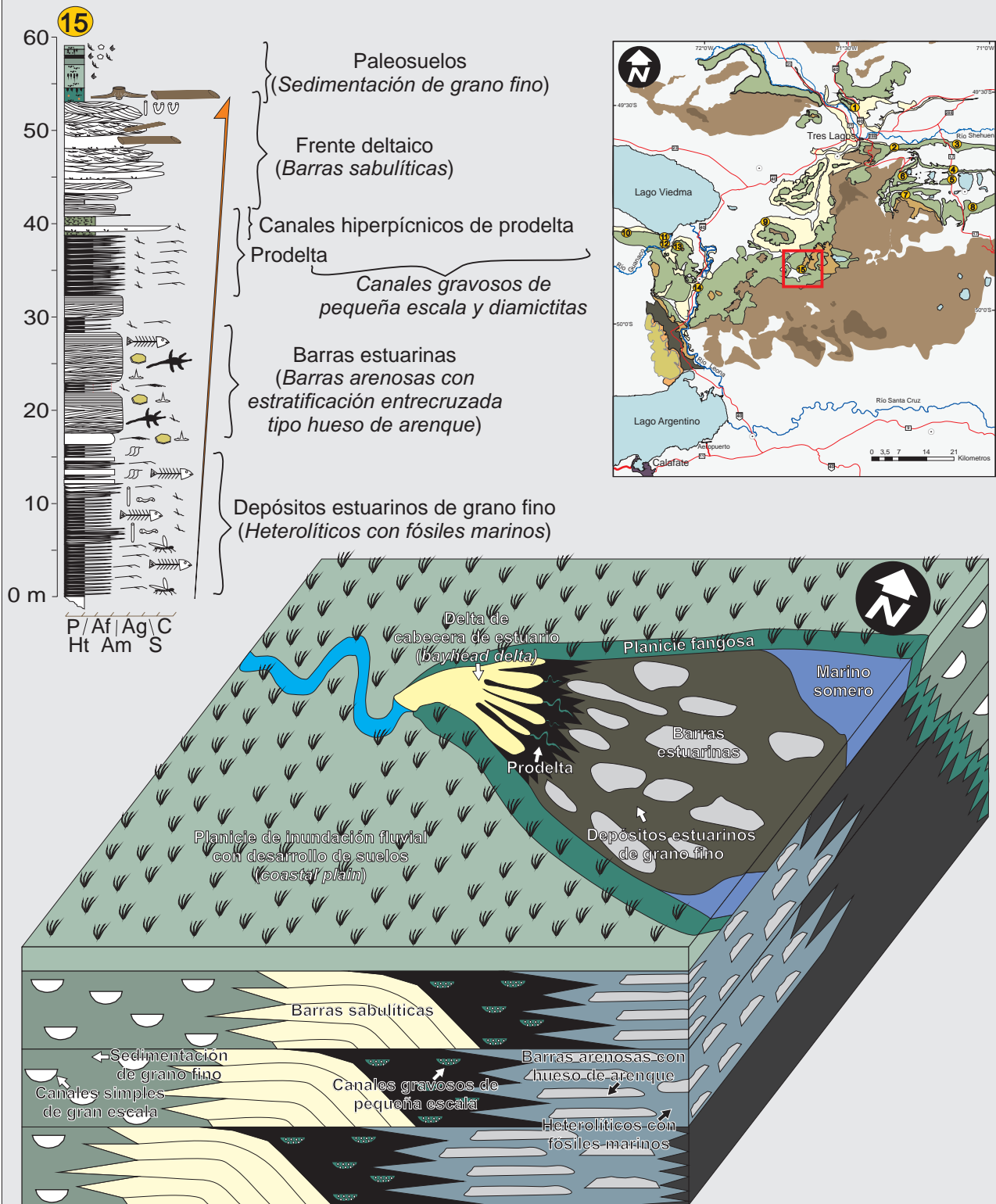
Estancia La Blanca. Los ambientes estuarinos sin embargo también están presentes en la sección superior de la Formación en la localidad 2 de Estancia La Regina.

La secuencia presenta un arreglo regresivo, regresión normal en el sentido de Catuneanu *et al.* (2009), desde facies heterolíticas de centro de estuario con estratificación mixta, pasando por barras estuarinas con estratificación entrecruzada tipo hueso de arenque o *herringbone*, posteriormente facies de prodelta y culmina con las facies de frente deltaico (Lámina 6.5). La descripción de este ambiente se hará desde la costa hacia el continente, comenzando por el ambiente estuarino y culminando con el delta de desembocadura.

**Estuario:** Definir qué es un estuario resulta difícil sin hacer previamente una clasificación del tipo de costas (Boyd *et al.*, 1992; Perillo, 1995 y Boyd *et al.*, 2006). Boyd *et al.* (1992) dividen las zonas costeras en transgresivas y regresivas, y a su vez las separan de acuerdo a si están o no influenciadas por la desembocaduras de sistemas fluviales (Lámina 6.6). En una costa regresiva la interacción entre el aporte de sedimento proveniente de los sistemas fluviales y la habilidad de los procesos marinos para distribuir esos sedimentos determina el tipo de costa a formarse. Si domina el aporte, la costa tendrá formas elongadas o lobadas (deltas) y si el sedimento es redepositado por corrientes laterales olas y/o mareas tendrá formas rectas (playas o *shoreface* y planicies mareales) (Lámina 6.6). Cuando la tasa de ascenso del nivel relativo del mar supera al aporte de sedimento, se genera una transgresión con depositación. De esta manera, se forman estuarios y albuferas, y hay una migración de la línea de costa hacia el continente. Es por ello que implícitamente los estuarios y albuferas se dan en áreas de baja pendiente y sólo durante transgresiones locales y/o regionales. La discriminación de los depósitos estuarinos de los albuféricos es muy difícil (Boyd *et al.*, 2006); sin embargo, en el presente trabajo la presencia del sistema de barreras arenosa hizo posible la discriminación de estos ambientes.

La definición de estuarios posee diferentes significados de acuerdo al criterio que se utilice, ya sea oceanográfico, biológico, geomorfológico o geológico (Perillo, 1995). Desde el punto de vista geológico un estuario recibe aporte tanto marino como fluvial, generalmente ocupa la parte más baja de un valle y contiene facies influenciadas por procesos mareales, de oleaje y fluviales, y se considera que se extiende hacia el continente hasta el límite donde hay influencia de mareas y hacia el mar hasta donde dominan los procesos marinos (Dalrymple *et al.*, 1992). Esta

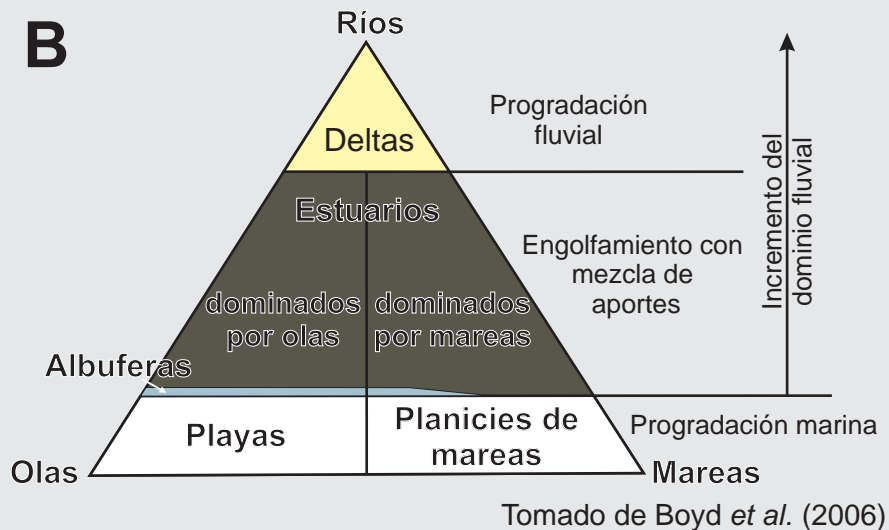
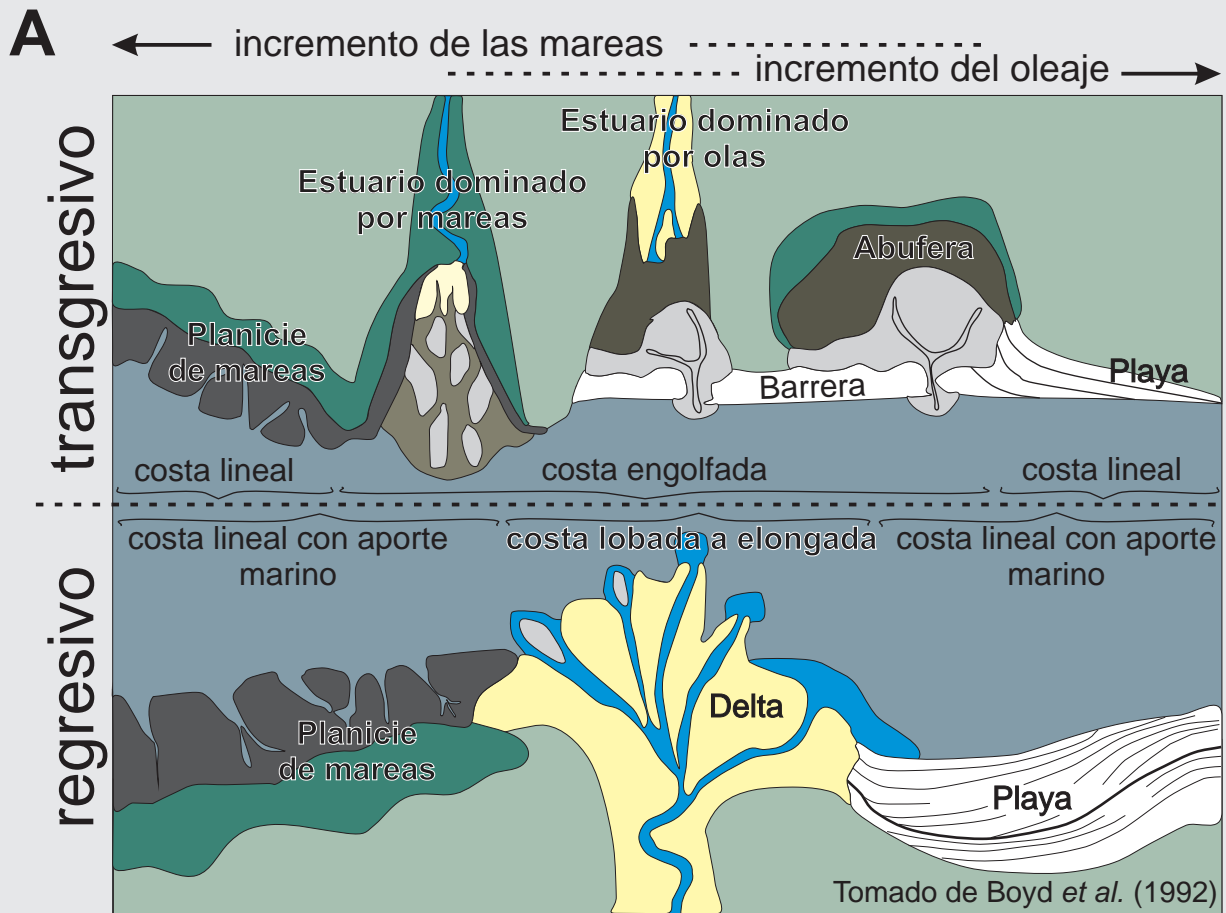
## 6.1.2- Estuario y Delta de cabecera de estuario (*bayhead delta*)



Modelo paleoambiental de estuario y delta de desembocadura para la sección inferior de la Formación Mata Amarilla, mostrando los arreglos verticales y laterales de los diferentes subambientes (unidades sedimentarias), y el registro sedimentario que dejan en secciones tanto paralela como perpendicular al eje del estuario. Es de destacar la alternancia de la descarga lo cual genera depósitos hiperpícnicos en el prodelta, y un frente deltaico dominado por flujos hipopícnicos. La arena es retrabajada por las mareas, formando barras estuarinas elongadas en dirección Oeste-Este, estas alternan con heterolíticos, con estratificación mixta. El perfil sedimentológico de la localidad 15 muestra el arreglo vertical de los subambientes sedimentarios.



