



Interpretación Litoestratigráfica del Perfil El Áspero en los Sedimentos Neógenos del Valle de El Cajón en Santa María, Provincia de Catamarca.

Autores: *Parra, Lorenzo E.; Medina, Sergio R..*

Dirección: Cátedras de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Tecnología y Ciencias
Aplicadas. Universidad Nacional de Catamarca
Maximio Victoria N° 55 San Fernando Del Valle de Catamarca

Antecedentes Regionales: Cuencas Sedimentarias Adyacentes.

Diversos autores han realizado investigaciones sobre los sedimentos neógenos de la región comprendida entre los departamentos de Belén, Andalgalá y Santa María en la provincia de Catamarca, y que de alguna manera se correlacionan con los afloramientos Terciarios del Grupo el Bolsón correspondiente al Valle de El Cajón, que fueron descriptos por Turner, (1973) cuando describe la Hoja geológica 11 d , (Laguna Blanca).

Dentro de las unidades formacionales reconocidas en la región situada al Sur del Valle de El Cajón (Norte del Dpto. Belén) se destaca la Formación Hualfín que se presenta en la base de la serie estratigráfica descrita en el área de Villavil y Los Baños (Muruaga, 1998). Esta autora considera al resto de las Formaciones suprayacentes como equivalentes a otras Formaciones del Grupo Santa María. Estas son: Formación Corral Quemado, Formación Chiquimil, (con los Miembros El Jarillal, El Áspero Y Los Baños) y Las Arcas, Formación Andalhuala. Todas estas formaciones corresponden a sedimentos clásticos continentales (areniscas y conglomeráticos) que poseen además la intercalación de sedimentos volcánicos provenientes del centro volcánico Farallón Negro.

Para el Grupo Santa María en el Valle homónimo, Galván y Ruiz Huidobro (1965), modificado por Bossi y Palma (1982), reconocen las Formaciones Saladillo, San José, Chiquimil y Andalhuala. Datadas como Mioceno y Plioceno, estas unidades

están compuestas de areniscas, limolitas y argilitas en la base que pasan a conglomerados y material grueso hacia el techo.

Para el sector de la Puna Austral, destacan las Cuencas de Arizaro y Antofalla cuyo relleno fuera parcialmente descripto por Turner (1960). Cuencas similares están descritas en Chile a estas mismas latitudes como la Cuenca de Atacama y su origen ha sido atribuido a la actuación de fenómenos extensionales por Flint et al. (1993).

La Cuenca de Vinchina, se desarrolla al pie de la Cordillera Frontal. Esta cuenca registra los máximos espesores aflorantes en el Neógeno de la región andina de Argentina, con un depocentro en el arroyo del Yeso con 10.260 m de espesor expuesto (Ramos, 1970). En esta cuenca se destaca la Formación Vinchina con areniscas y conglomerados (con clastos de vulcanitas); la Formación Toro Negro (Turner, 1964a) constituida por conglomerados y tobas con mamíferos fósiles asignables al Huayqueriense (Pascual en Ramos 1970). Esta asignación es corroborada por las edades de 7,3 Ma para la sección superior de la Formación Vinchina y 4,3 Ma para el límite entre esta unidad y la Formación Toro Negro (Ramos et al., 1988). Las secuencias pleistocenas de la Formación Santa Florentina (De Alba, 1954) cubren en discordancia angular a las anteriores.

Metodología.

Planteamiento Metodológico.

La investigación científica en Sedimentología debe necesariamente realizarse según las pautas del método científico, si se pretende que los resultados obtenidos posean un rigor y utilidad reales. Sin embargo, la aplicación del método científico en Sedimentología presenta una serie de dificultades y limitaciones, ya que en teoría la obtención de leyes está ligada tanto a la observación como a la experimentación y en el caso de las ciencias de la tierra ambos aspectos, pero sobre todo éste último, presentan unas dificultades obvias.

El presente trabajo utiliza como método fundamental la metodología clásica en Estratigrafía que consiste en tres fases principales:

Fase de reconocimiento y planteamiento: Comenzó con el planteamiento del problema geológico existente en la zona de estudio, que está en este caso relacionado con la falta de estudios de detalle en cuanto a la Sedimentología y a la falta de definición de las divisiones crono-estratigráficas. En esta fase previa fue importante la exhaustiva revisión bibliográfica que nos ha ayudado a diseñar tanto la dimensión real del problema como las estrategias para abordarlo. En este caso, la recopilación bibliográfica presentó varias dificultades, unas derivadas de la enorme escala de la región en la que se ubica la zona de estudio y al poco detalle de los

estudios previos. También durante esta fase tuvo especial importancia la observación preliminar del terreno, tanto por métodos indirectos (fotografía aérea) como por reconocimiento directo sobre el terreno y la realización de una cartografía preliminar.

