

Explotación hidrogeológica en la Cuenca del Río Miraflores Provincia de Jujuy. Argentina.

por

José Andrés Alcalde * y María Camacho de Alcalde*

ABSTRACT

An unconfined aquifer had been developed in flood sediments of Miraflores River basin in the Abra Pampa graben (Jujuy province: $22^{\circ}15'$ - $23^{\circ}17'$ lat. south; $65^{\circ}32'$ - $66^{\circ}15'$ long. West). Its hydraulic characteristics had been determined through two mechanical sounding which had shown a base of a white cemented, compacted sandstone at 35 meters of depth (measured in the middle of the valley).

It was found that the volumetric "Q" varies from 900 to 1600m^3 day, with a depression lower than 13%; the coefficient of transmissibility goes from 600 to 2500m^2 /day with a quick recuperation and one excellent quality water.

1.- Introducción.

1.1.- Finalidad.

El avance del conocimiento en hidrología subterránea, más la incorporación de nuevas técnicas de exploración determinó el cuestionamiento a los aciertos de la bibliografía existente, referidos a la carencia de recursos hídricos en la unidad morfoestructural Puna - sector jujeño-, y en cantidades suficientes que permitiesen en función del riego, implementar acciones de desarrollo socio-económico.

En consecuencia, nuestras investigaciones tuvieron por objeto, determinar la existencia de recursos hídricos, establecer la naturaleza y características de las reservas, y especificar su calidad química.

Para ello, contamos con el valioso apoyo de la Dirección de Hidráulica Jujuy, que aportó recursos económicos, equipos de perforación y Ensayos, Personal

Universidad Nacional de Jujuy

1.2.- Justificación.

La implementación de políticas tendientes al desarrollo de áreas de fronteras, implica un adecuado conocimiento del medio físico natural y sus recursos; en este contexto, la adecuada evaluación de los recursos hídricos es una etapa previa y necesaria, más aún en zonas como la que nos ocupa, poco pobladas, y de marcada aridez.

1.3.- Metodología de trabajo.

Revisión bibliográfica, fotointerpretación geológica hidrogeológica, control geológico de campo, inventario de puntos de agua, ubicación y ejecución de dos sondéos mecánicos -pozos PM-161, en Puesto del Marqués; AP-162, en Abra Pampa-, que sumaron 550 m de perforación. Ambos fueron entubados hasta el muro del acuífero con cañería y filtros de ocho pulgadas, y los piezómetros ranurados con cuatro pulgadas; engravillados, y desarrollados adecuadamente, se realizaron los ensayos de bombeo, cuya información fuera analizada según los métodos usuales.

El inventario de puntos de agua cubrió el valle en su totalidad, realizándose además el muestreo para análisis de calidad químico-bacteriológica, que estuvo a cargo de los laboratorios de Obras Sanitarias de la Nación.

1.4.- Problemas pendientes.

Queda por resolver la ejecución del Balance Hidrológico, que no se pudo realizar, por razones imprevisibles planteadas a la Dirección Hidráulica Jujuy, que le impidieron aportar los estudios planificados oportunamente, en las áreas de Climatología, e Hidrología Superficial.

Por nuestra parte, y a modo de información sumaria, aportamos datos extraídos de bibliografía, que establecen, precipitación anual de 300 mm -trescientos-, la evaporación potencial de 1600 -mil seiscientos- mm, y la cita de un aforo en el río Miraflores en Abra Pampa de 200 l/s -doscientos litros/segundo; .

2.- Ubicación y Accesos.

La Cuenca Hidrológica del río Miraflores -excluida la Subcuenca del río Colorado-, se encuentra en los Departamentos Cochínoca y Yavi, en el norte de la provincia de Jujuy, 22°15' a 23°17' sud, y 65°32' a 66°15' oeste. La menor altura corresponde a la laguna Guayatayoc de 3450 metros s.n.m., y la mayor, al C° Casabindo de 5029m s.n.m.

Se accede por las rutas nacionales 9 y 40, y FCGMB.

EXPLORACION HIDROGEOLOGICA CUENCA RIO MIRAFLORES DEPARTAMENTO COCHINOCA - JUJUY. Mapa Geológico

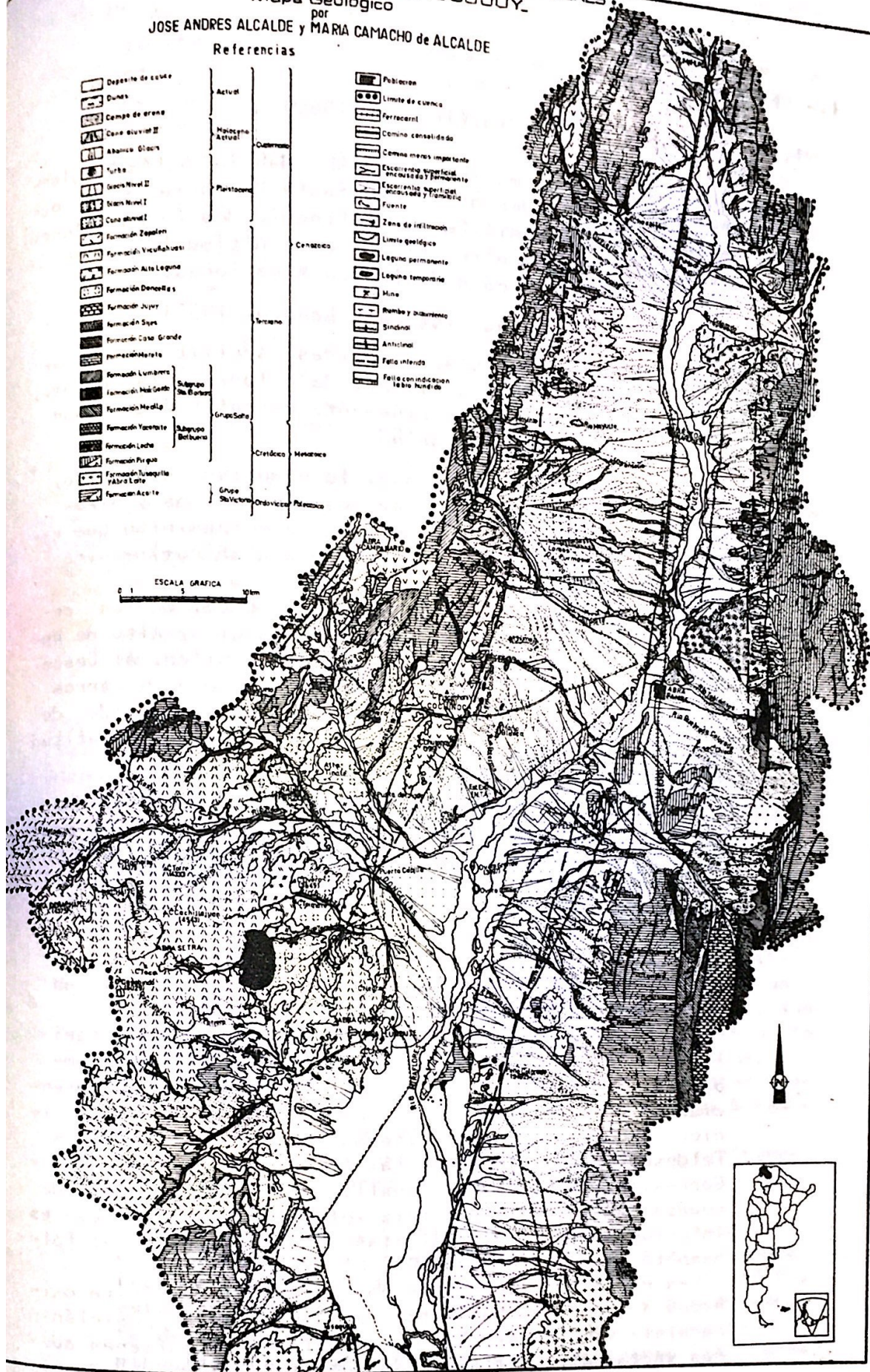
por
JOSE ANDRES ALCALDE y MARIA CAMACHO de ALCALDE

Referencias

Deposito de colada	Actual
Dunas	Actual
Campo de arena	Actual
Canoa aluvial II	Actual
Abalorio Glacis	Actual
Turba	Actual
Canoa Nivel II	Actual
Canoa Nivel I	Actual
Canoa aluvial I	Actual
Formacion Zapalen	Actual
Formacion Vicuñahua	Actual
Formacion Alto Leguina	Actual
Formacion Doncellos	Actual
Formacion Juyuy	Actual
Formacion Siles	Actual
Formacion Caba Grande	Actual
Formacion Morote	Actual
Formacion Lumberto	Actual
Formacion Hiel Gordo	Actual
Formacion Medalla	Actual
Formacion Yacohate	Actual
Formacion Lacha	Actual
Formacion Purgas	Actual
Formacion Tunagrita	Actual
Formacion Pabro Lato	Actual
Formacion Acoite	Actual

Publicacion	Actual
Limite de cuenca	Actual
Ferracant	Actual
Camina consolidada	Actual
Camina menos importante	Actual
Escorrentia superficial	Actual
Escorrentia superficial	Actual
Escorrentia superficial	Actual
Fuente	Actual
Zona de infiltracion	Actual
Limite geológico	Actual
Laguna permanente	Actual
Laguna temporaria	Actual
Mina	Actual
Bomba y discurrimiento	Actual
Sindinal	Actual
Anticlinal	Actual
Falla inferida	Actual
Falla con indicacion	Actual

ESCALA GRAFICA
0 1 5 10 km



I.- Estratigrafía.