## 6.1.2- Clasificación de costas



**A-** Clasificación de costas de Boyd et al. (1992) mostrando las costas durante cortejos transgresivos (parte superior del diagrama) y regresivos (parte inferior). De izquierda a derecha se observa el cambio en la dominancia de mareas a olas. En la figura se muestran los diferentes sub-ambientes de acuerdo a los procesos dominantes y a el nivel relativo del mar.

**B-** Diagrama triangular de clasificación de costas de acuerdo a los procesos dominantes, tomado de Boyd et al. (2006).

definición es más adecuada que la oceanográfica de Pritchard (1967), basada sólo en la salinidad. Esta definición se aplica tanto a sitios regresivos como transgresivos y resulta ser de muy difícil aplicación en el registro fósil, debido a que muchas veces resulta imposible determinar salinidades en los paleoambientes sedimentarios. La definición de Dalrymple *et al.* (1992) restringe el término estuario a los valles fluviales transgredidos. Sin embargo Boyd *et al.* (2006) reconocen embudos o bahías durante ciclos transgresivos que no poseen un valle fluvial y sin embargo su relleno y dinámica son los de un estuario (por ejemplo el estuario de Bahía Blanca). Un estuario también podría formarse producto de la subsidencia diferencial de la cuenca y sin ser necesariamente un valle inciso o un valle fluvial. La mayoría de los estuarios poseen aguas salobres, pero aguas de mezcla o salobres ocurren en otros paleoambientes como deltas progradacionales y albuferas, es por ello que las asociaciones de trazas fósiles que indican salinidad reducida no necesariamente indican que los depósitos sean estuarinos (Dalrymple *et al.*, 1992). De esta manera, el alcance de la incursión de agua salobre nunca se extiende tanto hacia el continente como lo hace la acción mareal (Buatois *et al.*, 1997). Más aún, este límite es fluctuante y depende de la descarga del sistema fluvial así como también de la dirección de los vientos. Los límites de la acción de mareas en los ríos modernos va de decenas de kilómetros (altas pendientes y ambientes micromareales) a cientos de kilómetros (bajas pendientes, ambientes macromareales) de la costa. Los estuarios se pueden dividir en estuarios dominados por olas y dominados por mareas (Lámina 6.6). El estuario de la formación Mata Amarilla corresponde a un estuario dominado por mareas. Los estuarios (tanto los dominados por olas como los dominados por mareas) se dividen en tres zonas (Lámina 6.5):

- la zona más externa dominada por los procesos marinos (oleaje o mareas)
- un zona central de baja energía donde los procesos marinos y las corrientes fluviales son de igual dimensión
- la zona interna donde dominan los procesos fluviales

La zona central del estuario es el área donde se da la convergencia de los procesos fluviales y marinos, y está caracterizada por una sedimentación de grano fino (Boyd *et al.*, 2006).

El estuario de la sección inferior de Mata Amarilla es un estuario dominado por mareas. La zona externa a central está caracterizada por facies heterolíticas en arreglos generalmente grano y estratocrecientes. Estas facies

heterolíticas poseen laminación mixta (lenticular, ondulosa y flaser) y presentan pausas pelíticas, las cuales se interpretan como producto de procesos mareales (ver capítulos 2.4 y 4.1.8). Estas facies heterolíticas se agrupan dentro de la unidad de “Heterolíticos con fósiles marinos” (Lámina 4.9). En este sector externo a central generalmente los fósiles encontrados son escamas y vértebras de peces, escasas briznas vegetales, restos de insectos, placas de tortugas, restos de cocodrilos y vértebras de plesiosaurios. A su vez se encontró una conchilla de un ostréido de gran tamaño, lamentablemente no se pudo determinar el género o familia debido a que se encontraba muy retrabajada. Las trazas fósiles no son muy abundantes y cuando se hallan presentes son de pequeño tamaño, las mismas se asignaron a la icnofacies de *Cruziana* empobrecida (*sensu* Buatois *et al.*, 2005, Poiré *et al.*, 2009; ver lámina 4.9). A medida que nos acercamos a la zona central a interna del estuario, la arena que está entrando al estuario por la descarga fluvial es retrabajada por las mareas y es redepositada en las barras estuarinas, unidad de “Barras arenosas con estratificación entrecruzada tipo hueso de arenque” (ver lámina 4.6). Estas barras estuarinas se encuentran separadas unas de otras por los depósitos de “Heterolíticos laminados con fósiles marinos” (Lámina 6.5). Las barras estuarinas están caracterizadas por la estratificación entrecruzada en hueso de arenque o *herringbone*, tienen dos direcciones de paleocorrientes dominantes y diametralmente opuestas (NW-SE), lo cual evidencia acción de mareas (ver capítulos 2.3 y 4.1.5). Hay abundantes dientes retrabajados de tiburones, plesiosaurios, así como también restos de cocodrilos, tortugas, peces y plesiosaurios, generándose en ocasiones niveles de concentración de huesos (*bone beds*). Las barras estuarinas correspondientes a la sección superior de la formación Mata Amarilla en la localidad 2- Estancia La Regina poseen abundantes trazas de *Ophiomopha* isp. Por encima de estas barras comienza la progradación de un delta de zona de cabecera de estuario.

**Delta de cabecera de estuario (*bayhead delta*):** Los deltas por definición son protuberancias formadas cuando un río entra en un cuerpo de agua estancada, aportando sedimentos más rápidamente que lo que la cuenca puede redistribuirlo mediante procesos de oleaje o mareas. Los depósitos deltaicos poseen una geometría particular y se dividen en 3 partes principales que fueron denominados como *topset*, *foreset* y *bottomset* por Scruton (1960), y en la actualidad se los conoce como planicie deltaica, frente deltaico y prodelta respectivamente.

Existen varias clasificaciones de deltas. Una de las primeras fue la de Coleman y Wright (1975), la cual es una clasificación morfológica basada en los parámetros de distribución de arena. Estos autores recopilaron datos de 34 deltas actuales (Lámina 6.7). Una de las clasificaciones más utilizadas es la de Galloway (1975), quién dividió los deltas de acuerdo a los procesos dominantes que controlan su morfología: procesos fluviales, mareales o de oleaje (Lámina 6.7). Se interpreta aquí que el delta de cabecera de estuario de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla es un delta en el cual la arena es retrabajada por la acción de las mareas (delta influenciado por mareas lámina 6.7).

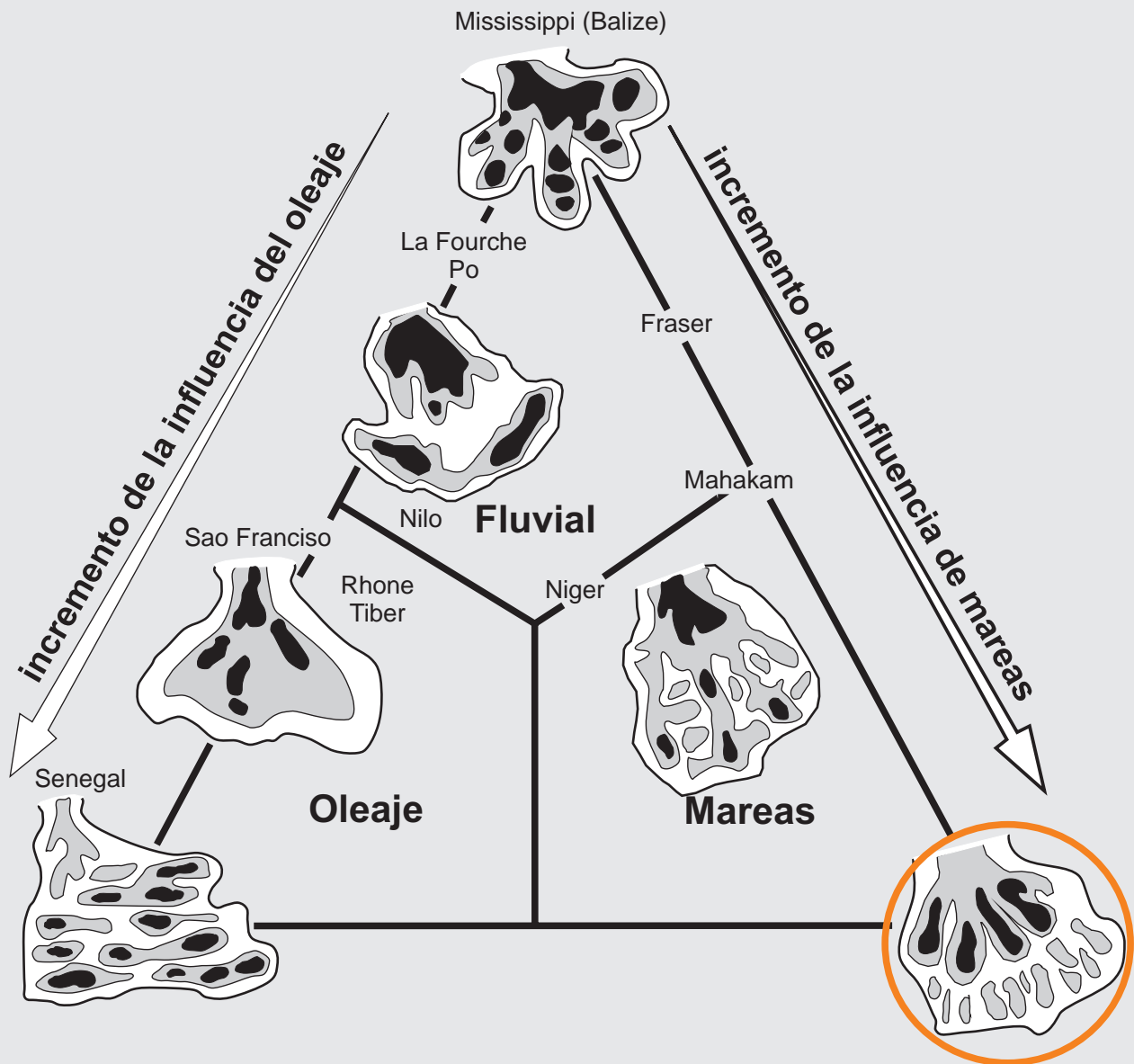
La distribución de facies y la morfología externa de los depósitos deltaicos dependerá de varios factores:

1. Si la descarga fluvial es más densa (hiperpicnal), igual (homopicnal) o menos densa (hipopicnal) que el cuerpo de agua estancado.
2. De la interacción de la pluma fluvial con los procesos marinos, entre los que se incluyen: olas, mareas, tormentas, corrientes oceánicas y retrabajo biológico.
3. La posición física del delta dentro de la cuenca (si desemboca directamente al mar o a un ambiente marino restringido y de la pendiente del sistema fluvial alimentador).
4. El grado con el cual los sedimentos aportados por el sistema fluvial son retrabajados por los procesos marinos.

