

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

GEOLOGIA DE LA FORMACION CIENAGA DEL RIO HUACO
(CRETACICO), AL NORTE DEL RIO HUACO, DEPARTAMENTO JACHAL,
PROVINCIA DE SAN JUAN, ARGENTINA.



Autor: Tatiana B. Soria

Directora: Dra. Graciela M. Vallecillo

2010

*Dedicado a mí querida abuelita Margot;
que desde el cielo me ayudo a realizar
este trabajo y estuvo presente
durante este año*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Graciela Vallecillo mi directora de tesis por su gran ayuda y paciencia durante la realización del trabajo final. Por su buena onda y predisposición.

A los profesores del tribunal, María Marta Caballero, Alejandra Pittaluga y Lucía Ruzicki, por los aportes realizados a este trabajo, por sus correcciones que me sirvieron mucho para desarrollar mi redacción. Muchas gracias!!

Se agradece al Proyecto Geología de La Ciénaga del Río Huaco, parte II, CICYTCA 21 E/863, por la disponibilidad de recursos, para la realización del trabajo.

Un especial agradecimiento y dedicatoria a mi bebé Tiago, que me ilumina todos los días de mi vida, y sobre todo porque lo amo con el corazón.

A mi mamá Olga por darme la posibilidad de realizarme profesionalmente y darme su cariño siempre. A mis hermanos: Naty, Pablo y Mauro por ayudarme con Tiago y estar siempre presentes.

Agradezco infinitamente a Daniel por la colaboración en este trabajo, por brindarme su apoyo incondicional, por confiar en mi y darme la alegría más grande: Tiago

A mi papá Luis por ayudarme en esta última etapa del trabajo final.

A Rodrigo (Reta), Exequiel, Federico (Tortugón) y a María José (Flaca) por ofrecerme su apoyo en las primeras etapas de la realización de la tesis.

A mis amigas y amigos; Ale, Nati, Juli, Fer, Lauri, Quique y Carlita por brindarme los momentos más maravillosos en estos años de estudio y por estar siempre presentes en mi corazón.

¡¡¡Gracias!!! A todas las personitas que formaron parte de esta etapa universitaria, con quienes compartí momentos inolvidables. Muchas gracias!!

INDICE

RESUMEN.....	3
I. INTRODUCCION.....	4
I.1 Motivos y objetivos del trabajo.....	4
I.2 Ubicación y vías de acceso.....	5
I.3 Geografía Física.....	8
I.3.1 Orografía.....	8
I.3.2 Hidrografía.....	8
I.3.3 Clima.....	8
I.3.4 Suelos.....	8
II. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	9
II.1 Metodología de trabajo de campo.....	9
II.2 Metodología de trabajo de gabinete.....	9
III. GEOLOGIA REGIONAL.....	11
III. 1 Estratigrafía.....	12
III.1.1. Ordovícico.....	12
III.1.2 Carbonífero.....	15
III.1.3 Pérmico.....	16
III.1.4 Cretácico.....	17
III.1.5 Neógeno.....	18
III.1.6 Cubierta Cuaternaria.....	20
III. 2 Estructura.....	23

IV. GEOLOGIA LOCAL.....	24
IV. 1 Rasgos Geológicos Locales. Área La Ciénaga.....	24
IV.1.1 Síntesis Estratigráfica.....	24
IV.1.2 Cretácico.....	27
IV.1.2.1 Antecedentes.....	27
IV.1.2.2 Estratigrafía.....	29
V. SEDIMENTOLOGIA.....	33
V.1 Definición de facies.....	33
V.2 Descripción e interpretación de litofacies.....	34
V.3 Descripción de columnas litoestratigráficas.....	47
V.4 Descripción y clasificación petrográfica.....	53
V.5 Asociación de litofacies.....	65
VI. INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL.....	71
VI.1 Distribución de afloramientos cretácicos.....	71
VI.2 Modelo de evolución paleoambiental.....	73
VII. CONCLUSIONES.....	81
VIII.BIBLIOGRAFIA.....	83

RESUMEN

El presente trabajo comprende el estudio de las sedimentitas cretácicas de la Formación Ciénaga del Río Huaco, cuyos afloramientos se encuentran expuestos en fajas orientadas N-S, en el área de La Ciénaga, departamento Jáchal, provincia de San Juan, Argentina.

El objetivo principal del trabajo es realizar la descripción e interpretación de las facies de la unidad, para luego asociarlas y poder de esta manera determinar los paleoambientes depositacionales que dieron origen a estos depósitos, además considerar sus posibles áreas de procedencia.

En los afloramientos de la Formación Ciénaga del Río Huaco se trazaron tres perfiles sedimentológicos de detalle, determinándose 12 litofacies y 6 asociaciones litofaciales, a lo largo de los mismos. Estos perfiles se dividieron en cuatro secciones, basándose en las características texturales y las estructuras sedimentarias presentes. Mediante un muestreo selectivo de areniscas, se analizaron al microscopio ocho muestras.

Sobre la base de las asociaciones de facies, se propone un modelo de evolución paleoambiental, con el propósito de relacionar la secuencia cretácica con el contexto geológico regional.

I. INTRODUCCION

I.1 Motivos y objetivos del trabajo

El motivo del presente trabajo es dar cumplimiento al requisito necesario para la obtención del título de Licenciado en Ciencias Geológicas, que otorga la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, dependiente de la Universidad Nacional de San Juan.

El objetivo principal de este trabajo es realizar un estudio litofacial y paleoambiental detallado de los afloramientos de la Formación Ciénaga del Río Huaco, ubicados al norte del río Huaco, para establecer la continuidad de la formación ya definida al sur del río Huaco.

Los objetivos específicos son:

- 1) Describir la geología de la Formación Ciénaga del Río Huaco.
- 2) Verificar las relaciones estratigráficas de base y techo de la formación.
- 3) Analizar e interpretar las facies y asociaciones litofaciales de la Formación Ciénaga del Río Huaco.
- 4) Interpretar los paleoambientes de sedimentación de las asociaciones faciales reconocidas.
- 5) Inferir las áreas de procedencia de las facies psamíticas.
- 6) Proponer un modelo para reconstruir el paleoambiente depositacional de la formación y la evolución de la cuenca durante el Cretácico.

I.2 Ubicación geográfica y geológica. Vías de acceso

La zona de estudio se ubica a 180 Km. al NNE de la ciudad de San Juan casi en la intersección del paralelo $30^{\circ} 10' 00''$ de latitud sur y el meridiano de $68^{\circ} 35' 00''$ de longitud oeste, en el departamento Jáchal, en la localidad Ciénaga de Huaco, que dista 25 Km. al este de San José de Jáchal. La zona se encuentra en la provincia geológica de Precordillera Central Sanjuanina (*Fig. N° 1 y 2*).

El acceso a la zona se realiza por la ruta Nacional N° 40 desde la ciudad de San Juan hasta la ciudad de Jáchal, luego se continúa por ruta Provincial N° 491 hasta llegar a la localidad de la Ciénaga de Huaco. Desde allí se accede por huella a los afloramientos situados al norte del río Huaco, los que se extienden en una faja norte-sur, en general continua, hasta el Puesto Agua del Medio (*Fig. N° 1 y 2*).

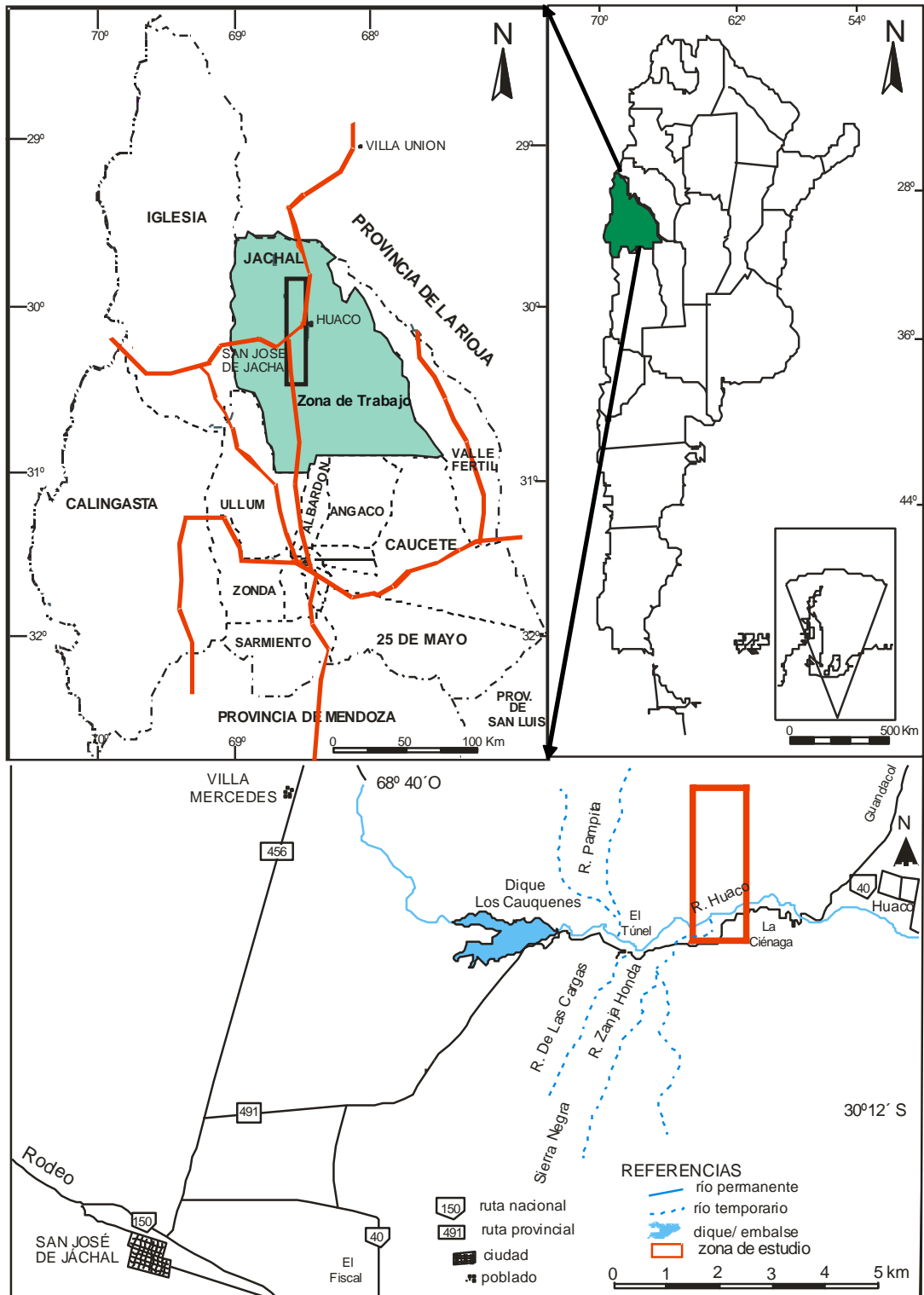


Figura N° 1: Mapa de Ubicación del área de estudio.



Figura N° 2: Imagen satelital delimitando la zona de estudio del área de La Ciénaga

I.3 Geografía Física

I.3.1 Orografía

La zona de la Ciénaga de Huaco comprende una serie de lomadas y pequeñas serranías alineadas en sentido NNE- SSW, las que separan los cauces de los ríos temporarios o secos.

I.3.2 Hidrografía

El sistema hidrográfico se encuentra representado por el río Huaco, que es un curso de agua permanente que fluye de oeste a sureste. Es parte de la cuenca hidrográfica del Desaguadero y nace a partir del embalse Cauquenes, luego discurre hacia el este, donde baña un espacio caracterizado por su rica entidad florística y faunística (La Ciénaga), luego sus aguas ingresan al valle de Huaco, donde nace una red de canales de riego que permiten el desarrollo agrícola. Por último el río finaliza su curso desembocando en el río Bermejo. Sus afluentes en las inmediaciones de La Ciénaga son los ríos de Las Cargas, Pampita y río Zanja Honda, todos temporarios (*Fig. N° 1 y 2*).

I.3.3 Clima

Según la clasificación climática de Koeppen (1953), el clima es desértico (W). La precipitación media no supera los 100mm (BW). La época estival (diciembre- marzo) es el período de lluvias y la temperatura media anual oscila entre 18° y 20°C (k). La temperatura máxima media anual es de 40°C aproximadamente.

I.3.4 Suelos

Los suelos son fundamentalmente esqueléticos desprovistos de material liviano, por lo tanto es suelo pedregoso, constituido por cantos gruesos y angulosos, con matriz arenosa gruesa, desarrollándose cultivos en suelos de algunas terrazas.

II. METODOLOGIA DE TRABAJO

II.1 Metodología de trabajo de gabinete

Tareas de gabinete previas al trabajo de campo

1. Recopilación y análisis de antecedentes bibliográficos y cartográficos referidos al área de estudio.
2. Análisis de imágenes satelitales con apoyo en la cartografía previa.

Tareas de gabinete posteriores al trabajo de campo

1. Procesamiento de los datos de campo.
2. Elaboración de columnas litoestratigráficas de acuerdo a los datos obtenidos en el campo.
3. Descripción y clasificación petrográfica de secciones delgadas utilizando microscopio de polarización petrográfico.
4. Elaboración del informe final.

II.2 Metodología de trabajo de campo

Tareas de campo

1. Reconocimiento general de los rasgos geológicos de la zona de trabajo y elección de las secciones estratigráficas de interés.
2. Control de campo del mapa base.
3. Ubicación y descripción de los contactos de base y techo de la Formación Ciénaga del Río Huaco.

4. Medición de secciones estratigráficas de detalle con brújula geológica, cinta métrica y GPS (*Fig. N° 4*).
5. Descripción de las sedimentitas cretácicas considerando las características texturales, estructura, relaciones de base y techo.
6. Muestreo selectivo de unidades sedimentarias, en base al cambio de facies y estructuras sedimentarias, para análisis petrográfico.

III. GEOLOGIA REGIONAL

El área de la Ciénaga de Huaco está incluida dentro del ámbito de la unidad morfoestructural de Precordillera Central (Baldis y Chebli, 1969). En esta zona afloran diferentes unidades estratigráficas (*Fig. N° 3*). Las sedimentitas más antiguas corresponden a unidades carbonáticas Cambro-Ordovícicas reconocidas por Carelli (2009), que afloran al oeste del área de estudio. Estratigráficamente continúan las calizas ordovícicas de la Formación San Juan (Amos, 1954), que conforman el núcleo del anticlinal expuesto en la cuesta de Huaco. Sobre las calizas se apoyan en discordancia erosiva pelitas, areniscas y diamictitas correspondientes a la Formación Guandacol (Frenguelli 1944; Cuerda 1965) del Carbonífero tardío. En forma concordante se presentan sabulitas, areniscas, conglomerados y pelitas de la Formación Tupe (Aceñolaza, *et al* 1971; Furque, 1963) también del Carbonífero tardío. La sucesión neopaleozoica culmina con estratos rojos correspondientes a la Formación Patquía (Furque, 1963) compuesta por areniscas, pelitas y conglomerados. Sobre esta unidad en discordancia erosiva se presentan las areniscas, pelitas y depósitos evaporíticos cretácicos de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Limarino *et al*, 2000). Esta unidad cretácica es cubierta por unidades neógenas integradas en primer lugar y en relación de discordancia angular por una secuencia de bancos rojos, unidad aun no denominada, luego y en segundo lugar, en relación de discordancia angular por areniscas finas y muy finas con estratificación cruzada de origen eólico, correspondientes a la Formación Vallecito (Borello y Cuerda, 1968), seguidas en relación de discordancia erosiva por la Formación Cerro Morado (Borello y Cuerda, 1968) compuesta por aglomerados, conglomerados y brechas volcánicas, junto a algunas coladas de composición basáltica. Finalmente también en discordancia erosiva la Formación Cauquenes (Borello y Cuerda, 1968) constituida por arcilitas, lutitas y areniscas correspondientes al Mioceno medio.

El Neógeno del área es recubierto discordantemente por las unidades cuaternarias, integradas por materiales inconsolidados de abanicos aluviales.

A continuación se describen las principales unidades geológicas de la zona:

III. 1 Estratigrafía (Ver Fig. N° 3)

III.1.1. Ordovícico

Formación San Juan:

La Formación San Juan es una unidad carbonática que fue definida por Amos en 1954. Se encuentra expuesta en toda la Precordillera, desde Guandacol hasta el C° de la Cal, con un espesor promedio de 400 m.

Los afloramientos de la Formación San Juan se encuentran ampliamente distribuidos en la Provincia Geológica de Precordillera Central, en el cordón formado por el anticlinal de Agua Hedionda o del C° Viejo de Huaco y por los cerros La Silla, Cumillango y La Chilca.

En la zona de trabajo la base de la unidad no se encuentra expuesta, por fallamiento. Se presenta cubierta en relación de concordancia por las Formaciones Gualcamayo y Los Azules. En algunos sectores está recubierta por la Formación La Chilca mediante una suave discordancia angular.

Esta Formación está constituida por dos secciones, una inferior de calizas y dolomías compactas de colores grises y tonalidades amarillentas, con sectores intercaladas con areniscas; y una sección superior de calizas negras y lutitas negras.

La edad de esta unidad abarca desde el Tremadociano Superior con la zona de *Pastodus deltifier* hasta el Arenigiano Inferior con la zona de *Oepikodus evae* (Hunicken y Sarmiento, 1982).

Formación Gualcamayo:

Hacia el techo de la Formación San Juan se produce un pasaje a lutitas negras que marca el inicio de las Formaciones Gualcamayo (Furque, 1956) y Los Azules (Harrington y Leanza, 1957; Furque, 1979), como consecuencia de una progresiva profundización de la plataforma carbonática. Esta zona de transición, llamada transfacies por Baldis *et al* (1981), son afloramientos que se encuentran restringidos a una pequeña y estrecha faja que se extiende desde el noroeste del anticlinal de Agua Hedionda (Cerro Viejo de Huaco) y continúa hacia el norte. Además, estas unidades son reconocidas en el cerro La Chilca, cerro Viejo de Huaco, sierra de Villicum, como también en la región de Guandacol y cerro Potrerillo.

La Formación Gualcamayo está compuesta por delgados bancos tabulares de lutitas negras y *mudstones*, con intercalaciones de areniscas finas. Astini (1994) propone la división de la Formación en tres miembros. El inferior constituido por ciclos rítmicos de margas y pelitas, depositado en una rampa calcárea distal, correspondiente a un conjunto transgresivo; el Miembro intermedio está formado por un paquete de pelitas negras, depositado en una cuenca restringida y anóxica, y el Miembro superior constituido por pelitas negras interestratificadas con cuerpos de areniscas y conglomerados, depositado en una zona marina profunda.

El contacto entre las calizas de la Formación San Juan y las pelitas de la Formación Gualcamayo tiene características diacrónicas en sentido norte-sur, ya que en Guandacol el techo de la Formación San Juan se ubica en el Arenigiano medio-superior, datado por braquiópodos y trilobites (Benedetto *et al*, 1986), mientras que los conodontes de la Zona de *Oepikaduse evae* la sitúan en el Arenigiano Inferior (Hunicken y Sarmiento, 1982).

La base de la Formación Gualcamayo posee graptolitos del género *Isograptus Sp* del Arenigiano Superior en la localidad de Guandacol (Cuerda y Ortega, 1987), mientras que en las localidades del cerro La Chilca y cerro Viejo de Huaco, se ubica en el Llanvirniano Inferior con la Zona de *Paraglossograptus tentaculatus*. En el cerro Potrerillos, el techo de la Formación Gualcamayo se sitúa en el Llandeiliano Inferior.

Formación Los Azules:

Unidad definida por Harrington y Leanza (1957) y Furque, (1979) cuyos afloramientos constituyen estrechas fajas meridianas que se disponen sobre las calizas de la Formación San Juan. Los afloramientos más importantes se encuentran al sudoeste del anticlinal de Agua Hedionda, en Las Aguaditas al sudoeste de Jáchal, en el cerro La Chilca y en el extremo norte de la sierra de Talacasto.

Los depósitos de esta unidad cubren en concordancia a la Formación San Juan y están cubiertos en discordancia angular por las Formaciones La Chilca y Los Espejos y por la Formación Guandacol.

Sus estratos están constituidos por lutitas y arcilitas negras a grises amarillentas, hasta ligeramente azuladas. Intercaladas entre estas sedimentitas se presentan algunos bancos de areniscas compactas, de centímetros de espesor, que suelen resaltar en el conjunto de las lutitas.

Astini (1994) consideró dos grupos de asociaciones de facies, uno de ellos corresponde a los afloramientos del sector oriental, integrados por areniscas finas y cuarcíticas en la base y hacia el techo se alternan con bancos lutíticos, que corresponden a un ambiente marino de moderada a alta energía y poca profundidad; el segundo grupo corresponde a los afloramientos occidentales, caracterizado por calizas negras con intercalaciones de lutitas, depositadas en un ambiente de plataforma inundada por un ascenso relativo del nivel del mar epicontinental restringido, con depocentros subsidentes y umbrales someros.

La Formación Los Azules posee una abundante fauna de graptolitos. Las Zonas *Glyptograptus teretiusculus* e *Isograptus gibberulus* (Harrington y Leanza 1957) asignan una edad Llanvirniana para la base de la unidad, mientras que la Zona de *Dicellograptus divaricatus salopiensis* (Blasco y Ramos, 1976), indica una edad Caradociana superior para el techo de la formación.

III.1.2 Carbonífero

Existen dos nomenclaturas para el Carbonífero-Pérmico del área: según Furque (1963,1979), incluye las formaciones Volcán (Carbonífero inferior medio), Formación Panacán (Carbonífero superior), y Formación Ojo de Agua (Pérmico). Limarino *et al.* (2000) generaliza a la nomenclatura, denominando al neopaleozoico como Grupo Paganzo, donde incluye a las Formaciones Guandacol (Carbonífero medio), Formación Tupe (Carbonífero superior) y Formación Patquía (Pérmico). En este trabajo se considerara la segunda nomenclatura.

Período	Furque (1979)	Limarino <i>et al</i> (2000)
Pérmico	Fm Ojo de Agua	Fm Patquía
Carbonífero superior	Fm Panacán	Fm Tupe
Carbonífero medio superior	Fm Volcán	Fm Guandacol

Formación Guandacol:

Las sedimentitas de la Formación Guandacol (Frenquelli, 1944; Cuerda, 1965) afloran en todo el borde oriental de la Precordillera Central. Presenta importantes afloramientos en la zona del anticlinal de Agua Hedionda. (*Fig. N° 3*)

Esta constituida por conglomerados en la base, seguidos por areniscas, lutitas, sabulitas y limolitas con finas intercalaciones de carbón. El tramo inferior y medio se caracteriza por facies de ambiente continental; fluvial, lacustre y palustre glacifluvial. En el tramo superior se registra un evento marino transgresivo que depositó facies de plataforma somera.

Esta unidad presenta en el tramo inferior medio restos de fósiles de plantas y en el tramo superior restos de invertebrados marinos, que indican una edad que abarca del Carbonífero medio- superior.

La Formación Guandacol cubre en discordancia erosiva a las formaciones eopaleozoicas y hacia el techo pasa en forma concordante y transicional a la Formación Tupe.

Formación Tupe:

La Formación Tupe (Aceñolaza, *et al* 1971; Furque, 1963) posee una distribución similar a la Formación Guandacol y se encuentra representada por bancos de areniscas arcósicas de color blanco, en su sección inferior, que hacia los niveles superiores van cambiando su color hasta llegar a colores blancos con tonalidades rosadas, alternando con arcillitas de color verde, en parte arenosas, que gradan a areniscas finas arcillosas con intercalaciones de lutitas y limolitas negras. Hacia el techo de la sección, presentan limolitas y arcillitas rojas con tonalidades violáceas, que representan la transición a la unidad siguiente. En general, está constituida por facies que se distribuyen en ciclos psamíticos y/o psamopelíticos granodecrecientes, que fueron interpretados como depósitos de barras en espolón y de canales sinuosos que migran hacia los términos superiores a depósitos de llanura de inundación. Bossi y Andreis, (1985), interpretan que esta secuencia ha sido formada bajo un régimen fluvial meandriforme.

En los depósitos de la Formación Tupe se han encontrado invertebrados marinos de edad carbonífera superior (Cuerda *et al*, 1968). Esta unidad se encuentra en relación de concordancia sobre la Formación Guandacol y pasa en forma gradual y transicional a la Formación Patquía.

III.1.3 Pérmico

Formación Patquía:

La distribución de los afloramientos de la Formación Patquía (Furque, 1963) es similar al de las sedimentitas carboníferas. Sus depósitos más importantes se encuentran en la zona del anticlinal de Agua Hedionda (*Fig. N° 3*).

La secuencia de la formación comienza con un conglomerado grueso formado casi en su totalidad por clastos de cuarzo, seguido por un conjunto de areniscas medias a finas, con algunas intercalaciones de calizas y escasas sabulitas con restos de troncos silicificados. Hacia el techo intercalan niveles de lutitas y arcillitas.

