

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS DE SUBSUELO

En este capítulo se muestran los datos provenientes del análisis de la información de subsuelo y la integración de los mismos con los datos de superficie.

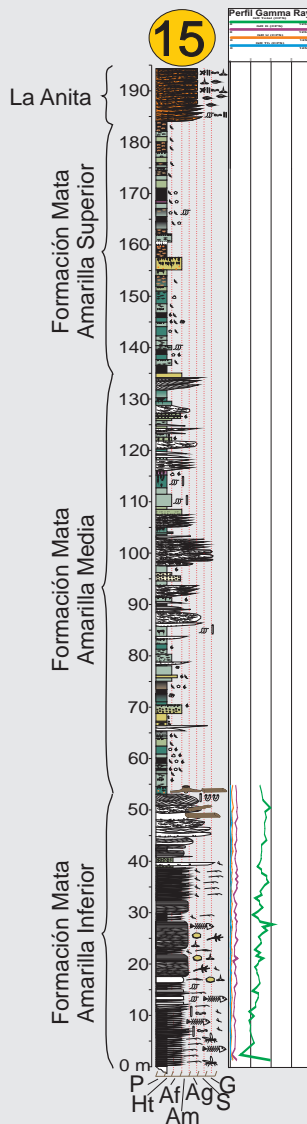
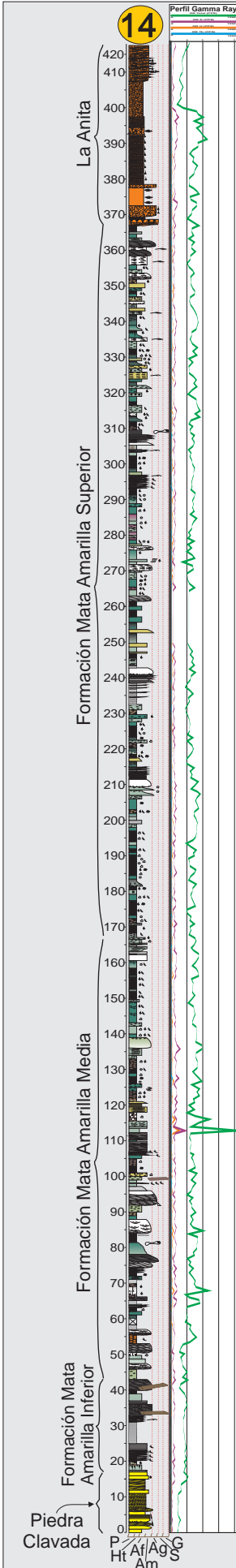
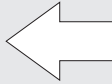
El objetivo principal de este estudio fue poder correlacionar de manera efectiva la información de superficie con la información de subsuelo, proveniente del Sur y Sudeste del área de afloramiento. Esta zona de alto interés económico, se encuentra inmediatamente hacia el Sur del Río Santa Cruz. A su vez, se intentó detectar las variaciones de los ambientes sedimentarios dentro de cada una de las secciones de la Formación Mata Amarilla, a partir de la comparación y contraste de los datos de superficie y subsuelo.

8.1- Perfiles eléctricos y datos de control geológico

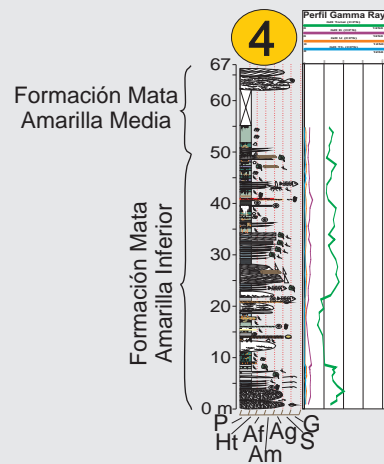
Para proceder al análisis de la información de subsuelo, se obtuvieron datos de perfilajes de rayos gamma o *gamma ray* en superficie, es decir, la obtención de perfiles eléctricos de la Formación Mata Amarilla, mediante el uso de un cintilómetro portátil o contador de rayos gamma manual (ver apartado 1.5.3 del capítulo I). Con esta metodología se pueden observar y detectar las diferentes respuestas eléctricas que muestran las facies sedimentarias y/o arreglos sedimentarios. Para ello se decidió la obtención de un perfil eléctrico completo de rayos gamma de las tres secciones de la formación en la localidad más cercana a las perforaciones de subsuelo, es decir la 14- C° Fortaleza (Anexo 1 - Mapa Geológico). A su vez se obtuvieron perfiles eléctricos adicionales de los ambientes de estuario y delta de cabecera de estuario en la localidad 15- Ea La Blanca y en los ambientes de albufera de la localidad 4- Mafer (Lámina 8.1).

Para la realización de este trabajo se contó con 16 perfiles eléctricos de pozo (mayormente compuestos por rayos gamma, potencial espontáneo (SP) y resistividad) y datos de control geológico de recortes de perforación (*cutting*), aportados por la empresa Petrobras Energía S.A. Los sondeos estudiados son los siguientes: (1) PFu es-1 (Paso Furh es-1); (2) ER x-1 (Ea. Rosita x-1); (3) BF x-2 (Bajada Fortaleza x-2); (4) PO x-1 (Puesto Oliverio x-1); (5) PO x-1001 (Puesto Oliverio x-1001); (6) LPo.x-6 (La Porfiada x-6); (7) ECa. x-1001 (El Campamento); (8) Ea. LR x-1 (Ea. La Realidad x-1); (9) C.Cliff x-1 (Cóndor Cliff x-1); (10) C.Ma.

Perfiles Rayos Gamma de superficie



REFERENCIAS	
	GR Total (CPS)
	GR K (CPS)
	GR U (CPS)
	GR Th (CPS)



Perfiles sedimentológicos de detalle (derecha) y perfiles de rayos gamma de afloramiento (izquierda) en las localidades: 14- C⁰ Fortaleza, 15- Ea. La Blanca y 4- MAFer.

x-1 (Cruz Malta x-1); (11) C.PA. x-1 (Cerro Pari Aike x-1); (12) MA x-1 (Mata Amarilla x-1); (13) CLC x-1; (14) C.Fo. es-1 (Cerro Fortaleza es-1); (15) GM. x-1 (Guanaco Muerto x-1); (16) W. es-1 (Waring es-1).

Posteriormente, se compararon los datos de superficie con los perfiles eléctricos de subsuelo y se encontraron respuestas eléctricas similares para las tres secciones de la Formación Mata Amarilla. Un ejemplo de esto son las barras de desembocadura interpretadas en la perforación BF x-2 (Bajada Fortaleza x-2), las cuales son similares a las que afloran en la localidad 15- Ea. La Blanca (Lámina 8.2).