Históricamente, la mayoría de los deltas se asumían como hipopicnales, pero muchos ríos experimentan cambios dramáticos en la descarga producto de oscilaciones climáticas estacionales o debido a inundaciones durante eventos de tormenta. Como consecuencia de ello muchos deltas pueden variar desde condiciones hipopicnales a hiperpicnales aún en ambientes netamente marinos (Nemec, 1995; Mulder y Syvitski, 1995; Parsons *et al.*, 2001). Más aún muchas plumas muestran procesos hipopicnales e hiperpicnales al mismo tiempo (Nemec, 1995; Kineke *et al.*, 2000; Bhattacharya, 2006). Por su parte las condiciones homopicnales son muy raras en la naturaleza, ya que pequeñas diferencias de densidad son suficientes para transformar el flujo en hiperpicnal o hipopicnal (Bhattacharya, 2006).

El tamaño, forma y espesor de la barra de desembocadura depende del ángulo de dispersión de la pluma, de las condiciones del flujo (hiperpicnal, homopicnal o hipopicnal) y de las fuerzas que actúan sobre la pluma de sedimento (fuerzas inerciales, de flotabilidad y friccionales).

## 6.1.2- Clasificación de Deltas



Tomado de Bhattacharya (2006)

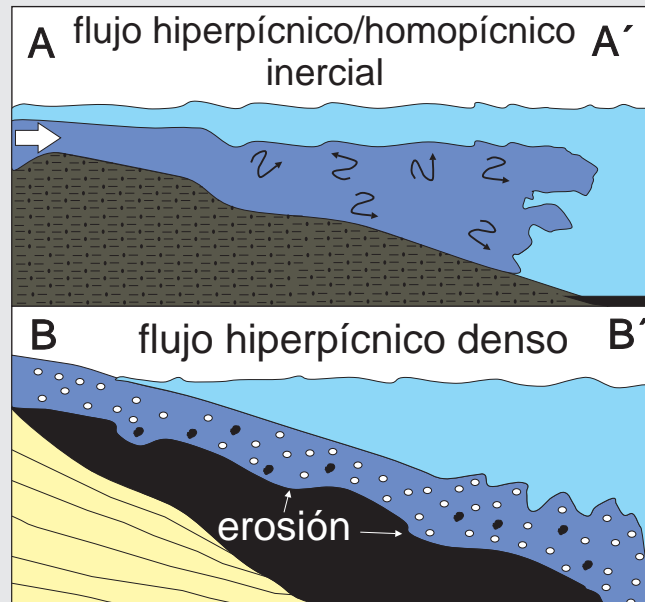
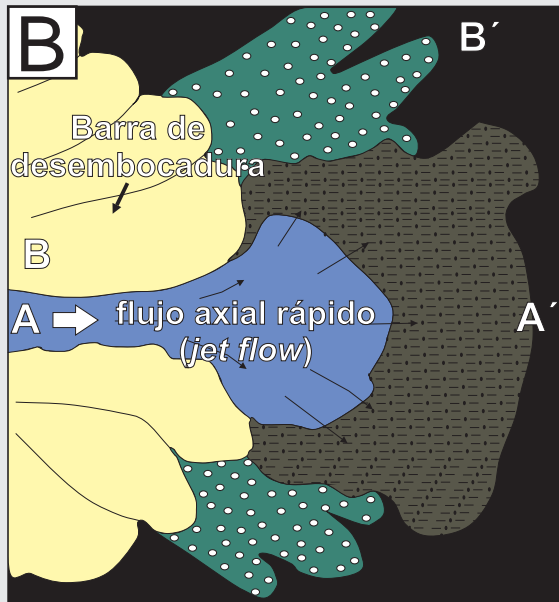
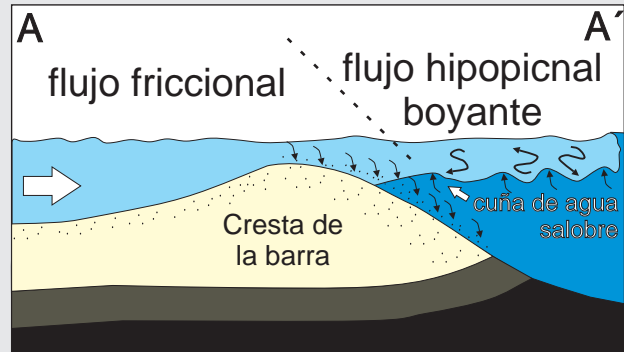
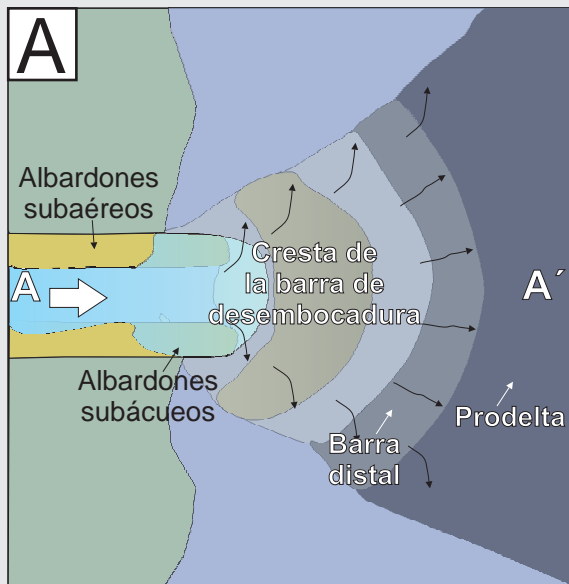
Clasificación de deltas de Coleman y Wright (1975) de acuerdo a las geometrías de los cuerpos de arena, ploteados en el diagrama de clasificación triangular de clasificación de deltas de Gallo-way (1975) de acuerdo a si los deltas son dominados por sistemas fluviales, por olas o por mareas. Tomado de Bhattacharya (2006). Los deltas de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla se corresponden con deltas dominados por mareas, como los de la sección inferior derecha del diagrama. Cabe destacar la similitud morfológica que existe entre los deltas dominados por sistemas fluviales y los dominados por mareas.

El delta de cabecera de estuario de Mata Amarilla presenta depósitos con características correspondientes tanto a procesos hiperpicnales como hipopicnales (Lámina 6.8). Esto se interpreta como producto de variaciones estacionales en la descarga de los sistemas fluviales (climas tropicales estacionales), actividad tectónica en las áreas de cabecera de los sistemas fluviales (incremento del aporte de sedimento) y posiblemente también responda a variaciones en los vientos predominantes dentro del estuario. Estos influyen de manera directa en la salinidad del mismo (tal cual sucede hoy por ejemplo en el estuario del Río de La Plata).

El flujo predominante fue de tipo friccional / hipopicnal (Lámina 6.8 A), es decir que, cuando el sistema fluvial entra en el cuerpo de agua salobre (estuario), la carga fluvial gruesa es depositada producto de la fricción y la carga fina es puesta en suspensión debido a la menor densidad del agua dulce fluvial respecto del agua salobre del estuario, causando un flujo hipopícnico. La carga del sistema fluvial cesa su movimiento cuando se produce la expansión del flujo friccional, formando de esta manera la barra de desembocadura (unidad de “Barras sabulíticas”, lámina 4.2). Los sedimentos finos continúan en suspensión siendo transportados hacia el depocentro (pelitas laminadas de prodelta con abundantes briznas vegetales, agrupadas dentro de la unidad de “Finos con fósiles marinos”). El sedimento de menor granulometría (pelítico) es puesto en suspensión formando una “pluma boyante”, la cual genera una pendiente poco pronunciada (Lámina 6.8 A). Los depósitos deltaicos de Mata Amarilla presentan al igual que todos los deltas hipopicnales la separación entre los depósitos friccionales (sabulitas y arenas) y los depósitos producto de la suspensión boyante (pelitas). Los depósitos más finos que son transportados hacia el centro del estuario en forma de coloide y depositados por floculación, son generalmente retrabajados por la acción de mareas (formando parte de los heterolíticos con laminación mixta).

Asimismo, durante los estadios de alta descarga de los sistemas fluviales en la desembocadura se producen flujos de tipo hiperpicnales (Lámina 6.8 B). Los flujos hiperpícnicos se dan generalmente en lagos de agua dulce o en ambientes marinos debido a concentraciones de sedimento muy elevadas en los sistemas fluviales (35 a 45 kg/m<sup>3</sup>; Mulder y Syvitski, 1995; Parsons *et al.*, 2001). Muchos deltas en ambientes marinos son hiperpicnales (Mulder y Syvitski, 1995; Plink-Björklund y Steel, 2004) y en ocasiones ocurren con concentraciones muy bajas de 1-5 kg/m<sup>3</sup> (Parsons *et al.*, 2001; Bhattacharya, 2006). Estos deltas con flujos hiperpicnales de

## 6.1.2- Procesos sedimentarios en el delta de desembocadura



El delta de desembocadura de Mata Amarilla presenta depósitos con características correspondientes tanto a procesos hiperpícnales como hipopícnales.

A- El flujo predominante mayormente fue de tipo friccional / hipopícnico, cuando el sistema fluvial entra en el cuerpo de agua salobre (estuario), la carga del sistema fluvial cesa su movimiento cuando se produce la expansión del flujo, formando de esta manera la barra de desembocadura (unidad de "Barras sabulíticas"), debido a la menor densidad del agua dulce fluvial respecto del agua salada del estuario la carga de granulometría más fina es puesta en suspensión causando un flujo hipopícnico. El sedimento de menor granulometría (pelitas) forma una "pluma boyante", la cual genera una pendiente poco pronunciada (pelitas laminadas de prodelta con abundantes briznas vegetales, agrupadas dentro de la unidad de "Finos con fósiles marinos").

B- Flujos hiperpícnales. Las facies de diamictitas "D" se interpretan como depositadas por flujos axiales rápidos o *jet flow* en el ambiente de prodelta. Por su parte estos vaques son cortados por pequeños canales gravosos los cuales se interpretan como flujos hiperpícnales (*sensu* estrictos) generados por flujos densos subacuáticos (*underflow*), los cuales hacen *bypass* en el frente deltaico erosionando a las vaques de prodelta y depositándose por pérdida de la inercia en el ambiente de prodelta (gráfico modificado de Orton y Reading, 1993).

baja concentración ocurren en regiones marinas, con agua más fría que el agua aportada por el sistema fluvial o en ambientes de aguas salobres, como es el caso de estudio del presente trabajo. El flujo hiperpícnico genera un “*bypass*” del sedimento en la barra de desembocadura y un flujo denso subácueo (*underflow*) el cual erosiona y luego deposita en el prodelta (Lámina 6.8 B). Como la inercia de los flujos hiperpícnicos excede la capacidad del cuerpo de agua de detenerlo o de formar una pluma mediante las fuerzas de flotabilidad, los delta hiperpícnicos son conocidos también como deltas inerciales (Bates, 1953). Los depósitos hiperpícnos que caracterizan el prodelta de los deltas de desembocadura de la localidad 15 se agruparon dentro de la unidad de “Canales gravosos de pequeña escala y diamictitas” (Láminas 4.8 y 6.6). Por su parte en la lámina 6.8 B, se muestran los procesos dominantes en los flujos hiperpícnos. Las facies de diamictitas “D” (Lámina 4.8) se interpretan como depositadas por flujos axiales rápidos o *jet flow* en el ambiente de prodelta. Por su parte estos vaques son cortados por pequeños canales gravosos los cuales se interpretan como flujos hiperpícnos (*sensu* estrictos) generados por flujos densos subácueos (*underflow*), los cuales hacen *bypass* en el frente deltaico erosionando a las diamictitas de prodelta y depositándose por pérdida de la inercia en el ambiente de prodelta.