Según Ottone y Azcuy (1986), estas facies están agrupadas en ciclos psamíticos o psamopelíticos granodecrecientes que responden a un subambiente de barra en espolón de un ambiente fluvial meandriforme que pasa tanto lateralmente como hacia el techo a planicie de inundación. Limarino (1990) identificó paleoambientes eólicos dentro de la formación. Esta unidad carece de restos fósiles, por lo tanto se le asignó edad pérmica por su posición estratigráfica.

La unidad yace en forma concordante sobre los depósitos de la Formación Tupe, y está cubierta mediante una discordancia erosiva por las sedimentitas de la Formación Ciénaga del Río Huaco.

III.1.4 Cretácico

Formación Ciénaga del Río Huaco.

Los depósitos cretácicos de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Limarino *et al*, 2000) ubicados en la Precordillera Central, en el área de La Ciénaga son expuestos en fajas de orientación N-S aproximadamente (*Fig. N° 3*).

La secuencia está compuesta por areniscas, pelitas y niveles de evaporitas, que se apoyan en discordancia erosiva sobre la Formación Patquía, mediante un nivel de conglomerados con clastos de cuarzo. El techo de la formación está en contacto por medio de una discordancia angular con areniscas de la Formación Vallecito.

La edad de la Formación se atribuye al Cretácico tardío (Maastrichtiano) debido a la presencia de asociaciones palinológicas y restos de ostrácodos (Limarino *et al*, 2000).

III.1.5 Neógeno

Formación Vallecito

Los afloramientos de la Formación Vallecito (Borello y Cuerda, 1968) son coincidentes con el valle longitudinal de la Ciénaga de Vallecito, el cuál se ubica entre las sierras que flanquean a las localidades de San José de Jáchal y Huaco. Otros afloramientos son los que se encuentran al este del cerro Cumillango hasta el extremo norte de la sierra de Talacasto.

La unidad está constituida por areniscas finas con estructuras entrecruzadas y ondulitas. En la base de la secuencia se presentan ocasionalmente intercalaciones de lutitas y conglomerados finos a medianos. El análisis de sus facies permitió identificar un paleoambiente eólico con condiciones climáticas áridas y características de desierto (Limarino *et al*, 1987).

Milana, (1993) identificó en estas eolianitas depósitos de dunas longitudinales y un campo secundario de dunas barjanoides dispuesto en las interdunas. El espesor promedio de la unidad es de 140 metros aproximadamente.

Esta formación fue ubicada en el intervalo Oligoceno-Mioceno inferior, sobre la base de análisis radimétricos efectuados en biotitas y plagioclasas de niveles tobáceos encontrados en la secuencia, que dieron edades de $21,6 \pm 0,8$ Ma y $32,7 \pm 2,6$ Ma (Jordan *et al.*, 1993).

Los depósitos de la Formación Vallecito cubren mediante una relación de discordancia erosiva y angular a la Formación Ciénaga del Río Huaco (Limarino *et al.*, 2000) y son cubiertos mediante una discordancia erosiva, por los depósitos de la Formación Cerro Morado (Bracaccini, 1946; Milana, 1993).

Formación Cerro Morado:

Los depósitos de la Formación Cerro Morado (Borello y Cuerda, 1968) acompañan a los afloramientos de la Formación Vallecito en el sector de la Ciénaga de Huaco (*Fig. N° 3*).

La unidad está compuesta por aglomerados y brechas de composición andesítica intercaladas en su parte media por areniscas con entrecruzamientos de gran escala; hacia el techo se disponen mantos de andesitas y andesitas basálticas. Jordan *et al* (1993), interpretaron que las facies principales de esta formación se habrían depositado como un abanico que bordeaba a un aparato volcánico. El espesor de la formación es de 300 metros aproximadamente (López Gamundi *et al*, 1985). Los depósitos de areniscas representan los equivalentes eólicos laterales de los depósitos volcánicos y aluviales gruesos.

Esta Formación ha sido asignada al Mioceno inferior alto- Mioceno medio, debido a que los datos obtenidos del análisis de circones hallados en clastos de andesitas dieron una edad de $13,4 \pm 1,6$ Ma (Jordan *et al*, 1993).

La Formación Cerro Morado cubre en discordancia erosiva a los depósitos de la Formación Vallecito y a su vez es cubierta por medio de una discordancia erosiva por la Formación Cauquenes.

Formación Cauquenes:

La Formación Cauquenes fue definida por Borello y Cuerda (1968), la cuál se encuentra expuesta en el mismo sector que la Formación Cerro Morado.

La unidad esta constituida por arcillitas y lutitas de color rojo, areniscas finas entrecruzadas, que hacia el techo se intercalan con niveles de conglomerados y areniscas conglomerádicas. La secuencia corresponde a un sistema fluvial con desarrollo de planicies de inundación pélticas cortadas por depósitos de barras de relleno de canal. Según Jordan *et al* (1993) los conglomerados del techo corresponderían a depósitos de abanicos aluviales con zonas de aporte locales. El espesor de la secuencia es de 34 metros (López Gamundi *et. al.*, 1985). La Formación Cauquenes suprayace a la Formación Cerro Morado mediante

una discordancia erosiva y es cubierta en igual relación por otras unidades neógenas y cuaternarias.

La unidad posee una edad Miocena media $12,8 \pm 1,4$ Ma , edad obtenida del análisis de cristales de plagioclasa contenidos en niveles tobáceos pertenecientes a la formación (Jordan *et al*, 1993).

III.1.6 Cubierta Cuaternaria

Depósitos de Abanicos Aluviales Antiguos

Estos depósitos están constituidos por fanglomerados y conglomerados mal seleccionados, con clastos de sedimentitas paleozoicas y cenozoicas, con matriz arenosa de granulometría gruesa e intercalaciones pelíticas. Corresponden a las bajadas aluviales denominadas por Furque (1979, 1983) con diferentes nombres formacionales.

Los depósitos de abanicos aluviales antiguos fueron ubicados en el Plioceno por su posición estratigráfica, ya que cubren en discordancia angular a las unidades cenozoicas y están cubiertos por depósitos de abanicos aluviales modernos del Holoceno.

Depósitos de Abanicos Aluviales Actuales

Los depósitos de abanicos aluviales actuales se encuentran compuestos por aglomerados, fanglomerados y conglomerados no consolidados de abanicos aluviales actuales recientes. Poseen mala selección, con abundante matriz areno-limosa. Sus depósitos son de características similares a los anteriormente mencionados, pero con clastos de calizas, wackes y areniscas de variadas formas y tamaños.

Constituyen los actuales depósitos de los abanicos aluviales que se desprenden de los diferentes cordones y se dirigen a las zonas intermontanas y bolsones, (Furque, 1998).

La edad de estos depósitos ha sido establecida como Holocena, debido a que cubren a depósitos asignados al Pleistoceno.

Depósitos de Aluvios Actuales

El Holoceno se encuentra representado por depósitos de gravas, arenas y limos totalmente inconsolidados que son acarreados por el agua, el viento o algún otro agente de transporte. Se encuentran sobre las planicies de inundación de los actuales cursos fluviales o rellenando depresiones en las zonas interserranas, (Furque, 1998).

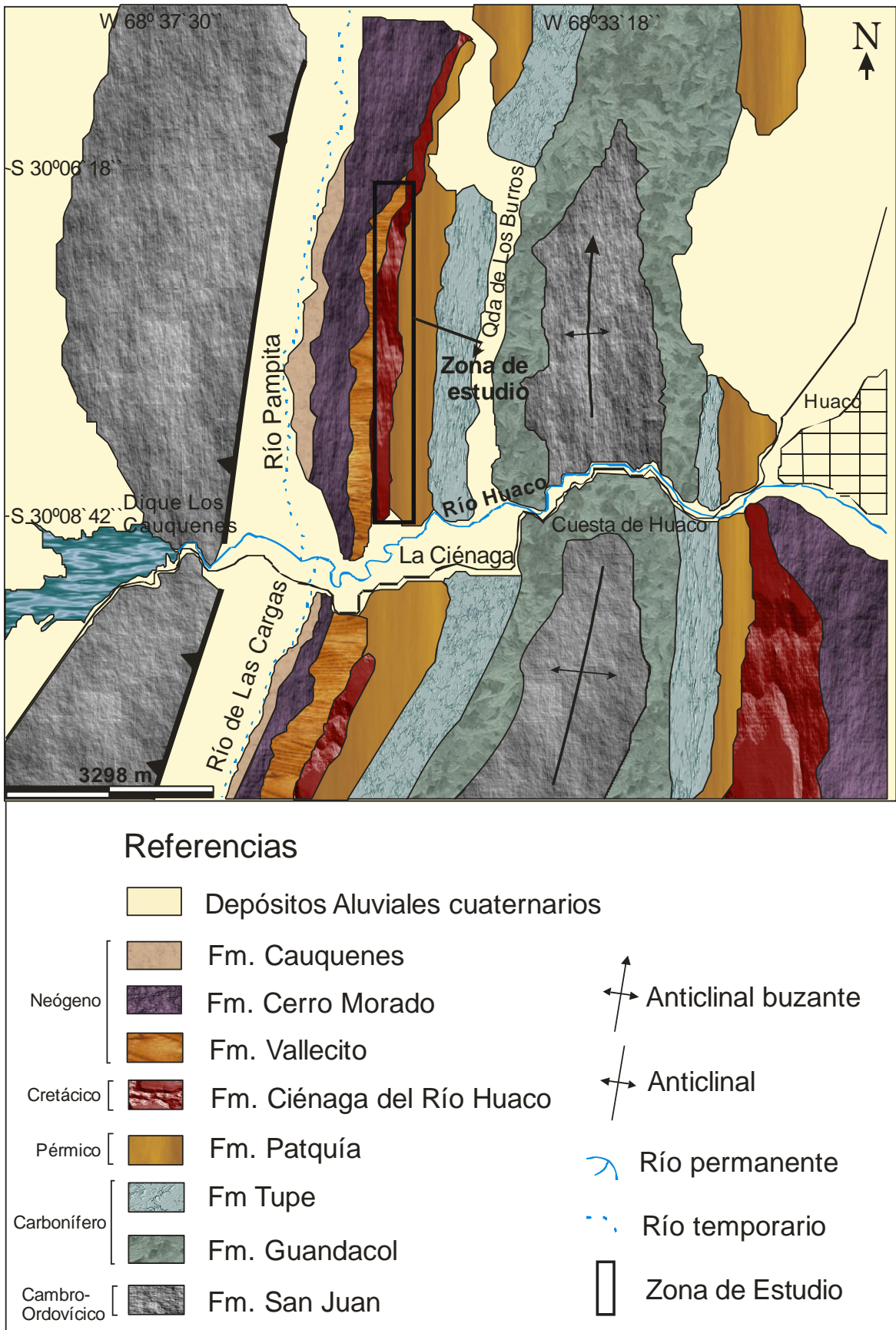


Figura N° 3: Mapa geológico regional de la zona de la Ciénaga de Huaco.

III. 2 Estructura

Precordillera Central

Esta unidad morfo-estructural definida por Baldis y Chebli (1969) se caracteriza por un estilo de sobrecorrimientos con vergencia al este y por su composición litológica y estratigráfica, esencialmente de rocas paleozoicas.

Marco tectónico

Estructuralmente el elemento más importante en la zona de La Ciénaga lo constituye el anticlinal de Agua Hedionda (Braccacini, 1946) o Anticlinal de Huaco (Heim, 1952). En esta estructura participan unidades paleozoicas y mesozoicas. El anticlinal tiene rumbo noreste-suroeste y marcada inclinación del plano axial hacia el oeste. Se caracteriza por presentar un flanco occidental con inclinaciones suaves de los estratos al oeste y un flanco oriental con mayor complejidad estructural, donde los bancos están verticales, inclinados fuertemente al este o localmente invertidos. Esta complejidad puede ser debida a la asimetría del pliegue y en parte a la presencia de un sistema de fracturas, que corresponden a fallas inversas de alto ángulo y con rumbo paralelo al eje del anticlinal e inclinación al oeste. Los autores primeramente enunciados, consideraron a estas fallas como producto del plegamiento.

Braccacini (1946) caracterizó al sector oriental del anticlinal como un plegamiento apretado localizado en la cobertura neopaleozoica, sin la participación de las calizas de la Formación San Juan, las cuales están afectadas por un fallamiento en profundidad.

Otros autores comprobaron que esta falla en subsuelo que afecta a las calizas de la Formación San Juan, también se identifica en superficie en varios sectores, uno de ellos es al oeste de la hostería de Agua Hedionda donde la fractura afecta a los bancos de caliza como así también a las areniscas y pelitas carboníferas, levantando a las capas calcáreas.

IV. GEOLOGIA LOCAL

IV. 1 Rasgos Geológicos Locales. Área La Ciénaga

IV.1.1. Síntesis Estratigráfica

En el área de La Ciénaga de Huaco afloran diferentes unidades geológicas (*Fig. N° 4 y cuadro N° 1*). La sucesión neopaleozoica culmina con estratos rojos correspondientes a la Formación Patquía de edad Pérmica (Frenguelli 1944; Cuerda 1965) compuesta por conglomerados, areniscas y pelitas. Sobre esta unidad en discordancia erosiva se presentan las areniscas, pelitas y depósitos evaporíticos de la Formación Ciénaga del Río Huaco del Cretácico, (Limarino *et al*, 2000), la que a su vez es cubierta por unidades neógenas. En primer lugar, en relación de discordancia angular una secuencia de bancos rojos, que son transicionales a la Formación Vallecito (Borello y Cuerda, 1968), que está compuesta por areniscas finas y muy finas con estratificación cruzada de origen eólico. En relación de discordancia erosiva se disponen sobre la Formación Vallecito, los depósitos de la Formación Cerro Morado (Borello y Cuerda, 1968) compuesta por aglomerados, conglomerados y brechas volcánicas, junto a algunas coladas de composición basáltica.

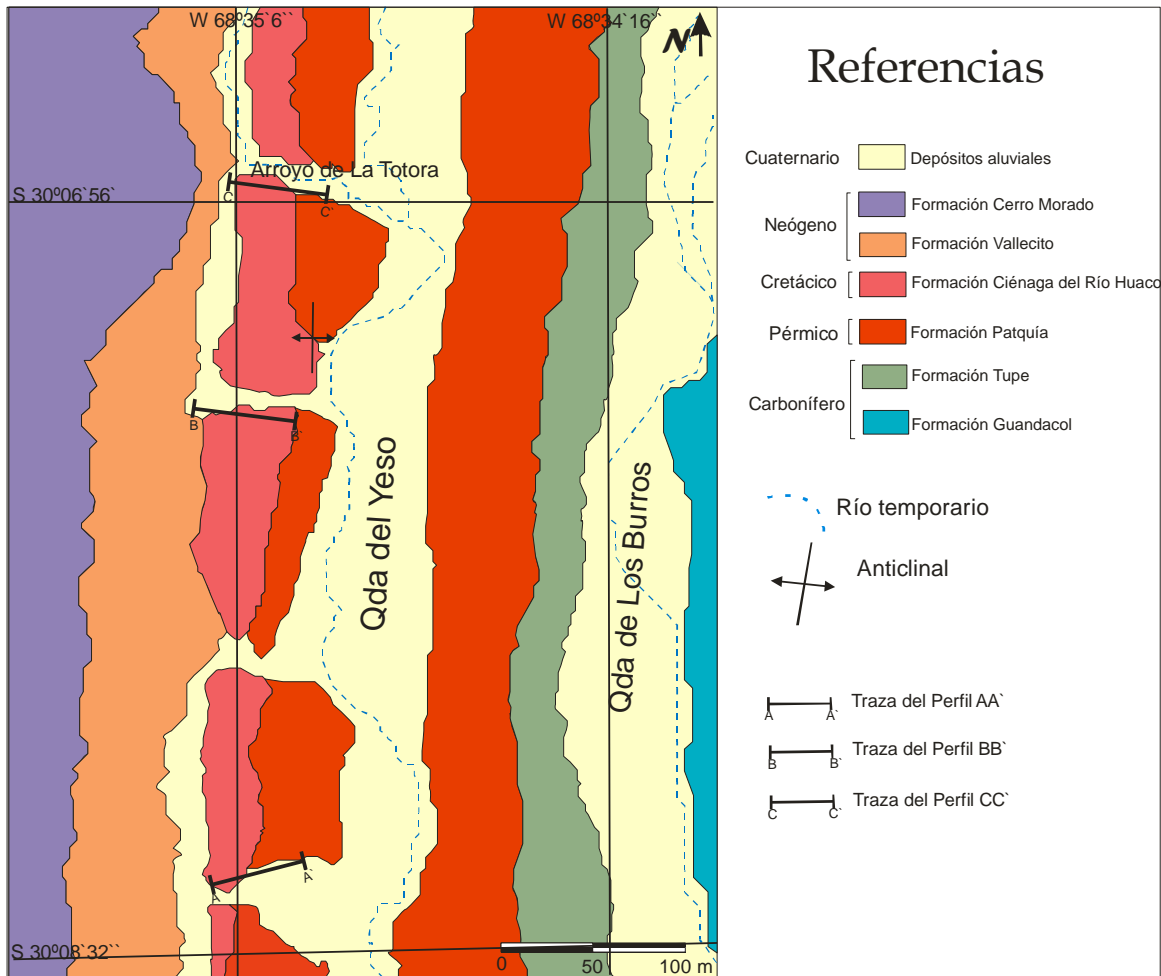


Figura N° 4: Geología de la zona de estudio.

CUADRO ESTRATIGRAFICO - GEOLOGIA LOCAL			
Unidad	Composición	Ambiente depositacional	Edad
<i>Cubierta Cuaternaria</i>	Conglomerados inconsolidados, mal seleccionados, aglomerados compuestos por gravas, con cantidad de arenas	Abanicos aluviales antiguos y actuales	Pleistoceno Holoceno
<i>Formación Cerro Morado</i>	Aglomerados y brechas andesíticas, areniscas, mantos de andesitas y andesitas basálticas.	Abanico que bordeaba a aparato volcánico	Mioceno Medio-Sup
<i>Formación Vallecito</i>	Areniscas finas y lutitas, con estratificación entrecruzada de alto ángulo	Eólico	Oligoceno-Mioceno Inf
<i>Formación Ciénaga del Río Huaco</i>	Conglomerados, areniscas gruesas medias y finas, pelitas y evaporitas	Fluvial- Lacustre	Cretácico Sup (Maastrichtiano)
<i>Formación Patquía</i>	Conglomerados, areniscas medias y finas, pelitas	Barra en espolón Fluvial meandriforme Planicie de inundación	Pérmico

Cuadro N° 1: Síntesis estratigráfica de la geología local.

IV.1.2 Cretácico

IV.1.2.1 Antecedentes

Las sedimentitas de la Formación Ciénaga del Río Huaco, previamente fueron asignadas al Pérmico por varios autores. El primer estudio estratigráfico detallado del área se debe a Braccini (1946), quien reunió las capas rojas dentro de su “complejo de areniscas y areniscas arcillosas rojas (Carbonífero Superior- Pérmico)”. Años más tarde, Furque (1963) propuso la denominación de Formación Ojo de Agua en la que incluyó al “complejo de areniscas y areniscas arcillosas rojas” de Braccini (1946), y correlacionó con el “Piso II de los Estratos de Paganzo” y por lo tanto la ubicó en el Pérmico. (*Cuadro N° 2*).

Se debe a Chaía (1990) y a Pérez *et al.* (1993) el hallazgo de ostrácodos y carofitas de edad cretácica en niveles estratigráficos correspondientes a la parte superior del Miembro Ojo de Agua (Limarino *et al.* 1987). Este hallazgo produjo una modificación en la estratigrafía de la región. De esta forma la parte inferior de los bancos rojos seguía correspondiendo al Pérmico, mientras que la parte superior resultaba de edad cretácica (Limarino *et al.*, 2000).

Más recientemente Vargas (2007), en su Trabajo de Licenciatura, realizó un estudio detallado de los afloramientos cretácicos ubicados al sur del río Huaco, determinando los paleoambientes de la Formación Ciénaga del Río Huaco.

Los afloramientos de la Formación Ciénaga del Río Huaco, objeto de este trabajo, se ubican en una faja longitudinal N-S al norte del río Huaco. Los estratos rojos de la unidad se prolongan hacia el norte a lo largo de la vertiente oriental de la Precordillera Central, formando una faja discontinúa que se extiende hasta el área de la quebrada de La Flecha en la Precordillera riojana.

Otros depósitos del Cretácico tardío afloran al sudeste, en las sierras de Las Quijadas, El Gigante y Guayaguas, en las provincias de San Juan y San Luis.

La Formación Lagarcito (Flores, 1969, 1979) fue asignada al Cretácico por sus relaciones estratigráficas y en base a restos de vertebrados. Por otro lado, en el bolsón de

Pagancillo (provincia de La Rioja) sobre la ladera oriental de la sierra Morada aparece la Formación Quebrada del Médano (Parker, 1974), asignada al Cretácico superior sobre la base de sus relaciones estratigráficas y por correlación con la Formación Lagarcito.

En el cerro Rajado vuelven a aparecer bancos rojos asignados al Cretácico e incluidos en la Formación Cerro Rajado y su edad se atribuye por su correlación litológica con lo Formación Lagarcito.

Braccini (1946)		Furque (1979)	Limarino <i>et al</i> (1987)		Perez <i>et al</i> (1993)		Limarino <i>et al</i> (2000)
Grupo de las areniscas eólicas (Triásico)		Fm. Vallecito (Triásico)	Fm. Patquía (Pérmico)	Mbo Vallecito	Cretácico	Unidad de mar de arena	Fm. Vallecito (Neógeno)
“Paganzo II” (Pérmico)?	Complejo de las areniscas y areniscas arcillosas rojas	Fm. Ojo de Agua (Pérmico)		Mbo Ojo de Agua		Fm. Patquía (Pérmico)	Unidad basal
					Fm. Patquía (Pérmico)		Fm. Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Sup)
							Fm. Patquía (Pérmico)

Cuadro N°2: Síntesis de los antecedentes de la Formación Ciénaga del Río Huaco.

IV.1.2.2. Estratigrafía

En la zona de La Ciénaga, los afloramientos de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Limarino *et al*, 2000), se encuentran expuestos en fajas longitudinales orientadas aproximadamente N-S. Estas sedimentitas se extienden hacia el norte formando una faja discontinua hasta la Precordillera riojana a la latitud de la quebrada de La Flecha.

La formación cubre en discordancia erosiva a las sedimentitas de la Formación Patquía del Pérmico (*Foto N° 1*), este contacto está determinado por un nivel de conglomerados cuyos clastos varían de 1 a 8 cm de longitud y están compuestos principalmente por cuarzo y en menor proporción por rocas sedimentarias y rocas ígneas volcánicas. A su vez la unidad es cubierta en relación de discordancia erosiva-angular, por las sedimentitas eólicas de la Formación Vallecito (Neógeno), ya que en algunos sectores se observó angularidad entre los depósitos (*Foto N° 2*).

En ciertos sectores, se presentan dispuestos sobre la Formación Ciénaga del Río Huaco estratos rojos posiblemente neógenos (Limarino *et al*, 2000), que aún no han sido identificados claramente, ya que en el campo estos estratos son difíciles de diferenciar de las demás formaciones. Estos estratos están en relación de concordancia con la Formación Vallecito, por lo tanto se los considera la parte basal de dicha formación (*Foto N° 3*). Se pueden definir como facies de interdunas.

En niveles de pelitas correspondientes a la sección superior de la unidad cretácica se presenta una asociación palinológica (Limarino *et al*, 2000), integrado por algas de agua dulce del género *Pediastrum* (Chlocooccales), acompañados de quistes de dinoflagelados. Ambas son formas autóctonas de un paleoambiente lacustre somero.

Además también reconocieron ostrácodos como *Ilyocypris wichmanni*, *punctata musacchio* y *Simeoni*, *Ilyocypris sp.*, *cf. I. wichmanni musacchio*: *Eucadona sp.*, *Limnocythere sp.* El registro de estas formas y las asociaciones palinológicas permite inferir una edad Maastrichtiana para la unidad cretácica.

La descripción de las facies de la Formación Ciénaga del Río Huaco, en este trabajo, permite establecer una relación con los depósitos semejantes ubicados al sur del río Huaco, descritos por Vargas (2007). Se puede establecer que hacia el sur del mismo se presenta un mayor desarrollo de las facies conglomerádicas ubicadas en la base de la formación, con espesores de hasta 60 m, mientras que hacia el norte del río Huaco los conglomerados son de menos espesor alcanzando los 3 m en total. El origen de los depósitos conglomerádicos corresponde a canales fluviales (Limarino *et al*, 2000).



Foto N° 1: Vista hacia el sur del contacto entre los depósitos pérmicos y cretácicos.



Foto N° 2: En la foto se puede observar el cambio de buzamiento entre los depósitos cretácicos y terciarios, observándose un contacto por discordancia angular.

