

ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA DE LA QUEBRADA DE ARCA YACO

(Tolombón — Provincia de Salta, Argentina)

por RICARDO M. PALMA*

ABSTRACT

Stratigraphy and sedimentology of Oda. de Arca Yaco (Tolombón, Salta province, Argentina).— The area is covered with outcrops of the Santa María Group (Miocene-Pliocene), the Yacomisqui Formation (Upper Cretaceous and the Puncoviscana Formation (Precam.-Lower Camb.?). The latter forms the metamorphic basement of the Sierra de Santa Bárbara, which is the extension of the Cumbres Calchaquíes. The Santa María Group was deposited under marine-continental conditions as revealed by the fossils therein found and sedimentary textures and structures observed. The Angastaco Formation in the Valle Calchaquí is considered equivalent to the Andalhuala Formation (Santa María Group) which crops out in the homonymous valley. In the same way the Yacomisqui Formation is considered correlatable with Los Blanquitos Formation (Pirgua Subgroup).

I.— INTRODUCCION

El propósito de este trabajo fue conocer la secuencia sedimentaria y la sedimentología de las rocas aflorantes en el extremo norte del Valle de Santa María (flanco oriental).

La metodología de trabajo incluyó el levantamiento de un perfil con teodolito y mira con fines exclusivamente estratigráficos, tomándose las muestras de acuerdo con una tabla de números aleatorios al igual que las localidades de paleocorrientes dentro de los límites de la Formación Andalhuala. El color de las sedimentitas fue determinado de acuerdo con la Rock Color Chart (The Geol. Soc. of América), mientras que las estructuras primarias fueron determinadas de acuerdo con la clasificación de Allen y de Teruggi.

Las muestras más representativas fueron sometidas a análisis granulométricos y la frac-

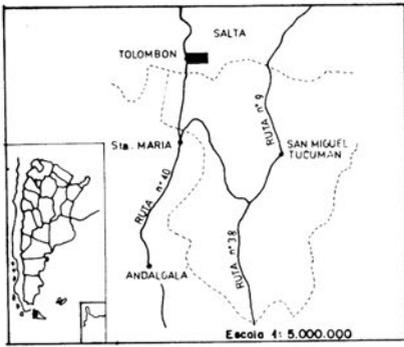
ción arcilla fue identificada mediante rayos X. La escasa madurez textural y el bajo grado de redondeamiento evidencian un corto transporte.

Los análisis de la mineralogía de las arcillas, permitieron identificar sericita-illita, clorita y montmorillonita, que fueron estudiadas en cuanto a su formación y variaciones. Estos minerales son detríticos, provenientes de las Cumbres Calchaquíes y del vulcanismo de carácter mesosilíceo contemporáneo con la sedimentación terciaria en el noroeste argentino.

El análisis estadístico de imbricación en los conglomerados de la Formación Andalhuala, realizado mediante el cálculo del Ensayo de Bartlett, acepta que las varianzas de las muestras son homogéneas, por lo que se consideró necesario realizar el cálculo de precisión de la Gran Media.

El resultado final de la evaluación indica un transporte hacia el oeste-noroeste (295° N), siendo las Cumbres Calchaquíes el área de

* Facultad de Ciencias Naturales



de piedemonte, derrames terminales y depósitos eólicos, en especial en las inmediaciones del viejo cauce del río Santa María.

El Grupo Santa María (Galván y Ruiz Huidobro, 1965), está representado por una secuencia sedimentaria terciaria, que rellena el fondo del valle de igual nombre, el que se encuentra limitado en ambos lados por fallas inversas de alto ángulo.

El espesor medido en la Quebrada de Arca Yaco alcanza los 1.165 m, potencia mucho menor que la registrada en otros sectores del valle, especialmente hacia el sur de esta zona.

La figura 2 presenta una síntesis de la nomenclatura estratigráfica de la zona estudiada.

III.- ESTRATIGRAFIA

En el área donde se realizó el perfil estratigráfico es posible reconocer la presencia de cuatro entidades litológicas con particularidades distintas y propias de cada una de ellas. Las mismas son: metamorfitas que constituyen el basamento de las Cumbres Calchaquíes, Formación Yacomisqui, de edad Cretácica Superior, el Grupo Santa María constituido por sedimentitas de edad terciaria y los depósitos

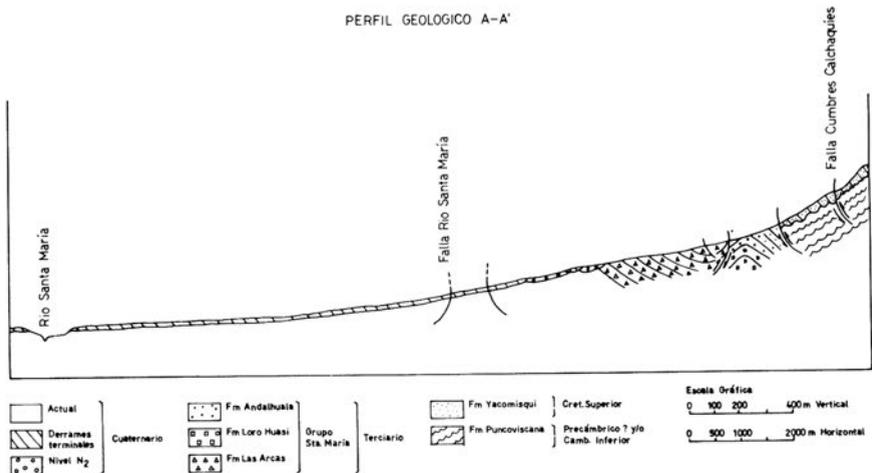
1.- Precámbrico-Cámbrico Inferior

Formación Puncoviscana?

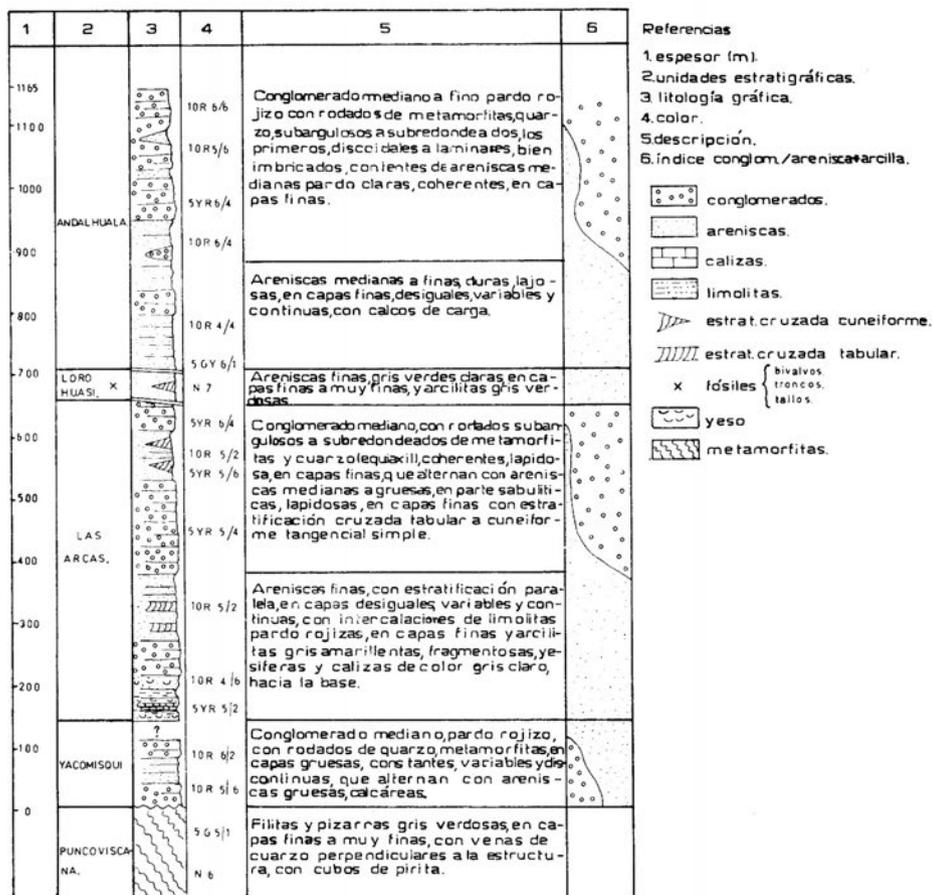
Antecedentes. Esta formación fue definida por Turner, en la Sierra de Santa Victoria y constituye el basamento de la secuencia paleozoica en el noroeste argentino.