Fase de observación, descripción y sistematización: Una vez planteado el problema se realizó un diseño detallado de las campañas de observación, estas campañas formaron parte de una estrategia o proyecto que fue diseñado para conseguir los objetivos planteados en el apartado anterior. En esta fase se aplicaron técnicas de estudio en superficie y técnicas de laboratorio ordenadas de la siguiente forma:

- Levantamiento de columnas litológicas (tipo Selley)
- Sistematización de las facies y los cuerpos sedimentarios.
- Medición de paleocorrientes.
- Toma de muestras.
- Estudios complementarios sobre petrología, paleontología y cronología radiométrica.

Los datos fueron ordenados sistemáticamente, en orden a facilitar su posterior estudio e interpretación. En esta misma etapa, el empleo de las técnicas de gabinete facilitó el análisis de los datos: la elaboración de perfiles, gráficos y esquemas de trabajo. Es importante destacar que la informatización de datos, tratamiento estadístico y gráfico de los mismos mediante programas informáticos permitieron ganar en rapidez, precisión y estética.

Fase de interpretación: Es la parte final de la metodología científica aplicada a estudios Estratigráfico-Sedimentológicos, consistió en la integración interpretativa del conjunto de datos, destinada a la elaboración de un modelo que pueda utilizarse como hipótesis de trabajo de estudios posteriores y ser sometido al proceso de verificación-falsación, avanzando en la elaboración de una interpretación final que puede llegar a tener el rango de conclusión regional y temática.

Estos modelos fueron obtenidos mediante la realización previa de esquemas de correlación de los cuerpos sedimentarios y de la interpretación de las facies y su arquitectura, primero a nivel de cuerpos individuales y posteriormente en conjunto. Y utilizando los datos de paleocorrientes, composición litológica y contenido paleontológico como indicadores auxiliares de gran valor para la interpretación. Durante esta etapa se realizó además una cartografía definitiva de acuerdo con los criterios propuestos en este trabajo.

Los modelos-hipótesis planteados intentan dar una explicación de la problemática planteada y a los hechos observados y datos recopilados en el campo y el laboratorio. Los modelos preliminares fueron sometidos a verificación-falsación

circular, mediante el análisis de los datos obtenidos previamente y en algunos casos fue precisa la obtención otros nuevos para completar esta verificación.

Métodos y Técnicas Empleados.

Métodos de Campo.

Análisis sedimentológico sobre el terreno.

En el presente trabajo se ha realizado un análisis sedimentológico clásico sobre el terreno. Se procedió en primer lugar al levantamiento de columnas estratigráficas (entre la que se destaca la de El Áspero), de detalle, midiendo la potencia de cada cuerpo sedimentario y describiendo individualmente las distintas características de las facies presentes en el interior de esos cuerpos y su morfología. Se representaron esquemas de la morfología de los cuerpos sedimentarios y de su ordenamiento interno, estos esquemas se apoyaron fotografiando aquellos cuerpos que resultaban ser significativos desde el punto de vista de su litología, su ordenamiento interno o su arquitectura. De igual modo se describieron los diferentes tipos de contactos entre las facies individuales y entre los cuerpos sedimentarios.

También individualmente se procedió a una determinación *de visu* del tamaño de grano medio y máximo mediante comparación con una escala granulométrica manual y se seleccionaron muestras para su posterior análisis granulométrico en el laboratorio.

Por otra parte, algunos estratos conglomerádicos fueron seleccionados para la realización de medidas de paleocorrientes.

Periódicamente en cada uno de los perfiles se tomaron datos de dirección y buzamiento de los contactos tabulares entre diferentes cuerpos sedimentarios.

Medida de paleocorrientes.

Las paleocorrientes se determinaron siempre en las litologías conglomerádicas por dos métodos diferentes. Por una parte se utilizó la medida de índices RBZ en los clastos imbricados, por otra, en aquellos cuerpos que presentaban una canalización definida cuyos ejes podían ser observados se realizó una medida de orientación de ejes de canales, utilizando en este caso la imbricación para determinar el sentido de las corrientes, de acuerdo con el esquema mostrado en la figura 1.