Los sistemas fluviales que experimentan condiciones hiperpícnos en su desembocadura, son generalmente pequeños sistemas fluviales con mucho sedimento en suspensión (ríos sucios), de alto gradiente o pendiente pronunciada y de zonas tectónicamente activas. Como ejemplos actuales pueden citarse el Río Eel, Norte de California, Estados Unidos, estudiado por Mulder y Syvitski (1995) y Syvitski y Morehead (1999). Estos sistemas a su vez no son hiperpícnos durante todo el año, la mayor parte de la descarga de sedimento ocurre durante períodos episódicos correspondientes a inundaciones o avenidas de gran magnitud. El 90 % de la descarga del Río Eel ocurre en el transcurso de pocos días, durante las grandes avenidas (Bhattacharya, 2006). El resto del año actúa como un delta de tipo hipopícnal depositando poca cantidad de sedimento (Syvitski y Morehead, 1999). Hay varios ejemplos de deltas caracterizados por depósitos eventuales como los observados en el delta de desembocadura de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla. Entre ellos se destacan los deltas de: Brazos, en el golfo de Texas; el del Danubio, en el Mar Negro; el de Senegal, en África; y el delta de Burdekin, en Australia (Bhattacharya y Giosan, 2003; Fielding *et al.*, 2005).



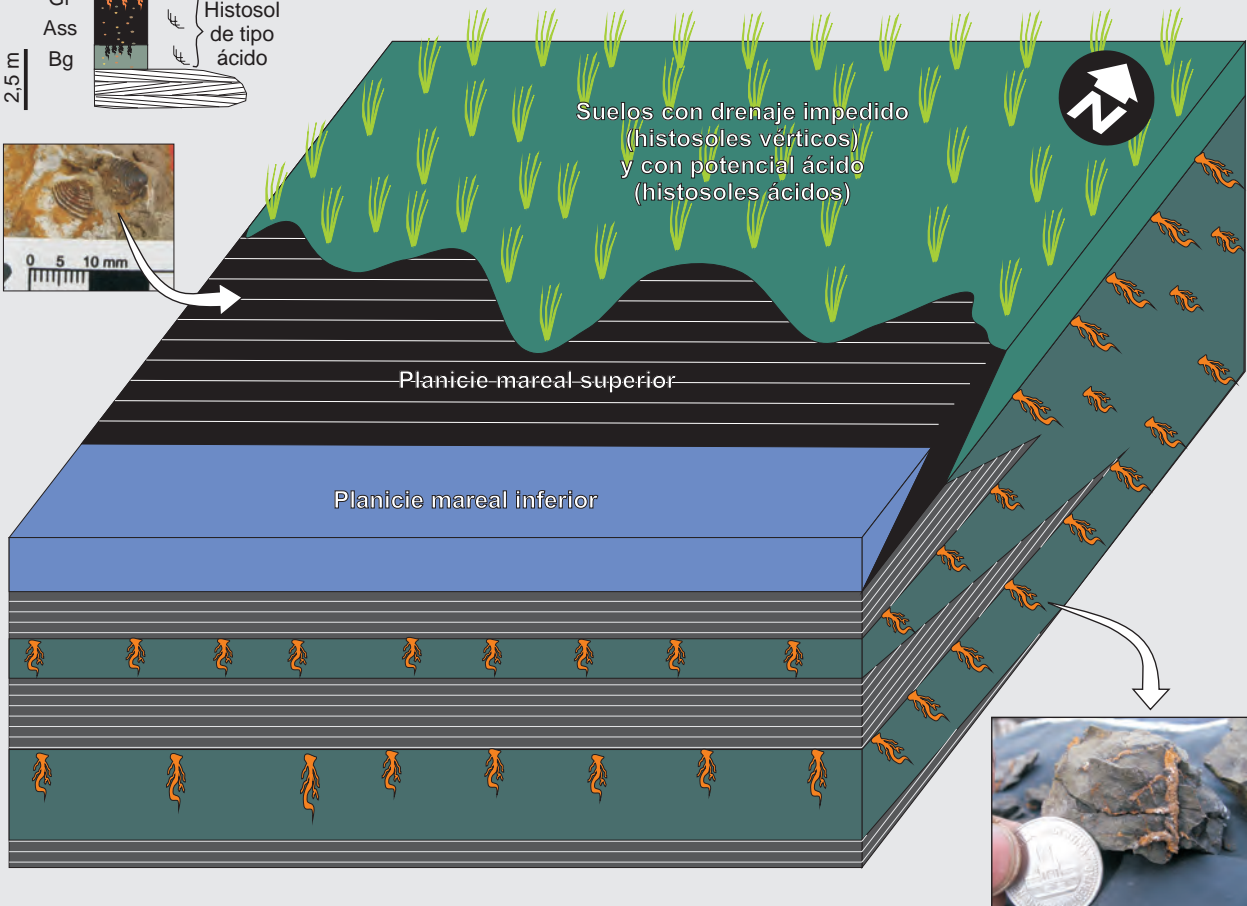
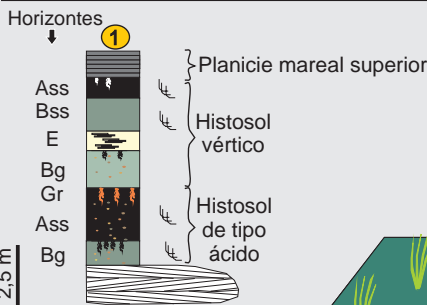
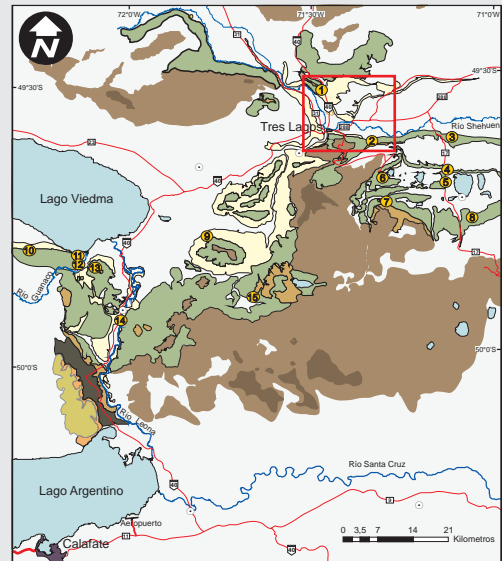
### 6.1.3- Sistema de planicie costera

Los sistemas de planicies costeras caracterizan a las secciones inferior y superior de la Formación Mata Amarilla, en las localidades ubicadas al Norte del área de estudio, localidades 1- Cerro Waring y 2- Estancia la Regina.

El paleoambiente de planicie costera se encuentra caracterizado por el desarrollo de paleosuelos con drenaje impedido (histosoles vérticos e histosoles con características ácidas), corresponden a zonas de muy bajas pendientes las cuales se encuentran mayormente anegadas (*marshes*). Estos paleosuelos de tipo histosoles alternan con pelitas y heterolíticos laminados con rasgos mareales (Lámina 6.9). Como se vio en el capítulo V, los histosoles se encuentran asociados a áreas topográficamente deprimidas y de muy baja pendiente, con condiciones de drenaje muy malas. Caracterizan a zonas cercanas a la costa, tales como los ambientes albuféricos, estuarinos y a los sistemas fluviales distributarios. Este tipo de suelos se encuentran totalmente saturados entre el 75 y el 90% del año (Fanning y Fanning, 1989). Los suelos hísticos de la Formación Mata Amarilla están caracterizados por los epipedones de tipo hísticos de entre 5 y 20 cm en promedio, los cuales generalmente presentan subhorizontes con colores gley (de muy bajos cromas) y abundantes rasgos redoximórficos (moteados y nódulos), así como también *slickensides* y rizolitos. Hay un tipo especial de paleosuelos, el cual posee características de suelos ácidos y que se denomina “suelo con potencial de sulfato ácido” por Brinkman y Pons (1973). Estos histosoles están caracterizados por la presencia de abundantes moteados y rizoconcreciones de jarosita, las cuales poseen un color anaranjado muy característico (10YR 8/6; Lámina 6.9). La jarosita se forma comúnmente a partir de la piritita cuando las condiciones de drenaje del suelo permiten la oxidación, lo que conlleva a elevar la acidez del suelo (Van Breeman, 1982; Miedema *et al.*, 1974; Kraus, 1998). A los horizontes con abundantes rizoconcreciones y moteados de jarosita se los nominó como horizonte “Gr”. Cabe destacar que es necesario tener un medio con abundante concentración de sulfatos para producir la precipitación de la piritita, es por ello que este tipo de suelos muy pobremente drenados son característicos de áreas costeras y estuarios (Van Breeman, 1973; Miedema *et al.*, 1974). A su vez, las pelitas y heterolíticos laminados que se encuentran alternando entre estos depósitos poseen características de estratificaciones mixtas típicas de mareas. En ocasiones preservan restos de conchostracos y restos de corbúlidos (*Corbula sehuena*) como es el caso de las

## 6.1.3- Sistema de planicies costeras

### Panorámica en Localidad de Cerro Waring



Modelo paleoambiental de planicies costeras para la sección inferior y superior de la Formación Mata Amarilla en la parte Norte del área de estudio localidades 1- C<sup>o</sup> Waring y 2- Ea. La Regina, mostrando los arreglos verticales y laterales de los diferentes subambientes (unidades sedimentarias), y el registro sedimentario que dejan en secciones tanto paralela como perpendicular a la costa. Es de destacar la presencia de suelos muy mal drenados de tipo histosoles, los cuales poseen características ácidas inferidas a partir de la presencia de moteados, nódulos, rizolitos y rizoconcreciones de jarosita. Estos paleosuelos alternan con pelitas y heterolíticos laminados con influencias mareales que en ocasiones preservan restos de conchostracos y corbúlidos.

secciones inferior y superior de la formación en la localidad 2- Ea. La Regina (Lámina 6.9). Este tipo de fauna caracteriza a ambientes de aguas salobres, como las planicies mareales del Carbonífero de la Cuenca de Illinois, USA, estudiadas por Kvale y Mastalerz (1998). A su vez, los conchostracos y corbúlidos también fueron encontrados dentro de las facies de albufera. A estos sedimentos finos se los interpretó como depósitos supramareales o de planicie de mareas superior, los cuales en ocasiones se encuentran a su vez parcialmente edafizados. Este ambiente pasa transicionalmente a depósitos de albuferas como se observa en la localidad 1, tanto para la sección inferior como para la superior.

En ocasiones se desarrollan pequeños cuerpos de agua estancada o pantanos, caracterizados por pelitas bituminosas o carbonosas finamente laminadas. Esta facies de pelitas carbonosas tienen una abundante concentración de material orgánico vegetal, las cuales, debido a las condiciones de anoxia, poseen una preservación excepcional (hay preservación de la cutícula vegetal). De esta manera en la localidad 2- Ea. La Regina se han encontrado hasta estructuras reproductivas de angiospermas (flores) con una excelente preservación (Iglesias *et al.*, 2009).

Las características de estos depósitos de planicie costera sugieren una costa uniforme y continua en la parte Norte del área de estudio. Este tipo de ambiente estaría relacionado en forma lateral a los depósitos albuféricos de las localidades 4 y 5, siendo en este caso una costa transgresiva de tipo lineal, de acuerdo a la clasificación de costas de Boyd *et al.* (1992) (Lámina 6.6 A).