Lo que Turner (op. cit.) denomina Formación Puncoviscana, es la secuencia sedimentaria afectada por metamorfismo y plutonización

PERFIL GEOLOGICO A-A'



COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA GDA. DE ARCA YACO (TOLOMBON -SALTA).



en algunos sectores, ocurridos como consecuencia del desarrollo del Ciclo Pampeano, el que posiblemente comenzó su desarrollo en el Cámbrico inferior o Precámbrico (Aceñolaza y Toselli, 1973-1976).

Rapela (1976), reconoce en el sector septentrional de las Cumbres Calchaquíes, zonas con diferente grado de metamorfismo que le permiten definir una zona de pizarras y blas-

tosamitas, utilizando este término para describir rocas con fábrica y mineralogía sedimentaria.

Definición estratigráfica

La Formación Puncoviscana está integrada por filitas y pizarras de color gris verdoso, en capas finas a muy finas, atravesadas por veni-

llas de cuarzo de hasta 2 cm de espesor, perpendiculares a la estructura. La formación de cubos de pirita, de posible origen ingenético, estarían indicando un ambiente euxínico durante la acumulación de los sedimentos.

Los análisis de rayos X a que fueron sometidas algunas de las muestras permitieron identificar minerales tales como muscovita, clorita y cuarzo. Dentro de las plagioclasas, albita. Dada la mineralogía presente, estas rocas alcanzan un grado de metamorfismo correspondiente a la Subfacies Clorita (Facies de los Esquistos Verdes).

Relaciones estratigráficas

La Formación Puncoviscana en el área de estudio se encuentra en contacto con la Formación Yacomisqui por medio de falla.

Edad y correlación

Las evidencias paleontológicas y las basadas en edades radimétricas de rocas y/o minerales permitieron cuestionar la suposición de edad precámbrica para estas rocas, en sentido absoluto.

González et al. (1971) obtuvieron para una filita de las Cumbres del Taficillo, situadas al noroeste de Tucumán, una edad de 513 m.a.

Sobre la base de las trazas fósiles encontradas por Mirré y Aceñolaza (1972) en la Quebrada del Suncho (Catamarca), pertenecientes al género *Oldhamia* sp., podría decirse que la edad de estas rocas sería Cámbrico inferior.

Las investigaciones realizadas en esta zona no permitieron lograr datos paleontológicos o radimétricos que contribuyan a aclarar este problema. A pesar de ello y teniendo en cuenta los caracteres regionales y las evidencias logradas en otros puntos de la provincia de Salta (Aceñolaza et al., 1976) se podría atribuir tentativamente a estas rocas una edad comprendida entre el lapso Precámbrico superior-Cámbrico inferior.

La Formación Puncoviscana sería correlacionable con la Formación Medina (Bossi, 1969)

del lado tucumano y con la Formación San Javier (Toselli et al., 1975), por sus características litológicas.

2.— Ordovícico

Granodiorita Cuchiyaco

Antecedentes. Aflora en uno de los extremos del Cerro Paranilla o Chimpa, fue definida por Rapela (1976) y se encuentra separada de la secuencia sedimentaria por la falla denominada Falla Río Santa María.

Este cuerpo granodiorítico, fue objeto de datación radimétrica por el método K-Ar, obteniéndose una edad de 472 ± 15 m.a. (Rapela, op. cit.), lo que corresponde al Ordovícico.

Es muy importante mencionar que no se hicieron todavía en este sector perfiles estratigráficos, por lo que resulta difícil precisar las relaciones entre las distintas unidades aflorantes.

3.— Cretácico superior

Formación Yacomisqui

Antecedentes. La Formación Yacomisqui fue propuesta por Galván y Ruiz Huidobro (1965), para definir a las sedimentitas de la ladera occidental del Cerro Paranilla, Loma Colorada y a las de la Quebrada de Yacomisqui al noreste del Cerro de Agua Negra.

Definición litológica

Conglomerados medianos pardo-rojizos, con rodados de cuarzo, metamorfitas, en capas gruesas, constantes, variables y continuas, y areniscas calcáreas de color gris pardo claro, en capas gruesas. La textura oscila desde mal a muy mal seleccionada, de asimetría positiva marcada y leptocúrticas. La media oscila entre areniscas finas a medianas, de acuerdo con la escala de Wentworth.

La estratificación es paralela en capas finas a gruesas, siendo observable en algunos casos estratificación cruzada cuneiforme.

Espesor y relaciones estratigráficas

La Formación Yacomisqui, se apoya discordantemente sobre el basamento metamórfico y en algunos sectores lo hace por medio de falla, su contacto con la Formación Andalhualla (Grupo Santa María) es por medio de falla. El espesor medido alcanza a los 242 m., pero dadas las condiciones de los contactos que la afectan, el espesor real de esta formación es imposible determinar con exactitud.

Edad y correlación

García (1957), considera a esta formación como perteneciente a las facies arenosas del Subgrupo Santa Bárbara (margas multicolores), pero Galván y Ruiz Huidobro (1965), la homologan con la parte superior del Subgrupo Pigua, que correspondería a la Formación Los Blanquitos, lo cual considero más aceptable, ya que su color, litología y morfología son muy similares. Por los reptiles encontrados en esta última entidad (Fm. Los Blanquitos), la edad asignada correspondería al Cretácico Superior.

4.— Cenozoico

Terciario

Antecedentes. Numerosos son los investigadores que estudiaron la secuencia terciaria aflorante en el Valle de Santa María. Es así que pueden citarse trabajos tales como de Stelzner, Brackebusch, Doering, Ameghino (1889), Bodenbender (1924), Frenguelli (1936), Stalecker (citado por Riggs y Paterson, 1939), Peirano (1946-1956), Galván y Ruiz Huidobro (1965), Yrigoyen (1969), Castellanos (1969), Spiegelman (1971), Carrión (1973), Fernández (1973) y Bossi (en prensa).

En conclusión puede decirse que luego de los numerosos trabajos realizados en el Valle de Santa María, puede adoptarse una nomenclatura estratigráfica correcta, teniendo en cuenta las reconsideraciones hechas por Bossi (op. cit.), sobre la secuencia sedimentaria de este valle.

Terciario inferior

Formación Saladillo

Antecedentes. Esta denominación fue dada por primera vez por Peirano (1946) bajo el nombre de Hiladas del Saladillo.

Galván y Ruiz Huidobro (1965), designan con el nombre de Formación Saladillo a una secuencia de litología muy similar a la descrita por Peirano (op. cit.), siendo su sección tipo la ubicada en la localidad de Los Corpitos.