I.1.- Grupo Santa Victoria. (Turner, 1960)

Son sedimentos marinos, con abundancia de fósiles, Turner (1960), los designa Grupo Santa Victoria, y en base a elementos fosilíferos distinguió dos formulaciones Santa Rosita, y Acoite, siendo esta última la que se observa en la Cuenca Hidrológica Miraflores.

Formación Acoite (Harrington y Leanza, 1957).

Integrada por lutitas, limolitas, arcilitas, y niveles de arenisca fina a limosa, de colores gris verdoso, pardo verdoso, y ocre, finamente estratificadas; son depósitos de ambiente marino.

Esta entidad registra un ciclo eruptivo, submarino, representado por niveles lávicos espilíticos y piroclásticos e ignimbriticos lávicos, de composición que varía entre riolítica y dacítica (queratófiros) -Coira 1973, 1975, y 1979).

Los afloramientos son extensos. Al Este, en los cerros Pumahuasi, Picacho, Pabellón, Bélgica, Alto de Ugchara, Tres Cruces, Catari, y Sierra Aguilar. Al Oeste, en el Cordón de Escaya, Sierra de Cochínoca, y cerros Chachacoma, Inca, Queta, Quichagua, desapareciendo debajo del complejo volcánico terciario, hasta la latitud de Tusaquillas donde aflora nuevamente.

- Afloramientos en el Este de la Cuenca: constituidos por un conjunto monótono de materiales pelíticos y psamíticos, estos últimos muy subordinados.

Las rocas pelíticas son lutitas, limolitas, y arcilitas, grisáceas, verdosas, blanquecinas, y rosadas. La estratificación es muy fina, en sectores, laminada, observándose concreciones calcáreas elipsoidales aplanadas de 10 a 50 cm de diámetro, con estructura cono en cono, algunas portadoras de fósiles.

Las psamitas son de grano fino, colores pardo-amari-llento a gris verdoso, rosado, y gris claro, muy compactas, estratificadas en bancos de 10 a 40 cm de potencia. Se caracterizan por su madurez textural y composicional; pueden ser clasificadas como ortosubcuarcitas feldespáticas a ortocuarcitas feldespáticas (Marchese y Garrasino, 1969). Están constituidas esencialmente de cuarzo (70 a 80%). La matriz -clorítica, sericitica- es inferior al 10%; la plagioclasa oligo-albita, y el feldespato potásico, entre 10 y 15%.

Las rocas contienen pequeños cristales de pirita oxidados a limonita. Hay vetas de cuarzo con disposición paralela y/o transversal a los estratos. Contienen además yacimientos del tipo "estrato ligado" de Pb, Zn, y

Ba (Mina Aguilar, Distrito Minero Pumahuasi), y niveles fosfáticos (Coira, 1983).

- Afloramientos del sector Occidental: corresponden a lutita gris verdosa a gris plomo compuesta mayoritariamente de cuarzo y feldespatos, matriz clorítica, y cubos de pirita; limolitas pardo-amarillentas y verdosas, en bancos de 5 a 10 cm de espesor; arcilitas blanquecinas grisáceas, amarillentas, y moradas, en bancos de 10 a 20 cm de potencia. En este conjunto se intercalan areniscas finas, algunas limosas, gris verdosas a pardo-amarillentas, micáceas, estratificación fina (s/Mckee y Weir, 1953) de 10 a 40 cm de espesor, y también arenisca fina, compacta, gris claro a blanquecina, en bancos de 10 a 20 cm de potencia.

Las Psamitas por su madurez textural y composicional, pueden ser clasificadas como ORTOCUARCITAS FELDESPATICAS, siguiendo el criterio de Marchese y Garrasino, equivalente a una arenisca feldespática o subarcosa de Pettijohn.

Su principal constituyente es el cuarzo -más del 75%- que observa extinción ondulada y crecimiento secundario formando un mosaico saturado de granos más o menos equigranulares, subredondeados a subangulosos, encontrándose en los límites originales desarrollo de sericita. La plagioclasa (oligoclasa ácida) está parcialmente caolinizada a lo largo de los planos de composición de las maclas. La muscovita aparece en laminillas deflecadas y deformadas entre algunos granos de cuarzo. La biotita muestra desferrización y cloritización. Magnetita, en granos ameboidales, y pirita en secciones cúbicas, en conjunto, le dan a la roca un aspecto moteado.

En algunas muestras se ha observado apatita, turmalina, y circón, entre los accesorios.

La matriz (5%), inconspicua, está constituida por un agregado sericítico-clorítico, y cuarzo recrystalizado.

Un segundo tipo de psamitas se caracterizan por poseer un porcentaje mayor de matriz (10-25%), encontrándose en el límite entre orto y paraareniscas, con desarrollo de una estructura gradada cuyos tamaños varían entre 22 y 119 micras. Son rocas inequigranulares y sus clastos se ordenan con los ejes mayores paralelos a la estratificación, la cual es remarcada por las micas.

Los granos de cuarzo (55 a 75%) suelen presentar crecimiento secundario. La plagioclasa -oligoclasa ácida y el feldespato potásico.

La matriz está constituida por un agregado clorítico-sericítico con cuarzo recrystalizado.

Este sector de la Cuenca muestra un ciclo eruptivo concomitante con la sedimentación de la fm Acoite, que fuera estudiado en detalle por Coira (1973, 1975, 1979), estableciendo que en su fase inicial fuera probablemente de naturaleza espilitica, culminando con una fase piroclástica e ignimbrítica lávica de composición riolítica.

tica a dacítica (queratofírico), relacionadas a la construcción de un arco volcánico, y ubicando a dicha asociación petrográfica en el campo de las toleitas de arco de bajo contenido en potasio (Coira, 1983).

En la sierra de Quichagua, Coira (1979) reconoce una secuencia de tobas cineríticas (103 m), tobas riolíticas dacíticas (38m), e Ignimbritas y lavas riodacíticas (450 m). Para la sierra de Queta la secuencia se inicia con mantos espiliticos (6 a 18 m) de color gris verdosos de aspecto masivo y carente de estratificación. Intercalandose mantos ignimbriticos de composición dacítica-riodacítica (20 a 250 m), culminando con un manto ignimbritico lávico riodacítico de 550 m de espesor y con intercalaciones de sedimentitas clásticas en bancos de 10 a 20 m de potencia.

En el Cordón de Escaya hemos observado niveles piroclásticos representados por tobas de composición riodacítica -textura porfírica seriada- y donde los cristaloglastos tienen carácter fragmentario representando en orden decreciente de abundancia, cuarzo, plagioclasa (oligoclasa ácida) y feldespatos potásico, observándose indicios de trizas vitreas; la biotita se encuentra alterada a clorita. La matriz es un agregado de sericita, cuarzo, feldespatos, clorita, epidoto y limonita. Se observa un proceso de sericitización y silicificación sobre impuestos.

Los niveles lávicos están constituidos por rocas de composición riodacítica a dacítica (Cochinoca y C2 Cochagaste).

La primera se trata de una roca porfírica compuesta por fenocristales de cuarzo, plagioclasa (oligoclasa ácida) y feldespatos alcalino. La biotita está transformada en un agregado de clorita-muscovita-titanita-opacos. La matriz microcristalina está compuesta por cuarzo, plagioclasa, feldespatos alcalino, clorita, sericita y epidoto.

La segunda -de composición dacítica-, es de color gris verdoso, de textura porfírica compuesta de fenocristales de cuarzo, plagioclasa muy alterada a sericita y biotita cloritizada. La pasta también ha sido afectada por la alteración sericitica y está compuesta de cuarzo y plagioclasas anhedralas. Los 'fantasmas' de mafitos están delineados por una concentración de minerales opacos. También se observan calcita como parches en las plagioclasas.

En estas rocas es posible identificar una textura originariamente perlítica en la pasta, remarcada por material ferruginoso o clorítico y con fragmentos originalmente vitreos de distinta naturaleza, reemplazados por agregados de cuarzo-clorita, o feldespatos alcalino.

Contenido Fossilífero, y Correlaciones.

Vinculado al material fossilífero de los afloramientos en el sector oriental de la Cuenca, Coira (1979) cita

para la localidad de Lumara restos fósiles de cefalópodos y braquiópodos clasificados como *Protocycloceras cf stefanini* Ceccioni, y *Orthis cf calligrama* Dalman, de edad Llanvirniana.

Al SW del C° Catari -próximo a las vías del ferrocarril, Alcalde encontró *Planolites* spp indet.; se trata de galerías horizontales no ramificadas similares a *Skolitus*, pero se diferencian de éstos por desarrollarse en el plano horizontal alcanzando una longitud de hasta 7 cm, reconocido para el ordovícico de la Sierra de Cajas por Aceñolaza y Fernandez, 1978.

Restos de Graptolitos bien conservados son citados por Turner (1964) al norte de Barrios.