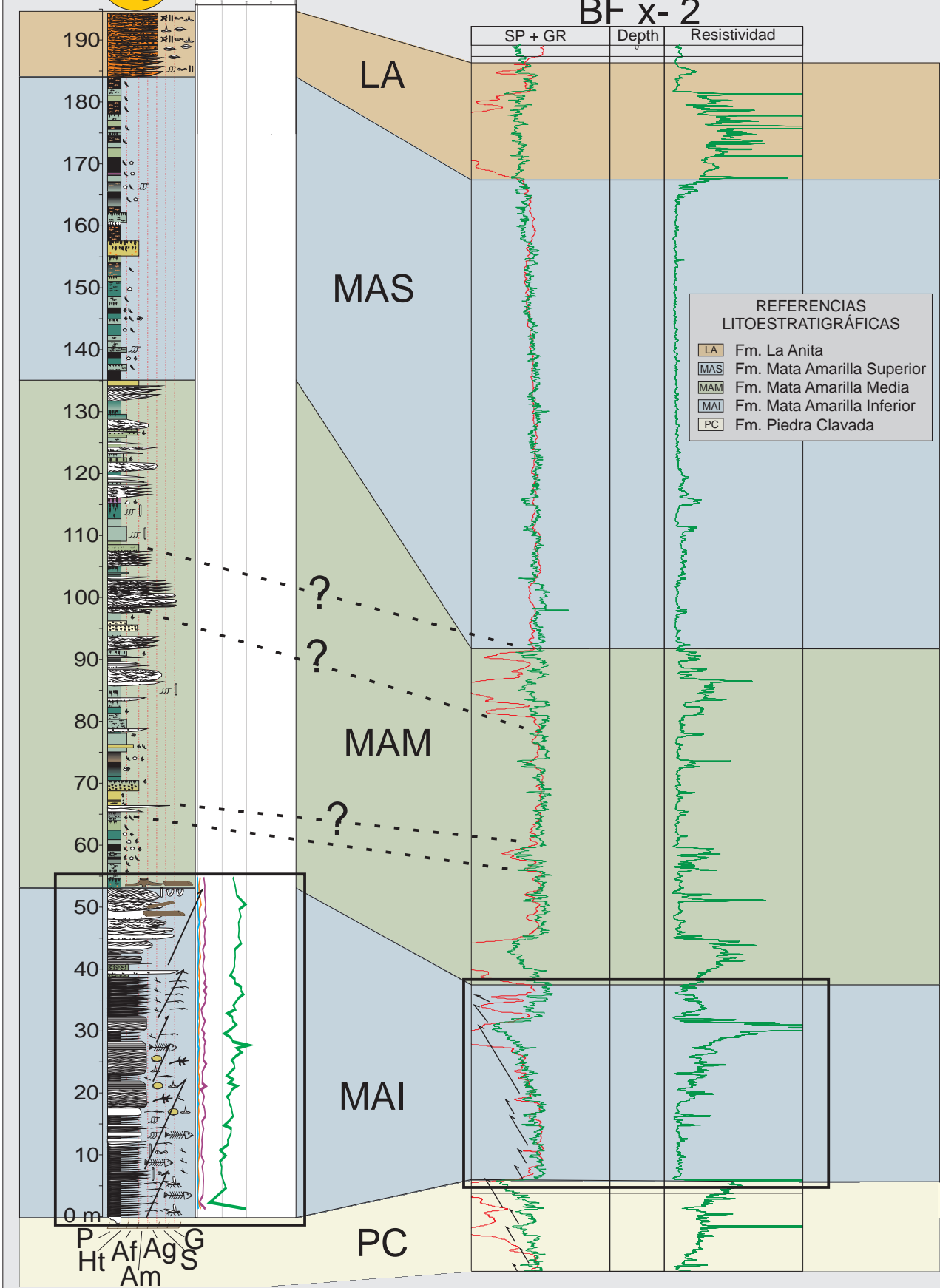
Debido a que muchas de las locaciones de las perforaciones de exploración coinciden con los perfiles sedimentológicos relevados, se pudo realizar una correlación detallada de la Formación Mata Amarilla, así como también de las unidades infrayacentes (Serie Tobífera o “Complejo El Quemado”, Formación Springhill, Formación Río Mayer y Formación Piedra Clavada) y suprayacentes (Formación La Anita, Formación Cachorro, Formación La Irene y Formación Calafate). Esta correlación se integró, resumió y copiló gráficamente en dos paneles Oeste-Este, uno en el sector septentrional y otro en el sector más austral (Láminas 8.3 y 8.4). Asimismo, se realizaron dos paneles de orientación Sur-Norte, uno ubicado en el sector occidental y otro en la parte más oriental (Láminas 8.5 y 8.6). En estos paneles pueden observarse las correlaciones de las tres secciones de la Formación Mata Amarilla y las unidades que la infra y suprayacen.

En el panel Oeste-Este Norte, se observa cómo hay un incremento hacia el Oeste de los espesores de la formación, especialmente de las secciones inferior y superior, mientras que el espesor de la sección media disminuye notoriamente (Lámina 8.3). Ésta tendencia se mantiene en el panel Oeste-Este Sur, sin embargo hay un relativo incremento de la sección media en las perforaciones LPo x-6 y PO. x-1001, pero esto posiblemente se debe a que estas últimas están ubicadas relativamente más hacia el Norte, tal como puede apreciarse en la traza del panel en el mapa (Lámina 8.4). Con respecto a los paneles Sur-Norte, puede observarse cómo la formación se hunde hacia el Sur y se levanta hacia el Norte (Láminas 8.5 y 8.6). En el panel Sur-Norte Este, el espesor de la formación se mantiene relativamente constante, mientras que la sección media de carácter continental tiene una marcada disminución del espesor hacia el Sur (Lámina 8.5). Por último, en el panel Sur-Norte ubicado en el sector occidental, se visualiza cómo se va incrementando el espesor de la formación de manera drástica (Lámina 8.6), debido a que hacia el Sudoeste se