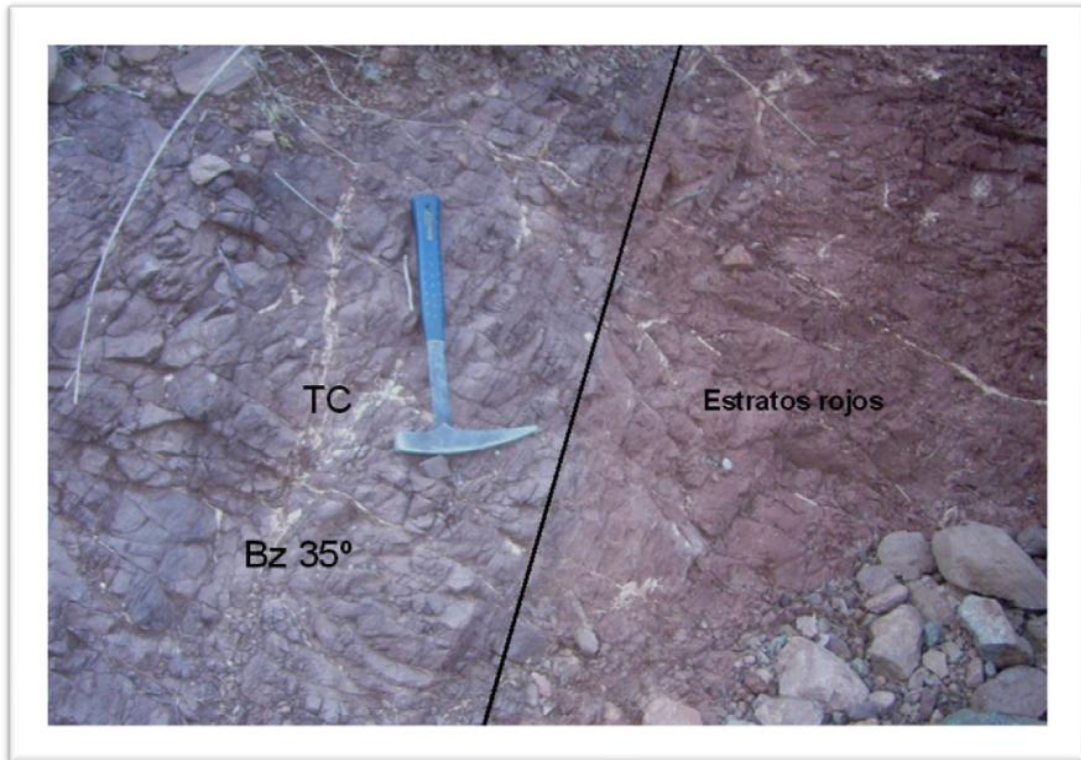


Foto N° 3: Contacto entre unidades terciarias y estratos rojos. En la foto se puede observar las distintas tonalidades que presentan, además del similar buzamiento de las mismas.

V. SEDIMENTOLOGIA

V.1 Definición de facies

Las facies son cuerpos sedimentarios de espesor métrico, constituídos por uno o varios grupos de estratos, caracterizados por sus rasgos litológicos (composición, textura) y estratigráficos (espesor y geometría de las capas, estructuras sedimentarias y contenido paleontológico). Es la unidad depositacional fundamental y de menor rango. (Bosellini *et al.*, 1989; en Vera Torres, 1994).

La metodología del análisis de facies utilizada en este trabajo incluye, la descripción de las características texturales y composicionales de los sedimentos, como así también los rasgos estratigráficos de la capa, como espesor, geometría externa, estructuras sedimentarias, para luego agrupar o asociar las distintas facies. Se utilizó el código de Miall para clasificar las litofacies (Cuadro N° 3).

<i>Código</i>	<i>Litofacies</i>	<i>Estructura Sedimentaria</i>
Gmm	Grava masiva, con soporte de matriz	Gradación débil
Gmg	Grava con soporte de matriz	Gradación normal o inversa
Gci	Grava con soporte de clastos	Gradación inversa
Gcm	Grava masiva con soporte de clastos	—
Gh	Grava con soporte de clastos	Estratificación horizontal, imbricación
Gt	Grava estratificada	Estratificación cruzada en artesa (trough)
Gp	Grava estratificada	Estratificación cruzada planar
St	Arenas finas a gruesas, a veces con cantos	Estratificación cruzada en artesa (trough)
Sp	Arenas finas a gruesas, a veces con cantos	Estratificación cruzada planar
Sr	Arenas muy finas a gruesas	Ripples de diversos tipos
Sh	Arenas muy finas a gruesas, a veces con cantos	Laminación horizontal, parting lineation
Sl	Arenas muy finas a gruesas, a veces con cantos	Estratificación cruzada de bajo ángulo (<15°)
Ss	Arenas finas a muy gruesas, a veces con cantos	Estratificación cruzada paralela a la base erosiva
Sm	Arenas finas a gruesas	Masiva, o con laminacion
Fl	Arenas, limos, arcillas	Laminación fina, ripples muy pequeños
Fsm	Limos, arcillas	Masivas
Fm	Limos, arcillas	Masiva, grietas de desecación
Fr	Limos, arcillas	Raíces y restos vegetales
C	Carbón, limos carbonosos	Plantas
P	Paleosuelo carbonático (calcita, siderita)	Rasgos pedogénicos

Cuadro N° 3: Clasificación de litofacies detríticas fluviales según Miall (1996).

V.2 Descripción e interpretación de facies

Facies Conglomerádicas

1) Gmm: Conglomerado matriz sostén (Muestra N° P34)

La facies corresponde a un conglomerado matriz sostén (Gmm) caracterizada por un color pardo rojizo claro (10 R 5/4), compuesto principalmente por clastos de cuarzo (90%), y clastos de vulcanitas (10%). El tamaño de los clastos varía de 2 a 8 cm aproximadamente, son de formas subredondeadas a subangulosas en igual proporción. La selección que presenta esta litofacies es mala ya que no se observó una uniformidad en el tamaño de clastos. Los clastos constituyen el 40%, el cemento el 10% y la matriz, compuesta por arena gruesa, forma el 50% de la litofacies. Los bancos presentan estratificación plano paralela poco marcada (Foto N° 4), y en algunos sectores se observó gradación débil de clastos. Su geometría es lenticular, con una base curva-no erosiva.

Los conglomerados forman depósitos lenticulares que varían de espesor a lo largo de los perfiles. En el perfil BB` (Fig. N° 6), se observa que areniscas gruesas con gradación normal, pasan lateralmente a conglomerados matriz sostén (Foto N° 5). En la base de la formación se presenta también este conglomerado pero constituyendo un estrato granodecreciente con estratificación paralela. El espesor de esta facies es de 3 m aproximadamente, medidos en el perfil BB` (Fig. N° 6).

Considerando las características texturales y la geometría que presentan los conglomerados, se infiere que durante el transporte del material no hubo selección de los mismos, ya que la corriente llevaba el material grueso y fino juntos.

Al no existir selección del material, la base de los estratos es curva no erosiva, o sea que rellena la topografía preexistente, y además en algunos sectores se presenta una cierta gradación de los clastos y algo de estratificación paralela (Foto N° 4), puede considerarse que estas facies fueron originadas por un proceso de debris flow.

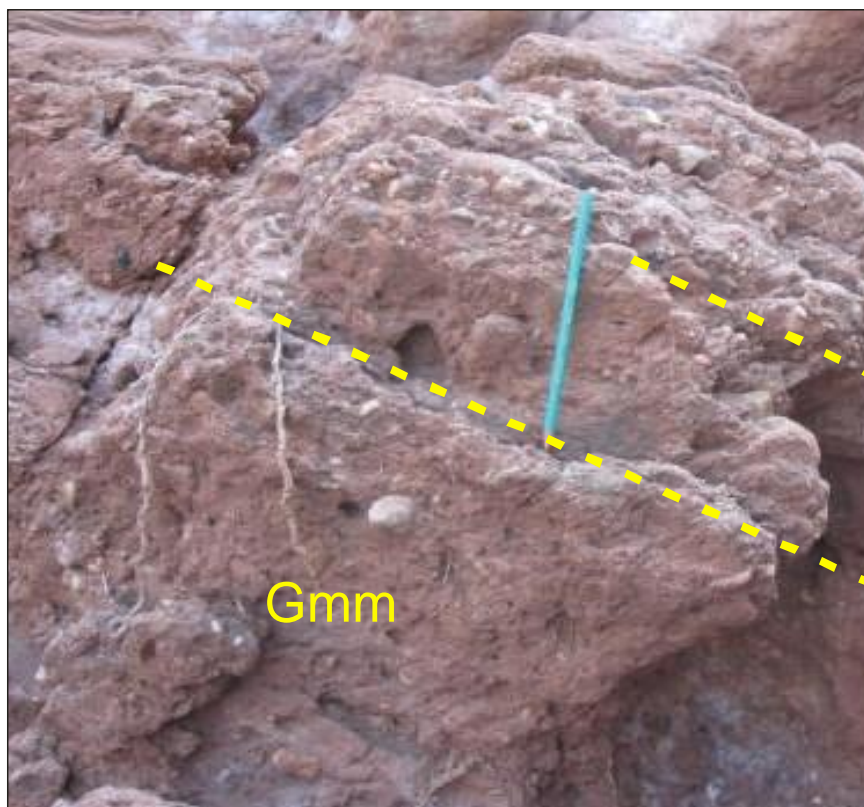


Foto N° 4: Gmm Conglomerado matriz sostén, detalle del tamaño de clasto. Perfil CC`

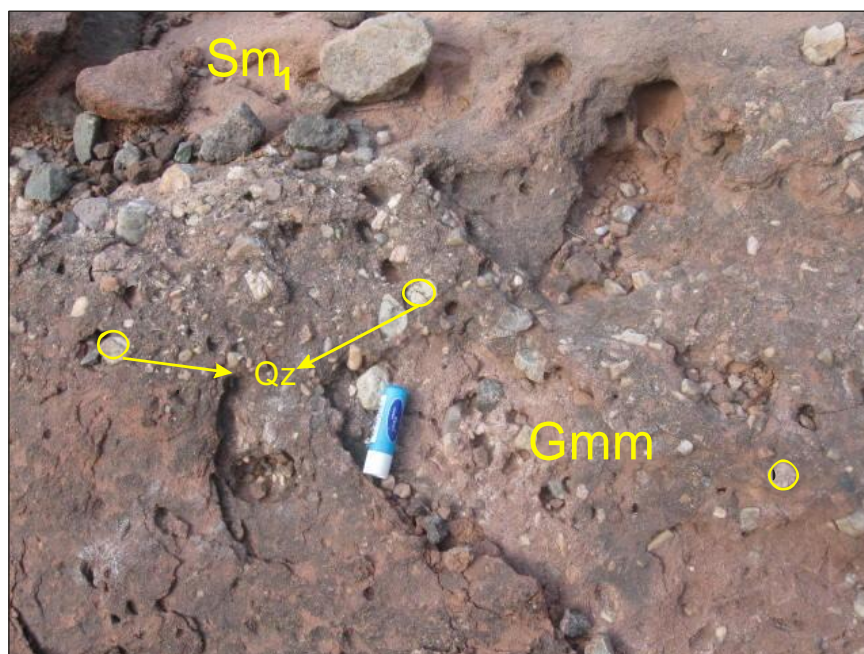


Foto N° 5: Gmm Conglomerado matriz sostén, con clastos de cuarzo. Perfil BB´.

Facies Arenosas

2) Ss: Arenisca muy Gruesa a conglomerádica

La facies cuyo tamaño de clastos es arena gruesa a muy gruesa (0.5 a 2 mm) posee un color pardo rojizo claro (10 R 5/4), la composición de los clastos es predominantemente cuarzo con formas subredondeadas a subangulosas. La selección varía de buena a mala dependiendo de la sección que se considere. Posee una estructura masiva y geometría lenticular por lo tanto se observó una base curva-no erosiva. Su espesor varía de 30 cm a 4 m.

Las areniscas gruesas conglomerádicas presentan una geometría lenticular, que varía de tamaño a lo largo del perfil. En algunos sectores se encuentra asociada a capas de areniscas medias masivas (Sm₂).

Dado que esta facies (Ss) de areniscas gruesas poseen una geometría lenticular, se puede inferir una depositación rápida de la carga de lecho poco seleccionada en canales amplios y poco profundos. Provocando la erosión y relleno del cauce (corte y relleno).

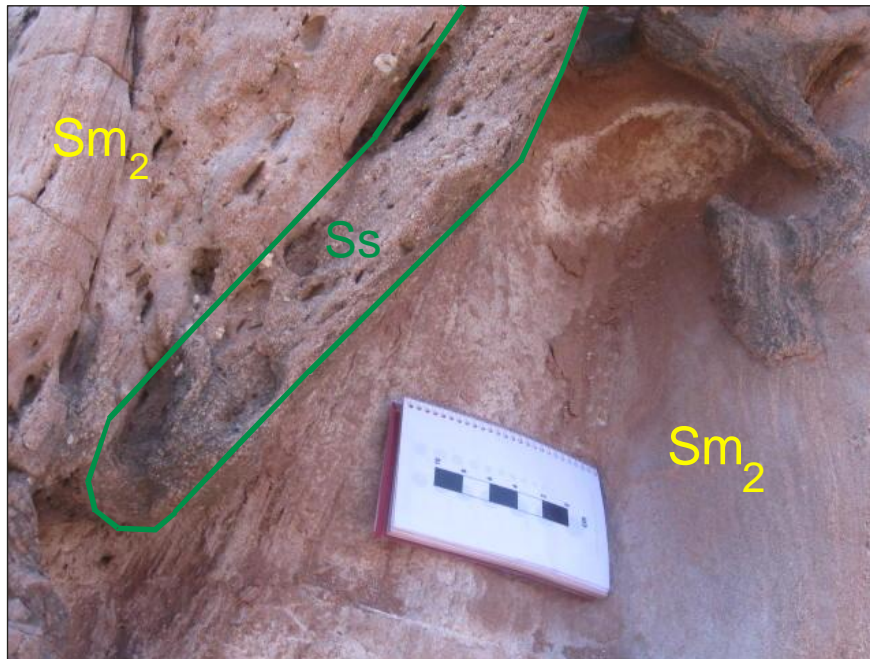


Foto N° 6: Ss Arenisca gruesa conglomerádica, con geometría lenticular. Perfil CC`

3) Sm_1 : Arenisca Gruesa a Media con Estratificación Plano Paralela (Muestra N° 12 y 7)

El color de la facies es naranja rojizo moderado (10 R 6/6) y corresponde a una arenisca gruesa a media (0.25 a 1 mm), cuyos clastos son subredondeados, compuestos principalmente por cuarzo. La selección es de buena a mala, porque en algunos sectores se presentan clastos aislados. Ciertos estratos poseen una gradación normal. La facies tiene estratificación plano paralela con una geometría externa marcadamente tabular, de base erosiva. Posee un espesor total de 9 metros, en conjunto.

Observaciones: Niveles de clastos de cuarzo y otros metamórficos, de tamaños variables, sin orientación en algunos sectores. En la foto N° 7 se observa una alineación de clastos de cuarzo en la base del estrato.

Debido a las características texturales, y a su geometría tabular, se considera que estas facies se depositaron como arroyadas mantiformes. Esta facies fue originada por flujos gravitatorios sedimentarios, provenientes de slide de una ribera.



Foto N° 7: Sm_1 Arenisca Gruesa, detalle de la estratificación paralela y alineación de los clastos. Perfil AA´

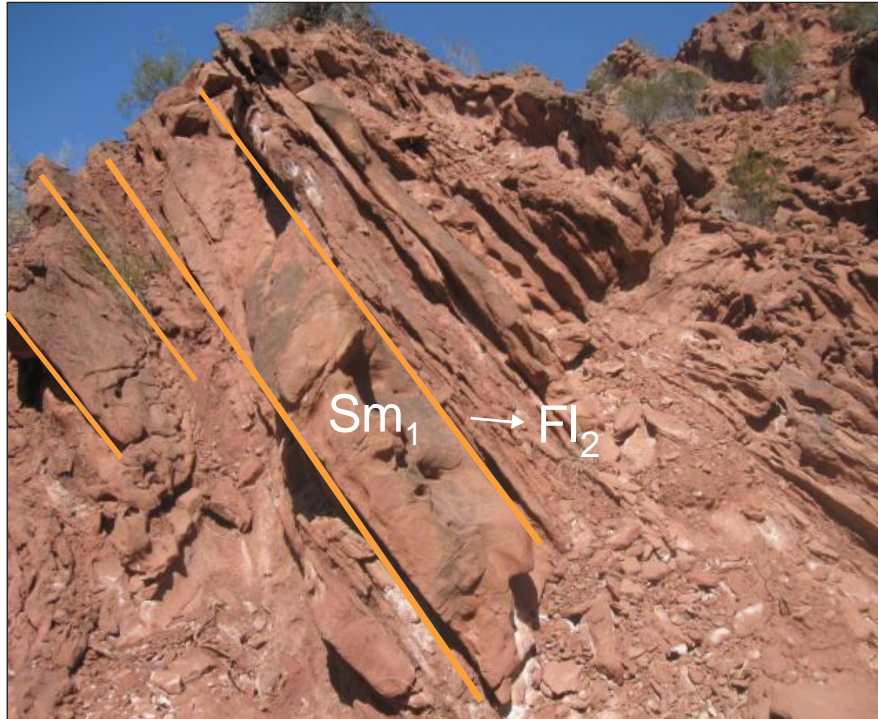


Foto N° 8: Estratos de areniscas medias (Sm_1) alternadas con pelitas laminadas (Fl_2). Perfil CC´.

4) Sm_2 : Arenisca Media Masiva (Muestra N° 7).

Presenta color naranja rojizo moderado (10 R 6/6) corresponde a una arenisca media (0.25 a 0.5 mm) con clastos compuestos principalmente por cuarzo y subordinadamente algunas micas. Posee selección mala, sin estructura interna, de aspecto masivo y base erosiva. En el perfil AA´ se presenta una alternancia de 10 m de areniscas medias masivas (Sm_2) y limos rojizos laminados (Fl).

Debido a las características texturales se puede considerar que la secuencia es producto de un bajo régimen de flujo y depositada como arroyadas mantiformes, a partir de un flujo gravitatorio sedimentario.

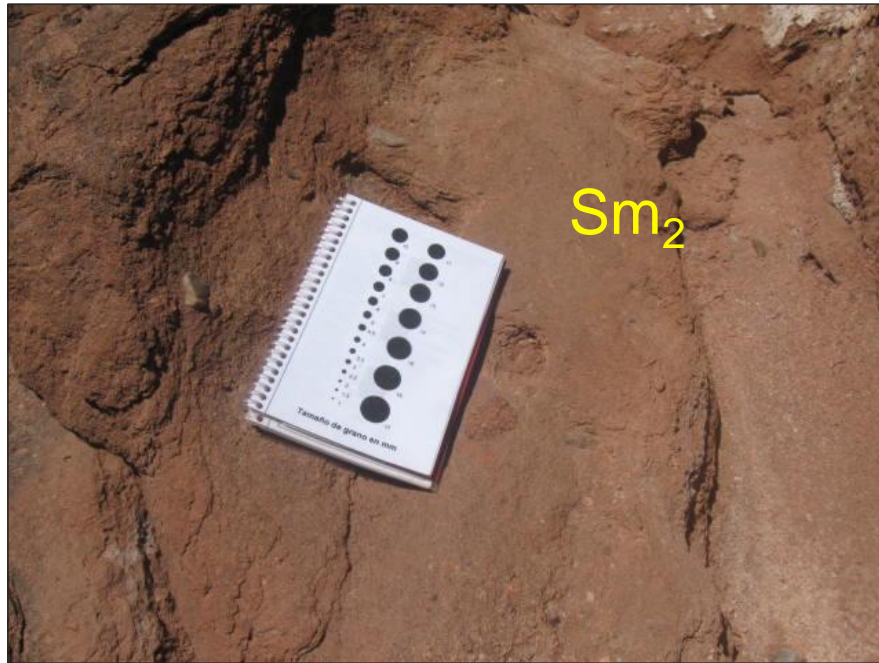


Foto N° 9: Sm₂ Detalle de areniscas medias masivas. Perfil CC'.

5) Sr: Arenisca Media con laminación paralela y ondulítica (Muestra N° 8)

Presenta un color pardo rojizo claro (10 R 5/4), corresponde a una arenisca media (0.25 a 0.5 mm), con buena selección, estratificación plano paralela, con estratos de 20 cm aproximadamente. Posee una estructura interna con laminación paralela y ondulítica. La geometría es tabular e integra una sucesión con una potencia total de 20 metros.

Observación: La facies presenta lentes de areniscas conglomerádicas y en algunos sectores alternancia con limos.

La facies Sr se puede interpretar como producto de un mecanismo tractivo de bajo régimen de flujo de corrientes fluídas y turbulentas. Además las ondulitas son asimétricas por lo tanto indican la acción de flujos unidireccionales.

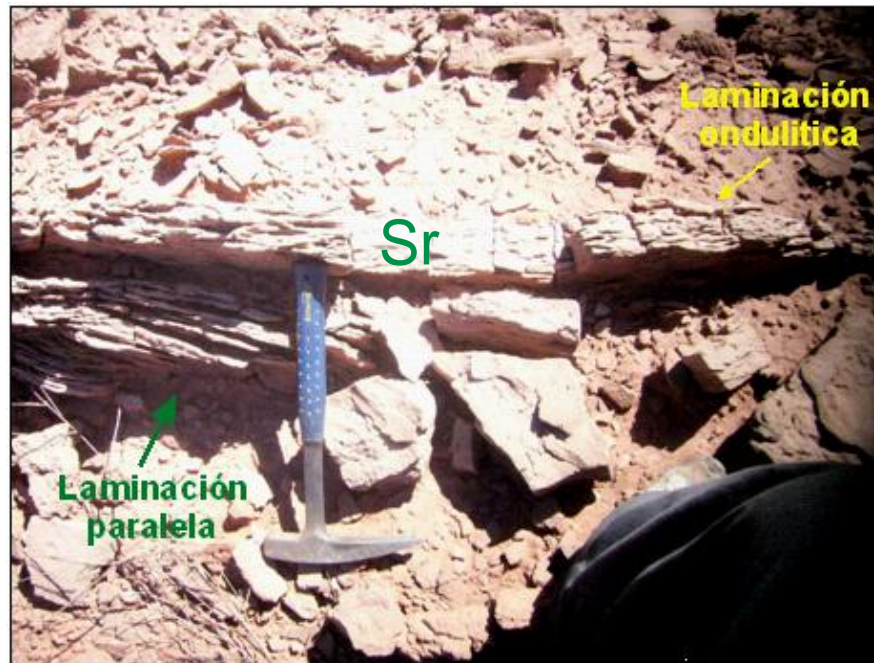


Foto N° 10: Sr arenisca con laminación paralela y ondulítica. Perfil AA`.

6) Sp: Arenisca Media a Fina con entrecruzamiento planar de alto ángulo (Muestra N° 20)

Presenta color naranja rojizo moderado (10 R 6/6), el tamaño de los clastos es arena fina a media (0.125 a 0.5 mm), predominando la forma subredondeada de los mismos, y compuestos casi en su totalidad por cuarzo, posee una buena selección. La estructura corresponde a una estratificación entrecruzada planar de alto ángulo, y presenta como estructura interna una fina laminación paralela. Posee geometría tabular con base erosiva. El espesor total del grupo de estas areniscas es de 30 metros aproximadamente (Perfil CC`).

Observaciones: Estratos de 1 m de espesor de areniscas media a finas con entrecruzamiento planar de alto ángulo intercaladas con niveles de areniscas medias masivas (Sm₂) de 30 cm de espesor.

Teniendo en cuenta las características texturales y las estructuras que presenta, esta facies se depositó bajo condiciones de alta energía dominadas por la acción eólica.



Fotos N° 11 y 12: Sp Areniscas con estratificación entrecruzada de alto ángulo. Perfil BB`.

7) Fl₁: Arenisca Fina a muy fina con laminación paralela

Presenta un color pardo rojizo claro (10 R 5/4), está compuesta por areniscas finas a muy finas (0.25 a 0.0625 mm). Poseen buena selección, tienen geometría tabular pero en el campo es complicado determinar el espesor de los estratos. Presentan como estructura interna laminación paralela. La sucesión tiene una potencia total de 8 metros.

Observaciones: Las areniscas finas laminadas (Fl₁) generalmente en el perfil BB` se encuentran asociadas a depósitos pelíticos y evaporíticos. Las areniscas poseen nódulos de yeso y finas laminillas de yeso, posiblemente paralelas a la estratificación.

A partir de las características texturales de la secuencia y su asociación con depósitos pelíticos y evaporíticos se puede interpretar que estas arenas fueron depositadas por mecanismos de tracción de bajo régimen de flujo.