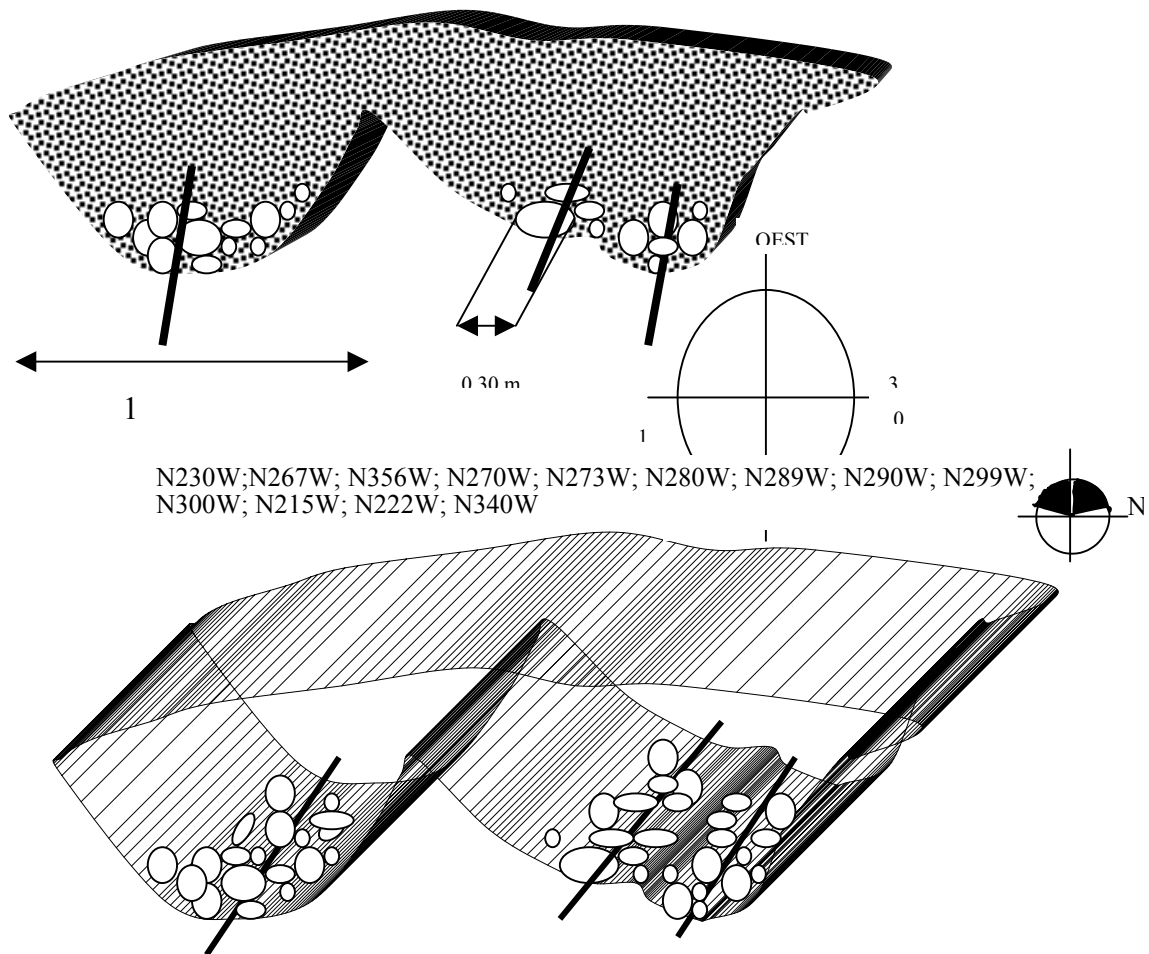


Figura N 1: Esquema del método de medición de paleocorrientes en los ejes de paleocanales.

Los datos de paleocorrientes fueron representados en diagramas de Rosa de los Vientos para facilitar una visión de conjunto.

Métodos de Laboratorio.

Análisis granulométrico.

Se realizaron análisis de tamaño de grano en facies arenosas y limosas no consolidadas, por lo cual se utilizó el método clásico de tamizado. Los análisis granulométricos fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa.

Dada la gran dispersión de distribuciones granulométricas, los datos de tamaño de grano fueron utilizados únicamente para complementar las descripciones sedimentológicas.