15

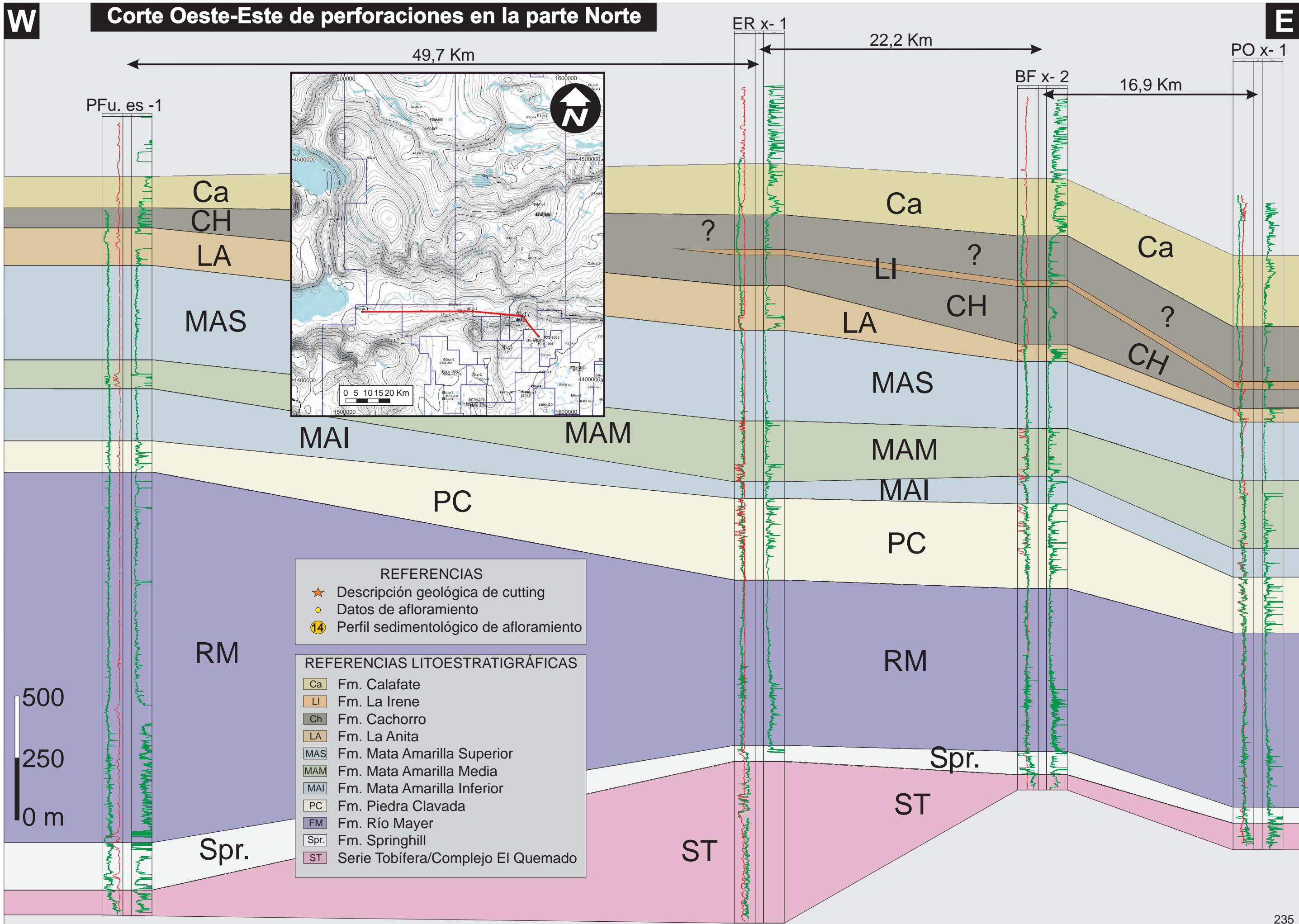
Perfiles Gamma Ray de superficie

BF x-2



Correlación de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla con perfil de rayos gamma de superficie en la localidad 15- Ea. La Blanca y perfil de rayos gamma de subsuelo en la perforación BF x-2. Las correlaciones de las restantes secciones de la formación se realizaron sin datos de perfil gamma de superficie en la localidad 15.

Lámina 8.2



W

Corte Oeste-Este de perforaciones en la parte Sur

E

Eca.x-1001

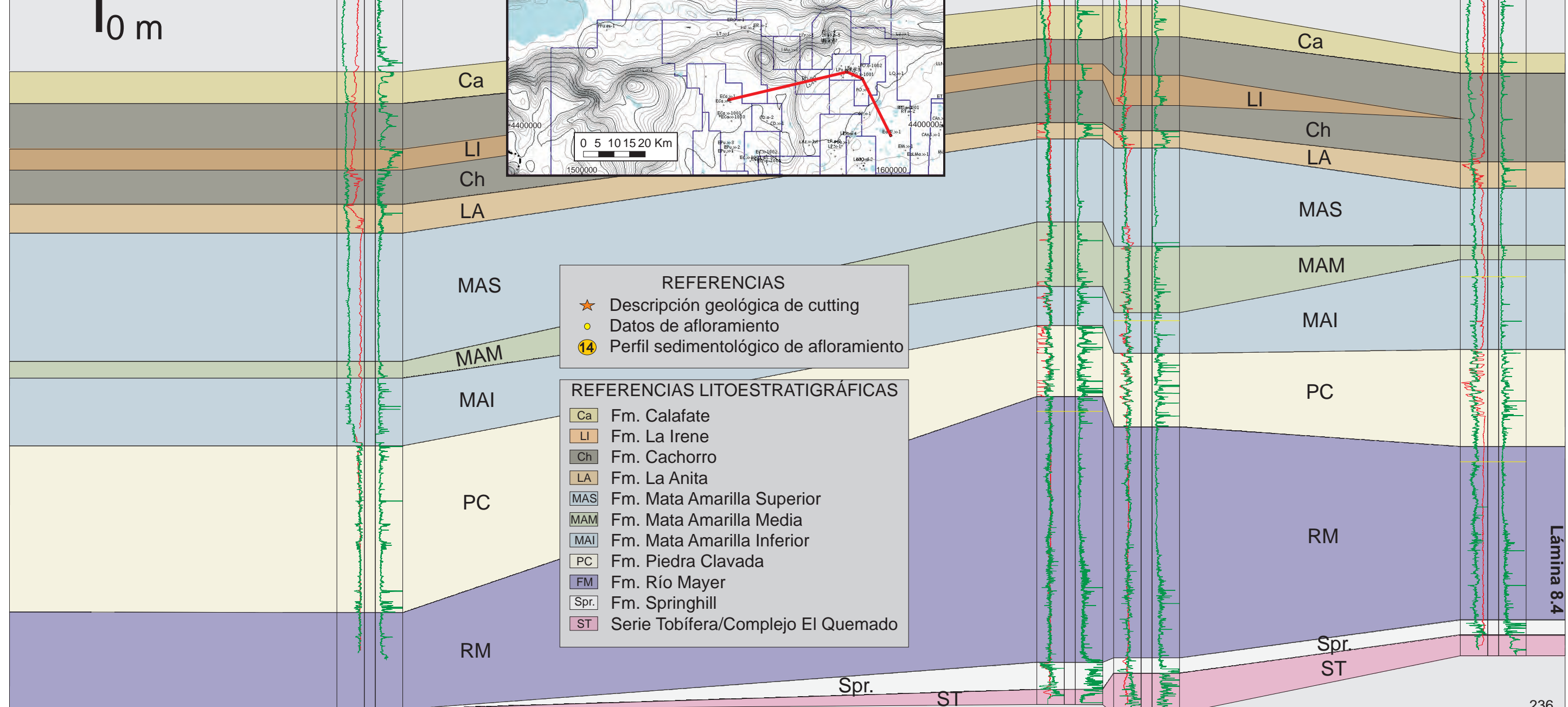
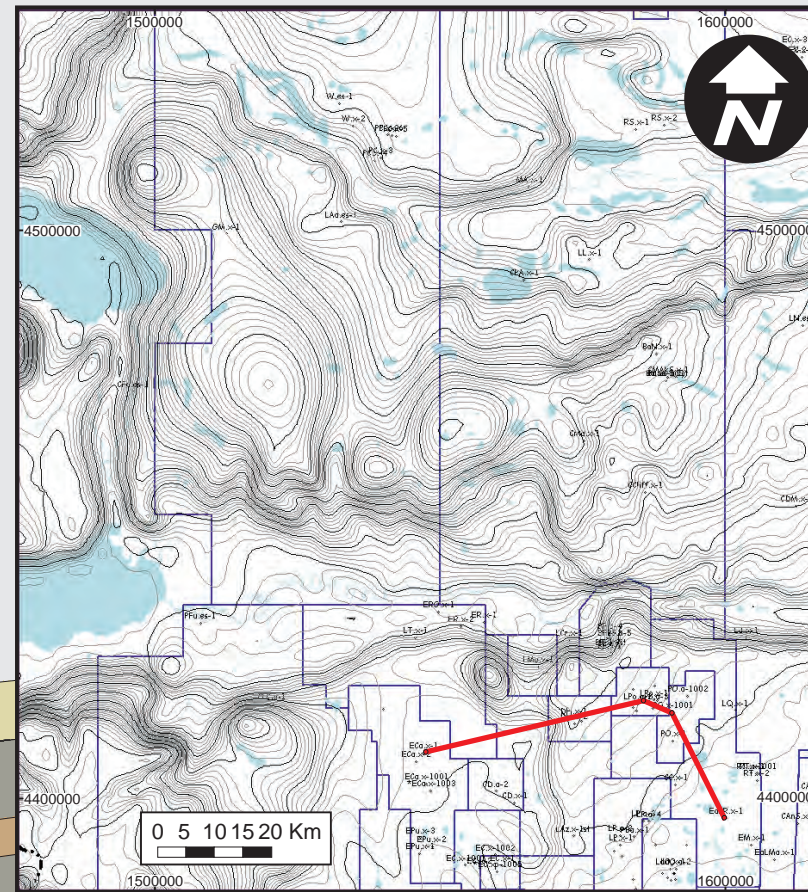
41,7 Km