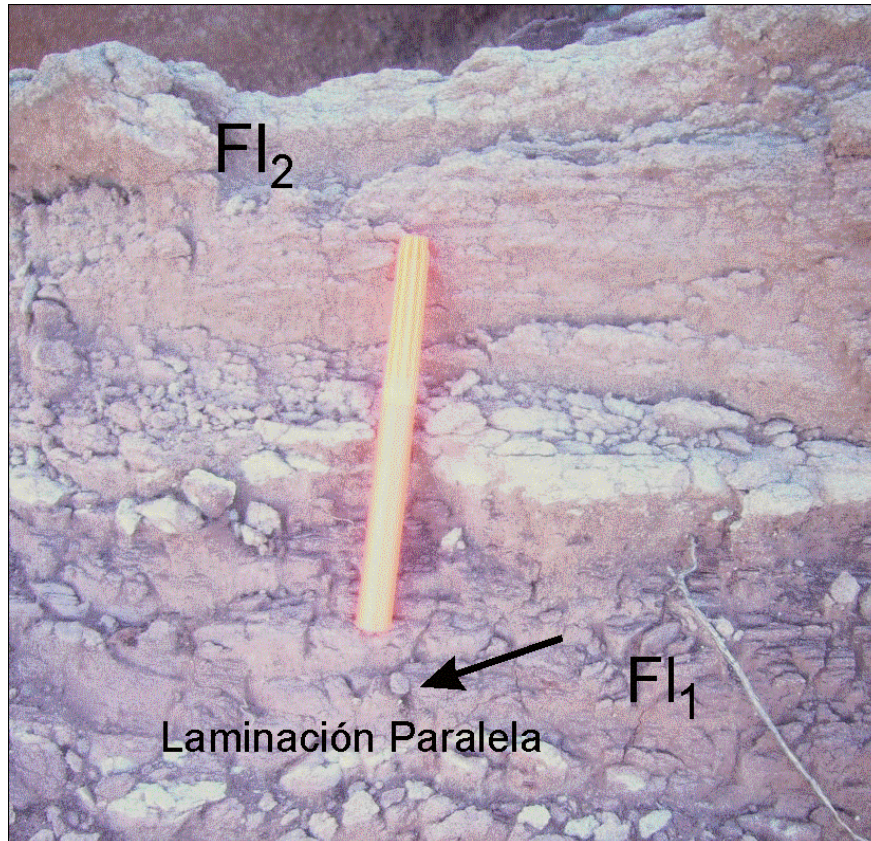


Foto N°13: Fl₁ Arenisca limosa con laminación paralela. Perfil AA`.

Facies Pelíticas

8) Fl₂: Pelitas laminadas

Las pelitas laminadas poseen una variedad de tonalidades desde blanquecinas, verdosas, amarillentas y borraVino. Su selección es buena y la geometría de las capas es tabular, en todos los sectores que afloran. El mayor espesor del paquete de pelitas es de 9 m.

Observaciones: Hacia el techo de la Formación Ciénaga del Río Huaco las facies pelíticas se asocian con facies de areniscas finas a medias de distintas tonalidades. Se observó que hacia el sur los depósitos aumentan en espesor variando desde 12 m en el perfil AA` hasta llegar a un espesor de 30 m en el perfil CC`.

Por sus características texturales, se interpreta que la facies de pelitas laminadas (Fl₂), fueron transportadas en suspensión, con un mecanismo de

sedimentación normal o verdadera y depositadas bajo un régimen de flujo bajo y corrientes fluidas, no turbulentas.

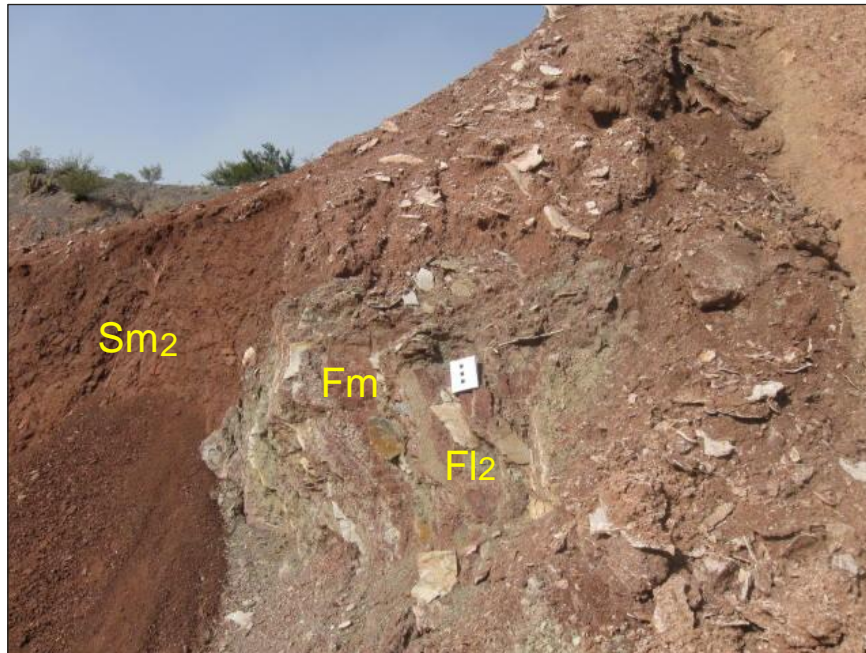


Foto N° 14: Fl₂ Pelitas laminadas con distintos colores. Perfil CC'.

9) Fm: Pelitas Masivas

Las facies de pelitas masivas presentan colores gris amarillentos (5 Y 8/1) a color borraVino que se disponen alternadamente. No presentan estructura interna visible, por lo tanto se las considera masivas. Conforman un espesor total de 14 metros, formando bancos de 1 metro de espesor aproximadamente. Los bancos poseen base erosiva.

Observaciones: Las facies de pelitas masivas (Fm) se asocian a facies de areniscas finas a muy finas (Fl₁), a pelitas laminadas (Fl₂) y a facies evaporíticas.

La gran variedad de tonalidades de estos depósitos, se debe a que las condiciones de distinto Ph del agua que dio origen a la sucesión fueron cambiando durante el tiempo. Los colores más oscuros como rojos a borraVino pueden deberse a que los fluídos contenían mucho hierro en solución, para los colores más claros verdes amarillentos y grises se deben a un mayor contenido en sílice.

Esta facies se depositó a partir de suspensiones de flujos con bajo régimen de flujo. La ausencia de estructuras sedimentarias internas puede deberse a bioturbación.



Foto N° 15: Fm Pelitas masivas, de varias tonalidades. Perfil AA´

Facies Evaporíticas

10) Evaporitas Laminadas

Las evaporitas laminadas son de color blanco, poseen láminas de 1 cm de espesor aproximadamente.

Observaciones: Los depósitos evaporíticos se alternan con depósitos pelíticos. Las láminas de yeso se presentan horizontales y perpendiculares, con respecto a la estratificación. En algunos sectores las láminas de yeso cortan perpendicularmente a los estratos. Hacia el norte (Perfil CC`) se observó un aumento en la cantidad de depósitos evaporíticos, como así también en el espesor de las venillas de yeso.

Estas láminas se formaron y depositaron a partir de la evaporación de un sistema lacustre, durante períodos de aridez, sin llegar a ser extrema.

En la foto N° 16 se puede observar la intercalación de depósitos pelíticos y evaporíticos. Esto evidencia distintos ciclos de sedimentación detrítica y evaporítica que tuvo lugar en la cuenca cretácica.

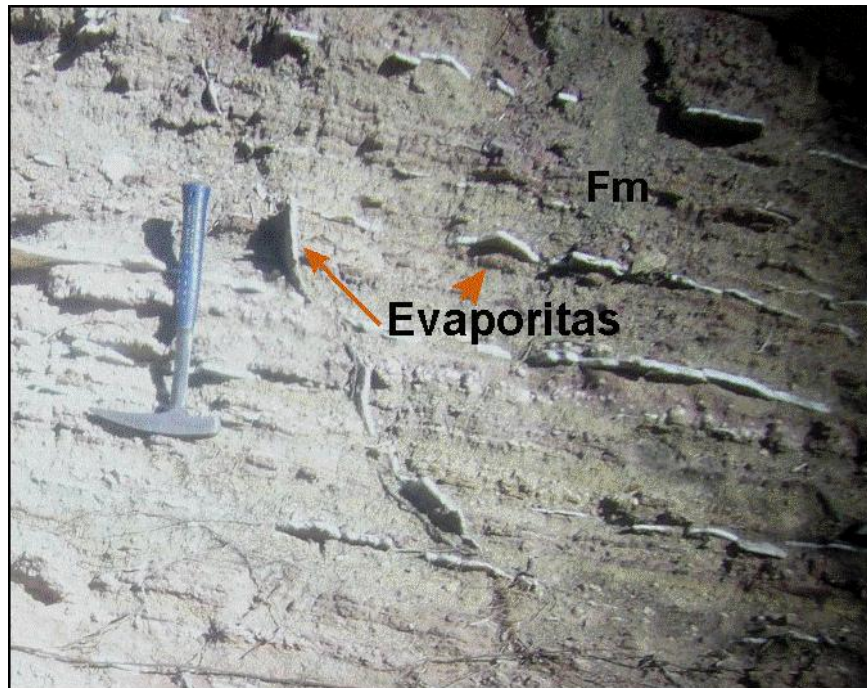


Foto N° 16: Evaporitas laminares.

11) Evaporitas Nodulares

Las evaporitas nodulares poseen color blanco, los estratos poseen nódulos del orden del centímetro. Las evaporitas constituyen un total de 6 m.

Observaciones: Los nódulos de evaporitas (yeso y anhidrita), se presentan intercaladas con yeso laminar y depósitos pelíticos. Los nódulos se disponen en pelitas y areniscas finas formando polígonos de 5 cm de espesor aproximadamente.

Estos nódulos se originaron a partir de una evaporación extensa que da lugar a grietas de desecación, que luego son rellenadas y precipitadas por soluciones ricas en sulfato, dando origen a los depósitos evaporíticos (yeso y anhidrita).



Foto N° 17: Detalle de evaporitas nodulares

Facies Carbonáticas

12) Carbonatos

Esta facies está representada por un nivel de caliza micrítica terrígena descrita en el perfil BB`, ubicada dentro de areniscas medias con estratificación plano paralela (Sm₁). Esta facies presenta un color gris y 10 cm de espesor aproximadamente. Se considera que este nivel de caliza se depositó bajo condiciones de cese de sedimentación detrítica, que dio lugar a la precipitación de carbonatos.

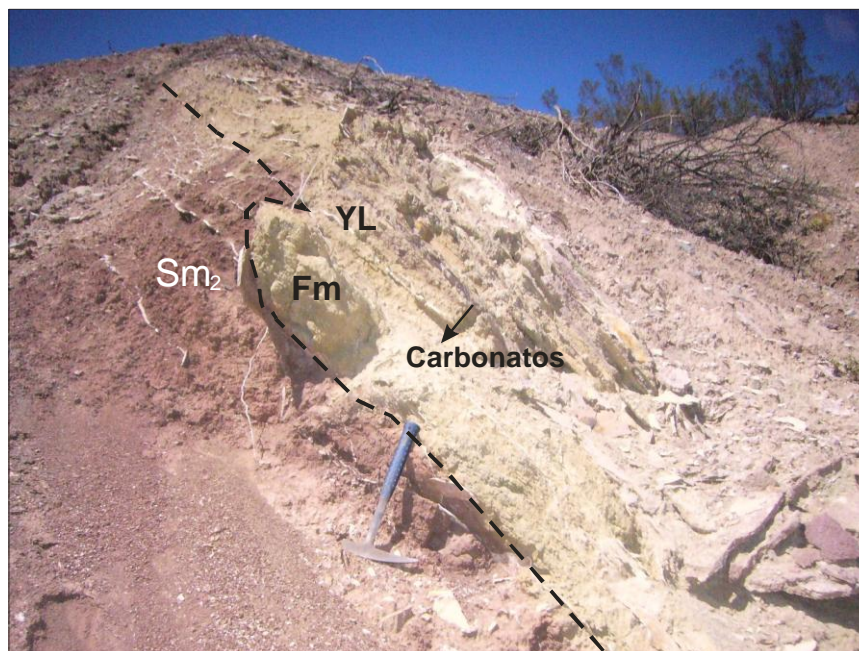


Foto N° 18: Facies carbonáticas, detalle del nivel de calizas. YL: Yeso Laminar. Perfil CC`

V.3 Descripción de columnas litoestratigráficas de rocas sedimentarias

En la zona de estudio al norte del río Huaco, se trazaron 4 perfiles sedimentológicos, incluyendo un perfil de detalle de pelitas. El perfil AA` (*Fig. N° 4 y 5*) abarcó un total de 77 metros, se describió siguiendo una orientación NE-SW, el perfil BB` (*Fig. N° 4 y 6*) tiene un espesor total de 74,2 metros con una orientación SE-NW, ambos se representaron a una escala 1:125. El perfil sedimentológico CC` (*Fig. N° 4 y 7*) representado a una escala 1:200, posee un espesor total aproximado de 113,5 metros de SE a NW. Además se confeccionó un perfil de detalle de pelitas a una escala 1:750 (*Fig. N° 8*), con un espesor de 1,67 metros.

A lo largo de los perfiles se determinaron en forma amplia, 4 secciones, la primera sección ubicada en la base de la Formación Ciénaga del Río Huaco, está compuesta por material grueso, caracterizada por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas gruesas, que presentan generalmente tonalidades rojizas, estratificación plano paralela, formando estratos con geometría tabular, y de base erosiva-irregular, presentan selección media. Posee clastos, medianamente seleccionados, compuestos principalmente por cuarzo, calizas y algunas vulcanitas, con niveles orientados de clastos (perfil AA`). El mayor espesor que se midió de esta sección es de 10 metros aproximadamente en el perfil BB` (*Fig. N° 6*).

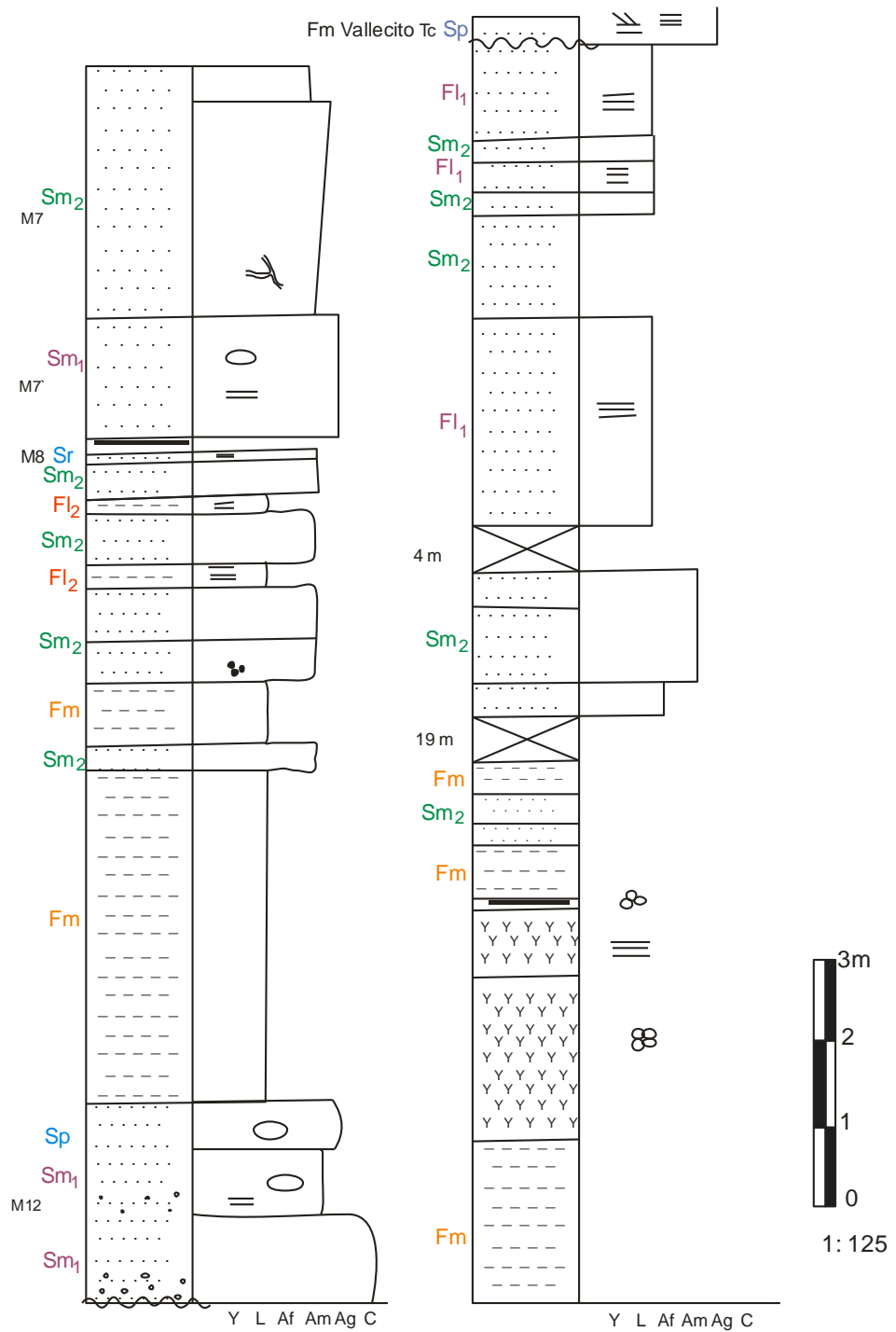
La segunda sección está caracterizada por areniscas medias masivas (Sm₂) y en algunos casos presentan una marcada estratificación plano paralela, con estratos de hasta 1,5 m de espesor. Posee de buena a mala selección, debido a que en ciertos sectores se observaron niveles de cuarzo aislados. En ciertos sectores de los perfiles se disponen lentes de areniscas conglomerádicas a gruesas, mientras que en otros las areniscas medias se alternan con pelitas masivas a laminadas.

La tercera sección compuesta principalmente por areniscas medias a finas presenta estratificación entrecruzada de alto ángulo, y como estructura interna laminación paralela y ondulítica. Posee buena selección, base erosiva y su espesor varía a lo largo de los perfiles, conformando pequeños estratos de 50 cm en el perfil AA`, aumentando hacia el norte, en el perfil CC`, hasta unos 30 m de espesor. Se observó en el perfil BB` una

intercalación con areniscas gruesas masivas, y en el perfil CC` clastos alineados en la base de los estratos formando una estratificación de clastos.

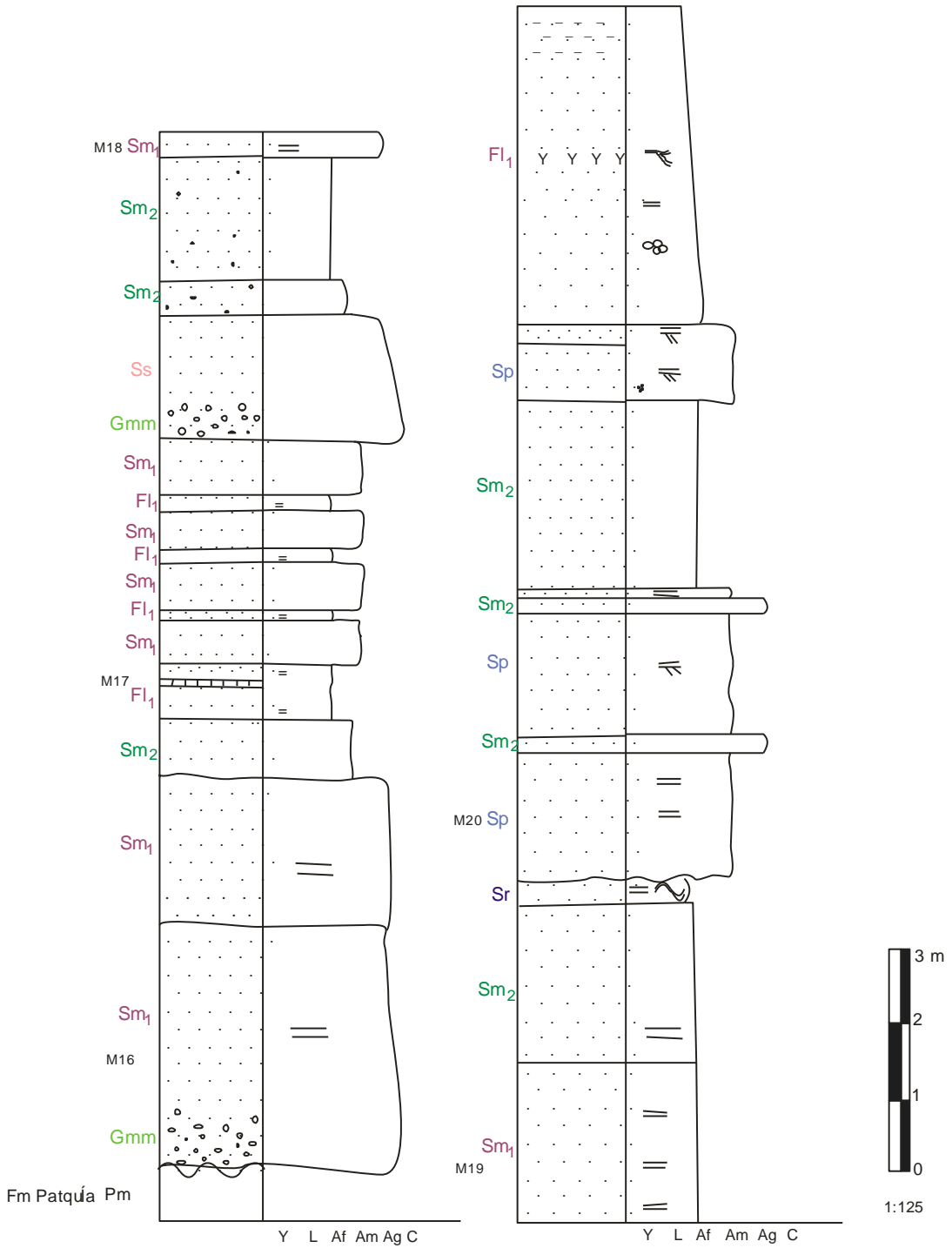
La cuarta sección formada por pelitas masivas y laminadas de varias tonalidades, desde blanquecinas, amarillentas, verdosas a rojizas borraño, intercaladas con depósitos evaporíticos principalmente. yeso dispuesto en láminas, nódulos o conformando polígonos de varios centímetros. Hacia el techo de la Formación Ciénaga del Río Huaco las pelitas se encuentran intercaladas con areniscas finas a muy finas con tonalidades rojizas. En el perfil CC` se midió un espesor total de 30 m de la sección.

Figura N° 5: Columna Litoestratigráfica- Perfil AA'



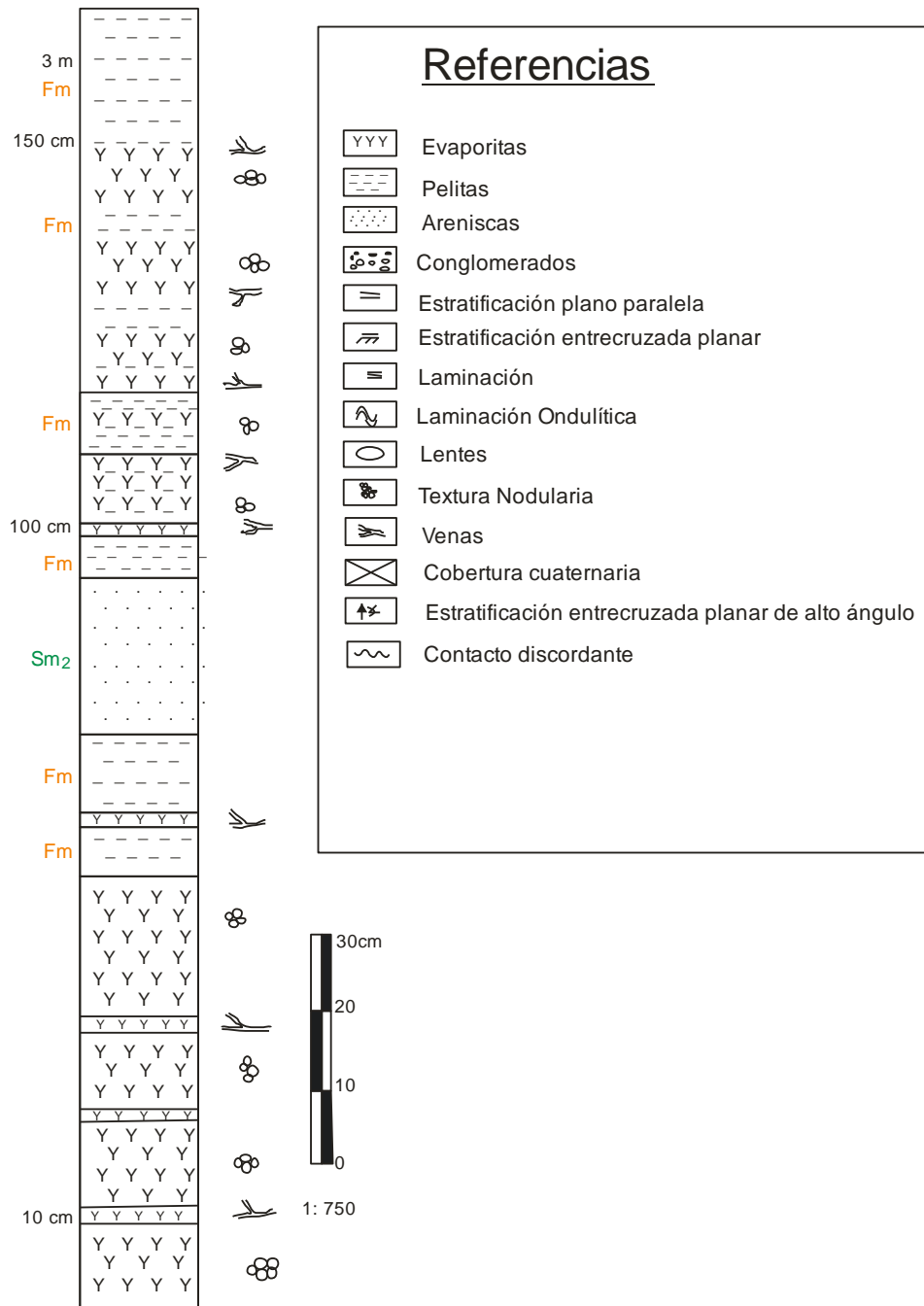
Referencias Página 52

Figura N° 6: Columna Litoestratigráfica- Perfil BB'



Referencias Página 52

Figura N° 8: Columna de detalle de Pelitas - Perfil BB`



V.4 Descripción y clasificación petrográfica de muestras de la Formación Ciénaga del Rio Huaco

Se realizó un muestreo selectivo de rocas psamíticas, basándose en el cambio de facies, con el objetivo de analizar, a partir de cortes petrográficos, las características texturales y la composición de las mismas, para poder determinar posibles áreas de procedencia de sedimentos y configurar un modelo paleoambiental.