Con respecto a los afloramientos situados en el oeste de la Cuenca, Steinmann y Hoek (1912) citan *Didymograptus nitidus* Hall para Angostura de Queta, en esquistos negro-azulados del Arenigiano. Ahlfeld (1948) mencionó para el Cordón de Escaya la presencia de escasos y mal conservados restos de trilobites.

Al oeste de La Quiaca se localiza una espesa secuencia sedimentaria que aunque situada más al norte (Cuenca de La Quiaca) del área estudiada, es perfectamente correlacionable. Contiene una fauna graptolítica con *Didymograptus climacograptoides* y *Tetragraptus fruticosus* (Loss, 1949, y Aceñolaza, 1980) que permiten asignar a estas sedimentitas una edad Arenigiana-Llanvirniana.

Condiciones Ambientales.

Las características de la sucesión estratigráfica aflorante, dada por la predominancia de limolitas, lutitas, arcilitas, e inconspicuos niveles de areniscas finas; su estructura -laminación paralela, ritmicidad, etc.; más la asociación faunística, indican un ambiente deposicional marino. Basado en estos parámetros Aceñolaza (1972), en una recomposición paleogeográfica distingue dos paleoambientes separados por una línea que partiendo de San Antonio de los Cobres -fuera del área estudiada- bordea Sierra Aguilar por el oeste para terminar en Sierra Santa Victoria. Los sedimentos ordovícicos situados al Este de ésta línea responderían a un paleoambiente del tipo miogeosinclinal o de plataforma, mientras que los situados al Oeste, corresponderían a eugeosinclinal -distal y más profundo-. En éste último se registra un ciclo eruptivo con una fase inicial espilítica, culminando con una fase piroclástica e ignimbrítico-lávica, con características de queratófiros. Coira (1979) al hacer un análisis ambiental a través del vulcanismo ubica a sus representantes en las zonas internas del eugeosinclinal a lo largo del surco eugeanticlinal.

Siguiendo el léxico plaquista de la teoría Geosinclinal, Coira y Ramos (Coira et al, 1982) relaciona a este intenso vulcanismo, parcialmente sincrónico a la sedi-

mentación ordovícica, con el desarrollo de un arco magmático (Cordón de Escaya-Cochinoca), vinculado a la subducción de una corteza oceánica. Al Este del arco se ubicarían las zonas de los depósitos de plataforma (Puma-huasi-Aguilar), y el Oeste, la de los depósitos de ante-arco (Rinconada, Carahuasi, etc.).

1.2.-Formación Abra Laite (Spencer, 1950).

Plutón granítico calcoalcalino que intruye sedimentos ordovícicos. Situado al Oeste de la Sierra Aguilar, con una extensión de 12 km de largo por 9 km de ancho (Mendez, 1974). Las dataciones isotópicas dieron una edad K/Ar de 200 ± 10 m.a., y 80 ± 5 m.a. (INGEIS, 1981).

Consideraciones Petrográficas.

Constituido principalmente por granito gráfico (granófiro granítico) de color rosado, granito blanco grisáceo y granodiorita.

- a) Granito gráfico: roca de color rosado, fanerítica de grano mediano a fino. Textura holocristalina, hipidiomórfica e inequigranular. Los cristales de microperitita son subhedrales alcanzando hasta 1,5 mm de tamaño. La plagioclasa de composición oligoclasa está maclada según Ley Albita y Albita-Periclino. Es notable el cuarzo en intercrecimiento gráfico en peritita. Como mineral máfico, biotita, en gran parte alterada a óxidos de hierro; además, muscovita y clorita, y como accesorio, circón.
- b) Granito: de color blanco grisáceo, fanerítico de grano grueso. Los cristales de feldespato alcanzan hasta 1,5 cm de diámetro. Biotita en paquetes de hasta 1,4 cm. La textura es holocristalina, hipidiomórfica e inequigranular. Hay predominio de microperititas en parte caolinizadas. La plagioclasa (oligoclasa) está sericitizada. El cuarzo anhedral y en grupos. Entre los minerales hojoso, muscovita y biotita, esta última alterada a óxidos de hierro y clorita. Circón como mineral accesorio.
- c) Granodiorita: Roca de color rosa pálido a grisáceo, fanerítica de grano fino y con algunos cristales más desarrollados lo que produce un aspecto porfiroide. Los cristales de mayor desarrollo son los feldespatos. La textura es holocristalina, hipidiomórfica inequigranular. La plagioclasa de composición oligoclasa está muy caolinizada, por lo que presenta un color pardo oscuro, y muy difusamente se ven las maclas polisintéticas. El feldespato potásico maclado es/Carlsbad es ortoclasa. El cuarzo es anhedral y límpido. Entre los minerales micáceos: muscovita y

biotita parda, anhedral, y parcialmente decolorada. Entre los accesorios hay abundantes inclusiones de apatito y escaso circón.

1.3.- Formación Tusaquillas (Mendéz, 1974).

Plutón granítico ubicado al Oeste de la Laguna Guayayoc, con extensión de 24 km de largo por 9 km de ancho (Mendéz, 1974). Dataciones isotópicas del INGEIS 1981, dieron una edad K/Ar de 147 ± 10 m.a., y 96 ± 5 m.a.

Consideraciones Petrográficas.

La roca predominante es un granito con variaciones a granodiorita, atravesado por diques tonalíticos.

- a) Granito rosado: Roca fanerítica, grano mediano, constituida por feldespato alcalino -microperitita- que engloba cristales de plagioclasa y biotita, con textura poikilitica. La plagioclasa en menor proporción que el feldespato alcalino es de composición oligoclasa. El cuarzo está reunido en sectores con inclusiones de apatito en agujas, es anhedral y límpido. La biotita subhedral es el único mafito; como accesorio, apatito.
- b) Granito blanco grisáceo: Roca fanerítica gruesa. El feldespato alcalino (microperitita) alcanza hasta 2cm de diámetro, está parcialmente caolinizado. La plagioclasa de composición oligoclasa en parte sericitizada. El cuarzo forma grupos de cristales anhedralmente límpidos y con escasos crecimientos grafíticos. La biotita en paquetes de hasta 5mm, en parte decolorada. En menor proporción muscovitas, apatita, circón y óxidos de hierro como minerales accesorios.
- c) Granito blanco grisáceo: La composición es similar al anterior pero el tamaño de grano es menor (1,5 mm de diámetro en el feldespato alcalino); está atravesado por venillas de 1 a 3 mm de cuarzo y minerales opacos. Hay poco desarrollo de mirmequitas.
- d) Granodiorita: Roca de color gris claro, fanerítica de grano fino. La plagioclasa -oligoclasa- de hábito subhedral, maclada polisintéticamente y medianamente caolinizada. El feldespato alcalino es una microperitita. La biotita es escasa, en parte decolorada. Turmalina en crecimiento eutéctico y minerales opacos escasos. Como accesorios el apatito en cristales muy desarrollados, y circón.
- e) Tonalita: De color gris oscuro por la presencia de abundantes mafitos; roca fanerítica, de grano me-

diano a fino. La plagioclasa de composición andesina maclada s/Ley Albita, o combinación albita-Carlbad, o albita-periclino. Hay una notable extinción zonada. El feldespató alcalino en menor proporción es una micropertita. El cuarzo es anhedral y en ciertas zonas presenta crecimiento gráfico. Los minerales máficos (15%) están representados por hornblenda verde anhedral y en menor proporción biotita parda. Entre los accesorios, circón.

1.4.- Grupo Salta (Turner, 1959).

1.4 .1.- Formación Pirgua (Vilela, 1951).

Se adopta el rango original de formación para esta entidad porque en el área de estudio no es subdivisible litoestratigráficamente según la nomenclatura vigente (Reyes y Salfity, 1973). En Tres Cruces, Puesto Vilte, y C° Aspero, podría correlacionarse con la formación Los Blanquitos (op.citada). En Cangrejillos, el conglomerado basal puede ser asignado a la fm La Yesera. En general, el problema que así se plantea, puede simplificarse con la datación isotópica de los cuerpos ígneos aflorantes en los cerros Ramada y Tacanaite.

Vinculado a los afloramientos de estas sedimentitas en la Cuenca, las mismas son esencialmente areniscas rojizas, pardo moradas, grisáceas y blanquecinas, con niveles limo-arcillosos marrón rojizos, y conglomerádicos. Hay ocasionalmente conglomerados basales. Localmente están asociados con procesos magmáticos efusivos.

Los afloramientos se distribuyen a modo de franjas discontinuas, y algunos aislados en el centro de la Cuenca hidrológica. Los de mayor potencia y extensión se localizan al Este -Mullorco, Puerta Cangrejo, Ocasá, Matonsia, Patacanao, Morado, Corioloma, Chaucamorro, Tuite, Mojón, Orcena, Totay, y Tres Cruces-. En la parte central del valle y separados por fallas, constituyen los cerros Catari, Huancar, La Ramada, Colorado, Peña Colorada, y Puesto Vilte. En el Oeste afloran en C° Blanco, Morros Blancos, Lomas Coloradas, y cerros Tacanaite y Quichagua.

Respecto a la potencia sedimentaria, citamos 780 m en A° Ugchara, 380 m en C° Huancar, y 350 m en C° Ramada.

La base de estas rocas es discordante con la fm Acoite, mientras que en el techo hay concordancia con la fm Lecho, observable esto último en Tres Cruces, Puesto Vilte, y C° Aspero.