Estos autores señalan que la Formación Saladillo sería la parte basal del Grupo Santa María, ubicación que es discutida por Bossi (en prensa), quien señala que esta entidad se encuentra separada por la Formación San José (parte basal del Grupo Santa María) por una discordancia erosiva.

Spiegelman (1971), no reconoce la existencia de afloramientos de esta entidad en la zona estudiada por ella e introduce cambios en la nomenclatura propuesta por Galván y Ruiz Huidobro (op. cit.). Es así que definió nuevamente a la Formación San José incluyendo en ella a los depósitos de la Formación Saladillo, situación que no es correcta porque aparte de representar un pronunciado cambio de facies, dichas formaciones están separadas, por una discordancia, como se citó anteriormente.

Afloramientos de la Formación Saladillo son citados por Fernández (1973) y Carrión (1973), en Puerta Julipao y Río Yasyamayo respectivamente.

Edad y correlación

Esta entidad sería correlacionable con la Formación Tolombón de Galván y Ruiz Huidobro (op. cit.) y con el Subgrupo Santa Bárbara, de la cuenca salteña (Moreno, 1970), siendo en consecuencia su edad, Terciario inferior.

Esta entidad no aflora en el perfil estratigráfico levantado en la Quebrada de Arca Yaco.

Mioceno—Plioceno**Grupo Santa María****Formación San José**

Antecedentes. Fue definida por Galván y Ruiz Huidobro (op. cit.) y sería equivalente a lo que Peirano (1946) definió como Hiladas del Castillo de Las Brujas. Esta entidad está integrada por un conjunto de sedimentos finos de color amarillo verdoso y con restos de *Corbicula stelzneri* y un típico paisaje en bad-lands.

Spiegelman (op. cit.), en su trabajo no menciona afloramientos de la Formación San José.

Los foraminíferos y ostrácodos hallados en la Quebrada del Río de la Quenquiada y del Río de Las Salinas (Tucumán) y estudiados por Bertels (Resúmenes II Cong. de Paleontología, 1978), corresponden a la parte inferior de la Formación San José.

Según Bertels (op. cit.), los ostrácodos pertenecen al género *Cyprideis herbstii* Bertels y Zubert, típico de agua salobre, mientras que los géneros de foraminíferos corresponden a *Streblus parkinsonianus* (D'Orbigny) y *Streblus compactus* Hofker y *Rotalia becarii* (Linneo).

Las especies encontradas pueden soportar salinidades muy contrastadas, pudiéndose decir que el ambiente era de lagunas litorales hipersalinas, con rápida evaporación.

Russo (y col.), (Resúmenes VII Cong. Geológico Argentino, 1978) constató la presencia de microfaunas en la Formación Anta (Terciario Subandino).

El hallazgo de estas microfaunas evidenciaría cierta conexión con un ambiente marino, correspondiente a la ingesión marina proveniente del este que depositó a la Formación Paraná (Mesopotamia).

Es necesario destacar la importancia que tienen estos nuevos estudios, ya que las nuevas interpretaciones sobre la paleogeografía del Terciario en el NOA no deben basarse en la presencia de depósitos continentales exclusivamente.

Edad y correlación

La Formación San José sería correlacionable con la Formación Río Salí del lado tucumano, según Bossi (op. cit.). La equivalencia es de carácter litoestratigráfico.

Spiegelman (op. cit.) y Galván y Ruiz Huidobro (op. cit.) le asignan una edad pliocena, mientras que Carrión (op. cit.) y Fernández (op. cit.) como así también Bossi (op. cit.), le asignan una edad miocena.

Formación Las Arcas

Antecedentes. Esta denominación fue enunciada por Galván y Ruiz Huidobro (op. cit.), quienes la ubicaron por encima de la Formación Loro Huasi. Spiegelman (op. cit.) redefinió a ambas formaciones, uniéndolas en una sola (Formación Las Arcas), quedando desactualizado el término Loro Huasi.

Definición litológica

Conglomerados medianos con rodados subangulosos a subredondeados de metamorfitas, cuarzo, coherentes, lapidosas, en capas finas, con estratificación cruzada tabular tangencial simple (Teruggi) o Beta de Allen, a cuneiforme tangencial simple, Omicron de Allen con intercalaciones de limolitas pardorrojizas y calizas en la base de color gris claro.

La textura es desde mal a muy mal seleccionada, de asimetría positiva marcada, correspondiendo a curvas platicúrticas a muy leptocúrticas. En todos los casos se utilizaron las escalas de Folk y Ward (1957). Es frecuente la estratificación paralela en capas finas como así también estratificación cruzada tabular tangencial simple, siendo su origen eminentemente fluvial.

Relaciones estratigráficas

La Formación Las Arcas se encuentra en contacto con la unidad suprayacente (Formación Andahuala) por medio de falla, mientras que su base se encuentra cubierta por material cuaternario.

Edad y correlación

La Formación Las Arcas al igual que la Formación San José, sería correlacionable con la Formación Río Salí del lado tucumano, según Bossi (op. cit.).

Formación Loro Huasi

Antecedentes. Fue definida por Galván y Ruiz Huidobro (op. cit.), siendo su localidad tipo "frente a la localidad de Loro Huasi, al sur de Santa María".

Ambos autores ubicaron a esta entidad entre la F. San José y la F. Las Arcas, situación que no es compartida por Spiegelman (op. cit.) quien reconoce la perfecta sucesión, como así también Bossi (op. cit.).

Carrión (op. cit.) y Fernández (op. cit.), reconocieron solamente la F. Las Arcas (Las Arcas-Loro Huasi), ya que las características litológicas no permitieron identificar una de otra, pero pudo observarse, de acuerdo al conocimiento que se tiene de la geología del valle, que ambas entidades constituyen horizontes estratigráficos muy bien definidos, tanto en el campo como sobre la base de la fotointerpretación.

Definición litológica

Areniscas finas de color gris verde claro, estratificadas en capas finas a muy finas, con troncos y tallos fósiles, con restos de carbón y arcillitas gris verdosas, con bivalvos.

La textura es desde mal a muy mal seleccionada; la distribución responde a curvas leptocúrticas a mesocúrticas, siendo su simetría positiva marcada. La media oscila entre areniscas finas a muy finas en la escala de Wentworth.

Es frecuente encontrar estratificación paralela en capas finas y estratificación cruzada cuneiforme tangencial simple de Teruggi, correspondiendo la misma al tipo Omicron de Allen.

Relaciones estratigráficas y espesor

La Formación Loro Huasi, se presenta en la Quebrada de Arca Yaco, formando el núcleo de un pequeño anticlinal estando representada en ambos flancos la Formación Andalhuala (entidad suprayacente), siendo el contacto entre ambas transicional.

En base a la fotointerpretación se observa que los afloramientos de esta entidad, hacia el norte de la Quebrada de Agua Negra (frente a Colalao del Valle) poseen un espesor que va reduciéndose considerablemente, es así que en la zona de estudio el espesor medido alcanza los 20 m.

Edad y correlación

La Formación Loro Huasi, no tiene equivalente lateral en la llanura tucumana y su edad correspondería al Mioceno (Bossi, en prensa).

Formación Andalhuala

Antecedentes. Fue definida por Galván y Ruiz Huidobro (op. cit.) y representa a la entidad de mayor espesor y continuidad horizontal dentro del Grupo Santa María.