Definición y clasificación de areniscas

Las areniscas son rocas sedimentarias cuyo tamaño varía de 0.0625 mm para arenas muy finas a 2 mm para arenas muy gruesas. En la clasificación textural de rocas epiclásticas de Udden-Wentworth se puede observar los tamaños de los agregados consolidados, nomenclatura aplicada en este trabajo.

Tamaño (mm)	Agregado suelto	Agregado consolidado	
>256	Aglomerado	Aglomerado	PSEFITAS
64 16 4 2 1	Gruesa <i>Grava</i> Mediana Fina	Grueso <i>Conglomerado</i> Mediano Fino	
0,5 0,25 0,125 0,062 0,004	Sábulo	Sabulita	
	Muy gruesa Gruesa <i>Arena</i> Mediana Fina Muy fina	Muy gruesa Gruesa <i>Arenisca</i> Mediana Fina Muy fina	
	<i>Limo</i> <i>Arcilla</i>	<i>Limolita</i> <i>Arcilita</i>	PELITAS

Cuadro N° 4: Clasificación textural de rocas epiclásticas (Udden-Wentworth)

El análisis macroscópico de las muestras se basó en determinar las características texturales de las rocas considerando: el color, usando el Código de colores de Münsell y el tamaño de los clastos. A nivel microscópico se determinó la selección de la muestra, las relaciones entre clastos, matriz y cemento, las formas y contactos entre clastos, (Powers., 1953 & Krumbein & Sloss, 1955), como así también la composición de los clastos, para luego clasificarlas según Dott modificado por Pettijohn (1972) y según Folk (1980)

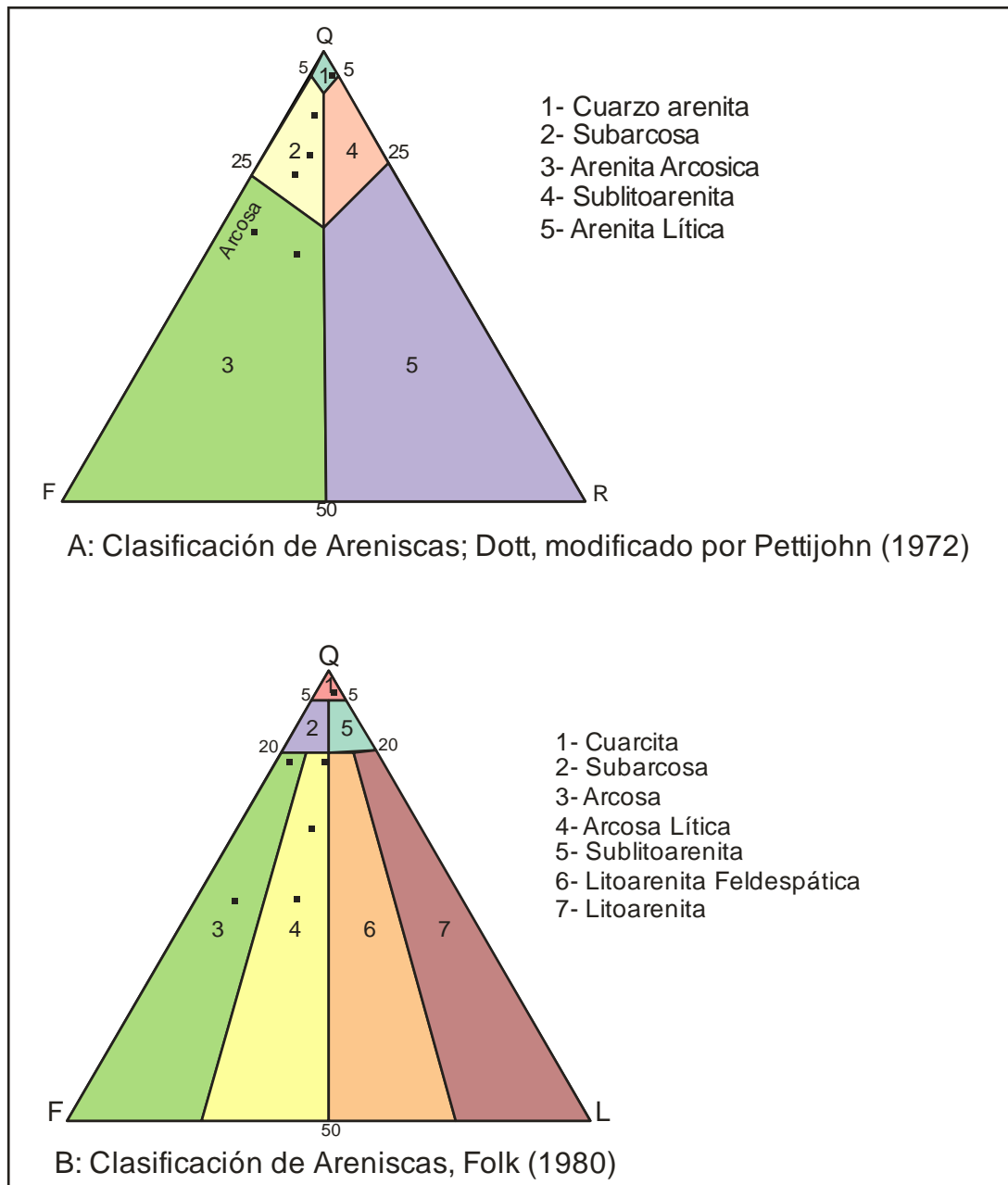


Figura N° 9: Clasificación de areniscas según: Pettijohn (1972), A y según Folk (1980), B.

Como característica general se puede observar que la mayoría de las muestras posee menos del 15% de matriz, y clastos compuestos principalmente por cuarzo (microcristalino o policristalino) acompañado por feldespatos potásicos, plagioclasas, y fragmentos líticos.

Muestra N° 7`

Descripción Macroscópica

Color: **10 R 6/6 Naranja Rojizo Moderado**

Tamaño de los Clastos: **Arena fina (0.125 a 0.5 mm)**

Composición de los Clastos: **Cuarzo, algunas micas**

Descripción Microscópica

Tamaño de los Clastos: **Predomina 0.15 a 0.20 mm**

Forma de los Clastos: **Generalmente subangulosos, algunos subredondeados**

Selección: **Mala** Clastos: 70%

Cemento: 25% Carbonático

Matriz: 5%

Composición de los Clastos: **Cuarzo: 50%** (Monocristalino: 60% Policristalino: 40%)

Feldespato: 40%

Otros: 10% micas, fragmentos de volcanitas ácidas y opacos

Contacto entre Clastos: **Aislados: 60%**

Puntuales: 30%

Longitudinales: 10%

Observaciones: Los clastos de feldespatos presentan alteración sericítica, y maclas polisintética y de Carsbald

Clasificación de Pettijohn: **Arcosa**

Clasificación de Folk: **Arcosa**

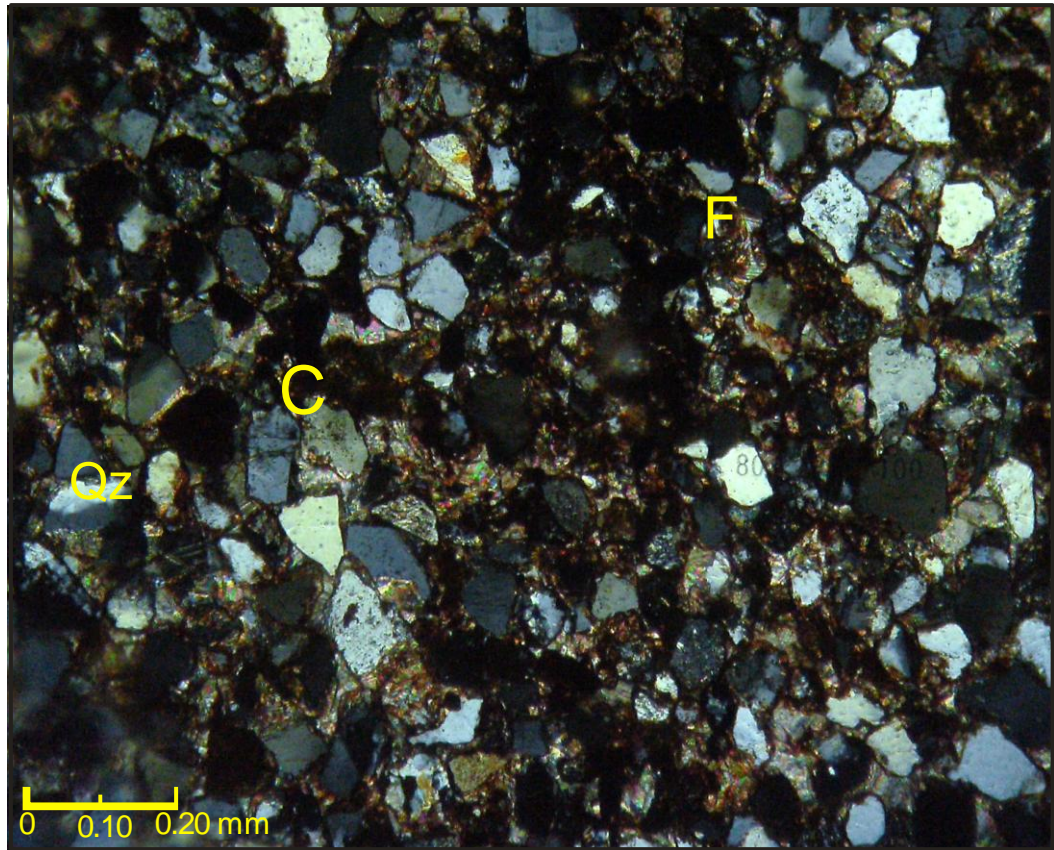


Foto N° 19: Clastos de cuarzo (Qz) y feldspatos (F), con cemento carbonático (C). Nícoles cruzados. Aumento del microscopio de polarización, 10 X.

Muestra N° 8

Descripción Macroscópica

Color: 10 R 5/4 Pardo Rojizo Claro

Tamaño de los Clastos: Arena muy fina a fina (0.0625 a 0.25 mm)

Composición de los Clastos: Cuarzo

Descripción Microscópica

Tamaño de los Clastos: Predomina 0.05 a 0.10 mm y 0.15 a 0.20 mm

Forma de los Clastos: Subangulosos 20%, Subredondeados 80%

Selección: Moderadamente buena Clastos: 80%

Cemento: 15% Carbonático

Matriz: 5%

Composición de los Clastos: Cuarzo: 95% (Monocristalino: 80% Policristalino: 20%)

Feldespato: 3%

Otros: 2% micas

Contacto entre Clastos: **Aislados:** 20%

Puntuales: 40%

Longitudinales: 40%

Observaciones: Los clastos de feldspatos presentan alteración sericítica, y maclas polisintética y de microclino. Roca laminada, donde cada lámina está bien seleccionada pero el tamaño de los clastos varía en cada lámina (cambio granulométrico)

1) Lámina 1: 0.10 a 0.15 mm, contactos aislados:70% puntuales:20% long: 10%

2) Lámina 2: 0.08 a 0.05 mm, contactos aislados:30% puntuales: 50% long: 20%

Clasificación Pettijohn: **Arenita cuarzosa**

Clasificación de Folk: **Cuarcita**

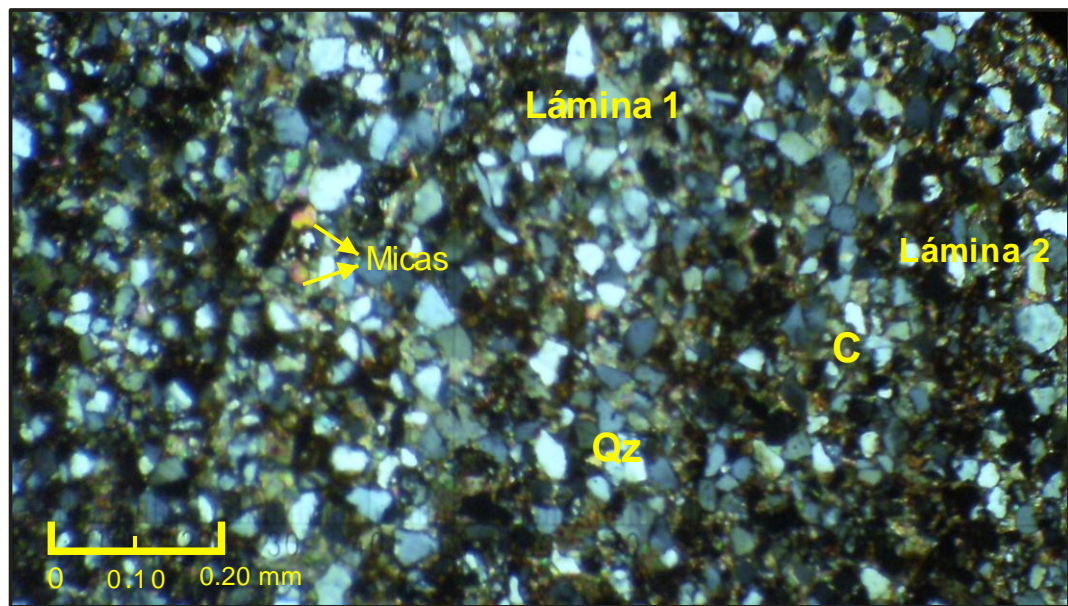


Foto N° 20: Se observan las láminas con buena selección y los clastos de cuarzo (Qz) Nícoles cruzados. Aumento 10 X.

Muestra N° 12

Descripción Macroscópica

Color: **10 R 6/6 Naranja Rojizo Moderado**

Tamaño de los Clastos: **Arena media a gruesa (0.25 a 1 mm)**

Composición de los Clastos: **Cuarzo**

Descripción Microscópica

Tamaño de los Clastos: **Predomina 0.20 a 0.40 mm: 70%**

0.50 a 0.80 mm: 30%

Forma de los Clastos: **Subangulosos, Subredondeados**

Selección: **Mala** Clastos: 70%

Cemento: 15% Carbonático

Matriz: 10 al 15%

Composición de los Clastos: **Cuarzo: 70%** (Monocristalino: 60% Policristalino: 40%)

Feldespato: 20%

Otros: 10% micas, clastos de esquistos de 0.5 mm

Contacto entre Clastos: **Aislados: 10%**

Puntuales: 80%

Longitudinales: 10%

Observaciones: Los clastos de feldespatos presentan maclas polisintéticas

Clasificación Pettijohn: **Subarcosa**

Clasificación de Folk: **Arcosa Lítica**

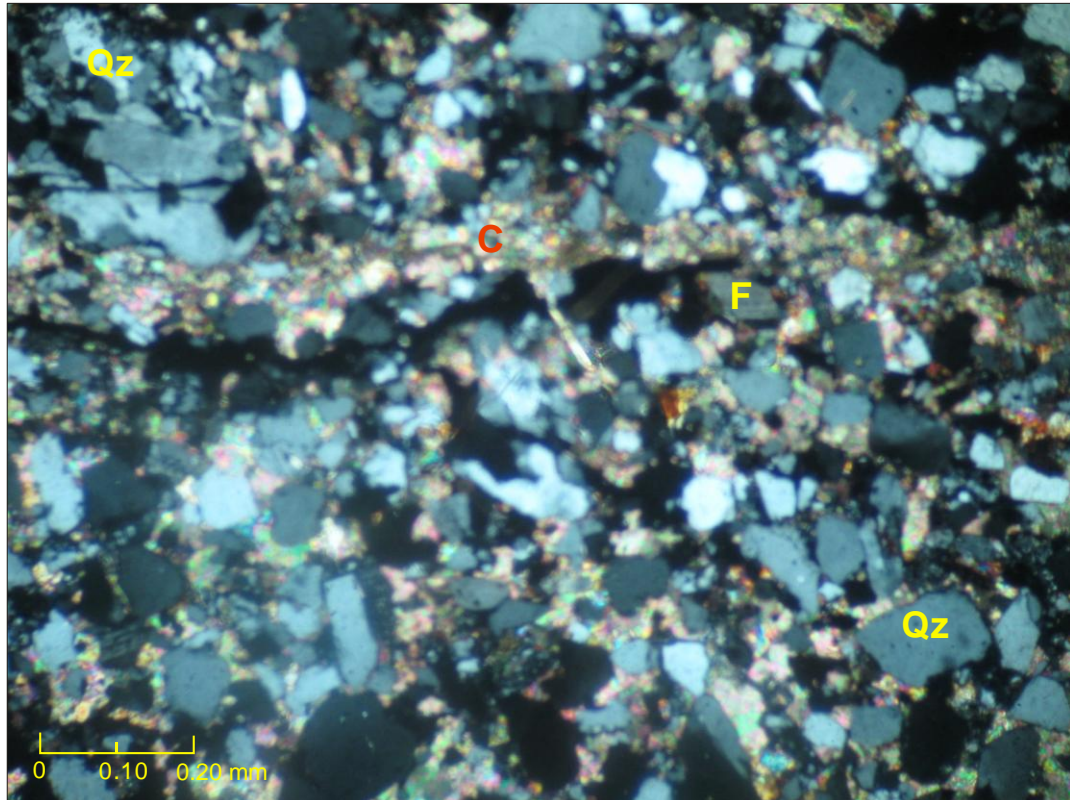


Foto N° 21: En el borde superior izquierdo se observa cuarzo Policristalino
 C: Cemento carbonático; F: feldespatos. Nícoles cruzados. Aumento 10 X.

Muestra N° 16

Descripción Macroscópica

Color: **10 R 5/4 Pardo Rojizo Claro**

Tamaño de los Clastos: **Arena media a gruesa (0.25 a 1 mm)**

Composición de los Clastos: **Cuarzo**

Descripción Microscópica

Tamaño de los Clastos: **Predomina 0.20 a 0.40 mm: 70%**

0.50 a 0.90 mm: 30%

Forma de los Clastos: **Subangulosos: 80%, Subredondeados: 20%**

Selección: **Mala** Clastos: 70%

Cemento: 20% Carbonático

Matriz: 10%

Composición de los Clastos: **Cuarzo: 50%** (Monocristalino: 60% Policristalino: 40%)

Feldespato: 30% (Feldespato Potásico: 70% Albita: 30%)

Otros: 20% Líticos

Contacto entre Clastos: **Aislados:** 50%

Puntuales: 40%

Longitudinales: 10%

Observaciones: Los clastos de feldspatos presentan maclas polisintéticas. La muestra presenta sectores con clastos sueltos, que flotan en el cemento, con bordes irregulares. Los líticos están formados por esquistos, donde sus minerales están orientados y presentan bordes bien definidos, sus tamaños varían de 0.2 a 0.9 mm. Son finos generalmente y en menos proporción gruesos.

Clasificación Pettijohn: **Arenita Arcósica** Clasificación de Folk: **Arcosa Lítica**

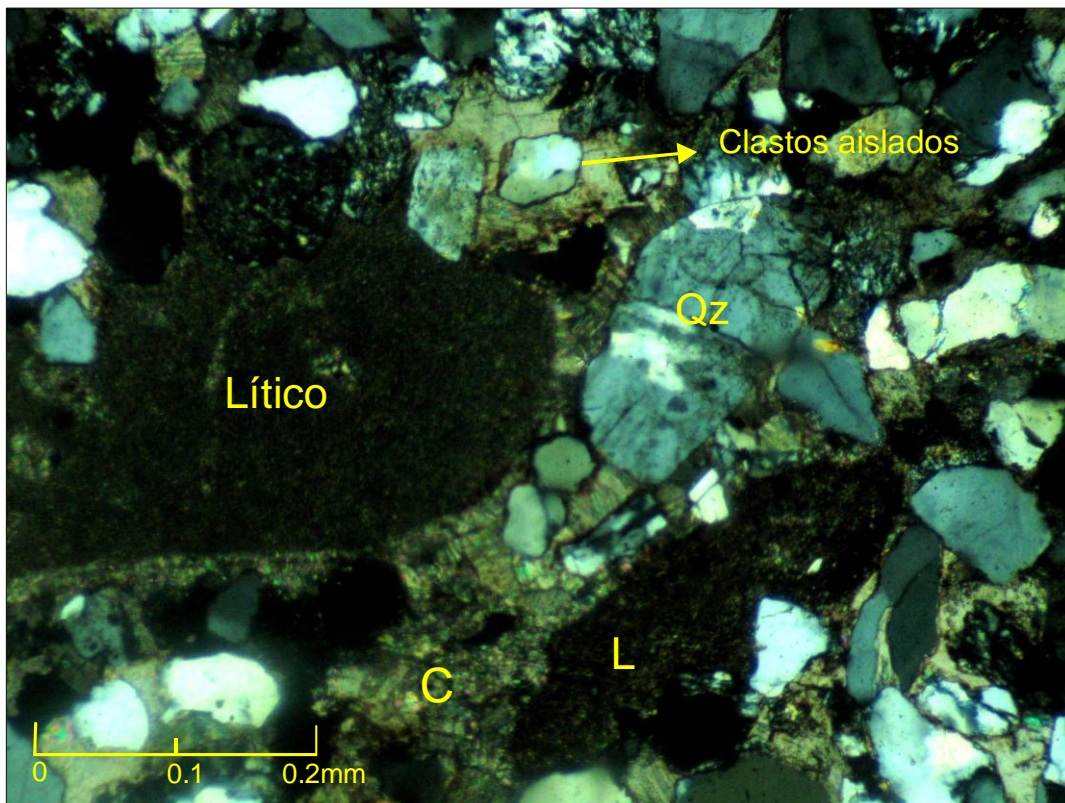


Foto N° 22: Clastos líticos (L), de cuarzo (Qz), se identifican clastos aislados. Nícoles cruzados. Aumento 10 X.

Muestra N° 17

Descripción Macroscópica

Color: Gris

Tamaño de los Clastos: Caliza microesparita terrígena

Descripción Microscópica

Tamaño de los Clastos: Microesparita 0.010 a 0.020 mm

Selección: Mala Clastos: 70%

Cemento: 20% Carbonático

Matriz: 10%

Composición de los Clastos: Cuarzo: 30% Policristalino

Feldespatos: 60%

Otros: 10% Micas

Contacto entre Clastos: Aislados: 100%

Clasificación: Caliza microesparita terrígena

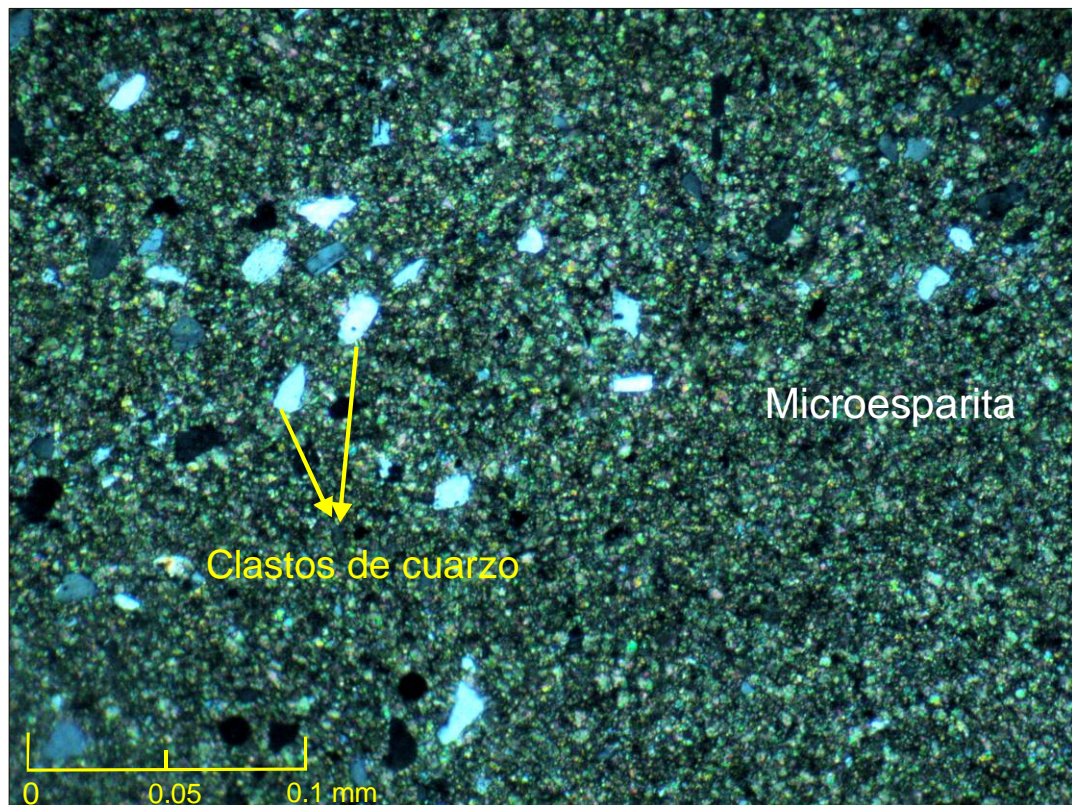


Foto N° 23: Microesparita, con clastos aislados de cuarzo. Nícoles cruzados. Aumento 10 X.