## **6.2- Modelos de acumulación de ambientes continentales**

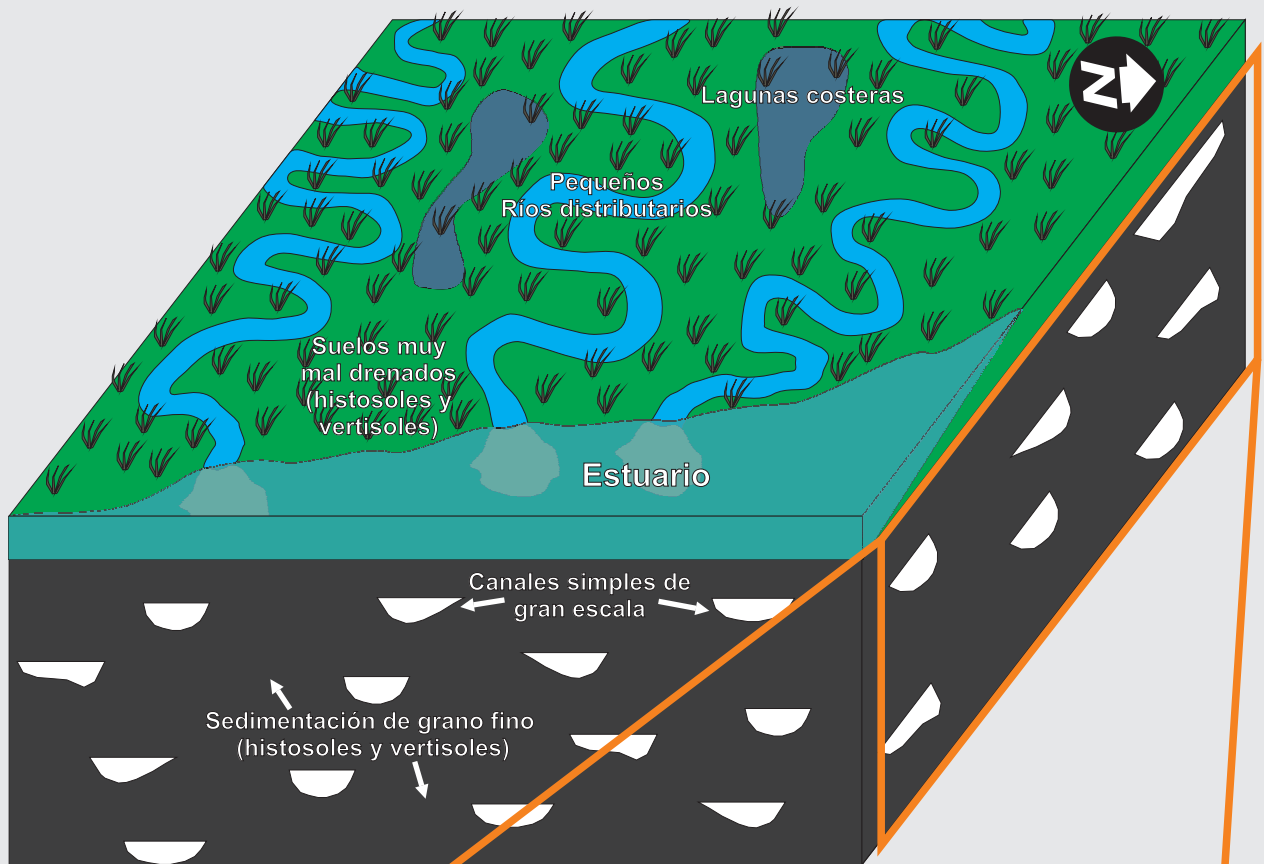
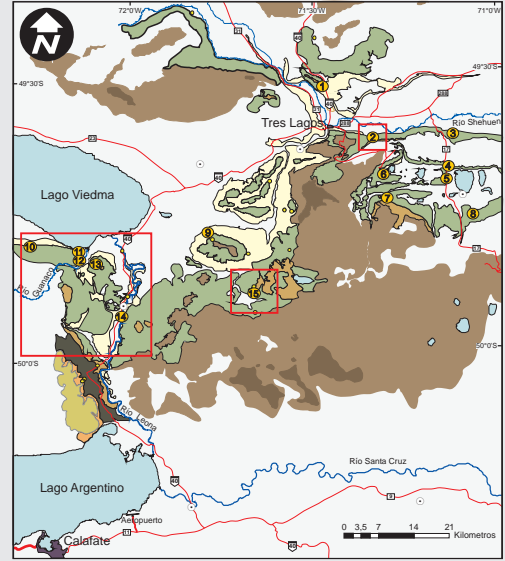
### **6.2.1- Sistema fluvial distal**

Se interpreta que este tipo de ambiente de sistema fluvial distal es característico de la sección inferior y superior en las partes más occidentales del área de estudio. Este sistema fluvial distal posee muy buenos afloramientos en la sección inferior localidad 11- Sur del Lago Viedma, así como en la sección superior en las localidades 13- C° Hornos, 14- C° Fortaleza y 15- Ea. La Blanca. Se presenta como “Canales simples de gran escala” embebidos dentro de facies de planicie de inundación. Los canales poseen baja relación ancho / espesor ( $W/D$ ) con espesores de entre 1 y 2 metros y longitudes laterales de entre 8 y 15 metros. Presentan un relleno

simple, generalmente sin estructuras sedimentarias reconocibles, con ocasionales entrecruzadas de tipo planar (Lámina 4.14). Posee abundantes intraclastos pelíticos como carga residual de lecho (*lags* basales). Las planicies de inundación están caracterizadas por la presencia de pelitas carbonosas correspondientes a paleosuelos de tipo histosoles, con drenaje impedido y condiciones de anegamiento durante la mayor parte del año. Este tipo de paleosuelos es similar a los desarrollados en el ambiente de planicie costera, con la diferencia de que no hay rasgos edáficos que indiquen condiciones de suelos ácidos como son la presencia de rizolitos y/o moteados de jarosita. Por su parte, dentro de la sedimentación de grano fino, también se desarrollan depósitos de pequeños cuerpos de agua dominados por pelitas laminadas con abundante material carbonoso, que pasan gradualmente a la unidad de “Heterolíticos laminados con fósiles continentales”. Dentro de estos fósiles continentales podemos destacar la presencia de peces osteíctios de agua dulce, restos de insectos, y de estructuras reproductivas (frutos) de plantas acuáticas (dulceacuícolas) de la familia del camalote (*Nymphaeaceae*, Iglesias comunicación personal). Los depósitos de las planicies de inundación tienen una gran similitud con los de planicies costeras, a excepción de la ausencia de paleosuelos ácidos y la presencia de canales aislados dentro de las planicies de inundación. De esta manera, el sistema fluvial distal está representado por canales sinuosos de pequeña escala (pequeños canales distributarios) que fluyen a través de la planicie costera, los cuales posiblemente desembocaron en el estuario ubicado hacia el Este en las localidades 9-C° Índice y 15- Ea. La Blanca (Lámina 6.10). Si bien se cree que los canales son sinuosos los mismos se encuentran fijos ya que no hay presencia de migración lateral. Esto puede responder tanto a una rápida agradación del sistema fluvial que conlleva a un apilamiento o *stacking* de canales encapsulados en pelitas, como a una gran estabilidad de los bancos o márgenes de los canales. La estabilidad de los bancos de los canales podría deberse a tres factores fundamentales: la presencia de arcillas esmectíticas siempre humectadas, la presencia de planicies de inundación ampliamente vegetadas y a una corriente de baja potencia o bajo caudal. De las dos posibles causas de la arquitectura fluvial, la idea de una rápida agradación parece ser la más acertada debido a que como se vio en los capítulos III y V, todos los depósitos de planicies a lo largo de la Formación Mata Amarilla poseen una composición preponderantemente esmectítica con desarrollo de paleosuelos. Con lo cual, y en comparación con la presencia de canales en manto con gran migración lateral en la

## 6.2.1- Sistema fluvial distal

Modelo paleoambiental de Sistema fluvial distal para la sección inferior de la Formación Mata Amarilla en las localidades 10 y 11, y para la sección superior de la Formación en las localidades 11, 12, 13, 14 y 15. En el *block diagram* se muestran los arreglos verticales y laterales de los diferentes subambientes (unidades sedimentarias), y el registro sedimentario que dejan en secciones tanto paralela como perpendicular a la paleocorriente. Estos canales distributarios desembocan en la sección Inferior en el estuario ubicado al Este en la localidad 15 de Ea. La Blanca. Debido a las malas condiciones de drenaje en las planicies de inundación se desarrollaron paleosuelos con abundante materia orgánica (histosoles y vertisoles) y lagunas costeras con preservación de material orgánica (carbón).



11 Sur del Lago Viedma



sección media, hace presumir que la idea de una alta tasa de creación de espacio de acomodación respecto del aporte de sedimento (agradación) es la más acertada.

Si bien las paleocorrientes medidas en los canales son mayormente hacia Este, las mismas no son confiables debido a que fueron realizadas sobre las secciones de los canales (debido a la ausencia de estructuras sedimentarias) y los afloramientos no siempre poseen un corte exactamente transversal a las paleocorrientes de los canales (Lámina 4.14 C).

### **6.2.2- Sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación ¿sistema fluvial anastomosado?**

Los sistemas fluviales anastomosados han sido muy discutidos en la literatura geológica (Smith *et al.*, 1989; Smith y Pérez-Arlucea, 1994; Miall, 1996; Pérez-Arlucea y Smith, 1999; Makaske, 2001). A su vez existen abundantes confusiones entre los términos entrelazados y anastomosados, por ello es necesario dar la definición de sistema fluvial anastomosado, antes de comenzar con la descripción de este paleoambiente.

*“An anastomosing river is composed of two or more interconnected channels that enclose floodbasins”* “Un río anastomosado está compuesto por dos o más canales interconectados que encierran cuencas de inundación” Makaske (2001).

Resulta un poco arriesgada la utilización del término anastomosado para un sistema fluvial fósil, ya que la definición de un sistema fluvial anastomosado necesariamente requiere de una vista en planta del sistema fluvial. Esto quiere decir que un sistema fluvial anastomosado, puede a su vez tener internamente canales rectos, meandrosos y/o entrelazados (Makaske, 2001) (Lámina 6.11). Las principales características que comparten los depósitos de la sección media de la Formación Mata Amarilla con el modelo clásico de sistema fluvial anastomosado del bajo Río Saskatchewan en el Oeste de Canadá (Smith *et al.*, 1989; Smith y Pérez-Arlucea, 1994; Pérez-Arlucea y Smith, 1999; Makaske, 2001) son las siguientes: (1)- canales estables con bajo grado de migración lateral. (2)- gran preservación de depósitos de desborde (canales de desborde y lóbulos de explayamiento), con conexión lateral a los canales principales. (3)- preservación de depósitos de albardones. (4) preservación de depósitos de planicie de inundación con gran desarrollo de paleosuelos con alto contenido de materia orgánica y (5)- geometría de los cuerpos

## Sistema fluvial anastomosado

“An anastomosing river is composed of two or more interconnected channels that enclose floodbasins” “Un río anastomosado está compuesto por dos o más canales interconectados que encierran cuencas de inundación” Makaske (2001).