Castellanos (1969), denomina Yocahuilense a los estratos con vertebrados fósiles, siendo la sección media o Yocahuilense típico la correspondiente a la Formación Andalhuala de los autores citados anteriormente.

Esta entidad se caracteriza por la presencia de restos fósiles de mamíferos, cuya lista puede observarse en Ameghino (1889) y Castellanos (1969).

Definición litológica

Conglomerados pardorrojizos con rodados de metamorfitas, bien imbricados y areniscas medianas estratificadas en capas finas, desiguales, variables y continuas.

La textura es desde mal a muy mal seleccionada, la distribución responde a curvas leptocúrticas a mesocúrticas, con asimetría positiva marcada. La media oscila entre areniscas

medianas a finas, de acuerdo con la escala de Wentworth.

La estructura presente más común es la estratificación paralela en capas finas, en las areniscas, calcos de carga.

Relaciones estratigráficas y espesor

En la zona de estudio, ésta entidad se encuentra representada por una de sus facies: Formación Zanja del Molle (Bossi, en prensa), que se caracteriza por la presencia de conglomerados con rodados metamórficos.

Está en contacto con la Formación Yacomisqui, por medio de falla, mientras que el contacto inferior, con la Formación Loro Huasi, es transicional. Esta forma parte del núcleo de un pequeño anticlinal y está cubierto en ambos flancos por la Formación Andalhuala. En el flanco occidental de esta estructura, se localizó una falla que pone en contacto la Formación Andalhuala con la Formación Las Arcas.

Su espesor, dados los problemas estructurales que la afectan es imposible determinar con exactitud.

Edad y correlación

La edad de esta entidad correspondería al Plioceno y sería correlacionable con la Formación Angastaco del Valle Calchaquí.

Cuaternario

Los depósitos de piedemonte asignados al cuaternario están representados por fanglomerados que se apoyan en discordancia sobre los sedimentos terciarios y el basamento metamórfico (Fm. Puncoviscana?). Los mismos se encuentran representados en valles, quebradas y en amplias mesadas.

Se reconocen tres niveles que según Ferreiro y Mon (1973), corresponden a glaciares de épandage o de derrame. Los niveles se identificaron desde el más viejo al más moderno por N₃, N₂, N₁.

Nivel N₃: está constituido por gravas y arenas de color gris parduzco, con rodados de esquistos, filitas, granitos y cuarzo. Este nivel se extiende desde el basamento metamórfico al cual cubre en discordancia, hasta el contacto de la Formación Yacomisqui con la Formación Andalhuala, en amplia distribución y ocupando las laderas de la Quebrada del Pozo Cavado.

Nivel N₂: está representado por conglomerados con rodados de esquistos, filitas y pegmatitas, algo imbricados. Se encuentra ampliamente extendido, y por sus características litológicas se presenta profundamente disectado formando farallones que impiden el acceso hacia el basamento.

Nivel N₁: ocupa una región restringida, cubre discordantemente a las formaciones inferiores del Grupo Santa María. Se encuentra constituido por conglomerados con rodados de esquistos, filitas, vulcanitas y cuarzo.

Derrames terminales

Se encuentran constituidos por una heterogeneidad de materiales litológicos de origen fluvial, como así también eólico. Ampliamente desarrollado a expensas de los torrentes que bajan desde las Cumbres Calchaquíes, se extienden hasta la llanura de inundación del Río Santa María, a la cual cubren.

Según Ferreiro y Mon (op. cit.) estos niveles corresponden al Pleistoceno superior, mientras que a los derrames terminales le asignan una edad comprendida entre el Holoceno y la actualidad.

Los depósitos eólicos, se acumulan en forma de dunas y médanos, especialmente en la margen izquierda del río Santa María entre Tolombón y Cafayate, principalmente y en mayor grado en el viejo cauce del río Santa María.

IV.— SEDIMENTOLOGIA

A.— Análisis textural de los sedimentos

Fueron analizadas un total de 22 muestras (sedimentitas del Terciario y del Cretácico su-

perior), para establecer las características texturales de las sedimentitas aflorantes en la Quebrada de Arca Yaco. Dado el carácter de baja litificación fueron analizadas por los métodos convencionales de tamizado y pipeteo, éste último introducido por Krumbein y Pettijhon en el análisis de los sedimentos.

Para el cálculo de los distintos parámetros estadísticos fueron utilizadas las fórmulas de Folk y Ward (1957). Con el objeto de representar gráficamente la distribución granulométrica de los sedimentos analizados se confeccionaron curvas acumulativas, usando papel de probabilidad, introducido por Otto (1939), el que permite realizar interpolación recta y lectura precisa de los porcentajes (fig. 3).

También se confeccionaron histogramas (fig. 4); en ambos casos, se empleó en la abscisa la escala Φ introducida por Krumbein.

Los análisis texturales llevados a cabo con muestras representativas de cada formación interviniente, permitieron establecer una serie

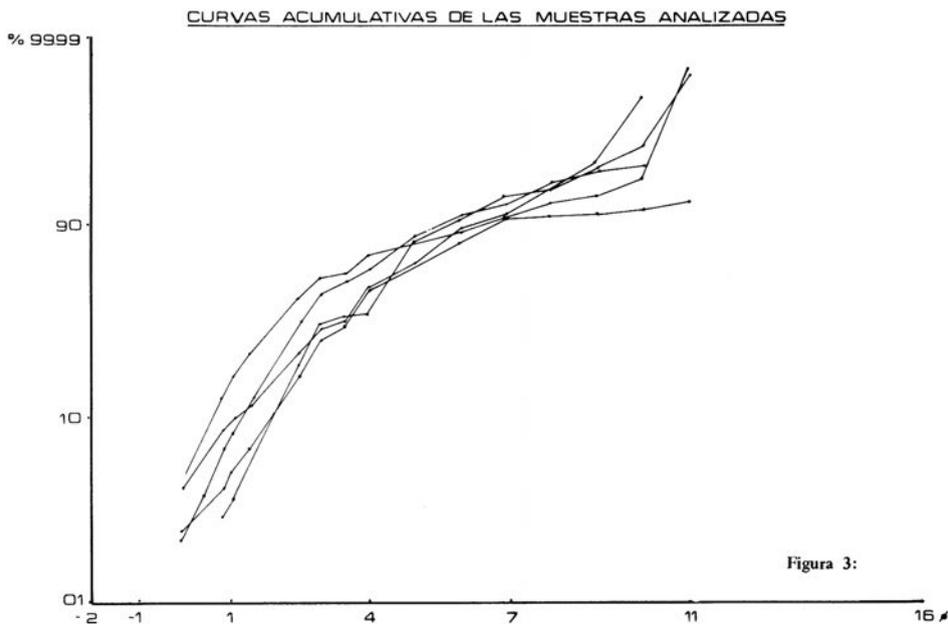
de tendencias generales que pueden resumirse como sigue:

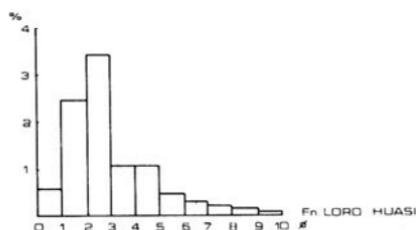
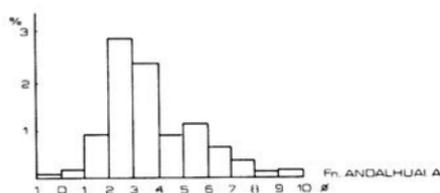
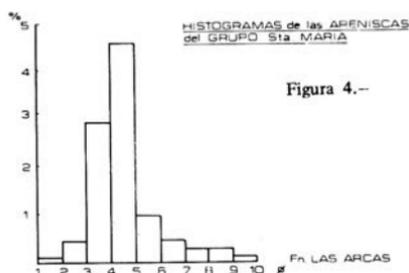
1.— Por comparación de datos obtenidos de la asimetría (Sk₁) y la curtosis (K_g), se observó que las distribuciones excesivamente agudas en el centro poseen una asimetría positiva marcada.