Muestra N° 18

Descripción Macroscópica

Color: 10 R 6/6 Naranja Rojizo Moderado

Tamaño de los Clastos: Arena gruesa (0.50 a 1 mm)

Composición de los Clastos: Cuarzo

Descripción Microscópica

Tamaño de los Clastos: Predomina 0.50 a 0.60 mm

0.30 a 0.40 mm

0.80 mm

Forma de los Clastos: Subangulosos: 10%, Subredondeados: 90%

Selección: Mala Clastos: 80%

Cemento: 15% Carbonático y ferruginoso

Matriz: 5%

Composición de los Clastos: Cuarzo: 80% (Monocristalino: 60% Policristalino: 40%)

Feldespato: 10%

Otros: 10% Líticos: micas y opacos

Contacto entre Clastos: Aislados: 80%

Puntuales: 15%

Longitudinales: 5%

Observaciones: Los clastos de feldespatos presentan maclas polisintéticas, Carabald y Microclino, y alteración sericítica. Se observan clastos de areniscas de más de 1 mm con clastos más pequeños de cuarzo. También clastos de calizas de 0.50 a 1 mm.

Clasificación Pettijohn: Subarcosa

Clasificación de Folk: Arcosa Lítica

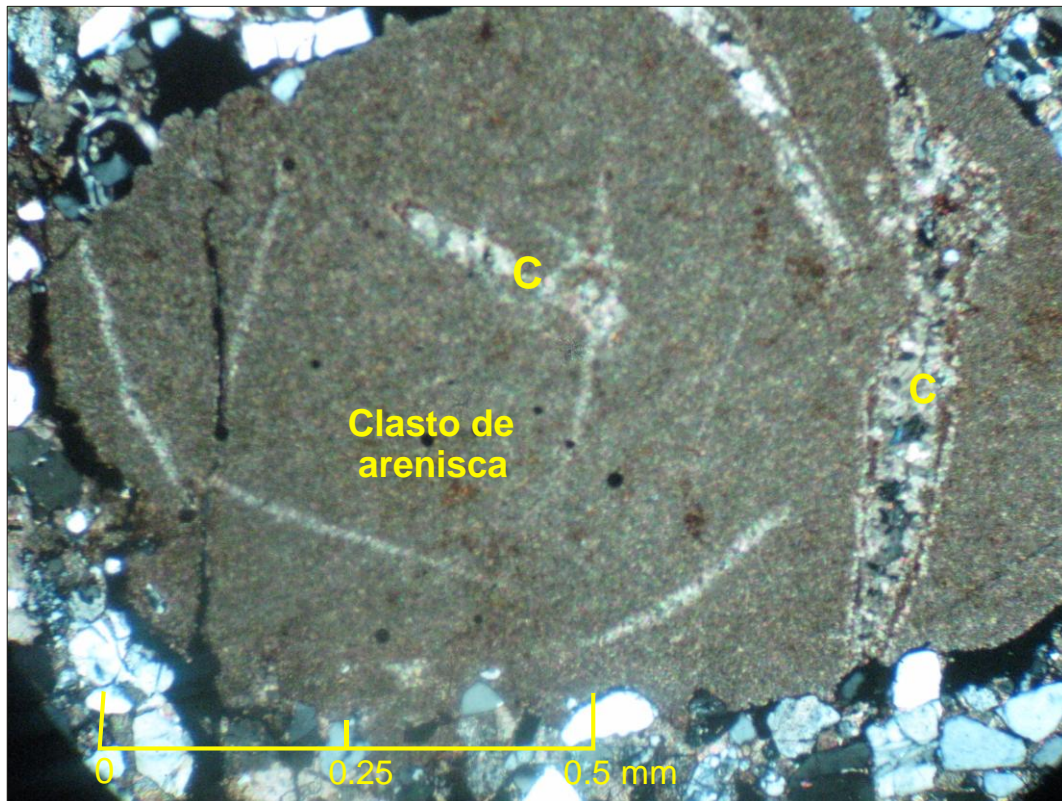


Foto N° 24: Clasto de arenisca con inclusiones de cemento carbonatico (C) y micas. Nicoles cruzados. Aumento 10 X.

Muestra N° 20

Descripción Macroscópica

Color: **5YR 6/4 Pardo Claro**

Tamaño de los Clastos: **Arena gruesa (0.50 a 1 mm)**

Composición de los Clastos: **Cuarzo**

Descripción Microscópica

Tamaño de los Clastos: **Predomina 0.50 a 0.60 mm: 80%**

0.20 a 0.40 mm: 20%

Forma de los Clastos: **Predomina Subredondeados**

Selección: **Mala** Clastos: 60%

Cemento: 30% Ferruginoso y Carbonatico

Matriz: 10%

Composición de los Clastos: **Cuarzo: 80%** (Monocristalino:30% Policristalino:70%)

Feldespato: 15% (Feldespato Potásico:80% plagioclasa:20%)

Otros: 5% Esquistos de 0.10 a 0.40 mm

Contacto entre Clastos: **Aislados:** 60%

Puntuales: 10%

Longitudinales: 30%

Observaciones: Los clastos de feldespatos presentan maclas polisintéticas, carsbald y alteración sericítica. Clastos de cuarzo presentan extinción ondulante, algunos fracturados y deformados, en uno de los clastos se observan vermes de cuarzo.

Clasificación Pettijohn: **Subarcosa**

Clasificación de Folk: **Arcosa**

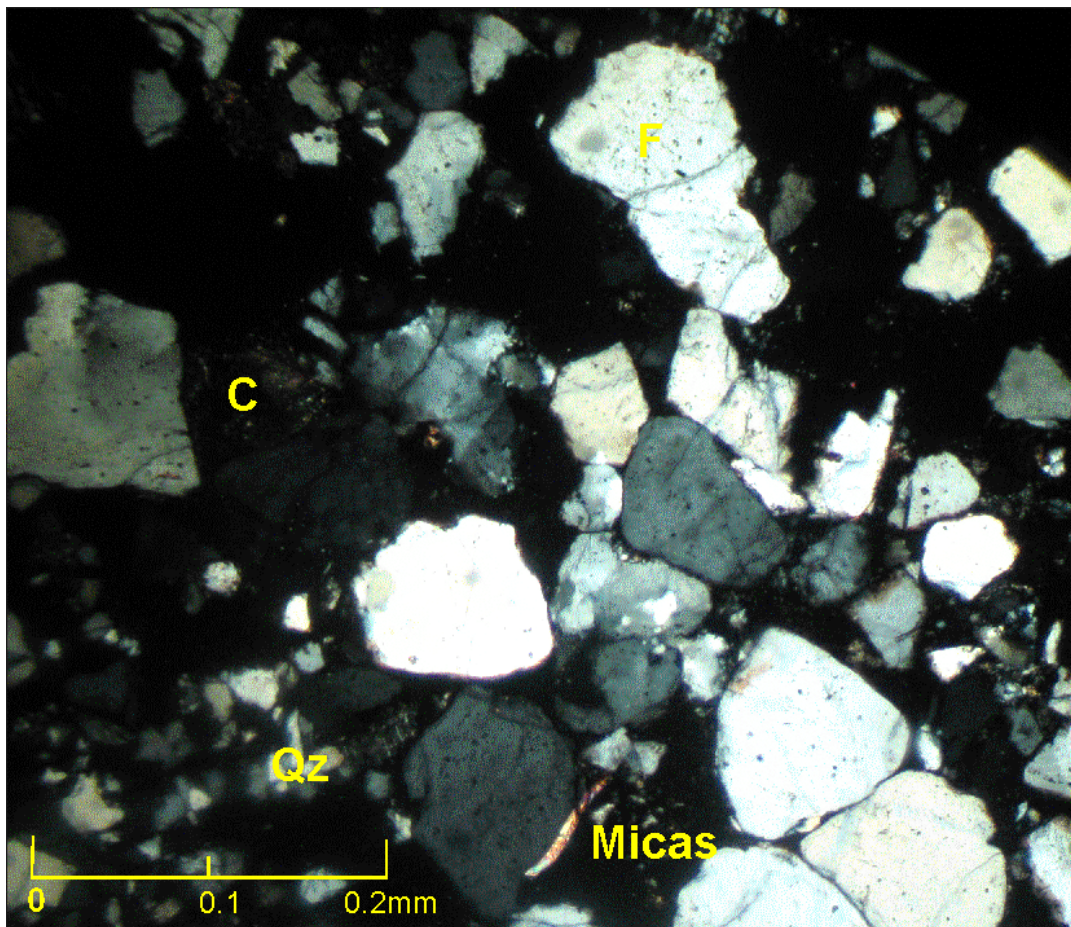


Foto N° 25: Clastos de feldespatos (F) con alteración sericítica, en el borde inferior se distinguen clastos con contactos longitudinales. C: cemento carbonático; F: feldespatos. Nicoles cruzados. Aumento 10 X.

V.5 Asociación de facies

Asociación de facies Af1: Esta asociación corresponde principalmente a la parte basal de la Formación Ciénaga del Río Huaco, aunque también se ha reconocido en los tramos medios de la misma. Alcanza como máximo 6 m de espesor y está constituida por las facies Gmm y Ss. Af1 está compuesta por conglomerados soportados por matriz arenosa (Gmm), y areniscas gruesas conglomerádicas (Ss) ambos con geometría lenticular y base erosiva. Por su disposición estos depósitos son considerados el relleno de canales fluviales, comenzando a la base con material grueso conglomerádico y culminando con areniscas gruesas, esta disminución de su tamaño, indica la terminación del relleno del canal. Estas facies no presentan estructuras internas, por lo tanto se considera que los depósitos han sido generados por la acción de flujos hiperconcentrados.

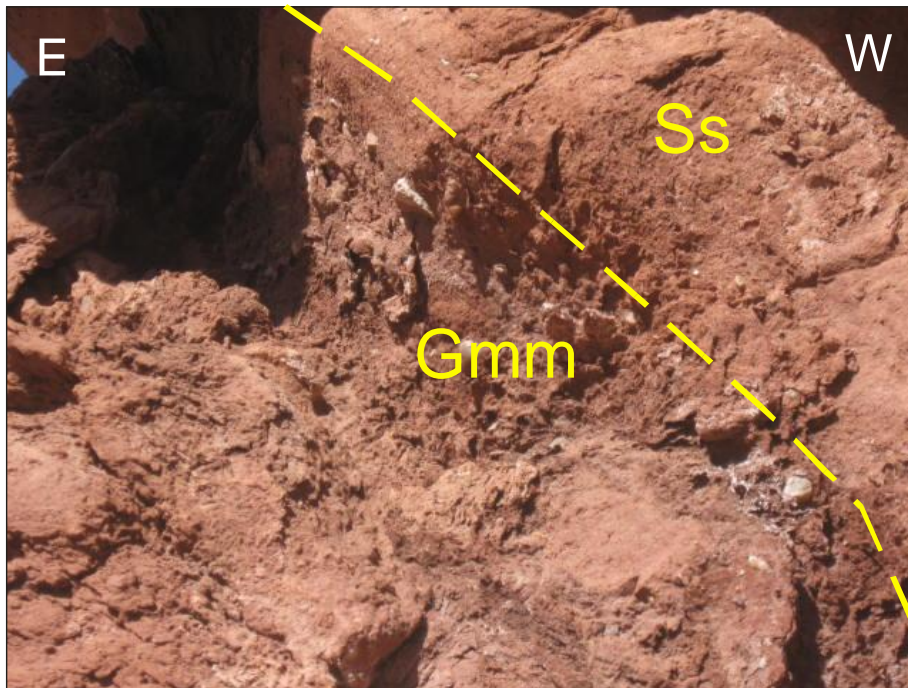


Foto N° 26: Asociación Af1, se observa el límite entre Gmm y Ss (Perfil CC')

Asociación de facies Af2: Esta unidad está constituida por la facies Sm₁ y Sm₂, compuestas por areniscas medias masivas (Sm₂) intercaladas con areniscas medias con estratificación paralela (Sm₁). Posee un espesor total de 9 m. Debido a las características texturales se puede considerar que la facies Sm₂ es producto de un flujo gravitatorio sedimentario y depositada como arroyadas mantiformes en los sectores periféricos del lago (*sand flat*, llanura arenosa). Mientras que la facies Sm₁ corresponde a

flujos encauzados dentro de la llanura arenosa. Además en el perfil BB` se describió un nivel de calizas que correspondería a un cese de la sedimentación detrítica favoreciendo la precipitación de carbonatos.

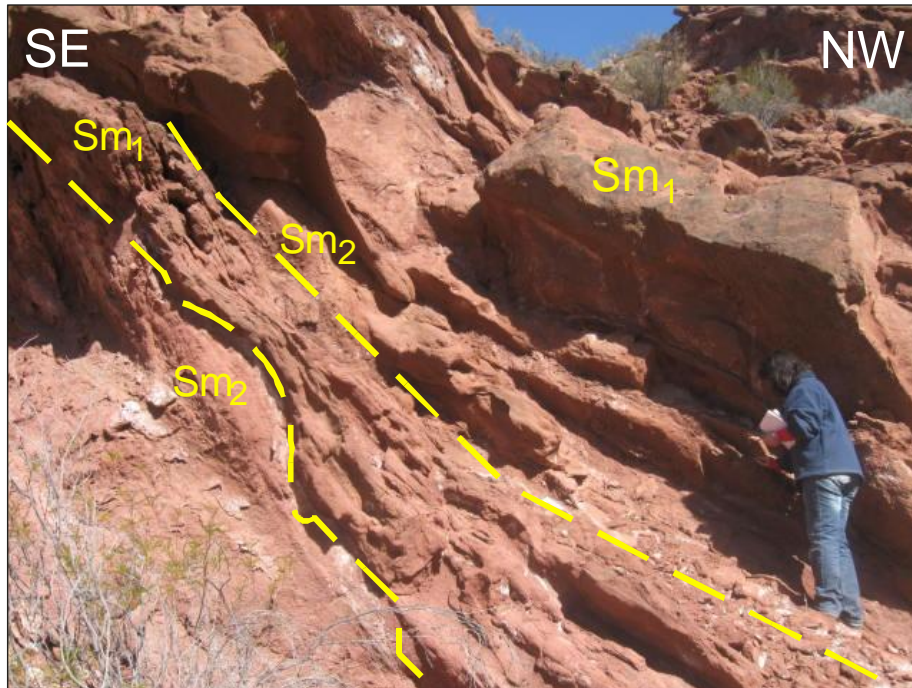


Foto N° 27: Asociación Af2, facies Sm₁ y Sm₂. (Perfil CC').

Asociación de facies Af3: Esta unidad alcanza 9 m de espesor aproximadamente. Está constituida por las facies Fl₁, Fl₂ y Fm y corresponden a areniscas finas masivas (Fl₁) que se encuentran intercaladas con pelitas masivas (Fm) y laminadas (Fl₂). Esta asociación facies corresponderían a la interacción entre la planicie *sandflats* y *mudflats*, donde se desarrolla la facies Fl₁ como arroyadas mantiformes, depositadas dentro de la llanura arenosa, mientras que las facies Fl₁ y Fm, por la gran proporción de depósitos pelíticos, se desarrollan dentro de la llanura lutítica y representan el sistema lacustre.

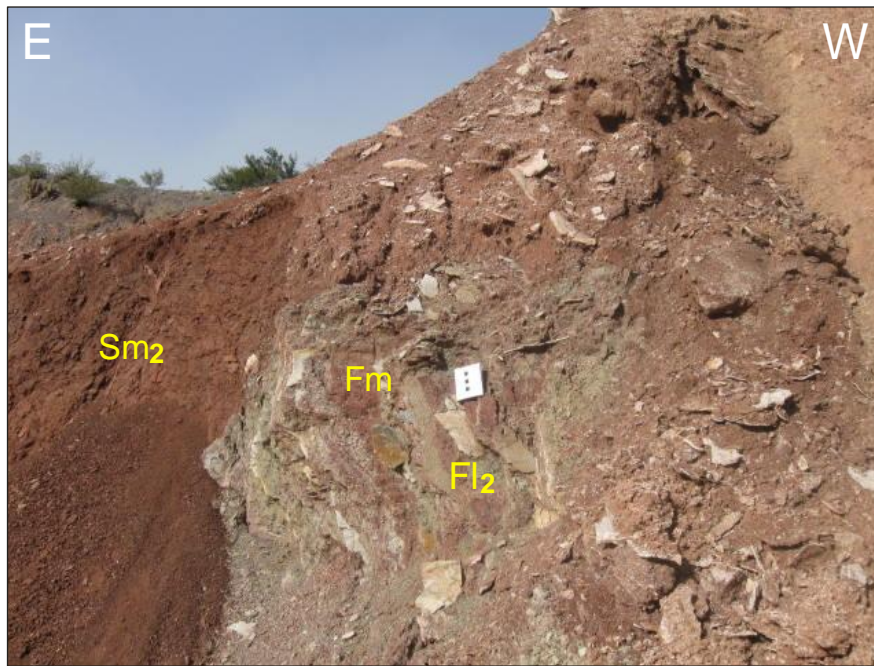


Foto N° 28: Asociación Af3, detalle de las facies Fl₁, Fl₂ y Fm (Perfil CC`)

Asociación de facies Af4: Esta unidad está constituida por las facies Sm₁, Fl₂ y Fm, las cuáles están compuestas por areniscas medias con estratificación paralela (Sm₁) asociadas con pelitas laminadas (Fl₂) y masivas (Fm). En el perfil CC` se midió un espesor total de 13 m. Esta unidad se desarrolló en los sectores periféricos del lago, en la interacción de los subambientes *sandflats* y *mudflat*, donde Sm₁ se depositó a partir de un sistema fluvial efímero, en condiciones de alta energía, mientras que la facies Fl₂ y Fm se sedimentaron en un sistema lacustre con disminución de energía.

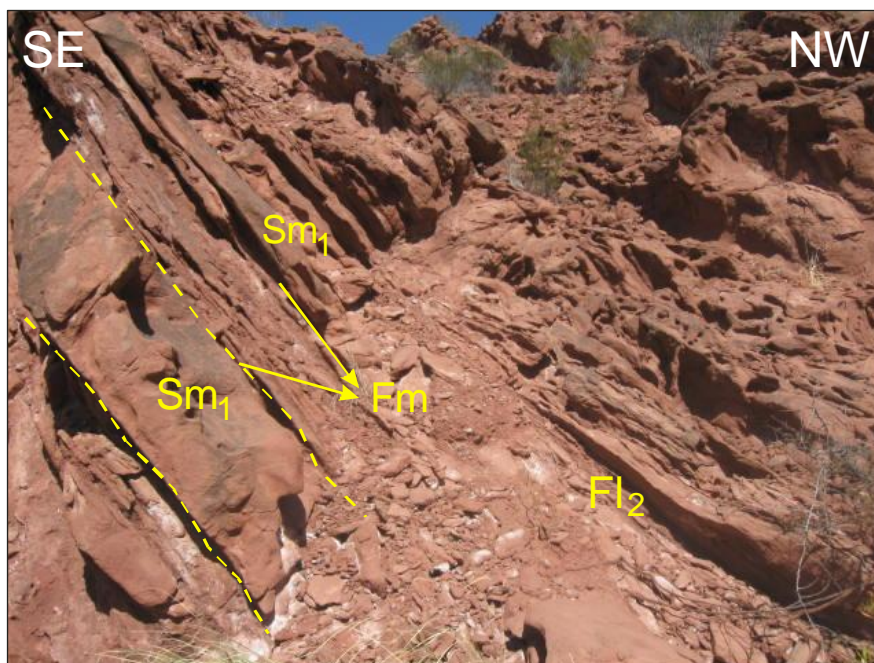


Foto N° 29: Asociación Af4, disposición de las facies Sm₁, Fl₂ y Fm (Perfil CC`).

Asociación de facies Af5: La asociación está constituida principalmente por la facies Sp, que eventualmente se presenta intercalada con la facies Sm₂. Incluye a areniscas medias a finas con entrecruzamiento de alto ángulo asociada con areniscas medias masivas (Sm₂). Esta asociación consiste en el desarrollo de un sistema fluvial efímero representado por las areniscas medias masivas (Sm₂), que se interdigita con un sistema eólico representado por dunas (Sp). Esta asociación tiene un espesor máximo de 12 m., medidos en el perfil BB` (Fig. N°6).

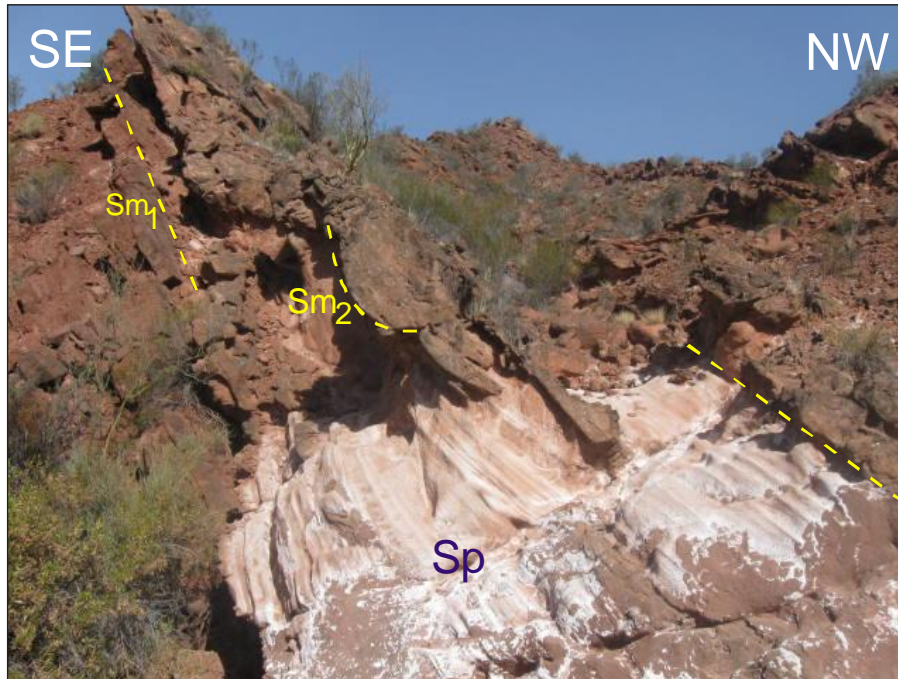


Foto N° 30: Asociación Af5, desarrollo de la facies Sp, (Perfil CC`)

Asociación de facies Af6: Asociación formada por las facies Fl₁, Fl₂, Fm y depósitos evaporíticos. Af6 está constituida por areniscas finas a muy finas con laminación paralela (Fl₁) asociadas con pelitas laminadas (Fl₂) y masivas (Fm); y depósitos evaporíticos principalmente yeso y anhidrita. Estas facies corresponden a un sistema lacustre, que indican los sectores internos y profundos de la cuenca. Además la intercalación que presentan las pelitas y las evaporitas, da lugar a interpretar los distintos ciclos de sedimentación detrítica y evaporítica, que presento la cuenca. Posee un espesor total de 30 m, medido en el perfil CC` (Fig. N° 7).