LPO.- 6 PO.x-1001

Ea. LR x-1

20,6 Km

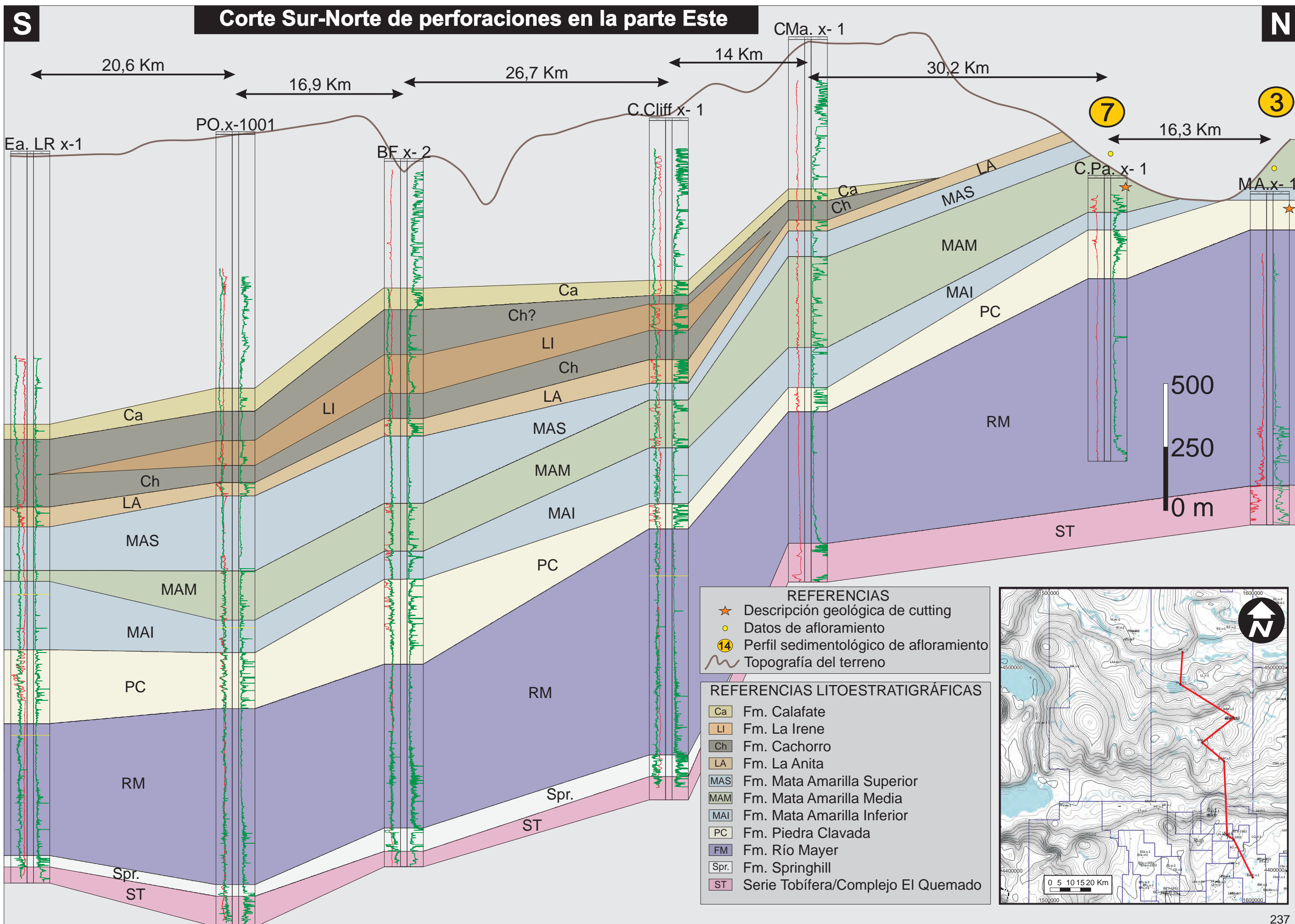
4,6 Km

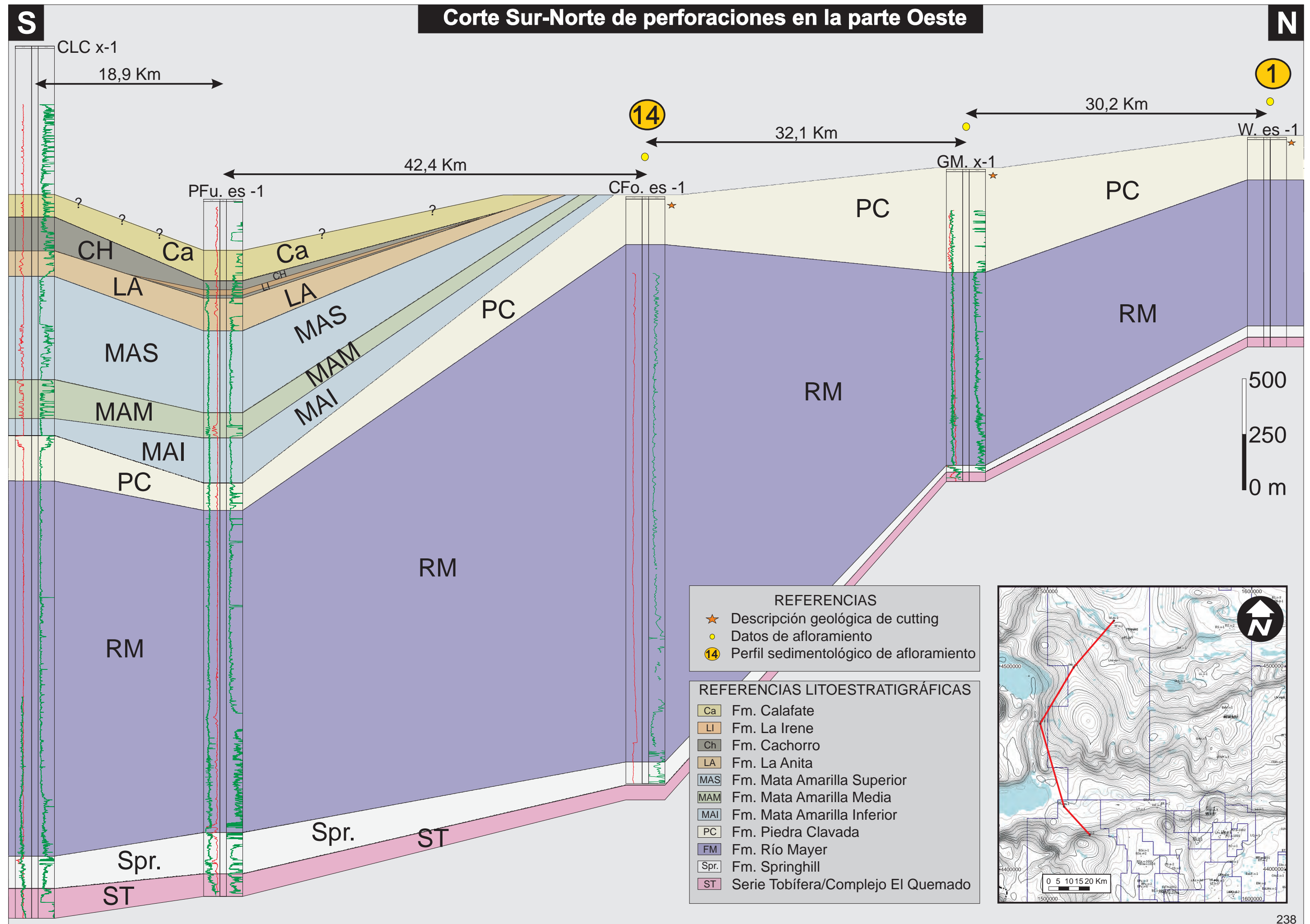


- REFERENCIAS**
- ★ Descripción geológica de cutting
 - Datos de afloramiento
 - ⑭ Perfil sedimentológico de afloramiento

- REFERENCIAS LITOESTRATIGRÁFICAS**
- Ca Fm. Calafate
 - LI Fm. La Irene
 - Ch Fm. Cachorro
 - LA Fm. La Anita
 - MAS Fm. Mata Amarilla Superior
 - MAM Fm. Mata Amarilla Media
 - MAI Fm. Mata Amarilla Inferior
 - PC Fm. Piedra Clavada
 - FM Fm. Río Mayer
 - Spr. Fm. Springhill
 - ST Serie Tobífera/Complejo El Quemado

Lámina 8.4





encuentra el depocentro de la Cuenca Austral, tal cual se infería a partir de los datos de superficie.