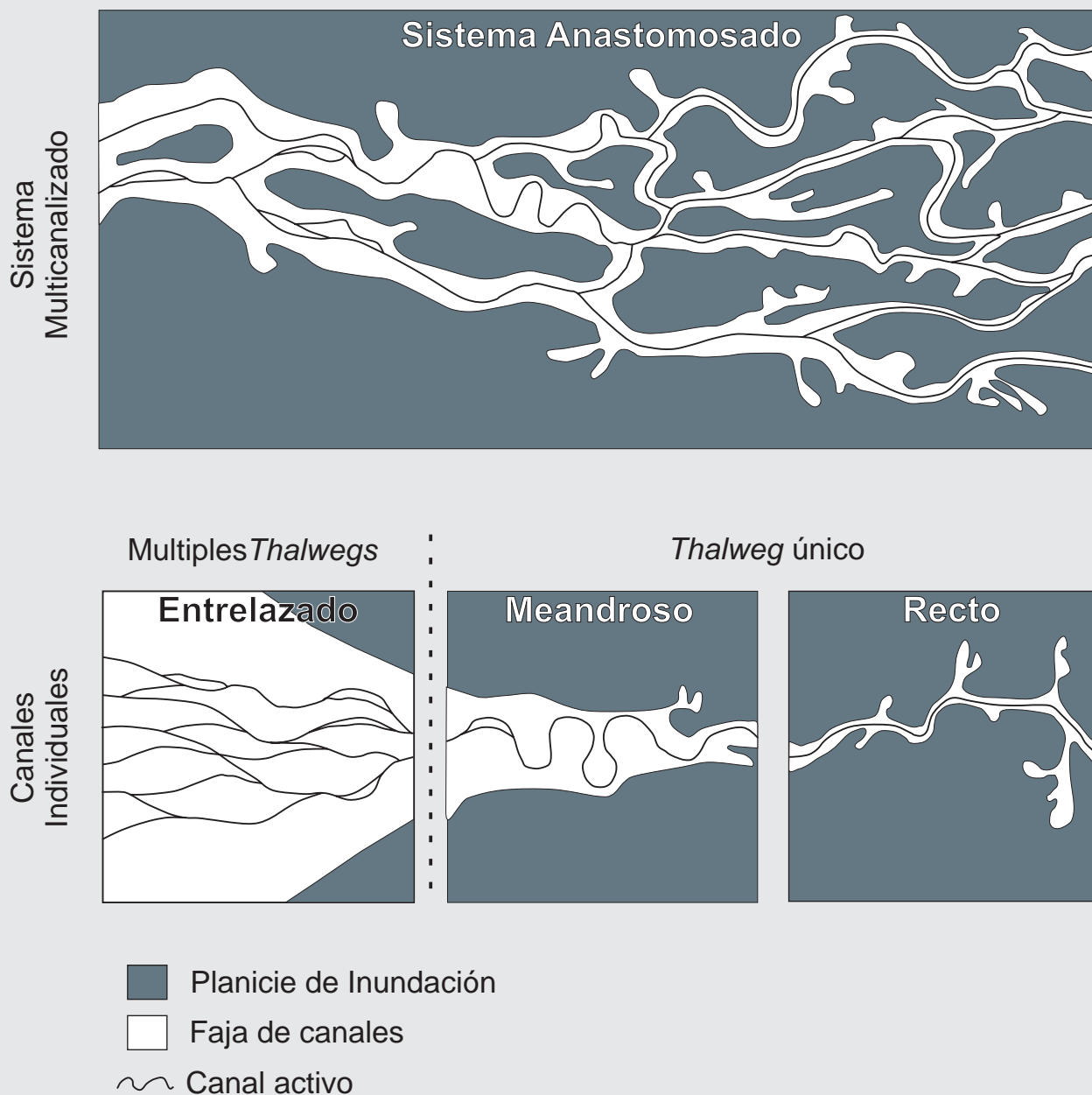


Figura de Sistema fluvial Anastomosado tomado de Makaske (2001). En la misma se puede observar un sistema multicanalizado anastomosado, el cual a su vez puede estar compuesto por canales individuales internos de tipo entrelazados, meandrosos o rectos.

canalizados arenosos en forma de fajas de canales. Cabe aclarar que ninguna de estas características es exclusiva de los sistemas anastomosados y la falta de evidencias de la coexistencia de los canales en el registro fósil dificulta la denominación de un sistema fluvial anastomosado fósil (Makaske, 2001). En este sentido, en el presente trabajo no se utilizó la nomenclatura propuesta por Miall (1996), debido a que el término “anastomosado” es de carácter geomorfológico. Más aún, se utiliza la denominación de “Sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación” para indicar que es un sistema fluvial de relativa baja energía cercano al nivel de base y para remarcar la mayor estabilidad de los canales individuales.

Este paleoambiente se encuentra en la sección media de la Formación Mata Amarilla en los perfiles de la zona oriental del área de estudio, en las localidades: 2- C° Waring, 3- Estancia Mata Amarilla, 4- MAFer, 5- Camino a María Elena, 7- Pari Aike y 8- Bajada de los Orientales. Y se prolonga hacia Sur, en las localidades 9- C° Índice, 14- C° Fortaleza y 15- Estancia La Blanca (ver mapa de Lámina 4.13). El mismo está caracterizado por la presencia de la unidad de “Fajas de canales complejos”, esencialmente arenosos con geometrías que van desde lenticular a tabular (Lámina 4.13), espesores de entre 2 y 6 m y de 25 metros de ancho promedio (faja de canales o *ribbons*, *sensu* Friend *et al.*, 1979; la relación ancho/espesor ( $W/D$ ) se encuentra entre 4 y 12). Las bases son cóncavas hacia arriba e irregulares, y los techos son netos y horizontales. Presentan una organización interna compleja, definida por la amalgamación vertical (y menos frecuentemente lateral) de las unidades de canal (Lámina 4.13). Generalmente esta unidad de “Faja de canales complejos” presenta sucesiones granodecipientes, y se encuentra íntimamente asociada con las unidades de: “Barras de pequeña escala”, “Sedimentación de grano fino” y “Lóbulos” (las cuales representan entre 60 y 85% del depósito total) (Lámina 4.13). Generalmente las “Fajas de canales complejos” están por encima y pasan en sentido lateral en forma de alas o *wings* a la unidad de “Barras de pequeña escala” (Lámina 4.13). Así como también, con frecuencia son cubiertas por “Sedimentación de grano fino”. Estas fajas probablemente fueron rellenadas por canales aislados con escasa migración lateral, o por canales rectos con barras laterales y *thalwegs* sinuosos. En uno u otro caso, la movilidad de los canales estuvo siempre restringida a la superficie principal de escurrimiento de la faja de canal (Lámina 6.12). Es de destacar la preponderancia de las unidades más finas, las cuales poseen un gran desarrollo de paleosuelos de tipo vertisoles, los cuales están caracterizados por la



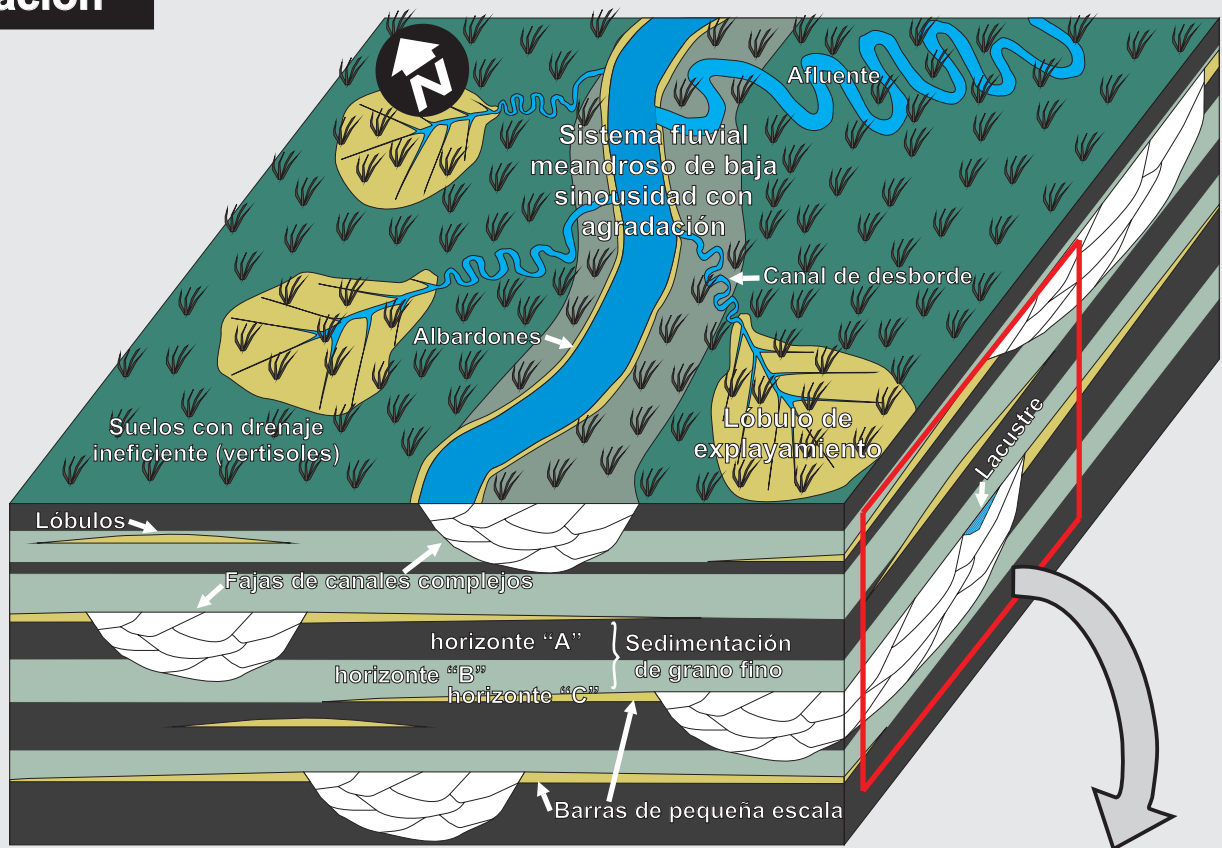
presencia de espejillos de fricción o *slickensides* (producto de la humectación y deshidratación de arcilla altamente expansiva). Hay una gradación desde vertisoles proximales hacia vertisoles distales a medida que nos alejamos de los paleocanales (Láminas 5.17 y 5.22). Los primeros se desarrollan sobre las unidades de “Barras de pequeña escala” (albardones y depósitos de desborde), mientras que los vertisoles distales se encuentran dentro de la unidad de “Sedimentación de grano fino” (Lámina 6.12). En ocasiones se suelen preservar depósitos lacustres dentro de las facies de planicies de inundación, con abundante materia orgánica (unidad de “Heterolíticos laminados con fósiles continentales”).

Este paleoambiente caracteriza a la porción oriental y sudoriental del área de estudio y correspondería al sistema fluvial principal de la red de drenaje, hacia el cual tributaría el resto de los sistemas fluviales de la sección media (sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad y sistema fluvial entrelazado; secciones **6.2.3** y **6.2.4**). Las paleocorrientes medidas en la unidad de “Fajas de canales complejos” en todas las localidades poseen poca dispersión y se encuentran mayormente hacia el Sudoeste, es decir hacia el depocentro de la Cuenca Austral / Magallanes. Al comienzo de la sección media de la formación en este sector de la Cuenca se produce el desarrollo del bosque petrificado María Elena con árboles en posición de vida, el cual se da conjuntamente con un espeso nivel de paleosuelos (Lámina 5.21 y 5.23).