2.— Los datos obtenidos de selección (1) y asimetría (Sk₁) permitieron observar que a las muestras mal seleccionadas (66 por ciento) les corresponde una asimetría positiva marcada (67 por ciento). O sea que a menor grado de selección, más positiva es la simetría.

Transporte y ambiente de sedimentación

Teniendo en cuenta las estructuras presentes y las texturas observadas, puede decirse que el transporte fue predominantemente fluvial. En general las estructuras presentes tales como estratificaciones cruzadas de distintos tipos y los ritmos de sedimentación dados por la alternan-





cia de conglomerados, areniscas y lentes finos (Formación Las Arcas) permiten decir que el ambiente deposicional fue de alta energía (ver fig. 1).

Sin embargo la Formación Loro Huasi caracterizaría a un ambiente fluvial-lacustre. Este último evidenciado por la presencia de restos fósiles de bivalvos y troncos de dicotiledóneas (O'Donell, 1938), que posiblemente se desarrollaban a orillas del lago. La presencia de carbón es el producto de la descomposición de la vegetación, bajo condiciones anaeróbicas y de una etapa de soterramiento poco profundo,

que causaron la carbonización de los detritos vegetales.

Hacia la parte superior de la secuencia sedimentaria, la extensión de los conglomerados y depósitos salinos que inclusive fueron objeto de explotación, caracterizaría a un ambiente persistentemente árido, quizás producido por el ascenso de las Cumbres Calchaquíes-Sierra del Aconquija.

Para la Formación Yacomisqui el ambiente del área de deposición era oxidante, bajo un clima cálido.

La escasa madurez textural y el bajo grado de redondeamiento, evidencian un corto transporte.

B.- Análisis de la mineralogía de las arcillas*

Fueron estudiadas un total de 24 muestras mediante difracción de rayos X, a fin de determinar la composición de los minerales de las arcillas y de esta manera conseguir una distribución más representativa para cada formación.

Con el fin de realizar la identificación de los minerales arcillosos presentes, se prepararon difractogramas de muestras normales y gliceroladas, (Mac Ewan, 1944-1946, citado por Bossi, 1973), utilizándose como catión de cambio Li^+ . Se analizó la fracción menor de 2 micrones, utilizándose en todos los casos los ábacos de Jackson (1956).

Estos análisis permitieron identificar montmorillonita, sericita-illita y clorita, pudiendo ser observadas sus variaciones en la figura 5.

Variaciones de los minerales arcillosos en las formaciones aflorantes en la Quebrada de Arca Yaco

Para una mayor comprensión de los minerales arcillosos y sus variaciones es preciso anali-

* Para la identificación de los minerales arcillosos se utilizó la siguiente bibliografía: Bossi (1973), Carroll (1970), Brown (1961), Index (Powder Diffraction File, 1968), y Deer et al. (1965).

zarlos por formaciones, las que son expuestas a continuación en orden estratigráfico descendente:

Formación Andalhuala

Es notable el porcentaje de sericita en la base y parte media de esta formación. Por lo general predomina la sericita en proporciones del 44% - 77%.

Situación inversa ocurre con la montmorillonita ya que la misma predomina hacia el techo, en contenidos que oscilan entre el 11% - 41%. La clorita por su parte está representada invariablemente en porcentajes que varían entre el 5% - 16%.

Formación Loro Huasi

El contenido de sericita es predominante alcanzando una representación entre el 55% - 74%. La clorita en porcentajes del 6% - 25% está más distribuida hacia el techo de la formación.

La montmorillonita por su parte oscila entre el 14% - 36%. En la muestra N° 18, ella está ausente e identificándose en la misma, pirofilita.

Formación Las Arcas

Esta formación es la de mayor espesor y por lo tanto, le corresponde el mayor número de muestras analizadas, las que permitieron identificar una variación notable en los distintos porcentajes de montmorillonita, clorita y sericita presentes.

El contenido de montmorillonita es predominante en la base y parte media de la misma, en general alcanza un porcentaje entre el 33-69 por ciento, mientras que hacia el techo solo llega a un 10%.

La sericita varía su contenido de manera regular, alcanzando hacia el techo una representación del 70%. La clorita se encuentra en porcentajes que oscilan entre el 4% - 39% estando mejor representada hacia el techo de esta formación.

Formación Yacomisqui

Las muestras correspondientes a esta formación revelan una mayor proporción de montmorillonita (73-75%), las micas están representadas por illita (17-23%), mientras que la clorita varía entre el 5-8%.

Génesis de los minerales arcillosos

La presencia de sericita y clorita es muy común en sedimentos arcillosos, pudiendo ser ambos minerales detríticos a autigénicos, pero dado el bajo grado de diagénesis existente en las sedimentitas terciarias del Grupo Santa María, se puede decir que los mismos son detríticos.

Es así que Carroll (1970), enuncia que las cloritas tienen su génesis en rocas metamórficas de bajo grado. Con respecto a la illita, no existe ninguna duda de su procedencia a partir de rocas pelíticas metamorfosadas.

Mientras que la montmorillonita puede formarse por la alteración de rocas ígneas eruptivas, frecuentemente tobas y cenizas volcánicas (según Deer et. al., 1965). El origen de este material volcánico está ligado al vulcanismo de carácter mesosilíceo (Coira y Pezutti, 1976), contemporáneo a la sedimentación terciaria en el NOA, ocurrido durante el Mioceno-Plioceno. Esta efusividad está íntimamente relacionada en otras áreas de esta región con alteraciones de carácter hidrotermal y anomalías geoquímicas en lugares como Agua de Dionisio (Coira y Pezutti, op. cit.) y con el vulcanismo andesítico que se observa en Cumbres Calchaquíes y Aconquija.

La montmorillonita de la Formación Yacomisqui, puede provenir de la alteración de materiales de naturaleza volcánica, alojados dentro de la Formación Las Curtiembres, como por ejemplo en la Quebrada de las Conchas.

C.- Análisis de paleocorrientes

Sobre la base de 250 mediciones realizadas en 14 localidades, dentro de los límites de la

Formación Andaluza (Grupo Santa María), se intenta demostrar la dirección de la paleocorriente que depositó los conglomerados; para ello se realizó un análisis estadístico de rodados imbricados.

Se tomó como modelo el trabajo de Bossi et al. (1975), investigación de índole regional, de suma importancia en nuestra bibliografía ya que existen muy pocos trabajos de paleocorrientes de conglomerados a base de imbricaciones.

Las localidades donde se realizaron las mediciones coinciden con las estaciones y puntos de referencia, los que fueron establecidos en base a una tabla de números aleatorios pertenecientes al perfil estratigráfico levantado en la Quebrada de Arca Yaco, con el objeto de estudiar la secuencia sedimentaria aflorante en ella.

Para ello se midieron juegos de rodados imbricados, cuyas formas variaban de discoidales a laminares midiéndose también por localidad

los ejes A de los rodados máximos encontrados; éstas mediciones se hicieron de manera independiente de la capa que los contenía.