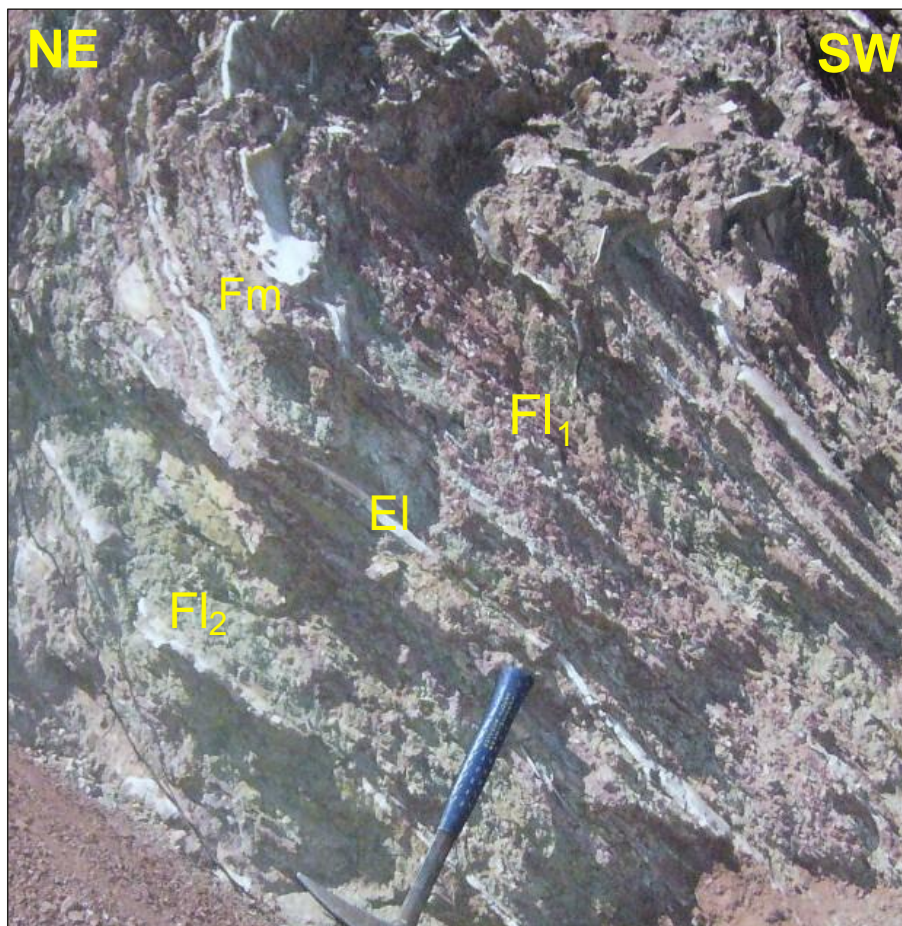


Foto N° 31: Asociación Af6, detalle de los sedimentos finos (Perfil CC')

<i>Asociación de facies</i>	<i>facies</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Interpretación</i>
<i>Af1:</i> Conglomerados matriz sostén asociados a areniscas gruesas	Gmm, Ss	6 m	Abanico aluvial-fluvial efímero
<i>Af2:</i> Areniscas masivas intercaladas con areniscas con estratificación	Sm ₁ , Sm ₂	9 m	Fluvial
<i>Af3:</i> Areniscas masivas alternadas con pelitas	Sm ₂ , Fl ₂ , Fm	9 m	Planicie arenosa (<i>sand flat</i>)
<i>Af4:</i> Areniscas con estratificación plano paralela alternadas con pelitas	Sm ₁ , Fl ₂ , Fm	13 m	Planicie arenosa (<i>sand flat</i>)
<i>Af5:</i> Areniscas con estratificación cruzada	Sp, Sm ₂	12 m	Sistema eólico
<i>Af6:</i> Pelitas intercaladas con evaporitas	Fm, Fl ₁ , Fl ₂ , y evaporitas	30 m	Planicie fangosa salina (<i>saline mud flat</i>)

Cuadro N° 5: Asociación de facies y su interpretación

VI. INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL

VI.1 Distribución de afloramientos cretácicos. Global-Regional

Globalmente, durante el período Cretácico se produce a nivel mundial el desmembramiento del supercontinente Gondwana, originándose la separación de América del Sur y África con la apertura del océano Atlántico. Producto de esta extensión, en la placa sudamericana se originan cuencas de rift, dando lugar a depósitos de intraplaca, que están caracterizados por un relleno granodecreciente. (*Fig. N° 10*)

Regionalmente, los depósitos cretácicos están distribuidos en una faja discontinua que comienza en la Precordillera riojana con bancos rojos aflorantes sobre la ladera oriental del Cordón de La Flecha (Ciccioli *et al*, 2005), que forma parte de un pliegue sinclinal. Estas capas correlacionables litológicamente con los estratos de la Formación Ciénaga del Río Huaco, descansan en discordancia erosiva sobre los estratos rojos de la Formación Santo Domingo del Triásico superior- Jurasico inferior (Limarino *et al* 1990, Caminos *et al* 1995) y son sucedidos en igual relación por pelitas, areniscas y escasos conglomerados de la Formación Puesto La Flecha del Oligoceno-Mioceno inferior (Caselli *et al*, 2002). En concordancia se encuentra la Formación Vallecito del Mioceno medio-superior (Borello y Cuerda, 1968).

Sobre la ladera oriental de la sierra Morada, en el bolsón de Pagancillo, provincia de La Rioja, afloran los depósitos de la Formación Quebrada del Médano (Parker, 1974), compuesta por arcillas, tobas y niveles evaporíticos, de edad cretácica, determinada por correlación litológica con la Formación Lagarcito (Stipanovic y Bonaparte, 1972 y Mozetic, 1978). En el cerro Rajado afloran los estratos rojos de la Formación Cerro Rajado, compuesta por clastos angulosos de gneises, migmatitas y granitos. Esta formación también es correlacionable litológicamente con la Formación Lagarcito.

En las sierras de Las Quijadas, el Gigante y Guayaguas, en las provincias de San Juan y San Luis (Rivarola, 1999) afloran los depósitos de la Formación Lagarcito, compuesta por areniscas y evaporíticas, con restos de vertebrados.

Los afloramientos cretácicos de la Formación Ciénaga del Río Huaco estudiados en este trabajo están relacionados a los depocentros anteriormente mencionados.

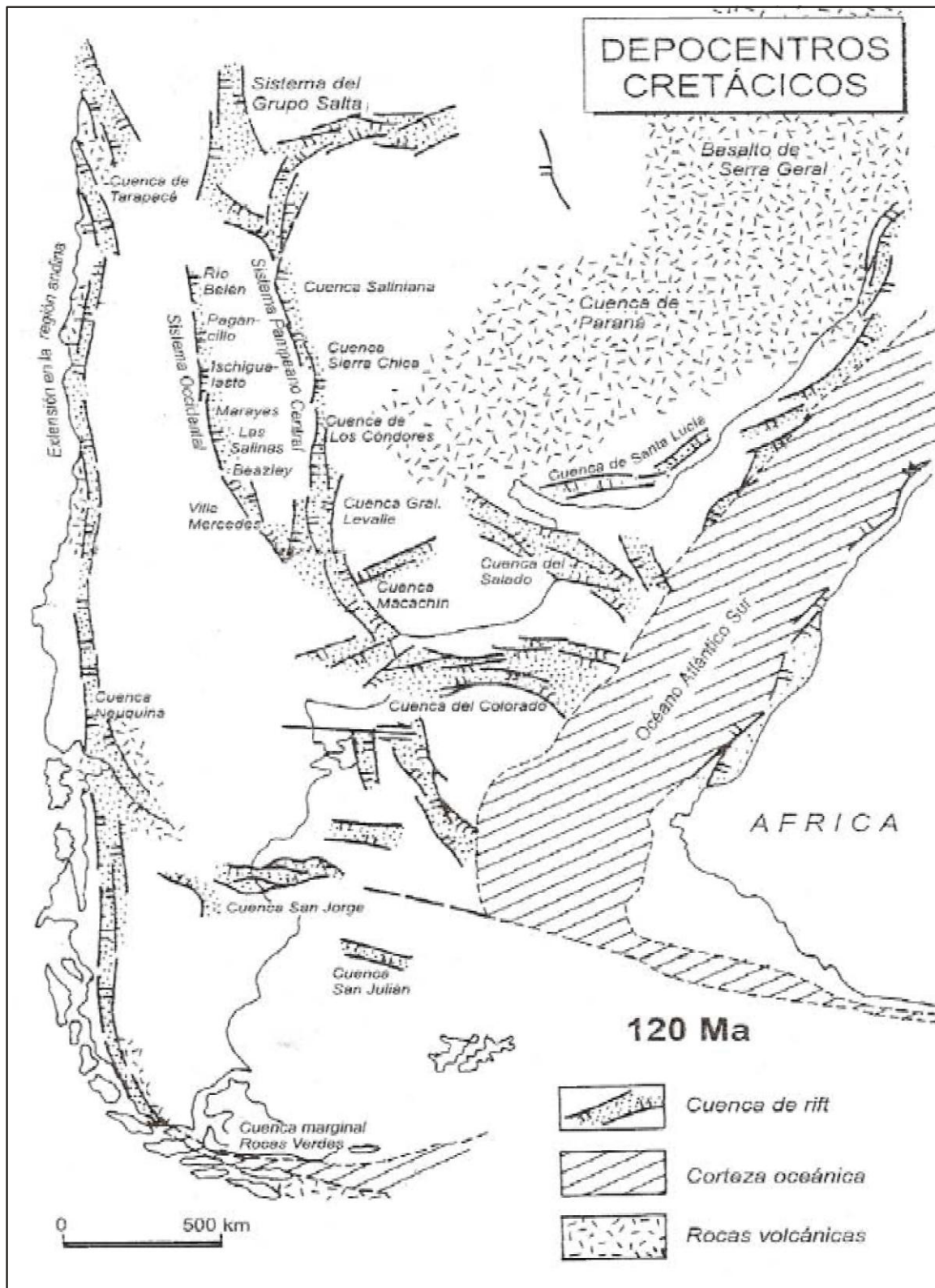


Figura N° 10: Sistemas extensionales desarrollados durante el Cretácico (basado en Uliana y Biddle, 1988; Uliana *et al.*, 1989; Rosello y Mozetic 1999).

VI.2 Modelo de evolución paleoambiental

A partir de las características de las asociaciones de facies de la Formación Ciénaga del Río Huaco, se considera que las sedimentitas rojas continentales fueron depositadas dentro de un marco geográfico de un bolsón intermontano, que incluye los sistemas depositacionales de abanico aluvial, fluvial efímero y lago efímero clástico-evaporítico.

Los lagos efímeros con sedimentación clástica dominante se encuentran extensamente desarrollados en nuestro país, ya sea en los bolsones intermontanos de las Sierras Pampeanas, Precordillera y Cordillera Frontal, como en áreas de la Puna. A estos lagos se los conoce como barreales o ciénagas. Los lagos salinos efímeros (sabkha continental) son también llamados *salt pans* (salina o salar).

A partir de las asociaciones de facies descritas para la formación, se propone un modelo de evolución paleoambiental considerando los distintos subambientes y las características de cada uno de ellos, para luego explicar el origen de la unidad.

El modelo propuesto en este trabajo, es el modificado por Eugster y Hardie (1975) (*Fig. N° 11*) y está constituido por una asociación de ríos efímeros- campos de dunas – costra salina. Principalmente consiste en una cuenca superficial ancha dominada por ríos efímeros, que forman una llanura de inundación (*flood plains*) y están asociados a campos de dunas (*dune fields*). Allí grandes áreas son periódicamente inundadas por un lago que se evapora lentamente, para luego formar una costra salina. El lago está rodeado por una planicie lutítica o por un llano fangoso ancho y seco.

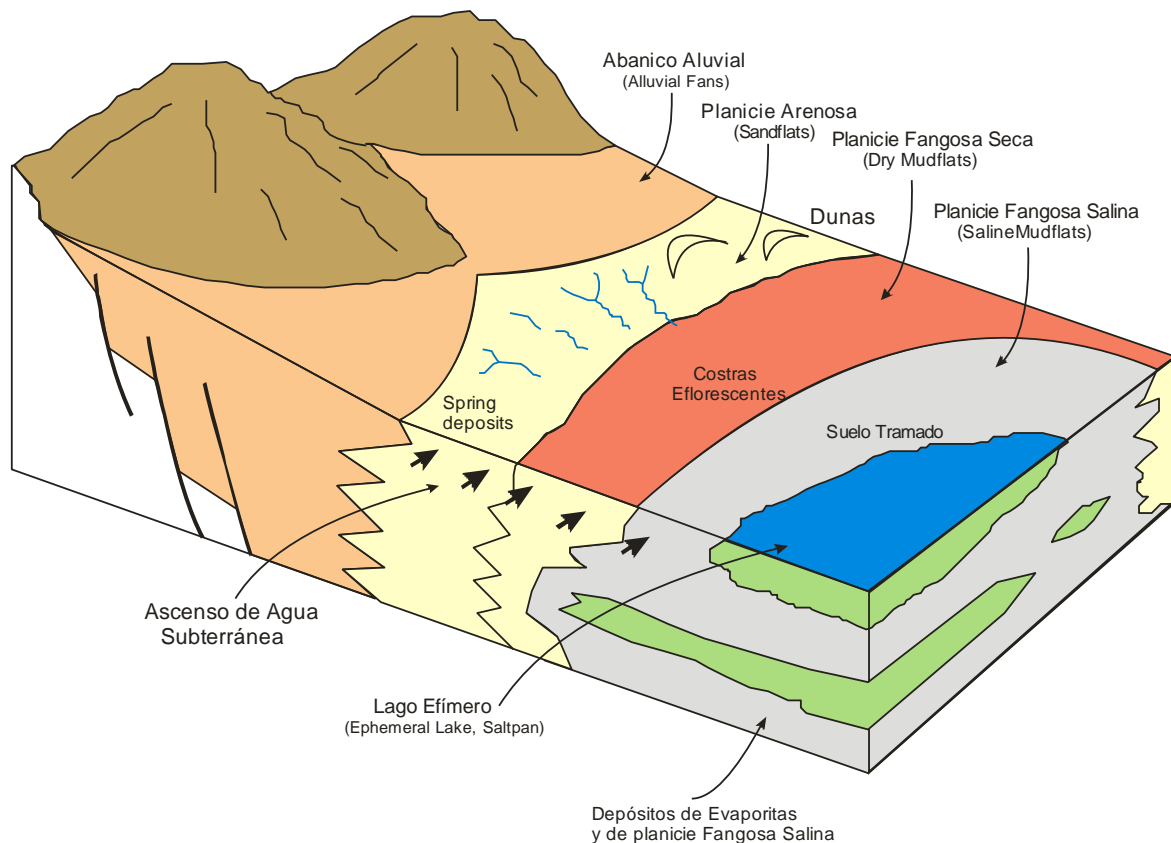


Figura N° 11: Modelo de evolución paleoambiental propuesto para la Formación Ciénaga del Río Huaco, modificado por Eugster y Hardie (1975), donde se observan los subambientes asociados a un sistema lacustre efímero.

Abanico Aluvial (Alluvial fans)

En este subambiente la textura del sedimento es muy variable, ya que pueden existir en un mismo abanico diferentes mecanismos de depósito. En algunos casos pueden predominar los materiales gruesos, mientras que en otros el mayor volumen corresponde a sedimentos detríticos relativamente finos. La estratificación es muy variable desde estratos tabulares a lenticulares o en forma de cuña (*Fig. N° 12*).

En la Formación Ciénaga del Río Huaco este subambiente está representado por la asociación de facies *AfI*, que corresponde a las facies *Gmm* y *Ss*, las cuáles están formadas por conglomerados con clastos principalmente de cuarzo y areniscas gruesas conglomerádicas, ambos con geometría lenticular. Las facies son interpretadas como el relleno de canales fluviales y su correspondiente colmatación. Estos canales son parte del sistema de abanico aluvial, ubicados al pie del mismo.

Planicie arenosa (Sandflats)

Este subambiente está caracterizado por areniscas fluviales depositadas al pie del abanico aluvial, que luego pasan a material más fino. Las estructuras del *sandflats* son variables y dependen de las características del sistema fluvial (*Fig. N° 12*).

La asociación Af2 corresponde al subambiente *sandflats* y está constituido por las facies Sm₁ y Sm₂ compuestas principalmente por areniscas medias masivas y con estratificación plano paralela respectivamente. Corresponden a depósitos de flujos gravitatorios sedimentarios.

Hacia el techo de la Formación Ciénaga del Río Huaco se observaron intercalaciones de areniscas medias a finas con pelitas masivas o laminadas. Estos depósitos representan la planicie arenosa (*sandflat*) que circunda los lagos efímeros (Asociación de facies Af4). Las areniscas medias (Sm₁) corresponden a flujos gravitatorios, mientras que las areniscas medias con laminación ondulítica serían depositadas a partir de un régimen de flujo bajo.

Sobre este sistema se desarrolló la asociación de facies Af5; constituida por la facies Sp que está compuesta por areniscas finas con estratificación planar entrecruzada de alto ángulo, interpretadas como secuencias depositadas por un sistema eólico. Este campo de dunas registrado dentro de la secuencia cretácica se considera ubicado a los bordes del sistema lacustre, donde seguramente las condiciones climáticas de aridez, fueron propicias para dar lugar a estos depósitos (*Fig. N° 14*).

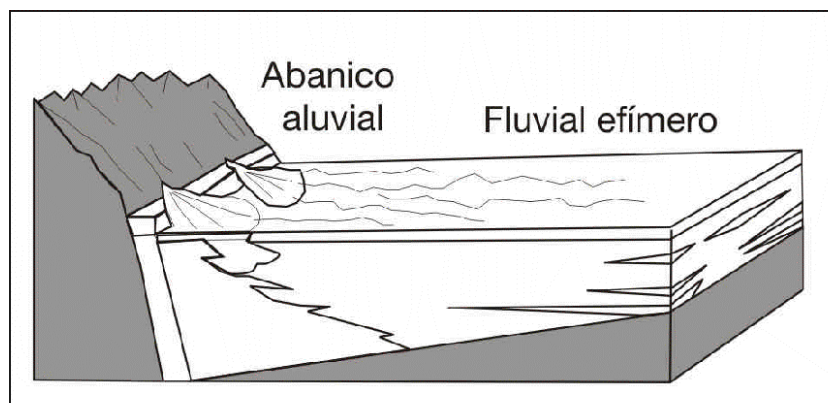


Figura N° 12: Grafico que muestra el desarrollo de los subambientes *Alluvial fans* y *sandflats* (Los gráficos fueron tomados de Rivarola y Spalletti, 2006).

Planicie fangosa seca (Dry mud flats)

En este subambiente las estructuras depositacionales y de desecación, generalmente se preservan. Las láminas arenosas y limosas se forman durante y después de la inundación, pero pueden destruirse parcialmente por la formación de grietas de desecación, por fracturas paralelas a la estratificación o por el crecimiento y disolución de minerales salinos. El *dry mud flats* es cubierto por costras salinas eflorescentes entre distintos eventos de inundación. Cuando las costras salinas comienzan a disolverse en el agua introduce sedimento grueso. Luego del enterramiento de las costras salinas, estos sedimentos gruesos son preservados como manchas irregulares de grano grueso (*sand path fabric*).

Generalmente las grietas de desecación son rellenadas con sedimentos provenientes de cada inundación. Además se produce el crecimiento y posterior disolución de cristales de halita, junto con la acumulación de fangolitas masivas.

En la Formación Ciénaga del Río Huaco, la asociación de facies *Af6*; corresponde a este subambiente, caracterizado por potentes depósitos de pelitas F_{l2} y F_m , intercalados con niveles de evaporitas laminares y nodulares. Esta secuencia se presenta en mayor potencia hacia el techo de la formación, aunque en algunos sectores se alternan pelitas con areniscas finas, esto indicaría una progradación de las facies costeras hacia el interior del lago. Ya hacia el techo se presentan solo pelitas indicando una expansión del cuerpo lacustre desapareciendo las areniscas finas y reemplazadas por limos y arcillas.

Planicie fangosa salina (Saline mud flats)

Estos llanos fangosos son sedimentos en que las estructuras de laminación y desecación se destruyen por el crecimiento de abundantes cristales de evaporitas.

Rápidamente el agua subterránea se satura con carbonatos de calcio y magnesio. Esto causa la precipitación de cemento de calcita en sedimentos de grano grueso.

Con respecto a los sulfatos, la anhidrita tiene una distribución más restringida en la llanura fangosa y es confinada a la zona de capilaridad. Esta puede reemplazarse por yeso o formarse nuevamente. La nucleación de la anhidrita requiere una temperatura alta superior a 35° y es preservada únicamente donde la temperatura media anual excede los 20 °C, ésta forma nódulos y bandas de nódulos coalescentes. Estos crecen por desplazamiento del sedimento primario. Los nódulos también pueden ser de yeso primario, yeso y anhidrita regularmente alterada. Esto depende de los cambios de temperatura y de las inundaciones y/o eventos de aguaceros.

Los minerales que precipitan en la planicie fangosa salina, dependen de la composición química del flujo, la relación evaporación/flujo y la previa historia del lago. Si la evaporación excede ligeramente al flujo, únicamente los minerales de baja solubilidad (carbonatos) pueden precipitar. Cuando la evaporación es intensa, las sales sustentan la superficie salina por suficiente tiempo, hasta permitir la supersaturación con respecto a los minerales salinos.

Hacia el techo de la formación se presentan extensos depósitos de evaporitas. La sedimentación disminuye favoreciendo la decantación del material fino y durante períodos de desecación estacional se produce la precipitación de láminas de yeso, indicando condiciones temporarias de extrema salinidad, y aridez (Berner 1981). La gran proporción de material fino y de evaporitas indica el desarrollo predominante de los subambientes *dry mud flats* y *saline mud flats* (Fig.Nº 13).

El aumento de la aridez habría favorecido la desecación completa del cuerpo de agua y la instauración de un sistema eólico (Formación Vallecito).

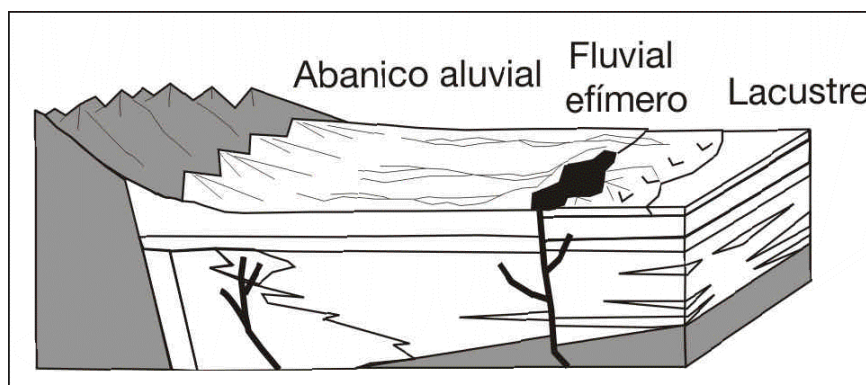


Figura Nº 13: Desarrollo de los principales subambientes.

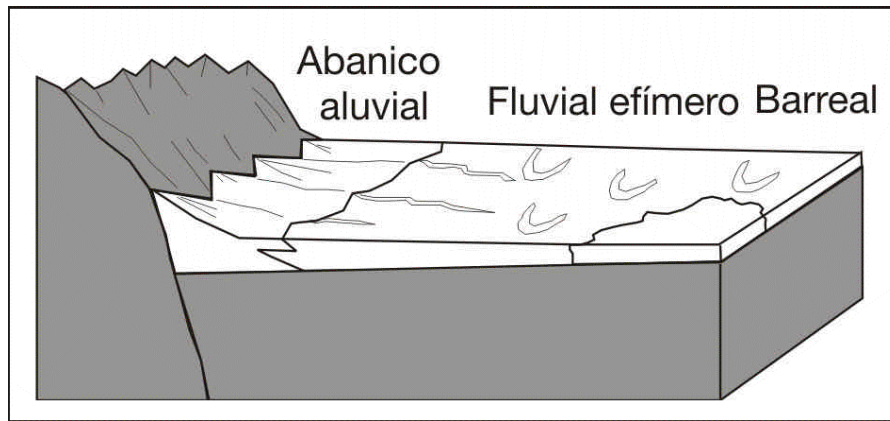


Figura N° 14: Presencia de dunas dentro de la llanura *sandflats* (Asociación de facies Af5)

A partir del análisis de las facies Fm, Fl₂ y evaporitas, correspondientes a la asociación de facies Af6, se realizó una descripción completa y detallada de estas facies determinando 15 ciclos de sedimentación detrítica y evaporítica, ocurridos en el sistema lacustre (Fig. N° 15). En la base de este sistema predominan las arenas finas con gran cantidad de yeso nodular (Foto N° 32: A, B), indicando un mayor aporte de soluciones ascendentes que rellenaron las grietas y precipitaron yeso con hábito nodular. Mientras que hacia el techo de la Formación Ciénaga del Río Huaco hay mayor predominio de material fino principalmente limos con desarrollo de laminas de yeso del orden del centímetro (Foto N° 32: C, D. Cerca del contacto con la Formación Vallecito predominan las pelitas masivas por bioturbación (Foto N° 32: E).