- 7 Areniscas rosadas-violáceas con laminación entrecruzada; luego areniscas -cemento silíceo-, rosadas, masivas, en bancos de 2,50 m de potencia con interestratificaciones de pelitas marrones laminadas. Hacia el techo los estratos de areniscas reducen su potencia a 0,30 m 30
- 6 Arenisca, rosado-violácea, de grano mediano-grueso, cemento calcáreo. Interestratificaciones conglomerádicas de 0,50m de espesor con rodados de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos lutitas. Bancos de 0,30m de areniscas laminadas se intercalan con otros de aspecto masivo, apareciendo algunos con estratificación entrecruzada aunque no bien definida. Incl. 83° E.....130
- 5 Areniscas sabulíticas, marrón violáceo, cemento silíceo, muy compactas, estratificadas en bancos masivos que oscilan entre 0,30 y 1m de potencia. Incl. 45°W.....160
- 4 Areniscas conglomerádicas, rosadas, cemento calcáreo, y concreciones de hasta 3 cm de diámetro.140
- 3 Conglomerado, fino a mediano, violeta-rosado, con rodados de cuarzo y clastos de lutitas y cuarcitas.....117
- 2 Arenisca sabulítica, violeta-rosada, cemento calcáreo, clastos redondeados a subredondeados de cuarzo, feldespatos y lutitas, algo friables.....103
- 1 Areniscas medianas, rojas, cemento silíceo. Intercalaciones de areniscas laminadas con cemento calcáreo en bancos de 0,50m de espesor, y de conglomerados finos a medianos de 2,10m de potencia con rodados de cuarcitas, lutitas y cuarzo. Incl. 46°W.....100

780

En Cangrejillos, limitando la Cuenca Hidrológica por el Este, aflora el flanco occidental del sinclinal de Cangrejillos. Se inicia la secuencia con un conglomerado brechoso, rojo purpura, fino a grueso, matriz areniscosa pardo rojiza con espesores inferiores a 60 m. Continúan subarcosas (Chen, 1968) y Sublitarenitas (Chen, 1968) de colores marrón rojizo pálido, rosadas a grises, con laminación entrecruzada en algunos estratos. Es característica la presencia de deslizamientos sobre los planos de estratificación poniendo de ma-

nifiesto espejos de fricción y ligeras variaciones en el buzamiento.

Perfil Litológico en el río Tanaite (Morros Blanco)

UNIDAD	ESPESOR -metros
9 Arenisca morada, muy compacta. Interestratificación de unidades c/grano fino y grueso.....	2
8 Bancos de 0,20 a 0,30m de areniscas finas, color gris claro a blanquecino, compactas, con fractura irregular, cemento silíceo. Muestra dos superficies cubiertas con pátinas pardas y ondulitas. Cuarzoarenita (Chen, 1968), o Cuarcita Feldespática Marchese y Garrasino)....	24
7 Arenisca fina de color rosa violáceo, dura, compacta, cemento ferroso-silíceo, laminación marcada por alternancia de capas oscuras de material más fino, con otras ligeramente más claras, de material más grueso. El espesor promedio es de 5mm presenta ondulitas, y puntuaciones de óxidos de hierro. Subarcosa (Chen, 1968), o Cuarcita Feldespática (Marchese y Garrasino).....	18
6 Areniscas con oquedades de disolución, grano fino con un bandeado muy marcado por la alternancia de láminas de 7 mm de espesor y color claro; otras de 3mm, rosadas, y finalmente una tercera de espesor semejante y color gris oscuro. Cemento silíceo. Hay micropliegues asimétricos de 7cm de amplitud. Es una roca dura, compacta, y con fractura irregular. Subarcosa (Chen, 1968).....	42
5 Areniscas que en conjunto poseen color rosado, con laminaciones violetas que en sectores se tornan circulares.....	14
4 Arenisca de grano mediano a fino, rosado claro, cemento silíceo, con numerosos macronódulos de óxido de hierro. Por lo general estas estructuras concéntricas tienen un núcleo de material opaco, y están rodeadas de anillos alternantes claros y oscuros. Algunas presentan varios núcleos. Es una roca dura, compacta, fractura irregular. Subarcosa (Chen, 1968).....	21
3 Areniscas moradas, numerosas oquedades, estratos desde 0,05 a 1m de espesor.....	32
2 Se repite la unidad 4 pero los macronódulos no son tan perfectamente circulares, apareciendo numerosas oquedades; la estratificación varía entre 0,10 y 0,40 m de potencia; el color varía de rosado a violeta. Ondulitas.....	17

1. Areniscas finas, rosado violáceo, duras, compactas, laminación marcada por alternancia de capas de material fino y color violeta, y otras rosadas de granulometría más gruesa. Hay ondulitas en el techo.....	70
	240

En el cerro Huancar se observa en la base una arenisca -Subarcosa (Chen, 1968) muy compacta, grano fino, con bandeado marcado por la alternancia de láminas de 2mm, gris blanquecina, otras de 1,5 mm ocre, y de 1mm rosadas, similar a las unidades 6 y 7 del perfil río Tanaite. Continúa, arenisca -Sublitarenita (Chen, 1968) -rosado-violácea de grano mediano, y subredondeado. La matriz es litítica. En el techo una arenisca calcárea rosada.

En el C° Blanco, la roca predominante es arenisca -Subarcosa (Chen, 1968) -fina a muy fina, gris blanquecina, compacta, partición lajosa, laminación fina originada en la alternancia de capas con pequeñas variaciones granulométricas. Cemento escaso, silíceo, recristalizado. Areniscas similares fueron observadas en el C° Ramada y en el Este del C° Tacanaite, próximas a los mantos lávicos con los cuales afloran interestratificadas.

Consideraciones Petrográficas.

De los perfiles expuestos puede deducirse que existe neto predominio de los niveles psamíticos, y dentro de ellos, subarcosas, sublitarenitas, y Cuarzoarenitas. En su clasificación se usó el criterio de Pei-Yuan Chen, 1968. En Tres Cruces se observó una preponderancia del cemento calcáreo, el cual aumenta de proporción hacia los niveles superiores donde suprayace el Subgrupo Balbuena, mientras que en los afloramientos del centro y Oeste de la Cuenca -asociados a cuerpos igneos-, el cemento es silíceo, tornándolas a la roca mucho más compacta.

Subarcosas: están constituidas principalmente por cuarzo (75 a 85%), feldespatos (9-15%) y fragmentos líticos (5%); con carácter accesorio, muscovita, turmalina, circón, biotita, y óxidos de hierro.

El cuarzo es límpido y/o con inclusiones de apatito; generalmente en clastos subredondeados a redondeados, aunque hay fragmentos pequeños, angulosos. Entre los feldespatos encuéntrase oligoclasa, en menor proporción microclino y feldespato potásico perfitico alterados parcialmente a material arcilloso-ferruginoso. Los fragmentos líticos están representados por rocas procedentes de la fm Acoite, y probables vulcanitas. La cementación en general es silícea y calcárea.

Sublitarenita: El cuarzo es el mineral predominante (75-85%). Se observan capas de este mineral compuestas por granos de diferentes granulometría; los fragmentos líticos pro-

cedentes del Grupo Santa Victoria, no superan el 10%; microclicino poco frecuente; las micas, minerales opacos, y turmalina son constituyentes secundarios. Alteraciones a caolín, u opacos. La matriz es illítica y corresponde a una ortomatriz.

Cuarzorenita: Constituida esencialmente por cuarzo (90%) y feldespatos (5%). El primero se presenta con variación de tamaños (0,13 a 0,15mm) y en formas de granos subangulosos. La proporción de feldespatos es muy reducida y está en forma de clastos de pequeñas dimensiones y fuertemente sericitizados. Delineando el contorno de los granos hay abundante material fino y opaco. El cemento es sílice recristalizada. Se observan sobrecrecimientos de cuarzo secundario alrededor de los bordes originales del clasto.

Vulcanismo Mesozoico.

En los cerros Ramada, y Tacanaite -sector Este-, se encuentran registrados episodios lávicos concomitantes con la sedimentación de la fm Pirgua, mientras que en el norte de Cangrejillos, estas rocas están atravesadas por diques.

C° Ramada: aflora un manto lávico de 60 m de potencia; el mismo suprayace a las areniscas blanco-grisáceas y moradas -subarcosas- del Pirgua, las cuales evidencian efectos térmicos leves.

Son traquiandesitas -lacitas- de color morado-grisáceo, con textura porfírica acentuándose ésta desde la base hacia el techo. Los fenoclastos son de plagioclasa, alargados y blancos de 0,5 a 1,5 cm de largo, y el feldespato potásico translucido con tinte amarillento en proporción menor y/o igual a la plagioclasa, la mesostasis (de color morado) es afanítica y en parte vesicular rellena con calcita. La plagioclasa es de composición oligo-andesina (An_{28-32}) maclada s/ley Albite y con juego de tablillas finas alternando con otras más gruesas, a veces con estructura zonal.

El feldespato potásico tiene en general extinción inhomogénea, a veces peritítico y con textura chestboard. La alteración es sericitica-ferruginosa.