En lo que respecta a las variaciones de los ambientes sedimentarios dentro de cada una de las secciones de la Formación Mata Amarilla, se destaca en los cortes Oeste-Este, que las secciones inferior y superior de la formación son de carácter litoral (marino marginal) a netamente marino, dado que poseen una disminución de las intercalaciones arenosas hacia el Oeste, hasta hacerse eminentemente pelíticas. Este cambio de facies es más notorio en el panel Oeste-Este del sector septentrional debido a que posee un sondeo ubicado en el sector más occidental (Lámina 8.3). Esto a su vez está en concordancia con las descripciones de los recortes de perforación (*cutting*) en los sondeos estudiados. Es por ello que sobre la base de estos datos y la experiencia de afloramiento, se interpreta que hacia el Oeste los ambientes sedimentarios de las secciones inferior y superior son claramente marinos. Se observa así, que hay una zona costera (litoral) no sólo en el Norte, donde se encuentran los afloramientos, sino también hacia el Este, generando un engolfamiento o bahía. Esto último es sustentado por los datos de las perforaciones PO. x-1 y BF x-2, en los cuales hay electrofacies de barras arenosas en la sección inferior de la Formación Mata Amarilla (Lámina 8.3).

Por su parte, la sección media de la formación es de carácter continental, y más allá de la reducción de espesor hacia el Oeste, no se puede inferir si hay o no cambios en los ambientes fluviales, debido a que los mismos son altamente variables y a que las descripciones de recortes de perforación no son suficientes para poder determinarlos (Lámina 8.3 y 8.4). En consecuencia, para futuros estudios sería de gran importancia contar con datos de coronas, a fin de poder responder a estos interrogantes.

En los cortes Sur-Norte, se puede observar que las secciones inferior y superior de la formación también poseen una disminución de la proporción de arenas hacia el Sur, con los cuales se cree que los ambientes marinos se profundizan en esa dirección (Lámina 8.5). Sin embargo, en el corte Sur-Norte de la zona occidental, se aprecia que el sondeo ubicado más hacia el Oeste (CLC x-1) posee intercalaciones arenosas en la sección superior, tal cual fue interpretado a partir del perfil de potencial espontáneo (Sp) (Lámina 8.6). Estas intercalaciones son llamativas, y teniendo en cuenta los afloramientos de esta edad más cercanos (Región Última

Esperanza, Chile), podrían tratarse de depósitos marinos profundos. Esta última interpretación necesita mayor sustento debido a que los datos son muy escasos.

En cuanto a la sección media, además de observar la marcada reducción del espesor hacia el Sur (Láminas 8.5 y 8.6), también es de destacar la disminución de los grandes paquetes arenosos interpretados como electrofacies de canales fluviales (Lámina 8.5). En los sondeos C.Cliff x-1 y BF x-2, estas electrofacies canalizadas se encuentran bien desarrolladas y hacia el Sur disminuyen en el sondeo PO. x-1001 y más aún en el sondeo más austral de Ea. LR x-1.

8.2- Cortes de Sísmica 2D

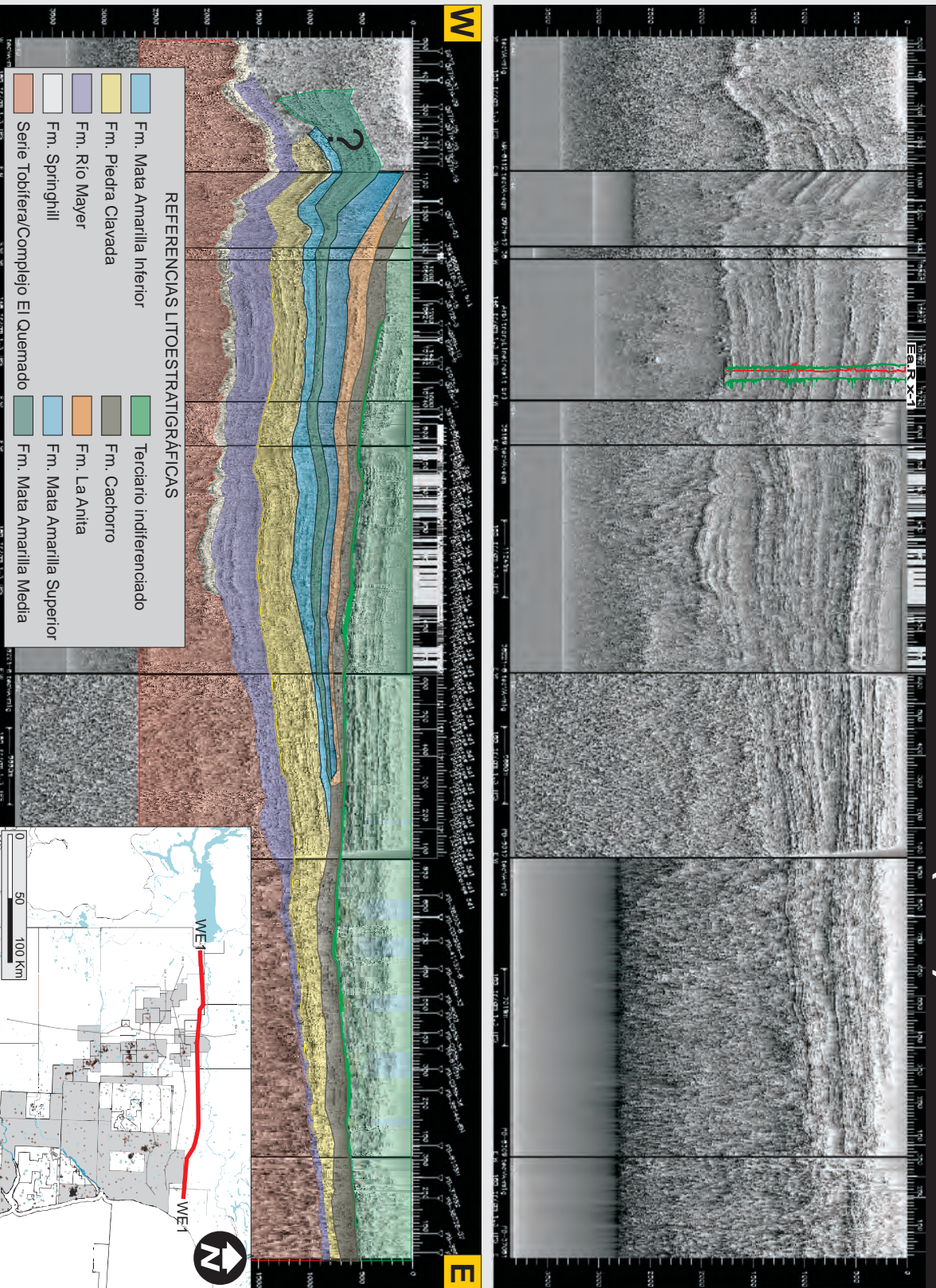
Debido a que muchas de las perforaciones de exploración coinciden o están muy cercanas a las trazas de sísmica 2D aportadas por la empresa Petrobrás Energía S.A., se pudieron correlacionar las diferentes unidades litoestratigráficas con los reflectores sísmicos más importantes en cada uno de los 4 cortes sísmicos estudiados.