Antes de la evaluación estadística se procedió a realizar la rotación de la imbricación a la horizontal, utilizándose para ello la red de Wulff.

Evaluación estadística de la imbricación

Para realizar el Ensayo de Bartlett, de la homogeneidad de las varianzas (Dixon y Massey), primeramente se procedió a realizar el cálculo de las varianzas individuales para cada localidad y de esta manera obtener una visión en conjunto de las posibilidades de demostrar este ensayo, dada la experiencia al intentar realizar las evaluaciones por el método de Steinmetz.

El Ensayo de Bartlett se basa en la siguiente hipótesis:

"Las poblaciones muestreadas son normales y poseen la misma varianza".

CALCULO DEL ENSAYO DE BARTLETT

Localidad	$n_i - 1$	S_i^2	$S_i^2 (n_i - 1)$	$\ln S_i^2$	$(n_i - 1) \ln S_i^2$
O	10	2499,01	24990,1	7,824	78,24
Q	7	1473,28	10312,96	7,295	51,07
20 ₁	6	718,1	4309,02	6,577	39,46
V	8	819,50	6556,00	6,709	53,67
28	9	545,44	4908,96	6,301	56,71
22	10	1450,67	14506,70	7,280	72,80
25	7	949,57	6646,99	6,856	47,99
18	8	613,37	4906,96	6,419	53,35
U ₁	5	1181,20	5906,00	7,074	35,37
W	7	879,43	6156,01	6,779	47,45
19	14	1045,93	14643,02	6,953	97,34
26 ₁	3	2568,66	7705,98	7,851	23,55
26 ₂	5	914,00	4570,00	6,817	34,09
U ₂	4	219,00	876,00	5,389	21,56
20 ₂	3	192,66	577,98	5,261	15,78
S	9	324,66	2921,94	5,783	52,04
			120494,62		

$$\frac{S_i^2 (n_i - 1)}{n - c} = S_p^2 = 1047,78$$

$$\ln S_p^2 = 6,95$$

$$M = (N-c) \ln S_p^2 - (n_i - 1) \ln S_i^2$$

$$A = \frac{1}{3(c-1)} \cdot (1961 + \frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{9} = \frac{1}{15})$$

$$A = 0,0222 \times 2,643 = 0,0587$$

$$V_1 = 15$$

$$V_2 = \frac{17}{0,00344} = 4,942$$

$$b = \frac{4,942}{1 - 0,00222} = 0,004$$

$$b = 5,052$$

$$F' = \frac{V_2 \cdot M}{V_1 (b-M)}$$

$$F' = \frac{105215,18}{75469,65} = 1,394$$

$$F_{0,95} (15, \infty) = 1,67$$

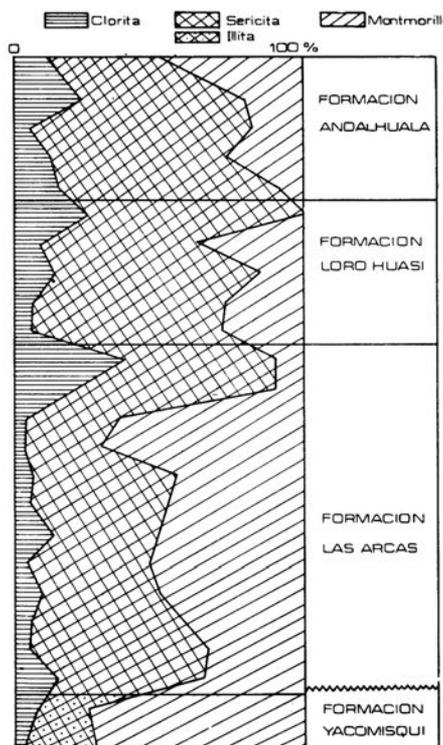
El valor calculado $F' = 1,39$, es menor que el valor del Ensayo F (Dixon y Massey, op. cit.) lo que permite aceptar que las poblaciones donde se tomaron las muestras (lecturas) tienen la misma varianza.

Al realizar la evaluación de las imbricaciones medidas en la Formación Andalhuala, se ha considerado únicamente la parte central de la distribución; para ello se han utilizado 142 observaciones, siendo eliminadas 8 en total de las 14 localidades originales, cuyos azimutes se apartaban considerablemente de la media local.

De esta manera se redujeron las varianzas en valores que oscilan entre el 99,22 (Loc. R.), de mayor precisión y menor dispersión y el 2568,66 (Loc. 261), la que fue dividida en dos localidades con el objeto de homogeneizar las varianzas, como así también se desdoblaron las localidades 20 (en 20₁ y 20₂), U (en U₁ y U₂).

DIAGRAMA DE VARIACION DE LOS MINERALES DE LAS ARCILLAS

Fig. 5.-



O sea que de las 14 localidades originales se obtuvieron 17 localidades por evaluación.

Para establecer la homogeneidad de las varianzas se calcularon los límites de confiabilidad para cada una de las varianzas de cada localidad, utilizándose la tabla A-6b (Dixon y Massey).

Los límites de confiabilidad de las varianzas a un nivel 95% dieron como resultado:

$$S_p^2 = 1171,92$$

VARIANZAS Y LIMITES DE CONFIABILIDAD DE LAS VARIANZAS

Localidad	S_i mínimo (P 97,5)	S_i máximo (P 2,5)	S_i^2
Q	643,35	6113,19	1473,28
20 ₁	297,99	3486,26	718,17
V	374,20	3012,86	819,50
O	1219,02	7689,26	2499,01
28	258,50	1818,13	545,44
22	707,64	4507,14	1450,14
25	414,66	3940,12	949,50
18	280,08	2255,04	613,37
U ₁	459,61	7115,66	1181,20
W	384,03	3649,09	879,43
19	559,32	2601,81	1045,93
26 ₁	823,29	35675,83	2568,66
26 ₂	355,64	5506,02	914,00
U ₂	78,49	1809,91	219,00
20 ₂	61,75	2675,83	192,66
S	227,88	1080,00	324,66
R	47,02	330,73	99,22

Puede observarse que la Loc. O, tiene su límite inferior muy próximo a la varianza ponderada, de manera que se la incluye en el conjunto de localidades. Por su parte la Loc. R, por ser de gran precisión con respecto a las demás, dado que su intervalo de confiabilidad está muy lejos de la varianza ponderada, se la eliminó para el cálculo del Ensayo de Bartlett.

Calculando los límites de confiabilidad de las varianzas S_i^2 , a un nivel 95% se puede observar que solo uno de los límites de confiabilidad (Loc. O), no contiene a S_i^2 . Lo mismo ocurre con la Loc. R, mientras que todas las demás localidades están contenidas dentro de este valor.

El ensayo acepta a nivel 95%, que las varianzas de las muestras son homogéneas, de esta manera demostrando la homogeneidad de las varianzas, es posible sospechar la existencia de una sola población y tratándose que son imbricaciones medidas en distintos niveles de una misma formación, puede decirse que las variaciones existentes eran totalmente erráticas. Por ello se consideró que la distribución pertenecía a una sola población, procediéndose a calcular una Gran Media (\bar{X}).

$$W/V = -1,328$$

$$\text{Arc tg } \frac{W}{V} = -53$$

$$4\text{to. cuadrante } \bar{X} = 307^\circ \text{ N}$$

$$307^\circ - 12^\circ = 295^\circ \text{ N (Ver fig. 6)}$$

la composición de la fracción arcilla, indican una proveniencia de un basamento metamórfico de bajo grado, lo que, incluso por la situación geográfica, señala las Cumbres Calchaquís, que ya a esta época de la sedimentación de la Formación Andalhuala, habían comenzado a ascender y elevándose por encima del plano de sedimentación (Plioceno Superior), de manera que podemos considerar que cuando se depositaba la Formación Andalhuala, la sedimentación en el Valle Calchaquí-Santa María y Choromoro, eran independientes entre sí. Mientras que para la parte baja de la Formación Andalhuala, Formación Loro Huasi, Las

Arcas y San José, aparentemente la sedimentación era continua en ambas cuencas, (Bossi, (op. cit.).