En cuanto a la terminología utilizada el término *sábulo*, se refiere a los materiales clásticos comprendidos entre 2 y 8 mm, que de acuerdo con otras terminologías corresponderían a microgravas o microconglomerados. De acuerdo con esta nomenclatura, el término *arena sabulítica* se refiere a una litología predominantemente arenosa, pero con un contenido significativo de granos de estos tamaños o *sábulos* (entre el 5 y el 25 %).

Análisis paleontológico.

El análisis paleontológico no fue sistemático, limitándose únicamente a la identificación de las especies de los niveles fosilíferos presentes en los estratos de litología lutítica y de la fauna de vertebrados encontrada de forma dispersa en los cuerpos de litología arenosa y conglomerádica. De cualquier modo este análisis ha sido útil como método de datación cronoestratigráfica y como indicador paleoambiental.

Datación Radio-isotópica.

Se analizaron tres muestras del material volcánico presente en la zona intermedia de la columna estratigráfica. Estos análisis se llevaron a cabo en los laboratorios del Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Coimbra (Portugal). El método de datación utilizado fue el de K-Ar.

El método de datación por K-Ar se basa en la conversión natural de ^{40}K (inestable) a ^{40}Ar (estable). El ^{40}K tiene una vida media de aproximadamente 1300 millones de años, lo que permite un amplio rango de medida para dataciones geológicas ya que permite medir rocas con edades comprendidas entre menos de un millón de años hasta más de 4500 millones de años, lo que comprende virtualmente la escala de tiempo geológico completa.

Los minerales adecuados para la datación por este método son las micas, anfíboles, feldespatos y en roca total como andesíticas y dacíticas. En cualquier caso, es conveniente asegurarse la datación sobre minerales primarios ya que la presencia de minerales de alteración tendrá como resultado la obtención de edades más recientes a las reales, ya que en parte se está datando la edad de la alteración.

Para la realización de estas dataciones se separaron 25 gramos de biotita, ya que las plagioclasas presentaban en su mayoría un elevado grado de sericitización. Precisamente debido a esa alteración se evitó la datación sobre roca total. Esta separación mineralógica se hizo manualmente sobre un concentrado previo de minerales ferromagnesianos conseguido mediante el uso de un separador Franz isodinámico en el Departamento de Geología de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).

Las tres muestras seleccionadas para determinar la edad del vulcanismo fueron : una de la zona central de la chimenea volcánica, una segunda de la colada lávica y una tercera de un piroclasto. En el caso del piroclasto se seleccionó la parte central para evitar en lo posible la zona alterada de la periferia.

Métodos de Gabinete.

Análisis de facies.

Para la realización del análisis de facies se llevó a cabo una sistematización de todas las facies presentes. Para ello se ha utilizado la nomenclatura de facies fluviales propuesta por Miall, (1978). Algunas de estas facies pueden aparecer contenidas en cuerpos sedimentarios diferentes, por lo cual en la sistematización se ha tenido realmente en cuenta la conjunción entre las facies y su geometría.



La interpretación de estas facies se ha realizado igualmente, de acuerdo con los criterios interpretativos de Miall, aunque se han realizado precisiones de acuerdo con las observaciones detalladas realizadas en la zona de estudio.

Análisis estratigráfico.