Los félicos biopiriboles, alterados a óxidos de hierro y calcita en muchos casos quedan sólo sus contornos demarcados por iddingsita y reemplazados por cuarzo, titanita y un mineral fibroso.

La pasta está constituida por tablillas de feldespato potásico y en menor proporción Albite, con disposición paralela no muy ordenada y entre ellas se disponen gránulos de magnetita y titanita. El cuarzo es accesorio - menor de 10%), observable en planos de alteración junto con epidota.

C° Tacanaite: En el flanco Este, intercalados entre las subarcosas del Pirgua, se ubicaron tres mantos lávicos de composición andesítica a andesítica - basáltica con espe-

sores de 40m, 70m y 50m respectivamente -referidos s/la base-, son rocas de color morado negruzco a gris azulado; la mesostasis es afanítica y vesicular, éstas últimas están rellenas de calcita; venillas del mismo mineral atraviesan la roca profusamente.

Al microscopio se observa una textura pilotáxica y algo porfírica (0,5 a 5 mm los cristales mayores). Los fenocristales de plagioclasa, maclados según ley Albita, tienen una composición que varía entre Andesina (An_{34-48})

a Labradorita (An_{54}), en parte alterada a calcita y alunita. Los minerales félicos están totalmente alterados a calcita y con bordes iddingitizados, sus contornos están rodeados por gránulos de opacos.

La pasta está constituida por tablillas alargadas de plagioclasa, Andesina (An_{32-42}) dispuestas en forma sub-paralela como resultado del flujo de lavas, y sus intersticios están ocupados por abundantes gránulos de minerales opacos. Hay alteración generalizada a calcita que no sólo afecta a los félicos sino también a plagioclasas y mesostasis.

Edad y ambiente de deposición.

Dataciones radiométricas en la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas, de vulcanitas del Subgrupo Pirgua, registran una edad K/Ar 114 ± 77 ma -Barremiano Maestrichtiano Inf. (Valencio et al. 1976, y Bossi y Wampler, 1969).

Restos fósiles de anuros, Saltenia Ibañezi (Ibañez, 1960), y de dinosaurios (Bonaparte y Bossi, 1967; Danieli et al 1960, y 1968) le asignan edad eocretácica.

Las rocas de la formación Pirgua fueron depositadas en Cuencas tafrogénicas, en ambiente terrígeno -fluvial-, y asociadas a vulcanismo básico alcalino.

4.2.-Subgrupo Balbuena (Moreno, 1970).

1.4.2.1.- Formación Lecho (Turner, 1959).

Está constituida por areniscas blanco grisáceas, amarillentas, rosadas y violáceas, finas a medianas, con predominancia de cementación calcárea.

Turner (1958) la denomina formación Lecho, y corresponde a las Xi de Hagerman (1933), y a las 'Areniscas Calcareas' de Schlagintheit (1941).

Sus afloramientos están localizados en la serranía de Tres Cruces donde se extienden en largas fajas de potencia casi constante (40 a 43m), además de una pequeña manifestación en Puesto Wilte.

Esta entidad suprayace a la fm. Pirgua en relación de concordancia y su pase a Lecho fué definido por el primer banco de areniscas blancas grisáceas con cemento calcáreo

(Moreno 1970). Con respecto al techo, la fm Yacoraite también es concordante y su límite se estableció por el pase a calizas propiamente dichas.

Sección y área tipo: Q^a de Lecho, Dto. Yavi Jujuy.

Perfil típico: Q^a de Ugchara.

UNIDAD	ESPESOR -metros
3 Areniscas medianas -Sublitarenitas-, blanco grisáceo, cemento calcáreo, masivas, en bancos de 0,60m de espesor; hacia el techo son blanco-amarillentas.....	26
2 Areniscas, finas a medianas, rosado-violáceas, laminación entrecruzada, silíceas.....	14
1 Areniscas medianas -Sublitarenitas-, blanco grisáceo, cemento calcáreo, compactas, estratificadas en bancos de 0,20 a 0,30m de espesor.....	3
	<u>43</u>

Edad: se le asigna edad Campaniana-Maestrichtiana por su estrecha vinculación a la fm Yacoraite.

1.4.2.2.- Formación Yacoraite (Groeber, en Turner 1959).

Esta entidad está integrada esencialmente por calizas oolíticas, fosilíferas, estromatolíticas, micríticas, subesparíticas y esparíticas, con intercalaciones finas de pelitas (margas y lutitas).

Antecedentes: la denominación de Yacoraite fue dada por Groeber (1952) en un perfil de la quebrada del mismo nombre, en Jujuy, para identificar a sedimentos descriptos como Horizonte Calcáreo Dolomítico de Bonarelli y Schlagintweit, relación aclarada por Leanza, 1969. Groeber incluyó en la base del perfil areniscas calcáreas que corresponderían a la fm Lecho, de Turner, 1959.

Sección y área tipo: Q^a de Yacoraite (Groeber, 1952), al sur de la estación Uquía -FCGMB-, afluente occidental del río Grande, en la Q^a de Humahuaca.

Afloramientos: en la serranía de Tres Cruces donde se extiende a modo de faja continúa sobre los sedimentos de la formación Lecho, en C° Aspero, y Puesto Wilte.

Perfil típico: en la Q^a de Ugchara, afluente del arroyo Tres Cruces.

10	Calizas amarillas y gris-azulado, capas de 1 y 3 cm de espesor en las que se intercalan dos niveles estromatolíticos (<i>Pucalithus Steinmann</i>) de 0,30 y 0,50m. Incl. 77°E.....	117
9	Tres bancos de 1m, 0,60 y 0,30m respectivamente, formados casi exclusivamente por gasterópodos de 6 a 13mm de longitud, cementados por calcita, interestratificados en calizas amarillentas claras -microesparitas-.....	19
8	Calizas grises, ocre, finamente laminadas, capas de 1 a 5 cm, con intercalaciones pelíticas, y dos niveles de calizas estromatolíticas de 0,40 y 0,50m de espesor.....	48
7	Calizas oolíticas amarillas, estratificación fina -10 a 20cm-, con intercalaciones de lutitas gris-azuladas, verdosas, y laminadas.....	31
6	Lutitas y margas de variados colores, en capas de 1 a 5cm.....	2
5	Caliza estromatolítica.....	1
4	Caliza oolítica -oosubesparita- en bancos muy gruesos -2,20m-, masivos.....	6
3	Lutitas y margas azules, verdes, laminadas, interestratificadas con calizas -microesparitas- amarillentas, en capas de 1 a 5cm.....	2,60
2	Caliza estromatolítica.....	0,40
1	Caliza oolítica -oosubesparita-, amarilla, en bancos de 0,10 a 0,20m, c/venas de calcita.....	4
		231m

Consideraciones Petrográficas.

Las calizas caracterizan a la fm Yacoraite; distinguimos entre ellas oosubesparitas, microsubesparitas, grano-subesparitas, y bioesparitas. Para clasificarlas se utilizó el criterio de Marchese y Garrasino (1967).

Oosubesparitas: Sedimentitas carbonáticas, no terrígenas, aloquímicas, compuestas principalmente por oolitas (50%) esféricas y elípticas, de estructura típica con disposición de capas concéntricas y radiales. En algunas oolitas se observa el núcleo constituido por fragmentos de cuarzo; el diámetro promedio para las oolitas esféricas es de 0,55mm y en las elípticas el eje mayor 0,61mm, en pocos casos pasan de 1mm -pisolitas-. El cemento es calcítico (30%) y los tamaños medidos varían entre 0,041 y 0,051mm correspondiente a subesparita. En menor proporción hay intraclastos subredondeados de cuarzo y/o fragmentos de oolitas, o de otras carbonatitas. Sin ser representativas se encuentran también oolitas compuestas.

Microsubesparitas: rocas carbonáticas no terrígenas, or-

toquímicas, consistentes, en un mosaico de calcita micrítica y en parte subesparítica muy fina, con abundante materia orgánica. En algunas se observa un bandeo o microlaminación originado por la alternancia de capas de desigual granulometría.

Granosubesparitas: caracterizadas por un mosaico de calcita con dos tamaños de granos dominantes: subesparita (0,025mm) y granoesparita (0,14mm).

Se observan 'nidos' constituidos por calcita subesparítica, cuyos contornos están demarcados por una concentración de material opaco, posiblemente materia orgánica, que delimita figuras en algunos casos redondeadas=poros?; en general los cristales de calcita han desarrollado sus máximas direcciones hacia el centro. La materia orgánica se presenta en forma de pequeños parches, diseminada, o formando hilillos.

Rfoesparita: constituida principalmente por restos de gasterópodos, no fragmentarios, de 6 a 13 mm de longitud y relleno esparítico (45%); Oolitas (25%) similares a las ya descritas y un cemento calcítico (30%) cuyos tamaños responden a una esparita, con evidencias de recristalización.

Relaciones de campo: la base es concordante con la fm Lecho, y de la misma forma pasa a la fm Mealla (Subgrupo Santa Bárbara), en el techo.

Fósiles: entre los descriptos por Bonarelli (1927) -recolectado por De Carlos al norte de la estación Tres Cruces-, figuran los géneros de Gasterópodos, Spirosylus, Heligmostylus, Gonioconcha, y Brachycerithium, todos contenidos en una caliza amarilla clara. Leanza (1969) describe restos correspondientes a hipocoracoides de Gasteroclupea branisai, coleccionados en el Cº Colorado de Tres Cruces por Scocco (1947).