Algo muy interesante, es la denominada Formación Angastaco en el Valle Calchaquí (Solís, 1972), que correspondería casi exclusivamente a lo que se denomina Formación Andalhuala en el Valle de Santa María, es decir que en el Valle Calchaquí no hubo sedimentación contemporánea al Calchaquense del Valle de Santa María, y que por tanto la acumulación en aquel, comenzó durante la acumulación de la Formación Andalhuala.

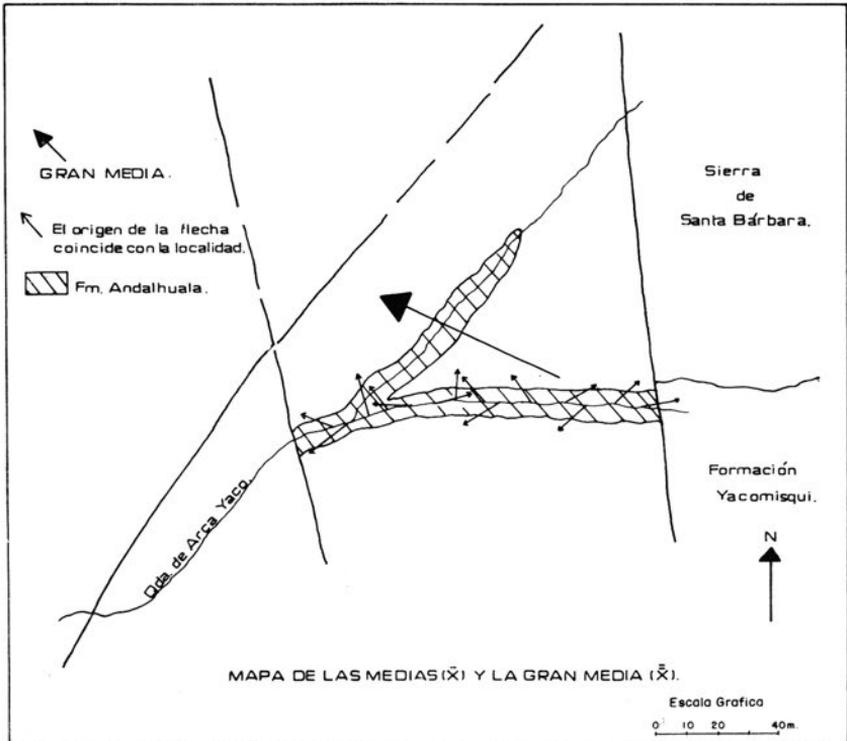


Fig. 6.-

Estructura

El Valle de Santa María ocupa una amplia depresión tectónica, longitudinal que es recorrida por los ríos Calchaquí y Santa María, desde el norte y el sur respectivamente, los que confluyen un poco al norte de la zona estudiada (Carayate).

Las evidencias que hacen a la denominación de una depresión tectónica, no solo están reflejadas en el carácter de la secuencia sedimentaria allí depositada, sino por el carácter de los planos de fallas ubicados en las laderas este y oeste, o sea de las Cumbres Calchaquíes y Sierra de Quilmes respectivamente (Frenquelli, 1936).

El bloque oeste (Sierra de Quilmes) limita a la fosa tectónica mediante una falla inversa, que se encuentra cubierta por sedimentos cuaternarios fanglomerádicos.

En el este, el Valle de Santa María se encuentra limitado por dos bloques de basamento, Cumbres Calchaquíes y Sierra del Aconquija, ambos separados por una depresión tectónica menor, el Valle de Tafí y la Quebrada de Amai-cha.

En la ladera oeste de las Cumbres Calchaquíes se localiza la falla denominada Falla Cumbres Calchaquíes, cuyo plano se encuentra inclinado hacia el este, y pone en contacto a las formaciones superiores del Grupo Santa María y/o la Formación Yacomisqui, con el basamento metamórfico que forma dicho cordón.

En el borde occidental de los afloramientos de esta secuencia sedimentaria se encuentra la falla denominada Falla Río Santa María; la misma fue localizada por fotointerpretación y confirmada en campaña.

Pliegues

a) En la Quebrada de Arca Yaco y a unos 600 m del puesto del mismo nombre se encuentra una estructura anticlinal, en cuyo núcleo se encuentra la Formación Loro Huasi. Su eje tiene rumbo 10° N y un buzamiento de 10° SE.

En ambos flancos se encuentra la Formación Andalhuala.

b) A unos 150 m del mismo puesto, se desarrolla una estructura sinclinal en la Formación Las Arcas, cuyo eje tiene rumbo 40° N y un buzamiento de 32° E.

c) Al sur de la Quebrada del Mal Paso, en la Formación Saladillo se localiza un anticlinal el que se encuentra fracturado en su ala occidental. Esta falla estaría relacionada con la Falla Río Santa María.

Relaciones entre la tectónica y la sedimentación

El medio sedimentario como en cualquier cuenca es el que regula de manera notable la distribución de los sedimentos que llegan a ella y la tectónica actúa de manera tal que regula su hundimiento.

Su influencia en el área de estudio está dada por un hundimiento rápido, de ahí la mala selección de los detritos, causada también por un escaso transporte de los mismos.

Para la parte inferior del Grupo Santa María, podría decirse que la influencia de la tectónica fue pequeña. Es así que la distribución de lagunas y barreales yesíferos de la Formación San José y parte basal de la Formación Las Arcas, son propias de un ambiente tectónico pasivo.

La situación en la parte media y superior del Grupo, fue distinta. Podría hablarse de una tectónica actuante más activa, situación que produjo un aumento de la descarga desarrollándose ampliamente las facies conglomerádicas; no obstante existieron períodos de calma tectónica durante la acumulación de la Formación Loro Huasi, evidenciados por la litología

Conclusiones

1.— Los nuevos aportes basados en el estudio de microfauas, hallados en la parte basal del Grupo Santa María, deben tenerse en cuenta, para basar las nuevas interpretaciones del

terciario en el NOA, con una posible relación de estos depósitos con la ingesión marina atlántica del Mioceno Superior.

2.— La parte media y superior del Grupo Santa María fueron depositadas en un ambiente típicamente fluvial.

3.— La Formación Yacomisqui se considera como integrante de la parte superior del Subgrupo Pirgua, o sea Formación Los Blanquitos.

4.— Los minerales arcillosos son detríticos y provenientes de las Cumbres Calchaquíes y del vulcanismo mesosilíceo (Mioceno-Plioceno) de las Cumbres Calchaquíes y Aconquija.

5.— El análisis estadístico de imbricación en los conglomerados de la Formación Andahuala, indican un transporte hacia el oeste-noroeste (295° N).