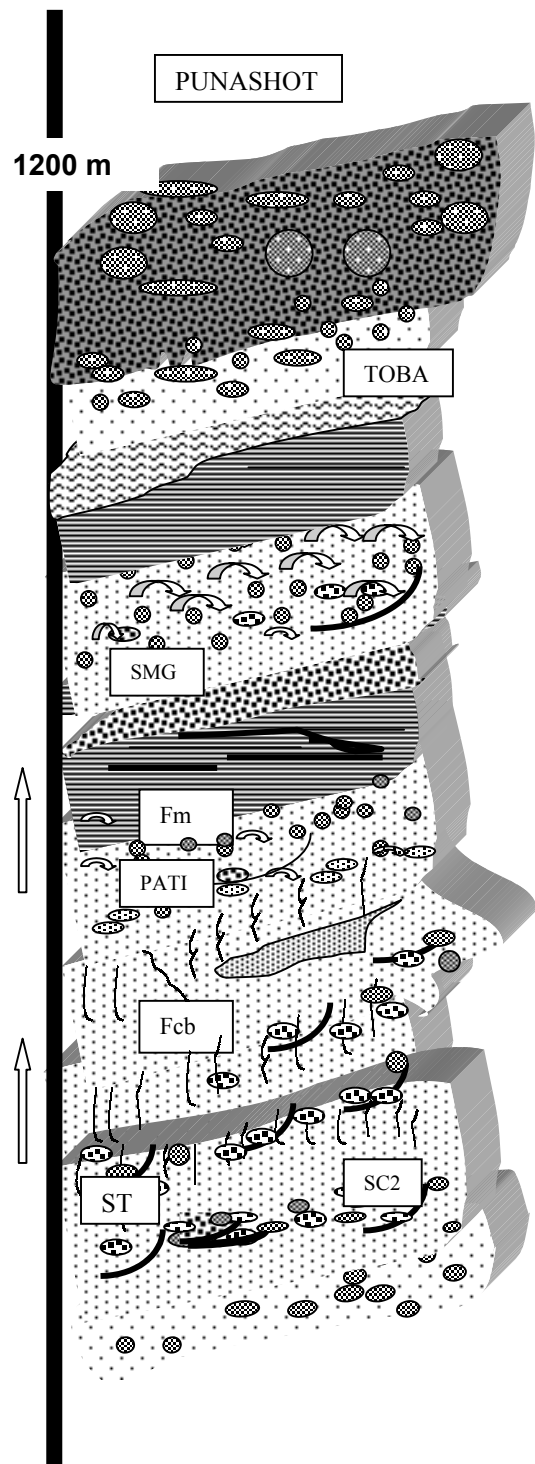
El análisis estratigráfico se basa en una correlación precisa entre los diferentes cuerpos sedimentarios identificados en las diferentes columnas levantadas. Este esquema arquitectural resultó de utilidad al realizar los bloques diagrama de evolución paleogeográfica.

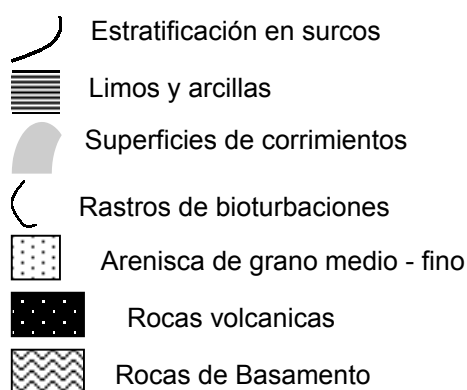
Finalmente se realizó una comparación de las unidades estratigráficas propuestas con las existentes en zonas adyacentes y con las utilizadas anteriormente en esta misma zona.