Merecen especial mención los niveles estromatolíticos, Pucalithus Steinmann como importante elemento de correlación.

Edad: Sobre la base de registros fósiles (Pucalithus Steinmann y Gasteroclupea branisai), se le asigna edad Campaniana=Maestrichtiana, por correlación con la formación El Molino (Leanza, 1969).

1.-Subgrupo Santa Bárbara (Moreno, 1970)

A esta secuencia, Bonarelli (1973) denominó Margas Multicolores, y fué dividida en tres unidades, "Margas Coloradas Inferiores", "Margas Verdes", y "Margas Coloradas Superiores" por Schlagintweit (1941), correspondiendo a las Wi, Ws, y V de Hagerman (1933). Vilela (1952) le dió el nombre de Formación Santa Bárbara, y finalmente Moreno (1970) la elevó al rango de Subgrupo, reconociendo dentro de ella tres formaciones: Mealla, Maiz Gordo, y Lumbrera.

1.4.3.1.-Formación Mealla (Moreno, 1970).

Esta entidad está integrada por limolita y arcilitas margosas marrón rojizas y violáceas, estratificadas en bancos gruesos (1m) y masivos. Intercalan escasos bancos de areniscas finas laminadas (0,30m de espesor), blanco-grisáceas.

En la Cuenca sus afloramientos se encuentran en la serranía de Tres Cruces, y al Este del C° Aspero.

Suprayace concordantemente a la fm Yacoraite; de igual modo se relaciona en el techo con la fm Maiz Gordo.

El espesor medido en el A° Ugchara es de 290 m.

Contenido fosilífero: restos fósiles de vertebrados fueron encontrados en proximidad de Mina Aguilar, correspondientes a OSTEICHTHYES, Teleostei indet. (Pascual et al, 1981); REPTILIA, Testudines, Pleurodira, F. Pelomedusidae indet. (Fernandez et al, 1973).

En esta formación, pero en la provincia de Salta, restos de MAMMALIA, Notoungulata, Henricosborniidae, Simpsonotus preacursor, y Simpsonotus mayor (Pascual et al, 1978).

Edad: en base a fósiles, la fm Mealla es correlacionable con la edad mamífero Riochiquense -Paleoceno medio Superior-, y probablemente con la parte superior de la fm Salamanca -Daniano tardío-. Esta última, confirmada por dataciones radioisotópicas de basaltos infrayacentes a la misma (Pascual et al, 1981).

1.4.3.2.- Formación Maiz Gordo (Moreno, 1970).

La componen margas y arcilitas verde-azuladas, laminadas que hacia la parte superior se vuelven gradualmente arenosas, interestratificándose areniscas blanquecinas y finos niveles de calizas gris-azuladas.

En la Cuenca, aflora sólo en la sierra de Tres Cruces, en relación de concordancia con las fm infra y suprayacentes, respectivamente, Mealla y Lumbreras. El espesor medido en el A° Ugchara es de 34 m.

Contenido fosilífero: en la vertiente occidental de la Sierra de Mal Paso, en las proximidades del río Vizcarra (SE de Tres Cruces), fueron encontrados REPTILIA, Testudines, Pleurodira, F. Pelomedusidae indet. y Crocodilia, Crocodylidae, indet (Gasparini y Baez, 1975)

Edad: Eoterciaria. Por su posición estratigráfica intermedia entre las fm Mealla y Lumbreras, se ubica dentro del lapso edad mamífero Riochiquense -Paleoceno medio Superior- Casamayorensis -Eoceno temprano- (Pascual et al, 1981).

1.4.3.3.- Formación Lumbrera (Moreno, 1970).

Constituida por margas rojas y masivas en la parte inferior, a las que se sobrepone un banco -10 m espesor promedio-, de areniscas grises-amarillentas, y blanquecinas, muy finas. Hacia los niveles superiores, margas rojas, con un progresivo enarenamiento hacia el tope de la formación.

Aflora en la Sierra de Tres Cruces y Tabladitas, disponiéndose en relación de concordancia sobre la fm Maiz Gordo, e infrayace, de igual forma, a la fm Casa Grande. La diferenciación con ésta última se ve dificultada por el incremento de las facies psamíticas en la sección superior. El espesor medido en A° Ugchara es de 128 m.

Contenido fosilífero: la fm Lumbrera ha aportado gran número de fósiles correspondientes a vertebrados. Próxima al área de estudio, entre S^a Aguilar y S^a de Mal Paso, se han encontrado OSTEICHTHYES, Teleostei, Siluriforme indet. (Pascual et al, 1981), Dipnoi, Lepidosirenidae, Lepidosiren paradoxa (Fernandez et al, 1973). REPTILIA, Testudines, Pelomedusidae indet (Gasparini y Baez, 1975). Crocodilia, Crocodylidae?, indet (Gasparini y Baez, op. citada). Gruiformes, Phororhacoidea indet. (Pascual et al). AVES indet. en la confluencia de los ríos Laguna y Casa Grande (Pascual et al).

Numeroso restos de una fauna de mamíferos muy variada hallados en sedimentos de esta formación -Subcuenca Cretácica de Alemania, Salta-, entre otros Notoungulata, Notostylopidae gen y sp nov (Pascual et al. op. cit), Astrapoteria, Astrapotheridae, Albertogaudrya? carahuasensi sp nov (Carbajal et al, 1977), permite asignarle una edad -mamífero Casamayorensis -Eoceno temprano- (Pascual et al, 1981).

Quattrocchio (1978a, y 1978b) sobre análisis palinológico realizado en la 'faja verde' de la fm Lumbrera en Pampa Grande, Salta, le asigna una edad Paleoceno Superior-Eoceno Inferior.

Ambiente de Depósito: El subgrupo Santa Bárbara se depositó en un ambiente continental evidenciado por el predominio de pelitas rojas, con un ingreso restringido del mar durante la primera parte de la depositación de la fm Maiz Gordo -'franja verde'- (Mingran, Russo, Pozzo, y Cazau, 1979).

Los restos de vertebrados confirman el ambiente continental señalando condiciones climáticas y ambientales propias de las bajas llanuras de inundación intertropicales, con una estación lluviosa y otra seca, con vegetación arbórea-arbustiva, abundancia de teridofitas (Quattrocchio, 1978 a y b) que favorecía la presencia de mamíferos ramoneadores (Pascual et al op. citada).

.- Grupo Orán (Russo 1975, en Russo et al, 1978).

En 1938 Schlagintweit asigna este nombre a los sedimentos que yacen sobre el Grupo Salta, en el Dto. Orán Russo

(1975) le dá carácter de Grupo, dividiéndolo en dos subunidades, Subgrupo Metán -inferior y Subgrupo Jujuy.

.-Subgrupo Metán (Russo 1975) en Russo et al, 1978).

1.5.1.1.- Formación Casa Grande -"Areniscas de Casa Grande" (Stingl, 1947).

Conjunto de areniscas naranja-rosado y gris-blancuecinas, limolitas y arcilitas marrón rojizas. Las pelitas son predominantes hacia la base y las psamitas en el techo.

Los afloramientos, cubiertos en gran parte por depósitos cuaternarios, se ubican en el faldeo occidental y sur de la Sierra de Tres Cruces, en ambas márgenes del A° Colanzuli y en la zona de Tabladitas. Son concordantes sobre la fm Lumbrera, infrayaciendo al Subgrupo Jujuy.

Correlaciones: la fm Casa Grande es correlacionable con: 'Serie rojiza', formaciones Río Seco, Anta, y Jesús María; formaciones San Lorenzo, Valle Grande, y Agua Negra -en el norte de Salta-. En el área estudiada representa depósitos proximales y equivalentes a todo el Subgrupo Metán (Russo y Serraioto, 1978).

Sección y área tipo: en Q° de Humahuaca, localidad de Casa Grande, Stingl 1947.

Perfil típico, al Este del C° Lumara.

UNIDAD	ESPESOR -metros-
1 limolitas areniscosas rojizas, laminadas, en paquetes de 0,50 a 1m con intercalaciones sabulíticas -5m-, en parte conglomerádica mediana, color rosado blancuecino; clastos subredondeados de sedimentitas ordovícicas y vulcanitas asociadas, cuarzo y areniscas.....	55
2 Areniscas rosa-blancuecino, duras, laminadas, gradadas, y con capas de yeso.....	3
3 Areniscas rosa-blancuecino, con alternancia de limolitas areniscosas rojas -predominio de las primeras-.....	190
4 Areniscas rosadas-blancas con intercalaciones de bancos -0,60m- conglomerádicos finos integrados con rodados de cuarzo, lutitas, areniscas y vulcanitas y venas de yeso. Incl. 83°W.....	100
5 Areniscas finas, rosadas y gris-blancuecinas, duras, estratificadas en bancos gruesos de 0,50 a 1m.....	50
6 limolitas, arcilitas y areniscas rojas Incl.	

75°W.....	189
7 areniscas rosadas con capas de yeso.....	2
8 arenisca mediana, naranja rosado con estratificación fina -0,10 a 0,20m- y en paquetes de 1 a 7m con intercalaciones de limolitas y arcilitas rojizas, laminadas.....	36
	625

En la Q° Uqchara los afloramientos son areniscas medianas a gruesas en parte conglomerádicas naranja-rosado, y pelitas marrón rojizas. Hacia el techo predominan las psamitas, siendo más frecuente la alternancia de espesos bancos conglomerádicos. Espesor medido = 235m.