Hacia el norte de La Ciénaga se observó un mayor espesor de los depósitos pelíticos, interpretándose que hacia el norte se profundizaba el sistema lacustre, aunque en ciertos sectores se determinó un sistema de plegamiento, con pequeños anticlinales y sinclinales que complican la determinación exacta de los espesores. (Foto N° 32, F).

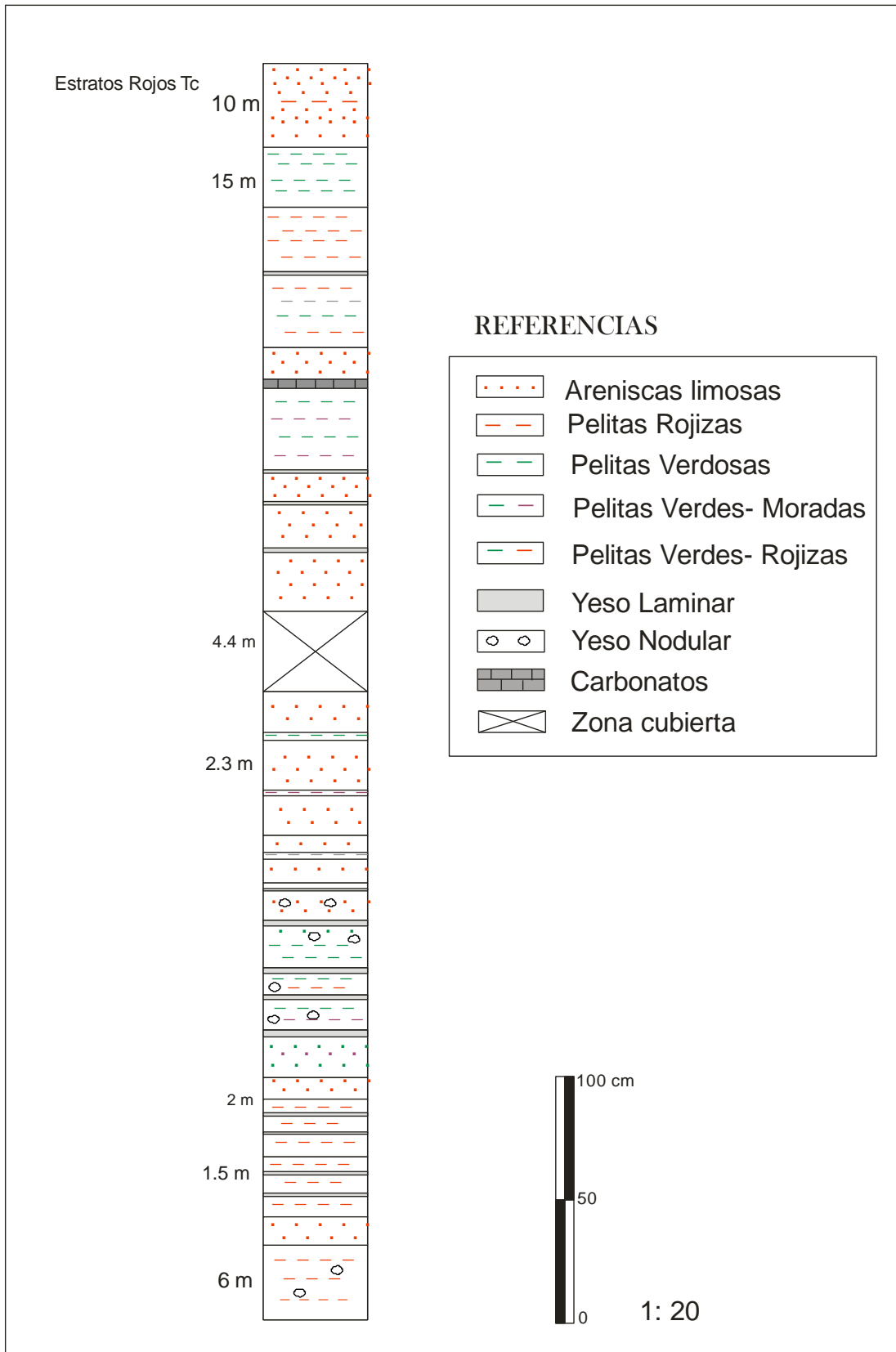


Figura N° 15: Perfil de detalle de pelitas, mostrando los episodios de sedimentación detrítica y evaporítica.

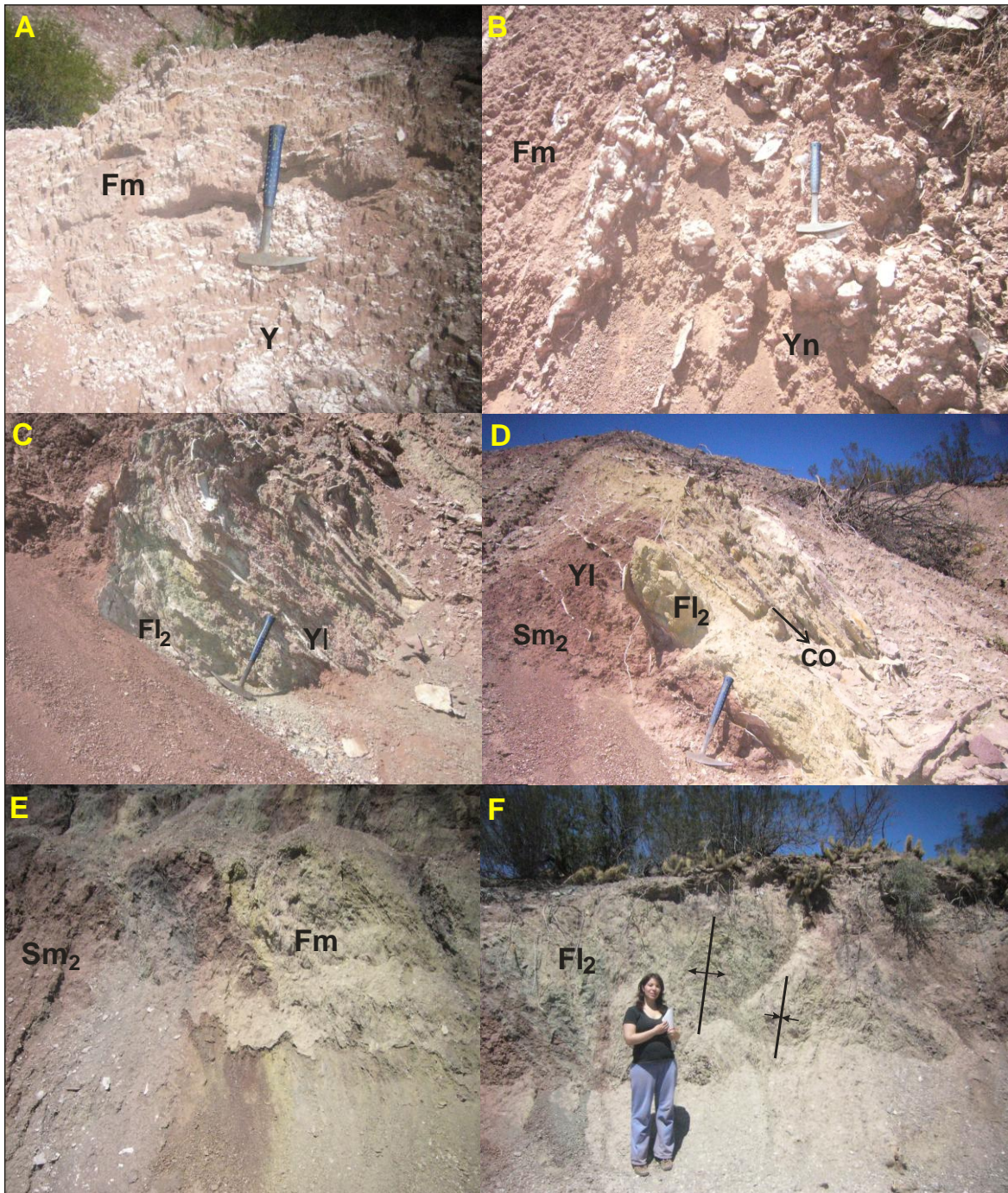


Foto N° 32: Principales características de los depósitos lacustres. **A, B:** Pelitas rojizas masivas (Fm), con yeso nodular (Yn). **C:** Pelitas laminadas (Fl₂) intercaladas con yeso laminar (Yl). **D:** Presencia de areniscas finas rojizas masivas (Fl₁), pelitas laminadas (Fl₂) interstratificadas con carbonatos (CO). **E:** Contacto entre areniscas masivas (Fl₁) y pelitas. **F:** Zona de intenso plegamiento, aproximadamente 15 metros.

VII. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es realizar un estudio litofacial y paleoambiental de la Formación Ciénaga del Río Huaco, describiendo en primer lugar la geología de la unidad.

Se revisaron los contactos de base y techo de la formación, confirmándose que el contacto entre Formación Patquía del Pérmico y Formación Ciénaga del Río Huaco, se trata de una discordancia erosiva que está marcada por un conglomerado matriz sostén, compuesto por clastos de cuarzo principalmente y en menor proporción por clastos de rocas ígneas volcánicas. Mientras que, para el techo de la unidad, el contacto con la Formación Vallecito, es una discordancia angular, entre los depósitos pelíticos de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Bz 80°) y las areniscas medias a finas con entrecruzamiento de alto ángulo de la Formación Vallecito (Bz 35°). En algunos sectores sobre la formación cretácica se encuentra dispuesta una unidad constituida por areniscas muy finas a areniscas limosas, denominadas “estratos rojos”. Esta unidad presenta características litológicas y estratigráficas, que permitió agruparlas dentro de la Formación Vallecito, ubicándola en la base de la misma, por su continuidad y disposición.

Las características litológicas de la Formación Ciénaga del Río Huaco, permitió describir 12 facies a lo largo de 3 perfiles sedimentológicos realizados, agrupándolas en 6 asociaciones de facies. Se realizó además un perfil de detalle de los depósitos pelíticos y evaporíticos, determinando 15 ciclos de sedimentación detrítica-evaporítica, ocurridos en la cuenca cretácica.

Se realizaron 6 cortes delgados, cuyo análisis petrográfico determinó que las áreas de aporte de la formación corresponderían para la base un aporte desde Sierras Pampeanas, ya que predominan clastos de composición predominantemente cuarzosa, además de rocas ígneas volcánicas ácidas. Para la sección media de la formación se considera un aporte desde los cordones carbonáticos, correspondientes a la Formación San Juan, ya que predomina la composición de carbonatos en los clastos.

Se realizó una comparación con los depósitos de la formación ubicados al sur del río Huaco, y se determinó que el espesor de las facies conglomerádicas, varía desde 3 metros al norte del río Huaco, hasta 60 metros al sur.

A partir de estas características y de las asociaciones de facies de la Formación Ciénaga del Río Huaco, se considera que las sedimentitas rojas continentales fueron depositadas dentro de un marco geográfico de un bolsón intermontano, que incluye los sistemas depositacionales de abanico aluvial, fluvial efímero y lago efímero clástico-evaporítico.

Se propone un modelo de sedimentación clástica- evaporítica, mostrándose las diferentes asociaciones de facies de la formación, cada una con su interpretación paleoambiental.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AMOS, A.J., 1954:** Estructura de las formaciones paleozoicas de La Rinconada, pie oriental de la Sierra Chica de Zonda (San Juan). Asociación Geológica Argentina, Rev, 9 (1): 5-38.
- ASTINI, R., 1994:** Geología e interpretación de la Formación Gualcamayo en su localidad clásica (suroeste de Guandacol y cordón de Perico-Potreriño), Precordillera Septentrional, Asociación Geológica Argentina, Rev, 49 (1-2): 55-70.
- ACEÑOLAZA, F. G.; TOSELLI, A. J . y BERNASCONI, A., 1971:** La Precordillera de Jagüe, La Rioja, Argentina. Su importancia geológica y estructural. Acta Geológica Lilloana, 11 (14): 257-290, San Miguel de Tucumán.
- BALDIS, B., y CHEBLI, W., 1969:** Estructura profunda del área central de la Precordillera Sanjuanina. Actas 4º Jornadas Geológicas Argentinas. 1: 47-65.
- BALDIS, B., BORDONARO, O., BERESI, M., ULIARTE, E., 1981:** Zona de dispersión estromatolítica en la secuencia calcáreo dolomítica del paleozoico inferior de San Juan. 8º Congreso Geológico Argentino, 2: 419-434.
- BERNER, R. A. 1981:** A new geochemical classification of sedimentary environments. Journal of Sedimentary Petrology, 51 (2): 359-365, Tulsa.
- BENEDETTO, J. L., ASTINI, R. y CARRERA, M. G., 1986:** La fauna de trilobites de la Formación Las Plantas (Ordovícico Tardío). Precordillera de La Rioja, Argentina. IV Congreso Geológico de Paleontología y Bioestratigrafía. Actas I: 89-97. Mendoza.
- BLASCO, G., y RAMOS V., 1976:** Graptolitos caradocianos de la Formación Yerba Loca y del Cerro La Chilca, departamento Jáchal, Provincia de San Juan. Ameghiniana, 13 (3-4): 312-329.
- BORELLO, A. Y CUERDA, A., 1968.** Grupo Río Huaco (Triásico). San Juan. Comisión de Investigaciones científicas de la Provincia de Buenos Aires, Not 7 (3-15). Buenos Aires.
- BOSSI, G y ANDREIS, R.R.,: 1985:** Secuencias deltaicas y lacustres del Carbónico del centro- oeste Argentino. X Congreso internacional de estratigrafía y geología del Carbonífero, 3: 285-309.

- BOSSELLINI, A., MUTTI, E. Y RICCI-LUCHI, F. 1989.** Rocce e successioni sedimentarie. Unione Tipografico Editrice Torinese (UTET), 395 p., Torino.
- BRACACCINI, O, 1946:** Contribución al conocimiento geológico de la Precordillera Sanjuanina-Mendocina. Bol. Inf. Petrol., 23 (258): 81-105. Buenos Aires.
- CAMINOS, R.; ZAMUNER, A.; LIMARINO, C. Y FAUQUÉ, L., 1995:** Triásico superior fosilífero en la Precordillera riojana. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 50 (1-4): 262-265
- CARELLI, F., 2009:** Estudio geológico- estratigráfico de los afloramientos carbonaticos, en el área del dique Los Cauquenes. Departamento Jáchal, provincia de San Juan. Trabajo final de licenciatura.
- CASELLI, A.T., MARENSSI, S., TRIPALDI, A., LIMARINO, C.O. Y GAGLIARDO, M.L., 2002:** Análisis paleoambiental y correlación estratigráfica de la Formación Puesto La Flecha (Terciario), provincia de La Rioja. Actas 15° Congreso Geológico Argentino, Calafate, 1: 679-683.
- CHAÍA, T, 1990:** Registro del Senoniano lacustre en la provincia de San Juan. Primer Congreso Uruguayo de Geología, Resúmenes Ampliados: 33-36. Montevideo.
- CICCIOLI, P.; BALLENT, S.; TEDESCO, A.; BARREDA, V. y LIMARINO, C. 2005:** Hallazgo de depósitos cretácicos en la Precordillera de La Rioja (Formación Ciénaga del Rio Huaco). Asociación Geológica Argentina, Rev, 60 (1): 122-131.
- CUERDA, A., 1965:** Estratigrafía de los depósitos neopaleozoicos de la Sierra de Maz, Provincia de La Rioja. Actas Segundas Jornadas Geológicas Argentinas, (3):79-84.
- CUERDA, A., 1967:** Formación Guandacol (Devónico superior- La Rioja) Notas Com. Inv. Cient. Prov. Buenos Aires IV (7): 10-14. La Plata.
- CUERDA, A., WAGNER, R. y ARRONDO, O.: 1968.** Observaciones sobre algunas floras del Carbonífero argentino. Ameghiniana, 5 (7): 265-269.
- CUERDA, A., CINGOLANI, C., VARELA, R. y SCHAUER, O. C., 1981:** Geología de la Sierra de Mogna Provincia de San Juan. Actas 8° Congreso Geológico Argentino III 139-158. Buenos Aires.
- CUERDA, A. y ORTEGA, G., 1987:** El género *Isograptus* (Moberg) (Graptolithina) en la Formación Gualcamayo. Ameghiniano, 24 (3-4): 159-167.

- EUGSTER, H. y HARDIE, L., 1975:** Sedimentation in an ancient playa lake complex: The Wilkins Peak Member of the Green River formation of Wyoming. *Geol. Soc. Am. Bull.* 86 (3): 329-334.
- FLORES, M, 1969:** El Bolsón de Las Salinas en la Provincia de San Luís. Actas de las cuartas Jornadas Geológicas Argentinas. Provincia de Mendoza, tomo I: 311-327.
- FLORES, M, 1979:** Cuenca de San Luís. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, 1: 745-767. Córdoba.
- FOLK, R, 1980:** Petrology of Sedimentary Rocks. Austin Texas.
- FRENGUELLI, J., 1944:** Apuntes acerca del Paleozoico Superior del noroeste argentino. *Revista Museo de La Plata. Geología II*, 15: 213-265. La Plata.
- FURQUE, G, 1956:** Nuevos depósitos devónicos y carbónicos en la Precordillera sanjuanina. *Asociación Geológica Argentina, Rev.*, 11 (1): 46-71
- FURQUE, G, 1963:** Descripción Geológico de la Hoja 18c Jáchal. Provincia de San Juan. Servicio Geológico Nacional, Boletín, 164, 79 p.
- FURQUE, G. 1979:** Descripción de la hoja Geológica 18 c. Jáchal. Provincia de San Juan. Servicio Geológico Nacional. Boletín 164.
- FURQUE, G. 1983:** Descripción de la hoja Geológica 19 c Ciénaga de Gualilan. Provincia de San Juan. Servicio Geológico Nacional. Boletín 193.
- FURQUE, G. 1998:** Descripción de la hoja Geológica 3169- II San José de Jáchal, Provincia de San Juan y La Rioja. Programa Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Boletín 259. Buenos Aires.
- HAMMAR, V., 2007:** Sedimentología y petrología de la Formación Cerro Morado-Mioceno. FCEFyN. Inédito. Trabajo Final de Licenciatura
- HARRINGTON, H y LEANZA, A. 1957:** Ordovician trilobites of Argentina. University of Kansas, Special Publications 1: 1-276. Lawrence.
- HEIM, A, 1952:** Estudios tectónicos en la Precordillera de San Juan. Los ríos San Juan, Jáchal y Huaco. *Asociación Geológica Argentina., Rev VII* (1): 11-70. Buenos Aires.
- HUNICKEN, M., y SARMIENTO, G., 1982:** La zona de Baltoescandinava de *Oepikodus evae* (conodontes) Arenigiano inferior, en el perfil del Río Guandacol, La Rioja. Argentina. V Congreso Latinoamericano de Geología. Actas I: 791-796. Buenos Aires.

- JOHNSSON, P., JOHNSSON, N., JORDAN, T. y NAESER, C. 1984:** Magnetic polarity stratigraphy, age and tectonic setting of fluvial sediments in an eastern Andean Foreland Basin, San Juan Province, Argentina. In: Allen, P y Homewood P (Eds). International Association of Sedimentology, Special Publications, 8: 63-75.
- JOHNSSON, P., JOHNSSON, N., JORDAN, T. y NAESER, C. 1986:** Magnetic polarity stratigraphy and age of the Quebrada del Cura, Rio Jachal and Mogna Formations near Huaco San Juan Province, Argentina. 9° Congreso Geológico Argentino, 3:81-96.
- JORDAN, T., DAMANTI, J. 1990:** Estudios paleogeográficos de cuencas geogénicas. San Juan, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, I: 247-250.
- JORDAN, T., DRAKE, R. y NAESER, C. 1993:** Estratigrafía del Cenozoico medio en la Precordillera a la latitud del Rio Jáchal, San Juan, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 2: 132-141.
- KELLY, J. 1962:** Geología de la Sierra de Móquina y perspectivas petrolíferas. Departamento de Jáchal. Provincia de San Juan. Y.P.F, informes inéditos N° 1157, 1158 y 1159.
- KRUMBEIN, W. C., y SLOSS L., 1955:** Stratigraphy and sedimentation- S. Francisco
- LIMARINO, C., LOPEZ GAMUNDI, O., CESARI S., y GUTIERREZ P., 1987:** Las Formaciones Ojo de Agua y Vallecito, en el área de La Ciénaga, oeste de Huaco, Provincia de San Juan; Estratigrafía y paleoambientes sedimentarios. Asociación Geológica Argentina., Rev XLII (1-2): 153-167.
- LIMARINO, C.; FAUQUÉ, L. Y CAMINOS, R. 1990:** Facies y evolución paleoambiental de los bancos rojos triásicos del norte de la Precordillera riojana. Actas 3° Reunión Argentina de Sedimentología, 1: 169-174. San Juan.
- LIMARINO C., NET L., GUTIERREZ P., BARREDA V., CASELLI A. y BALLENT S., 2000:** Definición litoestratigráfica de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Superior), Precordillera central, San Juan, Argentina. Asociación Geológica Argentina, Rev, 55 (1-2)83-99.
- LOPEZ GAMUNDI, O., PAGE, S., RAMOS, A., ESPEJO, I. 1985:** Redefinición litoestratigráfica del Grupo Río Huaco: características genéticas de las formaciones Cerro Morado y Cauquenes (Triásico) en La Ciénaga del

- Vallecito, San José de Jáchal, Provincia de San Juan. Actas Primeras Jornadas sobre Geología de la Precordillera, 65-70 y su inserción en el marco tectosedimentario de la Precordillera Oriental. Tesis Doctoral, 289 pág., Inédito.
- MIALL, A.D. 2000:** Principles of Sedimentary Basin Analysis. 3rd, updated and enlarged Edition.
- MILANA, J.P., 1991:** Sedimentología y magnetoestratigrafía de formaciones cenozoicas en el área de Mogna.
- MILANA, J.P., 1993:** Estratigrafía de eolianitas en la zona de Jáchal- Huaco, Precordillera de San Juan. Asociación Geológica Argentina, Rev., 48 (3-4): 283-298.
- MOZETIC, A. 1978:** El Triásico de los alrededores al Valle del Río Bermejo. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 147 p. (inédita).
- MUNSELL, 1995:** ROCK-COLOR CHART. The Geological Society of America, 8th printing
- OTTONE, E., y AZCUY, C. 1986:** El perfil de la Quebrada la Delfina. Asociación Geológica Argentina, Rev., 41 (1-2): 124-136.
- PARKER, G., 1974:** Posición estratigráfica del "Famatiniense" y sus correlaciones. Asociación Geológica Argentina, Rev. Tomo XXIX N°2, 231-247. Buenos Aires.
- PEREZ, M.A, FERNANDEZ SEVESO, F., ALVAREZ, L.A., BRISSON, I.E., 1993:** Análisis ambiental y estratigráfico del Paleozoico superior en el área anticlinal de Huaco, Provincia de San Juan, Argentina. 10° Congreso Internacional de la Stratigraphie et géologie du Carbonifère et Permien, Comptes Rendus, 2: 297-318. Buenos Aires.
- PETTIJOHN, F., POTTER, P. Y SIEVER, 1972:** R. Sand and Sandstone. 91p. Springer-Verlag, New York – Heidelberg – Berlin.
- RIVAROLA, D., 1999:** Estratigrafía y Sedimentología de secuencias Cretácicas. Parque Nacional de Las Quijadas. San Luis, Argentina. Tesis Doctoral, Inédito, 255p.
- RIVAROLA, D. y SPALLETTI, L. 2006:** Modelo de sedimentación continental para el rift cretácico de la Argentina central, ejemplo de la Sierra de Las Quijadas, San Luis. Asociación Geológica Argentina, Rev, 61 (1): 63-80.
- ROSSELLO, E.A. Y MOZETIC, M.E. 1999:** Caracterización estructural y significado geotectónico de los depocentros cretácicos continentales del centro-oeste

argentino. Boletimdo 5° Simposio do Cretáceo do Brasil, 1° Simposio sobre el Cretácico de América del Sur: 107-113, Serra Negra.

STIPANICIC, P. Y BONAPARTE, J. 1972: Cuenca triásica de Ischigualasto-Villa Unión. En Turner, J.C.M. (Ed.): Academia Nacional de Ciencias, Actas 2° Simposio de Geología Regional, 2: 1603-1640, Córdoba.

ULIANA, M. Y BIDDLE, K. 1988: Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. Revista Brasileira de Geociencias 18, 2: 172-190.

ULIANA, M., BIDDLE, K. Y CERDAN, J. 1989: Mezosoic extension and the formation of Argentine sedimentary basins. En: Tankard, A.J. y Balkwill, H.R. (eds.) Extensional Tectonics and Stratigraphy of the North Atlantic Margins. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 46: 599-614, Tulsa.

VARGAS, C. 2007: Geología y sedimentología de la Formación Ciénaga del Rio Huaco, departamento Jáchal, provincia de San Juan. Trabajo Final de Licenciatura.

VERA TORRES, J.A. 1994: Estratigrafía, Principios y Métodos. Editorial Rueda. 806 p. Madrid.