REFERENCIAS

-  Cantos de rocas blandas
-  Cantos de rocas volcánicas sub-redondeadas

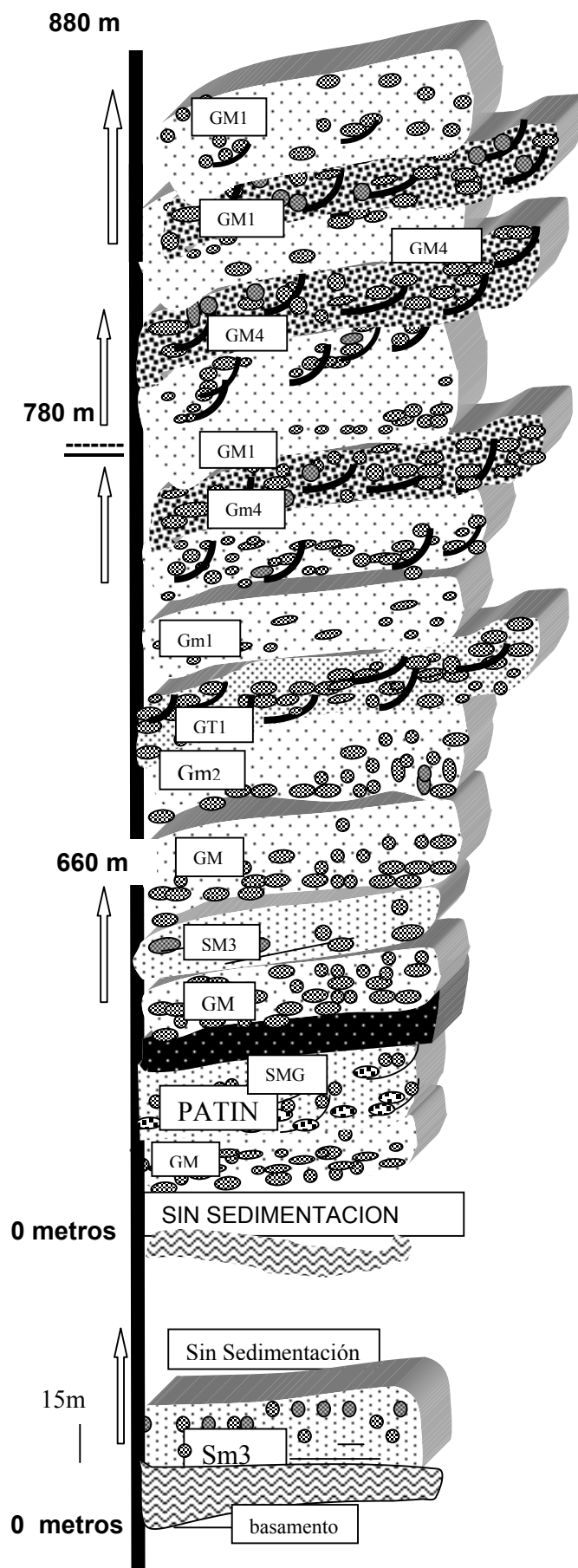
ESQUEMA DEL PERFIL QUEBRADA “EL ASPERO” NOMENCLATURA MIALL, 1978





Conclusiones:

Las columnas estratigráficas levantadas en el área de estudio han sido interpretadas como correspondiente al depósito de corrientes en un sistema fluvial de tipo braided o en el sector central de un sistema aluvial. Los datos obtenidos a través de la medición de paleocorrientes en imbricación de cantos y artesas de canales indican para los materiales conglomerádicos correspondientes a los sectores más elevados de la columna estratigráfica una procedencia desde el NO, que coincide con la vergencia del valle actual.- Este hecho, unido a la morfología alargada en el mismo sentido de los afloramientos podrían apuntar hacia la primera de las hipótesis. En la descripción litoestratigráfica aparecen representados sedimentos lutíticos de una gran continuidad lateral cuya estructura y contenido fosilífero sugiere una interpretación como facies lacustres.-



Hacia los sectores, medio y superior de las columnas estratigráficas descritas en el valle se encuentra en los sedimentos finos un registro fósil que pertenece a una fauna de invertebrados (moluscos bivalvos y gasterópodos) asociados a sedimentos lacustres y para el mismo sector en areniscas y conglomerados, vertebrados (mamíferos), que constituyen para la región y regiones adyacentes un buen registro paleo cronológico, en sedimentos coetáneos.-

La arquitectura de los cuerpos sedimentarios que intervienen en este sector del valle ha sido controlada por parámetros interrelacionados de caracteres alocíclicos y autocíclicos, considerando a los caracteres alocíclicos independientes que incluyen la geología, la tectónica y las variaciones eustáticas y climáticas. Mientras que los autocíclicos en esta área dependieron del régimen y dinámica fluvial y de los aportes epiclasticos desde una fuente volcánica próxima.

El análisis y comparación de los índices de aplanamientos realizados sobre cantos de la Formación El Cajón y de la Formación Andalhuala (Grupo Santa María), en el valle homónimo, permiten deducir la torrencialidad de la forma de deposición de la Formación El Cajón, propio de un ambiente semiárido.

El análisis modal realizado en cantos y bloques de 23 estaciones localizadas para el sector de conglomerados, mostraron un porcentaje menor a 90% de clastos estables, tratándose de conglomerados petromicticos y en menor proporción diamictita petromictica (textura matriz soportada).

El análisis realizado basándose en las laminas delgadas, arrojan una composición mayoritaria de fragmentos líticos, plagioclasa y hornblenda, siendo los minoritarios, cuarzo, magnetita, moscovita y biotita, además de vidrio volcánico, en el caso de las areniscas ocre y pardas.-El conteo de puntos en esta litología arrojó los siguientes resultados medios: 40 % litoclastos, 25 % plagioclasa, 15 % hornblenda, 5 % cuarzo, 15 % resto de minerales.-

Las arenas sabulíticas grises, arrojaron un conteo modal medio de : 29 % vidrios, 28 % plagioclasas, 23 % fragmentos líticos, 15 % cuarzo, 5 % biotita.