Consideraciones petrográficas: dentro de los niveles areniscos predominan litarenitas y arcosas (Chen), equivalentes a las subcuarcitas líticas y feldespáticas de Marchesse y Carrasino, respectivamente. El cemento es calcáreo y/o ferruginoso. Matriz escasa, inferior a 10%, puede ser un agregado de cuarzo microgranular y sericita, clorita-sericitica, y a veces caolinita y sericita.

Edad: Definida en función del hallazgo realizado por J. Fernandez en el sinclinal del Mal Paso, referido a una porción mandibular de Isotemnidae (Notungulata) obtenida de la base de la fm Casa Grande (Pascual et al, 1973) y asignable al Eoceno.

Ambiente de depósito: sedimentos mayoritariamente continentales, acumulados en condiciones climáticas cálidas y de manifiesta humedad; ambiente oxidante.

5.2. Subgrupo Jujuy (Russo 1975, en Russo et al, 1978)

1.5.2.1.- Formación Jujuy o Jujeño (Bonarelli, 1921)

Se adopta el rango original de formación para esta secuencia, en función de las dificultades que impiden subdividirla.

Son conglomerados naranja-grisáceos, estratificados en bancos potentes, entre los que se intercalan areniscas gruesas a sabulíticas y escasas limolitas pardo-rojizas.

Aflora al Oeste de Tres Cruces, en contacto tectónico con la fm Casa Grande; yace bajo sedimentos cuaternarios en discordancia angular. Esta cubierta cuaternaria torna dificultoso la realización de un perfil completo y la determinación de su potencia.

Localidad tipo: cercanías de Oran, Bonarelli, 1921.

Consideraciones petrográficas: son conglomerados, estratificados en bancos de 1 a 5 m de potencia, con clastos de 5

a 15 cm de diámetro, y algunos hasta 30 cm, subredondeados a subangulosos, provenientes del Ordovícico y del Grupo Salta. La matriz es sabulítica con cementación calcárea y/o ferruginosa.

Las areniscas son de grano mediano-grueso a sabulítico, algo calcáreas, con estratificación entrecruzada en bancos finos, y hasta de un metro en los niveles superiores.

Las pelitas son limolitas y arcilitas pardo rojizas con marcada laminación y en paquetes de 0,20m.

Edad y correlaciones: se correlacionan a estas sedimentitas con el subgrupo Jujuy -fm río Guanaco y fm Piquete-, y con las formaciones Angastaco, Palo Pintado, y San Felipe, de los valles Calchaquies, asignándole edad Pliocena.

Restos fósiles de Gliptodonte (*Physctaenopyga* sp) del río Horcones; de *Pleurolestodon avitus* de la subcuenca Angastaco (Russo et al, 1978); y de bivalvos -*Diplodon* sp y *Anodontites* sp- de los valles Calchaquies (Camacho de Alcalde 1975), confirman dicha edad.

1.6.- Formación Moreta (Coira, 1979).

Los afloramientos se encuentran en las nacientes del río Chipaite, formando parte de una pequeña fosa tectónica, adquiriendo mayor desarrollo en la vecina cuenca hidrológica de Pozuelos. El perfil tipo está en río Chipaite, 1,5km al norte de Cara Cara (Coira, 1979); espesor 1.300m.

Litológicamente se distinguen tres unidades constituidas por sedimentitas clásticas continentales y con vulcanitas en la intermedia.

En la unidad inferior, hay areniscas medianas a finas pardo-grisáceas, laminadas, cuyos bancos tienen de 10 a 30 cm, alternando con arcilitas pardo-rojizas en la sección media y limolitas calcáreas en los niveles superiores.

La segunda unidad se inicia con areniscas sabulíticas (extra-felitareнита -Chen- = ortolitita feldespática, de Marchese y Garrasino) que con estructura gradada pasa a un conglomerado mediano polimíctico gris, con clastos de andesitas, cuarzo y sedimentitas del ordovícico. En este conjunto se intercalan bancos de tobas andesíticas gruesas grises verdosas, en parte brechosas en bancos gruesos, luego continúan areniscas medianas a gruesas moradas (extra-felitareнита) con estratificación fina.

La tercera unidad -techo- se compone de conglomerados polimícticos, color morado, fino a mediano, con clastos subredondeados a subangulosos de rocas ordovícicas, cuarzo areniscas moradas, y escasas andesitas.

Niveles piroclásticos: predominan tobas andesíticas gruesas, grises, verdosas, moradas, y tobas brechosas andesíticas.

Edad y correlaciones: el límite superior correspondería al Mioceno medio (Coira, 1979), teniendo en cuenta que la fm Moreta es intruída por la Dacita Pan de Azúcar, cuya edad

K/Ar es de 12 ± 2 m.a. (INGEIS); de igual modo, otra datación del INGEIS (AGA, 1979) señala 20 ± 2 m.a. para una muestra de Cerrillos -prolongación norte de esta formación en la Cuenca Hidrológica Pozuelos-. Además, estas extrusiones iniciarían el vulcanismo cenozoico observable en la Puna (Coira, 1983).

1.7.- Formación Sijes (Turner, 1961).

Son conglomerados, tufitas, tobas, areniscas, y algunas calizas; de colores blanquecinos, grises, rosados y pardos. Hay también, bancos de diatomitas.

Los afloramientos se encuentran en las nacientes del río Chipaite, y más al sur, en el río Totay. En este último, se observan tobas dacíticas blanquecinas con estratificación fina en bancos de 10 a 50 cm de espesor, tufitas grises en menor proporción, laminadas y con estratificación entrecruzada; calizas -poiquiesparita y granoesparita intraclástica cuarzosa y microesparita intraclástica- blanca compacta en bancos finos. Sobre estas unidades se disponen areniscas sabulíticas -extralitarenita y extrafelitarenita (Chen)-, rosa-naranja a blanquecinas, friables, con interestratificaciones conglomerádicas de hasta 2m de espesor, y escasas intercalaciones de tobas. La potencia aproximada es 1200m.

En las nacientes del río Chipaite, la fm Sijes está limitada por fallas, mediante las cuales hace contacto con fm Moreta y fm Acoite -techo-. Son areniscas sabulíticas, rojo anaranjado, con litoclastos de la fm Acoite, fm Pirgua y Vulcanitas. Se intercalan bancos finos de tobas. Hacia los niveles superiores existe un incremento de vulcanoclastos en las areniscas y además se interestratifican conglomerados, en bancos gruesos, con un predominio en su composición de clastos volcánicos (andesitas, dacitas, tobas, y rocas volcánicas de la formación Acoite).

Edad y correlaciones: Las rocas de esta formación son correlacionables con las de la fm Trinchera (Schwab, 1971) en la cual se efectuaron dataciones radiométricas (K/Ar) sobre tobas, las que dieron una edad $10,8 \pm 0,4$ y $8,9 \pm 0,7$ m.a., Mioceno Superior (Schwab y Lippolt, 1974).

Coira (1979) correlaciona a las rocas piroclásticas de fm Sijes con la Dacita Pan de Azúcar (10 ± 2 ma INGEIS). No hay registros fósiles para fm Sijes.

1.8.- Formación Doncellas (Coira, 1979).

Tobas litocristalinas andesíticas, grisáceas; aglomerados y brechas andesíticas tobáceas, gris violáceas; tobas brechosas andesíticas grisáceas; tufitas con laminación entrecruzada y pumicitas andesíticas blanco-grisáceas amarillentas.

Observaciones al microscopio de tobas, revelaron las características petrográficas siguientes: son rocas compuestas de vulcanoclastos de andesita (50%), cristaloclastos

(40%) de plagioclasa composición andesina (An_{40-46})

zonal, lamprobolita y biotita fuertemente pleocroica; en carácter de accesorios, cuarzo -menor del 5%, apatita, y minerales opacos. La matriz (15%) está constituida por trizas vítreas cuyos índices de refracción son menores a los del bálsamo.

Afloran en Alto Tinate, C° Overo, C° Toimate, y en las subcuencas Rachaite y Quichagua.

La base de fm Doncellas es discordante sobre fm Acoite, e infrayace a las formaciones Alto Laguna, Vicuñahuasi, y Zapaleri. El perfil tipo se encuentra en la Q° Chorro, C° Alto Laguna (Coira, 1979), y la potencia varía entre 150 y 400 m.

1.9.- Formación Alto Laguna (Coira, 1979).

Ignimbritas de composición dacítica-ríodacítica, gris blanquecinas, tufitas, y tufitas conglomerádicas amarillentas, rosadas, gris-blanquecinas; areniscas sabulíticas, escasos niveles de pumicitas andesíticas, y tobas brechosas dacíticas.

Las ignimbritas se componen de fenoclastos de plagioclasas -andesina (An_{38-42}) - con zonalidad oscilatoria y otros maclados s/ley albita. El cuarzo subhedral a anhedral es límpido y mayor del 10%. La biotita muy pleocroica es prácticamente el único fémico. En menor proporción sanidina en porcentajes variables, fragmentos de pumicitas, y minerales opacos; como accesorios circón y apatito. La matriz está formada por trizas vítreas deformadas de pobre soldadura.