Se estudiaron tres cortes sísmicos de orientación Oeste-Este, los cuales están numerados de la siguiente manera: W-E 1 es el más septentrional de la zona de interés comercial (Lámina 8.7), W-E 2 se ubica en el sector medio (Lámina 8.8) y W-E 3 en el sector más austral (Lámina 8.9). Por último se realizó la interpretación de un perfil Sur-Norte (S-N 1), el cual se muestra en la lámina 8.10.

En una primera etapa se discriminaron cada uno de los límites reconocidos en los perfilajes de pozo, los cuales a su vez coinciden muchas veces con límites de secuencias. Tal cual se analizará en el capítulo IX.

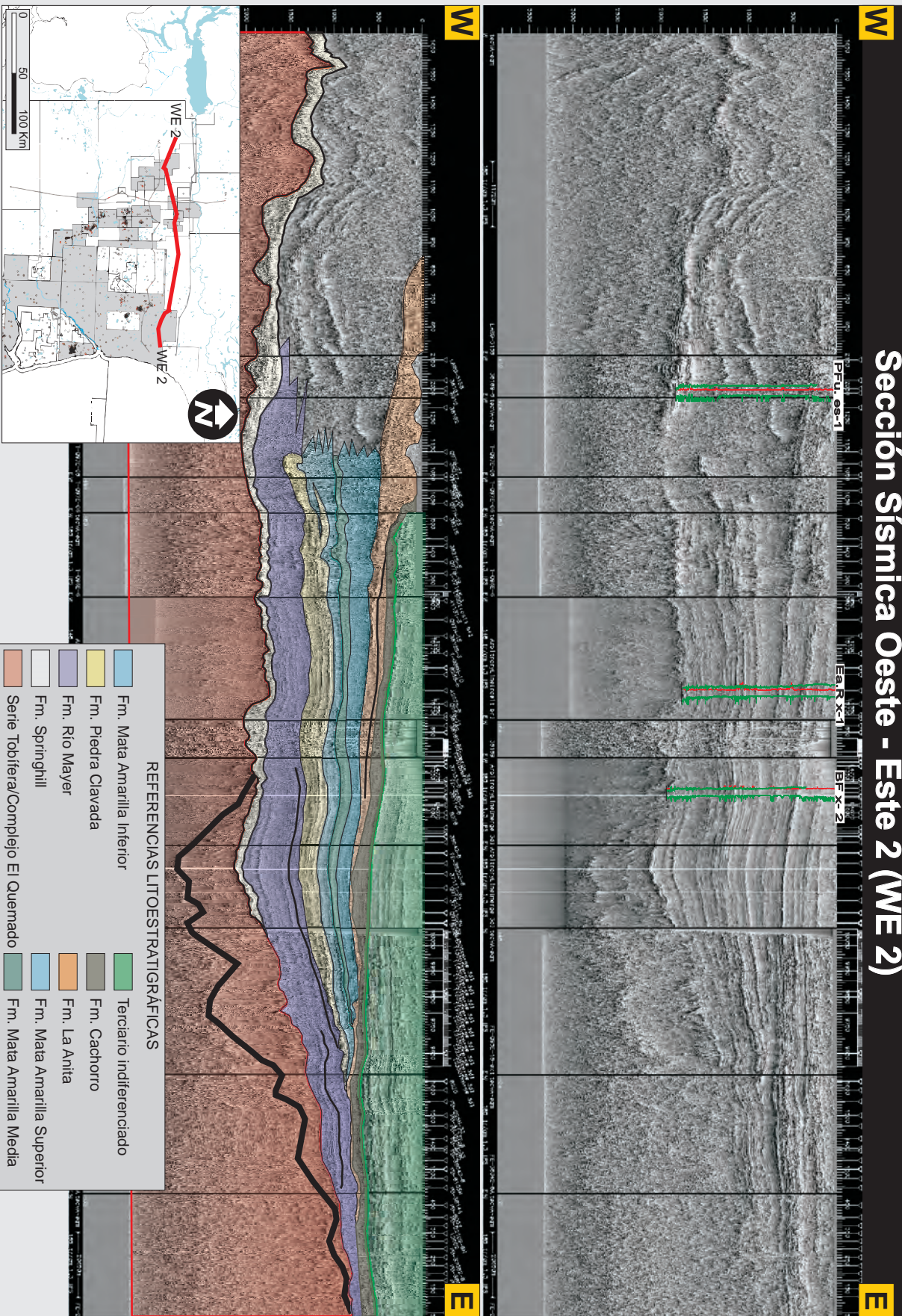
En este sentido, se discriminaron paquetes sedimentarios, que internamente pueden estar compuestos de más de un paleoambiente sedimentario. De esta manera, la Formación Piedra Clavada, está representada por ambientes de frente deltaico, prodelta, y marino (tanto someros como de plataforma). Es por ello que dentro de este paquete sedimentario hay abundantes parasecuencias y secuencias de menor orden, que no han sido discriminadas en el presente trabajo. De igual manera dentro de la sección inferior y superior de la Formación Mata Amarilla ha sido posible distinguir arreglos transgresivos y regresivos de menor orden como los que se muestran en la lámina 8.2. Sin embargo, si bien la información de subsuelo es amplia, no es tan abundante como para encarar un estudio de tanto detalle.

Sección Sísmica Oeste - Este 1 (WE 1)



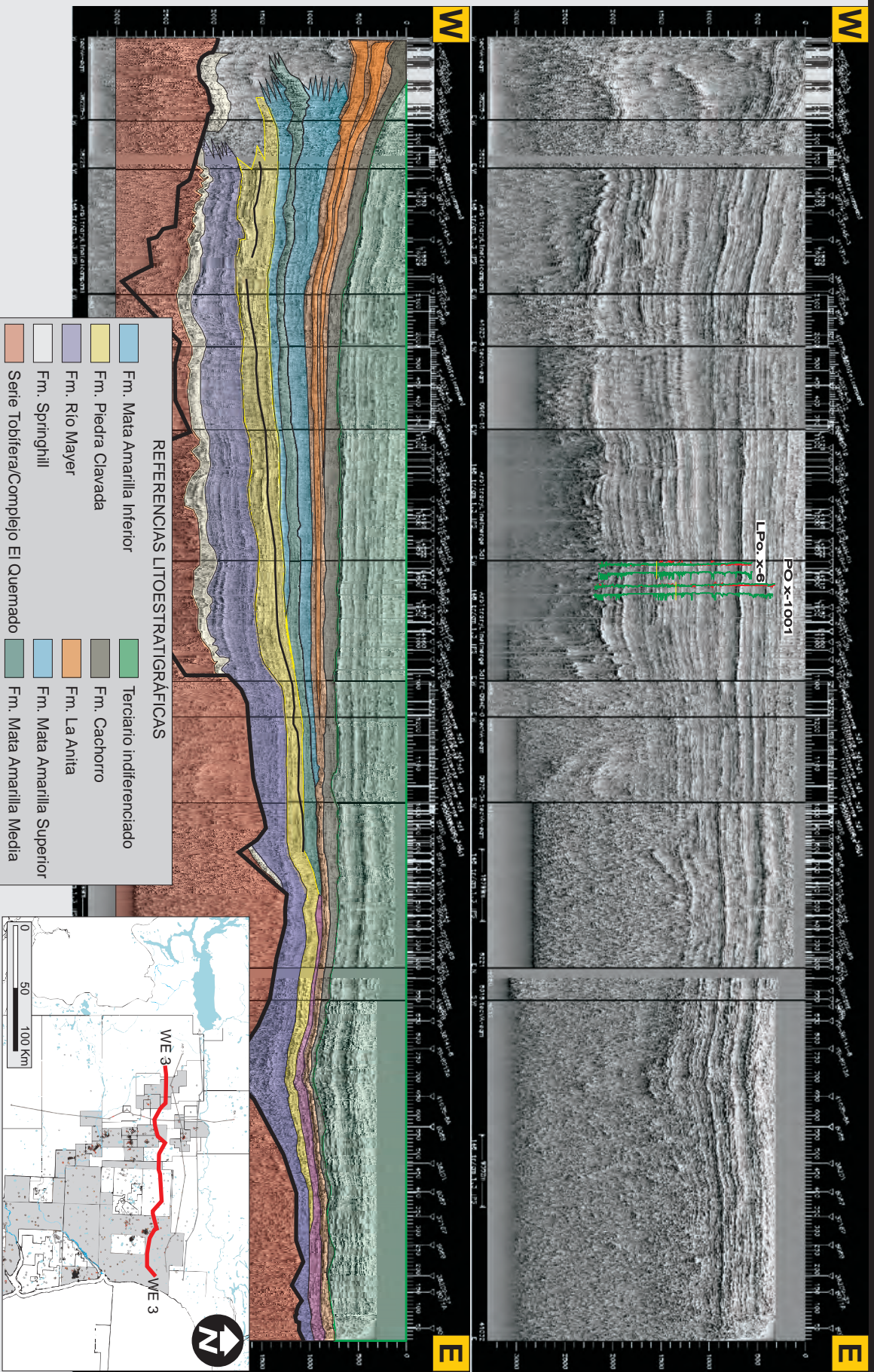
Corte de sísmica 2D sin interpretar (arriba) e interpretada (debajo) de orientación Oeste-Este. Se observa como las tres secciones de la Formación Mata Amarilla tienen forma de cuña, incrementan su espesor hacia el Oeste, y desaparecen hacia el Este de la línea sísmica.