Los sedimentos limo-arenosos que constituyen los horizontes edáficos están compuestos por plagioclasas, hornblenda y cuarzo, además de biotita, fragmentos líticos y minerales opacos. Los horizontes edáficos pueden constituir paleosuelos. En los perfiles realizados en distintas quebradas del área de estudio presentaron una textura arenosa con una fuerte reacción de carbonatos, con presencias de concreciones que reaccionaron también por carbonatos, presencia de sílice y cenizas cementantes, con abundantes raíces fósiles (pseudomicelios) blanquecinos, como inclusiones lineales dentro del material diagenetizado. Estas características permitiría definir a estos suelos como un Aridisol de suborden Orthid (Serosem pardo).

La interpretación paleogeográfica de este tipo de suelos es de desarrollo sobre pendientes moderadas en zonas de fuerte contrastes estacionales, con variaciones bruscas de temperatura y humedad. La presencia de caolinita primaria indica un escaso lavado, de un suelo poco evolucionado, típico de un clima seco. La

actividad de raíces indica presencia de periodos húmedos, aunque de poca profundidad de estas raíces, que resultan de la presencia de plantas de gramíneas, cactáceas y matorral bajo.-

El análisis paleoambiental, determina condiciones de semiaridez, aunque con intervención de abundante agua, que permitió el transporte y deposición de grandes cantidades de rocas que se acumularon formando parte de la estructura de canales, en cuerpos arenosos, como en conglomerados, en donde el material grueso era transportado por el fondo de los cauces, mientras que los de menor tamaño se transportaban por suspensión.-

Los sedimentos que componen los sectores medios y superiores de la columna estratigráfica, se depositaron sin la energía original. Estas masas de agua con material fino en suspensión se depositaron en sectores mas bajos, aunque durante ese episodio, existieron interrupciones esporádicas de torrentes mas caudalosos, que por su mayor energía debió depositar detritus de mayor tamaño.-.

El sector superior de la columna estratigráfica, esta representada por las facies lacustres. Los sedimentos se presentan mezclados (arenas y limos arenosos con rodados) que muestran alternancia de estratificación cruzada y paralela, que señalan variaciones en el nivel de agua del lago y el avance y retroceso de sus márgenes debido a cambios climáticos estacionales. Los periodos de sequía provocaron grietas de desecación en las arcillas que luego fueron rellenadas por sales precipitadas.-

Las condiciones climáticas relacionan a las corrientes efímeras y al sistema de ríos braided (ambas bajo flujos variables) a la existencia de estaciones lluviosas violentas que contribuyeron al desarrollo de una cobertura vegetal mas continua que la actual, lo que ha quedado demostrado por la existencia y desarrollo de una paleofauna de vertebrados hoy extintos para esta área. Si bien las condiciones actuales son de semiaridez, el clima actual parece ser mas seco que el deducido de estas condiciones.-

Del análisis integral de las condiciones de sedimentación Terciaria en el área de estudio permite definir la existencia de un estado diferenciado bajo condiciones oxidantes, que depositó sedimentos gruesos, en un régimen climático semiárido, lluvioso y estacional; y bajo condiciones reductoras y de aguas someras, la deposición de sedimentos finos fluvio-lacustres en un sector deprimido del valle.-

Desde el punto de vista de la edad de la depositación, la columna de sedimentos se depositó durante el Mioceno superior, edad mamífera Huayqueriense *typotheriopsis* sp. (11,3-5.3 m.a.), aunque la presencia de *Paedotherium* y *Hemigetotherium* pueden extenderse hasta la edad mamífera Chaquisense, esto queda descartado por la presencia de una posición estratigráfica inferior de una asociación de moluscos característica del Huayqueriense.

El vulcanismo representado por el Complejo Volcánico (Andesítico-Dacítico y estratos inferiores que incluyen piroclastos), también tiene una edad enclavada en el Mioceno Superior, en este caso Tortoniense (6,8+/-1.2 a 7,4+/-0,5 m.a. B.P.)

En el tramo superior de la serie se produce el tránsito al Plioceno, en este caso este tránsito se reconoce en la Quebrada Ojo de Agua, donde los estratos localizados entre los dos niveles de tobas presentan fósiles de roedores encuadrados en la edad mamífera Montehermosense (5,3 a 3,2 m.a. B.P.), mientras que los estratos de areniscas pardas (limo arenosas, edafizadas superiores) corresponden a la edad mamífera Chapadmalalense (1,8 a 3,2 m.a. B.P.) como demuestra la presencia de *Gliptodon*.