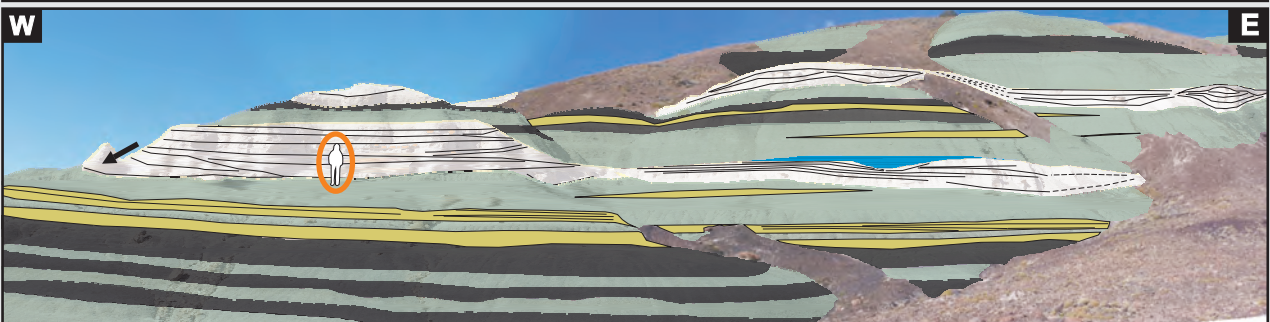
### **6.2.3- Sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad**

El sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad es un sistema caracterizado por un río que posee abundantes recodos o meandros. El término meandro deriva del Río Menderes del Oeste de Turquía, el cual posee un cauce muy sinuoso. Un meandro es un recodo en el curso de un río, donde en el lado externo del recodo se genera erosión debido a que la velocidad y la turbulencia del flujo son mayores, y en el lado interno hay depositación debido a que la velocidad y la turbulencia disminuyen. El proceso de erosión o socavado del margen generalmente tiene lugar durante los períodos de crecidas, y los derrubios liberados son transportados corriente abajo y depositados como barras de punta o *point bars*. Como consecuencia de la pendiente del sistema fluvial, la erosión es más eficaz en el lado de un meandro situado corriente abajo. Debido a esto, además de crecer lateralmente, los meandros también migran de manera gradual hacia abajo del valle. En ocasiones, la migración

## 6.2.2- Sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación



### 3 Estancia Mata Amarilla



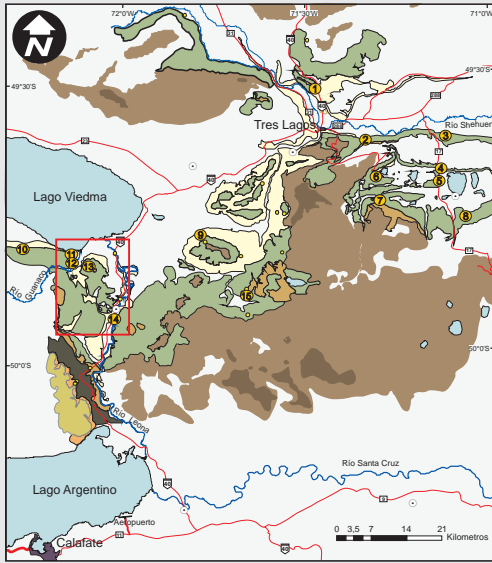
Modelo paleoambiental de Sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación de la sección media de la Formación Mata Amarilla en el sector oriental del área de estudio. En el *block diagram* se muestran los arreglos verticales y laterales de los diferentes subambientes (unidades sedimentarias), y el registro sedimentario que dejan en secciones tanto paralela como perpendicular a la paleocorriente de los canales. En la parte inferior se muestran un panel W-E de afloramiento en la localidad 3- Ea. Mata Amarilla el cual se encuentra ubicado paralelo a la paleocorriente. En color blanco se muestran la unidad de "Fajas de canales complejos", en color amarillento la unidad de "Barras de pequeña escala" y finalmente la unidad de "Sedimentación de grano fino" (vertisoles distales y proximales) en colores negro y verde respectivamente.

corriente abajo se ve retrasada al alcanzar una porción más resistente de la planicie de inundación, lo cual permite al próximo meandro corriente arriba su captura. El meandro abandonado, debido a su forma, se denomina lago semilunar o “*Oxbow lake*” (Lámina 6.13).

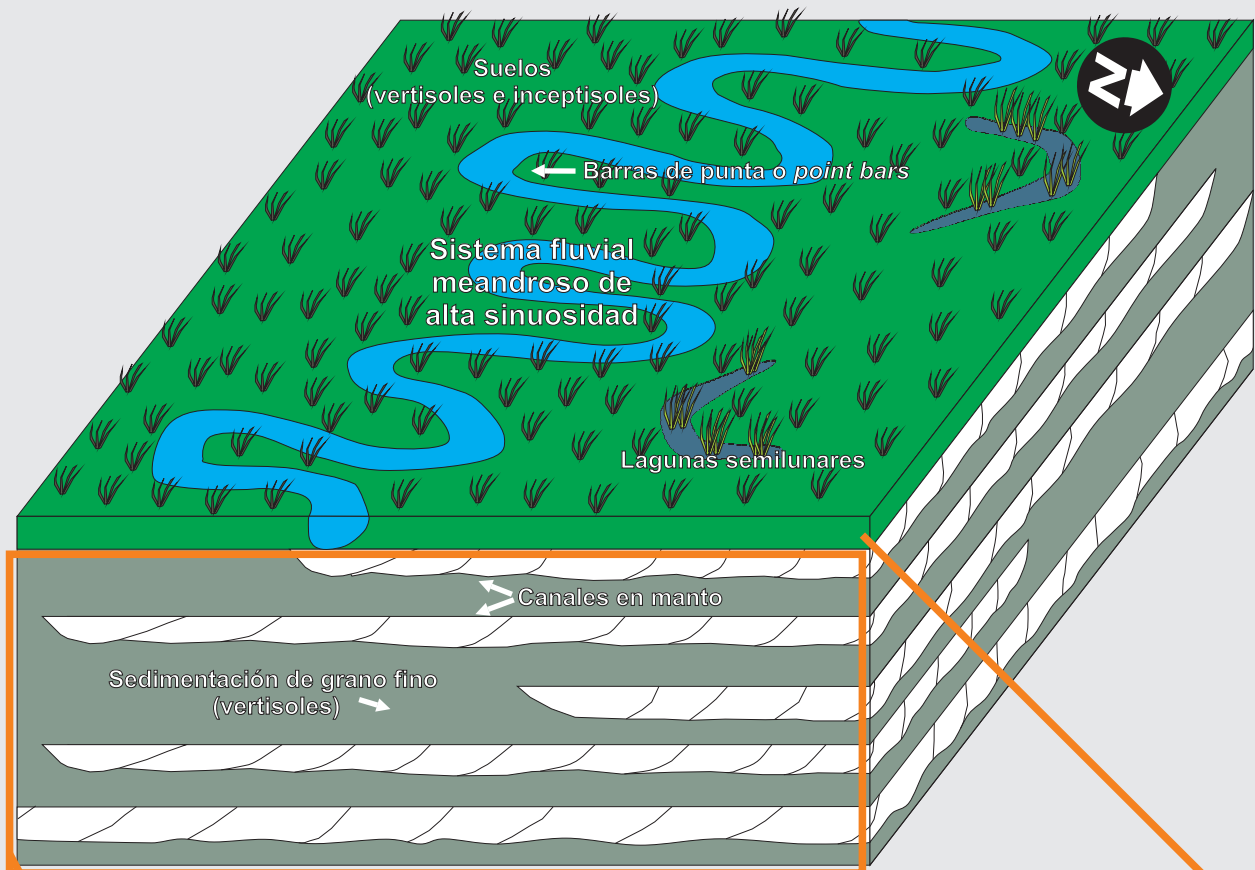
El sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad caracteriza a la sección media de la Formación Mata Amarilla en el área occidental, localidades 11- Sur del Lago Viedma, 12- Desembocadura del Río Guanaco, 13- C° Hornos y 14- C° Fortaleza (Lámina 6.13). Este sistema fluvial con canales meandrosos de alta sinuosidad pasa hacia el Oeste a un sistema fluvial de tipo entrelazado con carga gravosa y hacia el Este sería tributario del sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación descrito anteriormente.

Este sistema fluvial está caracterizado por la unidad de canales en manto arenosos los cuales poseen una relación ancho/espesor  $> 30$  ( $W/D > 30$ ), un espesor promedio de entre 1 y 8 metros, y tienen centenares de metros de extensión lateral. Internamente se encuentran a su vez caracterizados por areniscas blanquecinas de grano mediano a grueso con estructura entrecruzada en artesa, correspondiendo en su mayoría a relleno de dunas 3D dentro de los canales (Lámina 4.12). Estos mantos a su vez presentan una organización interna definida por la acreción lateral de unidades individuales de canales, formadas por grandes superficies inclinadas de gran escala (*sensu* Bridge, 1993), las cuales inclinan entre  $10^\circ$  y  $25^\circ$  promedio y se agrupan en *cosets* de 50 cm de espesor. La orientación de estas superficies inclinadas es perpendicular a la de los canales. Las paleocorrientes corregidas muestran una amplia dispersión, pero la mayoría se encuentra en el cuadrante Noreste, aunque varían de una localidad a otra, a pesar de la cercanía entre las mismas. Esto posiblemente se deba a la fuerte preponderancia de los meandros (Lámina 4.12). La presencia de superficies inclinadas dentro de estos depósitos de canales en manto orientadas mayormente en forma perpendicular a la dirección de paleocorriente del canal principal sugiere el desarrollo de estructura de acreción lateral en los márgenes convexos de un sistema fluvial de alta sinuosidad, es decir migración de barras de punta o “*point bars*” (Lámina 6.13). Sin embargo, es de destacar que este sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad tiene depósitos con relaciones ancho/espesor ( $W/D$ ) mayores que los que se esperarían para canales de tales dimensiones, en otras palabras la extensión lateral de los canales en manto es de un orden de magnitud mayor que el esperado para las condiciones paleohidráulicas de canales de estas

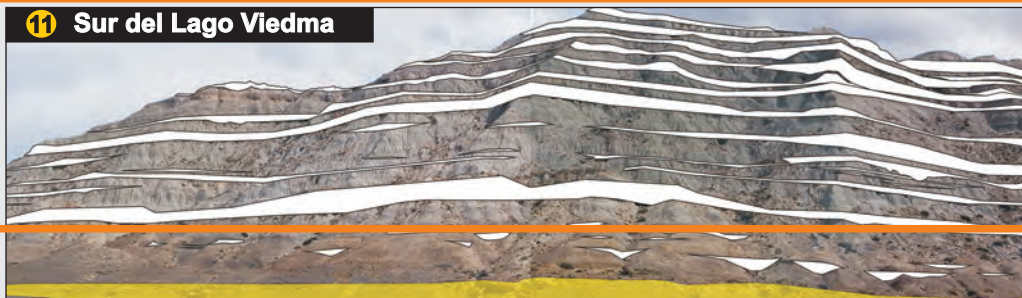
### 6.2.3- Sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad



Modelo paleoambiental de Sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad para la sección media de la Formación Mata Amarilla en las localidades 11, 12, 13 y 14. En el *block diagrama* se muestran los arreglos verticales y laterales de los diferentes subambientes (unidades sedimentarias), y el registro sedimentario que dejan en secciones tanto paralela como perpendicular a la paleocorriente principal. Este sistema fluvial meandroso sería la continuación del sistema entrelazado ubicado hacia el Oeste y tributaría al sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación ubicado hacia el Este. En las planicies de inundación se desarrollaron paleosuelos de tipo vertisoles, caracterizados por la presencia de *slickensides* y por la preservación de la materia orgánica. Conjuntamente con el primer "Canal en manto" se da el desarrollo del Bosque Petrificado María Elena, el cual en este caso posee los ejemplares pseudotransportados.



11 Sur del Lago Viedma



dimensiones. Esto último sugiere tasas de acomodación menores que las que se dan en los sistemas fluviales ubicados directamente hacia el Este (Sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación), lo cual permite que el sistema fluvial divague en todo el valle retrabajando sus propios depósitos, siendo a su vez la proporción de canales (facies arenosas) mucho mayor que las facies finas de planicie de inundación. Estos “Canales en manto” se encuentran erosionando depósitos de planicies de inundación (unidad de “Sedimentación de grano fino”) y frecuentemente se asocian con la unidad de “Barras de pequeña escala” (albardones y depósitos de desbordamiento o explayamiento). Sobre las facies de planicies de inundación se desarrollan paleosuelos de tipo vertisoles e inceptisoles. Hay una clara relación entre la ubicación dentro de las planicies de inundación, las condiciones de drenaje y el tipo de paleosuelo presente. Generalmente en las zonas cercanas a los canales se generan paleosuelos con pobre desarrollo, es decir inceptisoles. Los mismos se forman en zonas con alto aporte relativo de sedimentos, lo cual produce continuas interrupciones o “reseteos” en el desarrollo de los paleosuelos. Dentro del ambiente fluvial meandroso, estas zonas son típicas de los albardones y los depósitos de desborde (Lámina 5.19). Por su parte los vertisoles poseen un mayor desarrollo y están caracterizados por la presencia de abundantes estructuras de espejillos de fricción o *slickensides*. Este tipo de paleosuelo caracteriza sobre todo a las planicies de inundación distales, aunque también se desarrolla sobre planicies proximales (Lámina 5.17). La diferencia entre uno y otro tipo de vertisoles está dada por: (1) las condiciones de drenaje, (2) el porcentaje de materia orgánica preservada en los horizontes superficiales, (3) la presencia de rasgos redoximórficos y (4) la granulometría del material parental.