Sección Sísmica Oeste - Este 2 (WE 2)



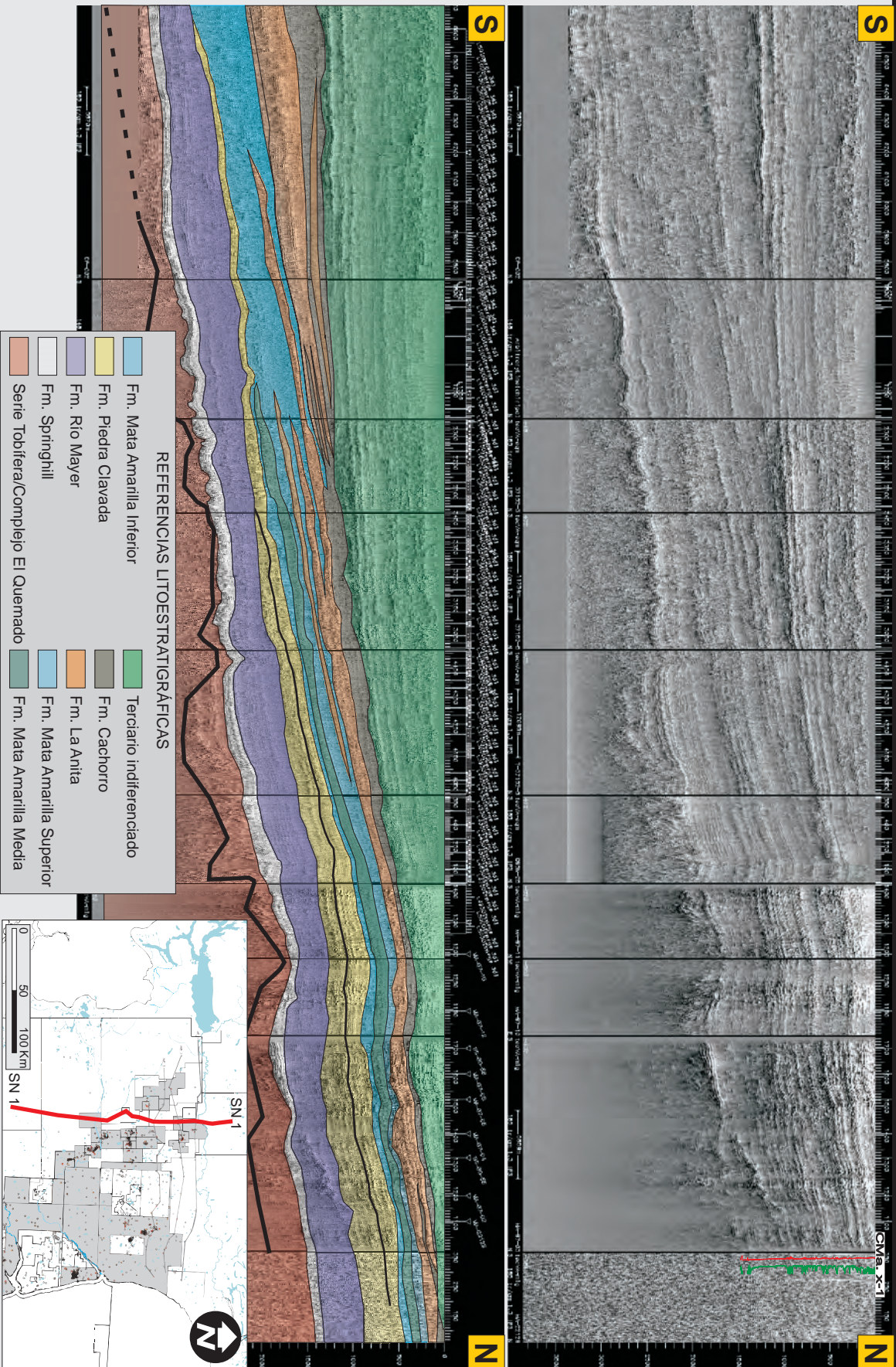
Corte de sísmica 2D sin interpretar (arriba) e interpretada (debajo) de orientación Oeste-Este. Se observa como las tres secciones de la Formación Mata Amarilla tienen forma de cuña, incrementan su espesor hacia el Oeste, y desaparecen hacia Este de la línea sísmica.

Sección Sísmica Oeste - Este 3 (WE 3)



Corte de sísmica 2D sin interpretar (arriba) e interpretada (debajo) de orientación Oeste-Este. Se observa como las tres secciones de la Formación Mata Amarilla tienen forma de cuña, incrementan su espesor hacia el Oeste, y desaparecen hacia la mitad Este de la línea sísmica.

Sección Sísmica Sur - Norte 1 (SN 1)



Corte de sísmica 2D sin interpretar (arriba) e interpretada (debajo) de orientación Sur-Norte. Se observa como las tres secciones de la Formación Mata Amarilla tienen forma de cuña; incrementan su espesor, y se desfilcan perdiendo reflexión hacia el Sur.

En los tres cortes sísmicos de orientación Oeste-Este (Láminas 8.7, 8.8 y 8.9), puede observarse cómo los reflectores interpretados como pertenecientes a las formaciones Piedra Clavada, Mata Amarilla (las tres secciones) y La Anita se acuñan hacia el Este. Por su parte, haciendo hincapié en la Formación Mata Amarilla se nota un marcado incremento de los espesores hacia el Oeste. Este tipo de relleno posee la apariencia de una Cuenca de tipo “flexural”. Muy diferente es el caso del relleno correspondiente a las formaciones Springhill y Río Mayer, las cuales traslapan hacia los bordes de la Cuenca. En estos tres cortes sísmicos Oeste-Este, se observa cómo hacia el sector occidental todos los reflectores se pliegan y deforman, evidenciando el desarrollo del frente tectónico Andino.