La deformación tectónica andina se reconoce a través de un fallamiento que afectó al basamento y a las columnas sedimentarias, durante la última etapa de deposición. En los perfiles levantados este fallamiento trajo el corrimiento de estratos y cuerpos sedimentarios que produjo la repetición de los mismos. Las características repetitivas son fácilmente observables debidas a la idéntica litología de los estratos. Esta repetición afecta al complejo volcánico andesítico-dacíticos y a otros niveles como por ejemplo a los estratos lacustres. En este caso el cabalgamiento tuvo lugar utilizando como "Patin" de deslizamiento a los sedimentos finos (limo-arcillosos) lo que quedó evidenciado por la presencia de estrías de fricción y estructuras en globos de cizalla en la base de estos cuerpos. Al microscopio los fragmentos de vidrio volcánico muestran el corrimiento a través de estrías.-

La interpretación paleogeográfica del área de estudio debe tomarse como que las mismas se tratan de pequeñas cuencas que constituyeron una mayor durante prácticamente todo el Terciario, compartimentándose en cuencas menores durante el Mioceno Superior.

Después de la sedimentación paleógena se produce la transgresión "Paranense", con límites amplios dentro del territorio argentino y con ingresos en el sector de los valles calchaquíes, aunque de manera intermitente. Los sedimentos se tratan de depósitos de areniscas, conglomerados y sedimentos finos de origen lacustre somero. Los sedimentos de la Formación El Morterito (Valle de El Cajón) y San José Valle de (Santa María), se habrían depositado en este tiempo incluyendo organismos de microfauna y flora similares a los del resto de la cuenca.

El acortamiento cortical segmenta la cuenca calchaquí. La sedimentación continua con el aporte de sedimentos procedentes de las regiones elevadas; la transgresión había cesado, dejando pequeñas cuencas marginales. La orientación de estas cuencas presentan una alineación estructural Norte-Sur.

A fines de Mioceno y durante el Plioceno se produjo el ascenso de las sierras circundantes (Sierra de Quilmes), segmentando aun mas la cuenca. Dejando como testigo de su ascenso sedimentos de la parte inferior de la columna estratigráfica "colgados" en la ladera occidental de la misma.- el depósito de los sedimentos del resto de la columna fueron aportados por el centro volcánico ubicado al noroeste y las elevaciones circundantes.-

Trabajos Citados en el Texto:

- BOSSI, G. PALMA, R, 1982 Reconsideración de la Estratigrafía del Valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología Argentina I: 155-172.
- DE ALBA, E. 1954. Descripción Geológica De La Hoja 16c Villa Unión, Provincia De La Rioja. Servicio Geológico Nacional, Boletín 163:1-87
- FLINT, S., TURNER, P. ., HARTLEY A. J. Y JOLLEY E.J., 1993. The Importance Of Extensional Tectonics In Convergent Margin Basin An Example From Salar De Atacama. Chilean Andes Geological Society Of American Bulletin 150: 603-617.
- GALVÁN, A.F. Y RUIZ HUIDOBRO, O.J. (1965). Geología Del Valle De Santa María. Estratigrafía De Las Formaciones Mesozoico-Terciarias. Segundas Jornadas Geología Argentina, 217-230. San Miguel De Tucumán.
- MIALl A. D. (1978) Lithofacies Types And Vertical Profile Models In Braided River Deposits: a summary. In: Fluvial Sedimentology (Ed.by A.D. Miall) Mem. Can.Soc. Petrol. Geol. 5. 507-604.
- MURUAGA, C.M. (1998). Estratigrafía Y Sedimentología Del Terciario Superior De La Sierra De Hualfín, Entre Las Localidades De Villavil Y San Fernando, Provincia De Catamarca; 2 Tomos. Tesis Doctoral, Biblioteca Facultad De Ciencias Naturales E Instituto Miguel Lillo, UNT: 270. Inédita.
- RAMOS, V, 1988. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America. A collisional history. Episodes, 11: 168-175.
- RAMOS, V.A. 1970 .Estratigrafía Y Estructura De La Sierra De Los Colorados, Provincia De La Rioja. Asociación Geológica Argentina, Revista 25 (3):359-382. pag. 449-461
- TURNER, J.C. (1973) Descripción Geológica De La Hoja 11d, Laguna Blanca. Servicio Nacional Geológico Minero. Argentina
- TURNER, J.C.M. 1960.Estratigrafía De La Sierra De Santa Victoria Y Adyacencias. Academia Nacional De Ciencias, Boletín 41(2): 163-196, Córdoba.