El comienzo de la sección media de la Formación Mata Amarilla en este sector occidental se da conjuntamente con el desarrollo de los primeros depósitos del sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad, debido a la naturaleza divagante de los canales fluviales (causa autocíclica) sumada a la reducción drástica del espacio de acomodación (causa alocíclica). El bosque petrificado María Elena posee todos los ejemplares pseudotransportados y el espeso nivel de paleosuelos se conserva parcialmente debido a que fue retrabajado en forma simultánea con su desarrollo. Los depósitos lacustres son mucho menos frecuentes y posiblemente su escasez responde a un retrabajo producto de la migración del sistema o a la posterior

pedogénesis. En lo que respecta al contenido fósil, está conformado por abundantes restos de dinosaurios, troncos de podocarpáceas y hojas fósiles.

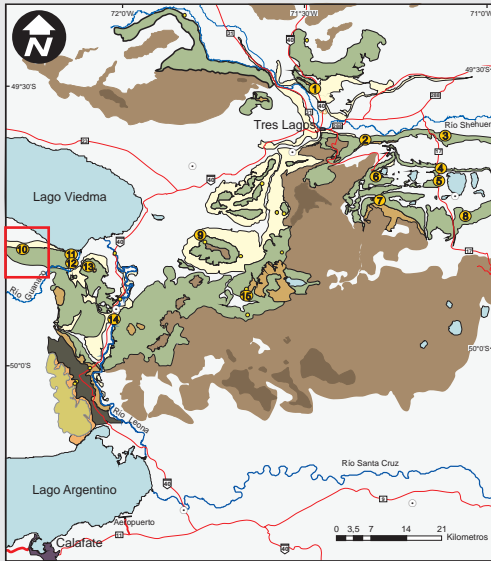
#### **6.2.4- Sistema fluvial entrelazado**

Se define a un río entrelazado o *braided* como “un río con una única faja de canales con múltiples cauces o *thalwegs*”. Es decir, es un río monocanalizado con múltiples cauces, los cuales están separados por pequeñas barras o islas de carácter transitorio o efímero, denominadas barras longitudinales o *braid bars* (Bridge, 2003) (Lámina 6.14). Los ríos con diseños de canales de tipo entrelazado ocurren en sistemas fluviales con alta pendiente relativa y/o con una gran carga sedimentaria (Schumm, 1986), en otras palabras son ríos de montaña y/o ríos sujetos a un alto aporte de sedimento. Estos sistemas suelen estar afectados por cambios en la descarga, los cuales se traducen como cambios en la profundidad de los canales y por consecuencia, en la velocidad del flujo. Tanto los canales como las barras poseen una gran movilidad, por lo cual, durante los períodos de inundación la configuración o diseño de los canales y las barras, cambia completamente. Los ríos entrelazados pueden fluir dentro de áreas definidas por bancos estables o generalmente suelen ocupar toda la superficie del valle por el que fluyen. Generalmente, no hay preservación de depósitos de planicies de inundación como consecuencia de los procesos intrínsecos del sistema fluvial, que los erosionan continuamente.

Las condiciones que favorecen un diseño fluvial de tipo entrelazado son: (1) alto aporte de sedimento, (2) alto gradiente o alta pendiente del perfil de equilibrio, (3) rápidos y frecuentes cambios en la descarga y (4) bancos erosionables (Schumm, 1986; 1993).

Este sistema fluvial de tipo entrelazado con carga de lecho gravosa caracteriza a la sección media de la Formación Mata Amarilla en el sector más occidental del área de estudio, localidad 10- Puesto La Marina (Lámina 6.14). Este sistema fluvial entrelazado pasa transicionalmente hacia el Este al sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad. Los depósitos están compuestos por la unidad de “Canales en manto gravosos” (Lámina 4.11). Estos cuerpos de conglomerados poseen un límite inferior fuertemente erosivo; en promedio tienen 5 metros de espesor, más de 250 metros y hasta kilómetros de extensión lateral. Internamente están conformados por *sets* y *cosets* lenticulares de mediana escala, 60 cm de espesor

## 6.2.4- Sistema fluvial entrelazado



Modelo paleoambiental de Sistema fluvial entrelazado caracteriza a la sección media de la Formación Mata Amarilla en la localidad más occidental, 10- Puesto La Marina. En el *block diagram* se muestran los arreglos verticales y laterales de la unidad de “Canales en manto gravosos”, y el registro sedimentario (barras de acreción corriente abajo o *braid bars*) que dejan en secciones tanto paralela como perpendicular a la paleocorriente. Este sistema fluvial entrelazado pasa transicionalmente hacia el Este al sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad. Es de destacar la presencia de depósitos de planicies de inundación con pobre desarrollo de paleosuelos, estos no se condicen con el sistema fluvial de tipo entrelazado. Por lo cual se interpretaron como cambios cíclicos entre dos sistemas fluviales de diferente descarga y/o pendientes.

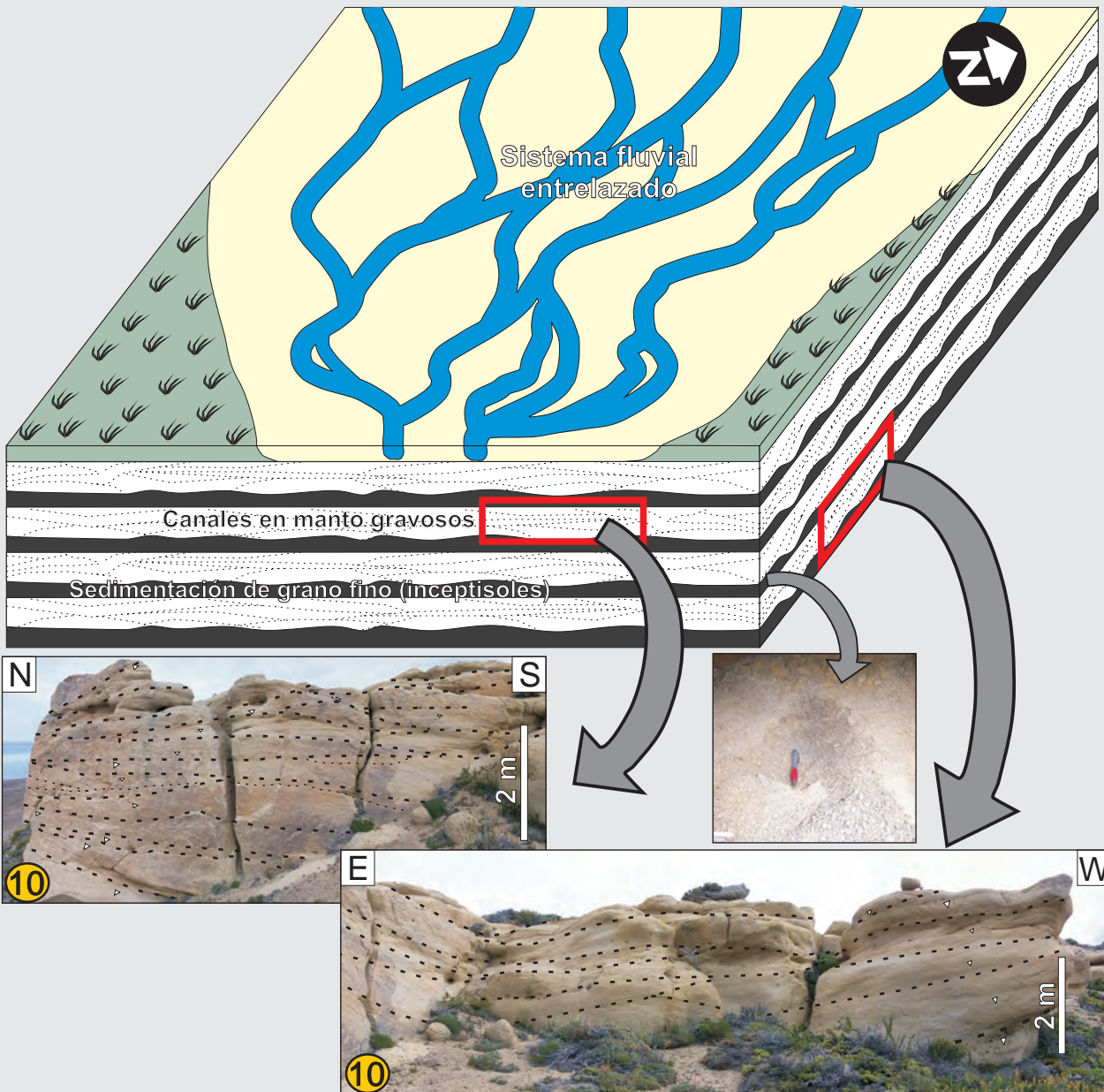


Lámina 6.14

en promedio, los cuales a su vez presentan una estratificación entrecruzada planar de bajo ángulo (Lámina 4.11). El sedimento fue transportado como carga de lecho, en dunas de crestas rectas (2D) con acreción aguas abajo, denominadas barras de acreción aguas abajo o barras longitudinales (DA *downstream accretion bars*; *sensu* Miall 1996). La dirección de paleocorrientes medida en las estructuras entrecruzadas y en la imbricación de los clastos muestra una distribución unimodal hacia el Este-Sudeste (122°; Lámina 4.11). Sobre el análisis arquitectural de los *sets* y *cosets* en secciones tanto perpendiculares como paralelas a las paleocorrientes (Lámina 4.11 A y B), se interpretaron como barras compuestas.

Es llamativa la presencia de depósitos finos de planicies de inundación con pobre desarrollo de paleosuelos intercalados entre los “Canales en manto gravosos”, debido a que los sistemas entrelazados de carga gravosa no suelen preservar continuos y espesos depósitos pelíticos de planicie de inundación. (Miall, 1996; Bridge, 2003). Sumado a esto, la ausencia de los tamaños de grano de areniscas medianas y finas no sugiere un sistema de carga mixta (Orton y Reading, 1993).

Hay al menos dos posibles explicaciones para el origen de estos depósitos finos. La primera es que sean producto de endicamientos naturales, los cuales son muy comunes en los ríos de montaña. Un ejemplo de estos endicamientos autocíclicos lo constituyen los depósitos lacustres del Holoceno del Río Jáchal, Provincia de San Juan, estudiados por Busquets Buezo *et al.* (2002) y Colombo *et al.* (2005). Sin embargo, el potencial de preservación de estos endicamientos es prácticamente nulo en el registro geológico.

Como segunda opción, la ausencia de laminación y el incipiente desarrollo de suelos sugieren que podría tratarse de la alternancia de un sistema fluvial de menor pendiente, el cual intercala cíclicamente con el sistema fluvial entrelazado. Esta opción es la más valorada para el presente trabajo debido a la similitud que presentan estos depósitos con las planicies de inundación del sistema meandroso de alta sinuosidad ubicado a 15 kilómetros hacia el Este y al muy bajo potencial de preservación de los depósitos lacustre relacionados a endicamientos. No obstante la ausencia de las facies canalizadas asociadas a los espesos y continuos depósitos de planicies de inundación de este sistema fluvial de menor pendiente genera dudas respecto de su interpretación.