En el corte de orientación Sur-Norte (Lámina 8.10), se ve que hacia el Sur los espesores aumentan notablemente (tal cual se observa tanto en afloramiento como en los perfiles de pozo). Es de destacar la desaparición de los reflectores de la sección media de la Formación Mata Amarilla hacia el Sur del área de exploración y explotación petrolera. Estos reflectores más fuertes se interpretan como niveles arenosos debido a la ausencia de rocas carbonáticas en la Cuenca. Es por ello que hacia el sector Sur de la cuenca, los ambientes de la Formación Mata Amarilla serían netamente marinos en las tres secciones, es decir, serían correlacionables temporal y paleoambientalmente con los depósitos de la Formación Punta Barrosa en Chile. Esto último será discutido y analizado en el capítulo X.

Los reflectores correspondientes a la Formación La Anita se desflecan notoriamente en el sector más austral del corte sísmico, y se llega a perder la correlación estratigráfica para los niveles suprayacentes de la Formación Mata Amarilla (Lámina 8.10). Por último, es de notar la gran continuidad que poseen los reflectores interpretados como correspondientes a la Formación Piedra Clavada (Lámina 8.10). Si bien, como se aclaró anteriormente, es de esperar que los ambientes sedimentarios no sean continuos a lo largo de todo el paquete, llama la atención la pendiente tan poco pronunciada que posee la cuenca, no tanto en sentido Oeste-Este, sino principalmente en sentido Sur-Norte. La dimensión de este corte sísmico regional Sur-Norte es del orden de los 200 km (Lámina 8.10). Por su parte, cabe aclarar que el control de los marcadores sísmicos con perfilajes de pozos, es sólo del cuarto septentrional del corte sísmico Sur-Norte, con lo cual es necesario contar con una mayor batería de perfiles eléctricos de pozos para poder sustentar estas interpretaciones.

8.3- Sísmica 3D e interpretaciones preliminares

En el sector Sudeste de la zona de afloramientos, la empresa Petrobras Energía S.A., posee datos de sísmica 3D. A través del análisis de geomorfología sísmica realizado por Francisco Pángaro (P.E.S.A.) en la sección inferior de la Formación Mata Amarilla (Lámina 8.11), se pudieron interpretar paleoambientes sedimentarios similares a los encontrados para la misma sección de la formación en las localidades 4-Mafer; 5 CME; 2-Ea. LR y 1- C° W de afloramiento. En el corte temporal (*time slice*) puede observarse un sistema de barreras arenosas el cual posee una dirección Noroeste-Sudeste (Lámina 8.11). Este sistema de barrera arenosa, limita una planicie costera, en la cual se observa una albufera en el sector Sur con coloraciones azuladas (estas coloraciones se interpretan como sedimentación de grano fino). Hacia la parte Norte del detalle del *time slice* se observa como la planicie costera es atravesada por canales fluviales altamente divagantes o meandrosos (canales fluviales distales). Los sistemas fluviales distales provendrían del Norte y/o Noreste (Lámina 8.11). Finalmente, hacia el Sudoeste se puede observar la presencia de los depósitos netamente marinos evidenciados por las coloraciones más azuladas del corte temporal o *time slice* (Lámina 8.11). Esto coincide con las interpretaciones de los perfiles eléctricos de pozo, la sísmica 2D y los datos de afloramiento.

De esta manera, esta imagen temporal permite discriminar el límite Oriental de las facies marinas para la sección inferior de la Formación Mata Amarilla. El paleoambiente del sector Norte (zona de afloramientos) habría sido durante la depositación de la sección inferior y superior de la formación, un gran engolfamiento, bahía o *embayment*.

Imágen sísmica temporal (time slice) de la sección Inferior de Mata Amarilla

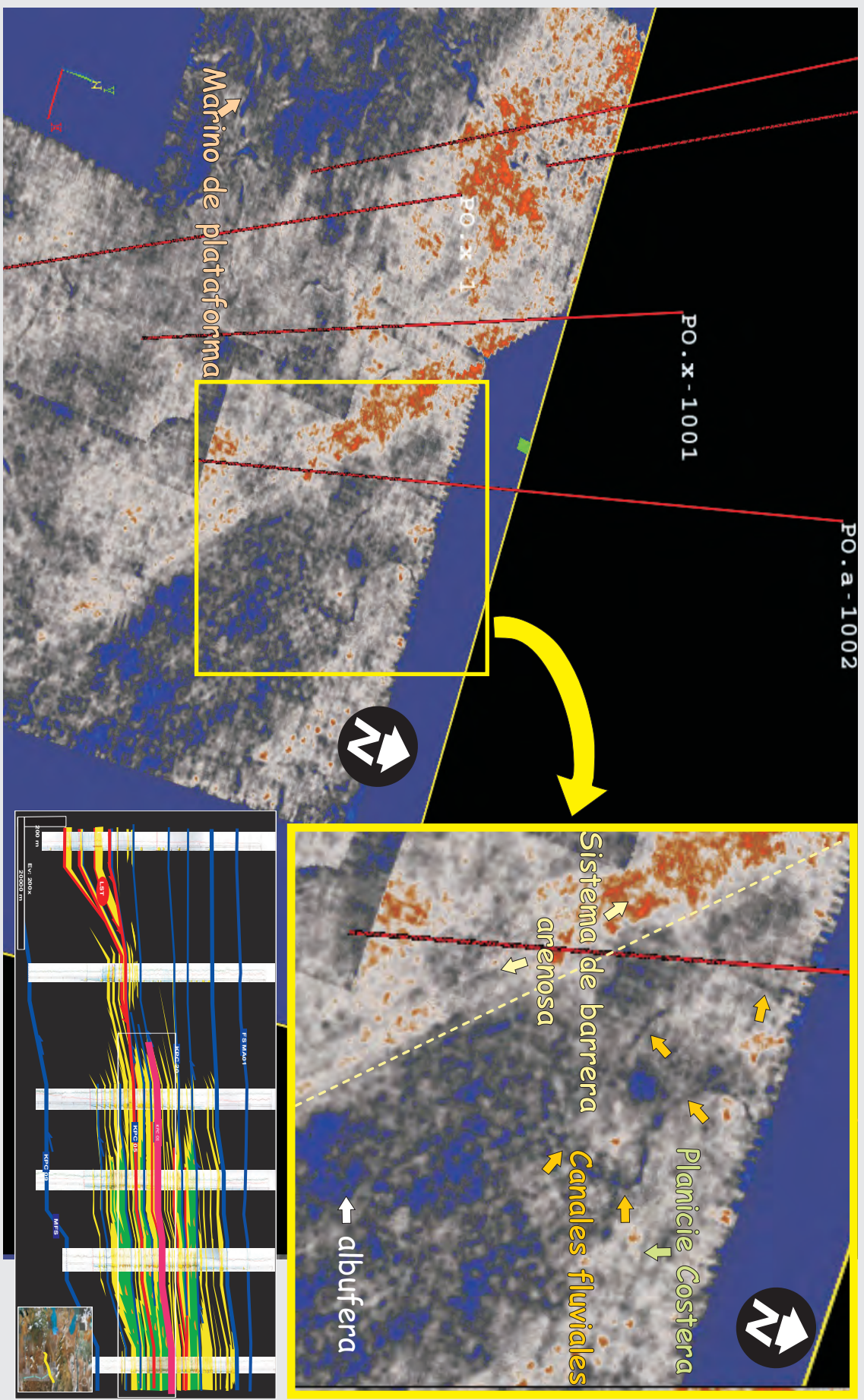


Imagen e interpretación de sísmica 3D de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla (KPC 01), cedida por Francisco Pángaro, Petrobras Energía SA.