6.— Considerar a la Formación Angastaco (Valle Calchaquí), como equivalente a la Formación Andahuala del Valle de Santa María.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con fondos otorgados por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, a la cual hago llegar mi agradecimiento, como así también a los Dres. Alejandro Toselli y Florencio Aceñolaza por la lectura crítica del manuscrito y sugerencias recibidas.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEÑOLAZA, F. G. y TOSELLI, A. J., 1976. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el eopaleozoico del Noroeste argentino. *Actas II Congreso Latinoam. Geol.*, p. 755-764 - Venezuela.
- ACEÑOLAZA, F. G.; DURAND, F. R. y DIAZ TADDEI, R., 1976. Geología y contenido paleontológico del basamento metamórfico de la región de Cachi, Provincia de Salta. *Actas VI Congr. Geol. Argentino - Buenos Aires*.
- AMEGHINO, F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina.- *Actas Acad. Nac. Cien. Córdoba*, 6: 1-98.
- BERTELS, A., ZABERT, L., (en prensa). Microfauna del Grupo Santa María (Terciario superior) en las provincias de Catamarca y Tucumán, República Argentina. *Actas II Cong. Arg. de Paleont. Buenos Aires*.
- BODENBENDER, G. 1924. El Calchaqueño y los Estratos de la Puna de Penck.: *Boln Acad. Nac. Cienc. Córdoba* 27.
- BROWN, G., 1961. The X-ray identification and crystal structures of clay minerals. *Mineral. Soc. (Clay Miner. Group.) London*.
- BOSSI, G. E., 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del Valle de Choromoro.- *Acta geol. lilloana*, 10: 17-64.
- 1973. Identificación de las smectitas sedimentarias.- *Revta Asoc. Min. Petr. y Sedim.*, 4: 75-104.
- BOSSI, G. E., VILLANUEVA GARCIA, A., MORENO, C. A., LUTZ, M. A. y KOUSAL, M. I. 1975. Análisis estadístico de imbricaciones en la Formación Quebrada del Barro, Marayes - Prov. de San Juan, Argentina.- *Revta Asoc. Min. Petrol. Sedim.*, 6: 23-54.
- BOSSI, G. E. (en prensa). Reconsideraciones estratigráficas sobre el Valle de Santa María.
- CARRION, M. H., 1973. Estudio geológico-estratigráfico del río Yasyamay y alrededores. *Sem. Bibliot. Fac. Ciencias Nat. U.N.T. Inédito*.
- CARROLL, D., 1970. Clay minerals: A guide to their X-ray identification. *The Geol. Soc. of Amer. Special Paper*, 126.
- CASTELLANOS, A., 1969. Notas de estratigrafía terciaria del Valle de Santa María (Yocahuil) en la Provincia de Catamarca-Tucumán-Salta (Argentina). *Inst. de Fisiogr. y Geol. Univ. Nac. de Rosario. Publicación* 54.
- COIRA, B. y PEZZUTI, N., 1976. Vulcanismo cenozoico en el ámbito de la Puna Catamarqueña.- *Revta Asoc. Geol.* 31, 1.
- FERNANDEZ, V. 1973. Estudio geológico estratigráfico del río Julipao y alrededores. *Sem. Bibliot. Fac. Cienc. Nat. U.N.T., Inédito*.
- FERREIRO, V. y MON, R., 1973. Geomorfología y tectónica del Valle de Santa María.- *Acta geol. lilloana* 12: 72-78.
- FOLK, R. and WARD, W., 1957. Brazos River: a study in the significance of brain size parameters.- *Jnl Sedim. Petrology*, 27, 3-26.
- FRENGUELLI, J., 1936. Investigaciones geológicas en la zona salteña del Valle de Santa María.

- Obra del Cincuentenario del Museo de La Plata. 2: 215-572.
- GARCIA, J., 1957. Estudio geológico del tramo inicial de la Quebrada de Las Conchas y regiones adyacentes, Prov. de Salta. Univ. Nac. La Plata, Inst. del Museo La Plata. Tesis inédita.
- GONZÁLEZ, R., KAWASHITA, K. y CABRERA, M. A., 1971. Edades radimétricas de algunas rocas del basamento de las Sierras Pampeanas.- *Revta Asoc. Geol. Arg.* 26: 527.
- GALVAN, A. y RUIZ HUIDOBRO, O., 1965. Geología del Valle de Santa María. Estratigrafía de las formaciones Mesozoicas-Terciarias.- *Acta geol. lilloana* 7: 217-230.
- INDEX POWDER DIFFRACTION FILE, 1968. Amer. Soc. for Test. and Mater.
- JACKSON, M.L., 1956. Soil chemical analysis advanced course. Univ. of Wisconsin. Dep. of soils Madi Wisconsin.
- MIRRE, J. C. y ACEÑOLAZA, F. G., 1972. El hallazgo de *Oldhamia* sp (traza fósil) y su valor como evidencia de edad Cámbrica para el supuesto Precámbrico del borde occidental del Aconquija. Prov. de Catamarca.- *Revta Asoc. Paleont. Arg.* 28: 195-205.
- MORENO, J. A., 1970. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico Superior en la Cuenca del Noroeste Argentino, con especial mención de los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara.- *Revta Asoc. Geol. Arg.*, 25, 1.
- O'DONELL, C., 1938. Troncos y ramas fósiles de dicotiledóneas, en el Araucaniano de Tiopuncu (Dep. Tafí - Prov. de Tucumán).- *Cuad. de Miner. y Geol.* 1, 1: 26-29.
- PEIRANO, A., 1946. Estudio geológico de la Quebrada de Amaicha, Dep. Tafí Prov. de Tucumán.- *Cuad. Min. Geol. U.N.T.* 4: 19-27.
- 1956. Observaciones generales sobre la tectónica de los depósitos terciarios del cuadrángulo 26° S - 64° 30' O - 28° 30' S - 67° O, en el noroeste argentino.- *Acta geol. lilloana* 1: 61-114.
- RAPELA, C. W., 1976. El basamento metamórfico de la región de Cafayate, Prov. de Salta. Aspectos petrológicos y Geoquímicos.- *Revta Asoc. Geol. Arg.* 31, 3: 203-222.
- RIGGS, E. S. and PATERSON, B., 1939. Stratigraphy of late Miocene and Pliocene deposits of the province of Catamarca (Argentina), with notes on the faunas.- *Physis* 14: 143-162.
- RUSSO, A. y SERRAIOTTO, (en prensa). La Estratigrafía terciaria en el noroeste argentino. *Actas VII Congr. Geol. Arg.*, Neuquén.
- SOLIS, J. A., 1972. Consideraciones sobre el Terciario del Valle del Tonco (Dep. San Carlos-Provincia de Salta). Sem. II Fac. de Cs. Nat. de Salta U.N.T. Salta.
- SPIEGELMAN, A., 1971. Sedimentología del Grupo Santa María (Provincia de Catamarca-Tucumán).- *Revta Asoc. Arg. Min. Petr. Sedim.* 2: 1-18.
- TOSELLI, A.J., GODEAS, M. y ROSSI de TOSELLI, J. 1975. Contribución al conocimiento petrológico del metamorfismo del basamento esquistoso de la Sierra de San Javier, Prov. de Tucumán, Argentina.- *Revta Asoc. Min. Petrol. y Sediment.*, 6, 3-4: 103-114.
- TURNER, J. C., 1964. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias.- *Boln Acad. Nac. Cien. Córdoba*.
- YRIGOYEN, M., 1969. Problemas estratigráficos del Terciario de Argentina.- *Revta Asoc. Paleont. Argent.* 6: 315-326.

RICARDO M. PALMA

Facultad de Ciencias Naturales
Miguel Lillo 201
4000 - San Miguel de Tucumán
República Argentina