Localidad tipo: en el sudeste del C° Alto Laguna (Coira, 1979). El espesor oscila entre 20 y 200m. La fm Alto Laguna sucede a la fm Doncellas, y en el techo se observa la cubierta lávica de fm Vicuñahuasi. Los afloramientos están en el borde SW de la Cca. Hidrológica Miraflores, en los cerros Overo, Alto Tinate, y Alto Laguna.

1.10.- Formación Vicuñahuasi (Turner, 1976).

Son fenoandesitas, pardo grisáceas a rojizas, porfíricas; brechas autoclásticas y fenoandesitas subvolcánicas gris a negro verdosas alteradas -caolinizadas, limonitizadas, y silicificadas-.

Las fenoandesitas son de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa (50%) -Andesina (An_{43-49}) con zonación oscilatoria. Los fémicos (10%) están representados por lamprobolita y biotita alterados a óxidos de hierro con sus contornos remarcados por minerales opacos, en menor proporción clinohipersteno; como accesorio apatito. La mesostasis con textura que varía de hialopilitica a pilotáxica constituida por laminillas de plagioclasa y entre ellas vidrio y/o minerales opacos.

Las fenoandesitas subvolcánicas son porfíricas, hornblendíferas con fenocristales de hasta 5mm. Son rocas muy

compactas y lajosas. La plagioclasa es de composición Andesina (An_{38}) con maclado polisintético o zonación oscilatoria. La hornblenda verde es el fémico dominante y en proporciones iguales a la plagioclasa, con bordes surcados de minerales opacos. Biotita en porcentajes menores; apatito como mineral accesorio. La pasta, hialopilitica a pilitotámica donde entre los microlitos de plagioclasa hay vidrio y/o minerales opacos.

Las lavas de esta formación se suceden sobre las piroclastitas de la fm Doncellas y yacen en parte bajo la formación Zapaleri. Constituyen los cerros Rachaite, Cachi-Illajuan, Casabindo, Alto Laguna, Negro, Llumpaite, Pederal, y Chorro. Los cuerpos subvolcánicos se encuentran en las nacientes del río Rachaite.

Edad y correlaciones: Esta formación es correlacionable con la fase lávica de la fm Vicuñahuasi de Turner (1976), ya que los constituyentes piroclásticos son incluidos en fm Doncellas (Coira, 1979).

Estudios del INGEIS (1981) determino edad K/Ar de 8 ± 1 m.a. Mioceno superior -s/Esc. Funnell, 1964-, o Mioceno medio superior -s/Esc. Berggren, 1972-.

1.11.-Formación Zapaleri (Turner, 1979).

Predominio de rocas ignimbríticas dacíticas a riodacíticas blanco-grisáceas y en menor proporción tobas dacíticas vitrocrystalinas.

Las ignimbritas observadas al microscopio presentan una constitución de cristaloclastos (50%) que en orden de abundancia son: plagioclasa Andesina (An_{35-42}) con gran variedad de tamaños. Los de mayores dimensiones son subhedrales a euhedrales y con zonalidad muy marcada, y en algunos cristales aparecen macias polisintéticas.

El cuarzo es abundante (10-20%) subhedral a anhedral y muy agrietado, Sanidina en proporciones variables. La biotita presente es de coloración parda y muy pleocroica en forma de cristales subhedrales y parcialmente reemplazada por minerales opacos. Escasa magnetita y vulcanoclastos de andesitas. Como accesorio apatito. La mesostasis es color castaño a pardo, desvitrificación incipiente a alta, observándose en éstas últimas agregados de calcedonia. El grado de soldadura es de moderado a alta. Textura eutaxítica.

Las rocas de esta formación se extienden como un plateau, cubriendo a las vulcanitas de fm Vicuñahuasi Doncellas, o a otras mas antiguas.

Sus afloramientos pueden observarse en las nacientes del río Rachaite, y Casabindo. Las localidades típicas son Alto Corral y Pucará (Coira, 1979) en la Cuenca Hidrológica Pozuelos. El espesor varía entre 15 y 800m. Edad: Mioceno superior o Mioceno medio superior (Coira, 1979).

Vulcanismo Cenozoico: es probable que se haya iniciado con efusiones piroclásticas mesosilícicas, observables entre

los sedimentos clásticos continentales que componen la formación Moreta.

En el Mioceno medio-superior se suceden los estrato volcánicos en este sector de la Puna, compuestos por las formaciones Doncellas -piroclástica mesosilícica-, Alto Laguna -ignimbrítica, y cuyos afloramientos son arealmente más reducidos que la primera-, Vicuñahuasi -lávica andesítica, que recubre el techo de las anteriores-, y finalmente las efusiones predominantemente ignimbríticas, individualizadas como fm Zapaleri.

2.-Cuaternario.

En el valle del río Miraflores se distinguen formas de acumulación -conos aluviales, abanicos glacis, depósitos de cauce, campos de arenas, campos de dunas, turbas-, y geoformas de erosión -Glacis I y II-.

Conos aluviales: los mas antiguos y residuales, son depósitos psefíticos y psefisamíticos con algunas intercalaciones pelíticas y piroclásticas; existe un predominio de litoclastos provenientes de la fm Acoite. Esta geoforma actualmente en degradación por erosión linear, es observable al sud del río Chocoite.

Abanicos Glacis: son acumulaciones extensas y aplanadas en la zona distal, constituidas predominantemente por fracciones gravilla, sábulo, y arenas, y se encuentran en los ríos Chocoite, Doncellas, Colorado, Puerta Potrero, y Portillo Grande.

Depósitos de Cauce: el río Miraflores es de baja competencia, y de la carga en suspensión, las fracciones menores son afectadas por deflación. Los tributarios mayores, de mejor competencia y capacidad de carga, al ingresar al valle depositan fracciones superiores a psamitas.

Campos de Arenas: los vientos dominantes del NW trasladan las fracciones psamíticas desde las geoformas de acumulación fluviales, generando mantos de arena determinados por la vegetación que atrofia o impide el desarrollo de dunas. En la Cuenca, los campos de arenas más desarrollados se encuentran en Tabladitas, río Colorado, Este de los cerros Huancar y Catari, y NE de laguna Guayatayoc.

Campos de Dunas: son barcanas de buen desarrollo en áreas desprovistas de vegetación, algunas de las cuales están próximas a los diez metros de altura, y evolucionan desde el Oeste, en áreas de influencia de los ríos Colorado, Potrero, y Tabladitas.

El análisis sedimentológico de estas psamitas, determinó 25% de arena gruesa, 70% de arena fina, 2,5% limos, y 2,5% arcillas. Mineralógicamente las arenas tienen mayor proporción de cuarzo -redondeado a subanguloso-, y en proporciones subordinadas, plagioclasa -oligoclasa-, clastos de lutitas y cuarcitas, trizas vitreas; además magnetita, biotita, hornblenda, y zircon.

Turbas: interestratificadas con sedimentos psamopelíticos y próximas al metro de espesor, se encuentran en río Choicoite, al Este del C° Tacanaite, y en las cabeceras del río Potrero; por correlación con depósitos semejantes en la vecina Cuenca Pozuelos (Igarzabal, 1978), son asignadas al Pleistoceno Superior. (+)

Glacis II: superficie de erosión, de baja pendiente y cuyo nivel de base local es el río Miraflores; arealmente ocupa el centro del valle. Las secuencias granulométricas por debajo de esta geoforma, pueden ser observadas en los perfiles de los pozos AP-162 y PM-161.

Glacis I: geoforma de erosión residual en la Cuenca, ubicada próxima al río Chipaite, más una franja oriental extendida al sud del río Colorado, Originada a partir de conos y/o abanicos coalescentes modelados por erosión en períodos interpluviales secos.

La secuencia granulométrica por debajo de esta geoforma se ilustra con el perfil en Arbolito Solo, margen izquierda del río Chipaite.

UNIDAD	ESPESOR -metros-
7 limo arcillo-arenoso de color claro -amarillo-, constituido por cuarzo subanguloso-anguloso, plagioclasa, trizas vítreas límpidas y alteradas a óxidos de hierro, magnetita y ceolitas como accesorio (M43). Estratificación fina.....	2
6 Conglomerado pardo-naranja. Predominio de vulcanitas ordovicicas de 3 a 20 cm de diámetro y bloques de hasta 40cm, y pelitas de la fm Acoite de hasta 3cm. La matriz areno-sabulítica posee litoclastos de las rocas mencionadas, cuarzo subredondeado a subanguloso-, plagioclasa con maclado normal y oscilatorio, hornblenda, trizas vítreas, magnetita, biotita, clorita y apatito. Hay alteración generalizada a óxidos de hierro. Los estratos oscilan entre 0,30 y 1,50m, separados por 5 a 10 cm de sábulo. Estratificación grosera subhorizontal (M42).....	4
5 Arena sabulítica marrón-amarillenta con intercalaciones lenticulares de 10 a 20cm de bloques provenientes de fm Acoite, en matriz de grava y sábulo.....	2,6
4 Toba chonítica blanca constituida casi exclu-	

+) dataciones recientes del INGEIS asignan las turbas al oloceno.

	sivamente de trizas vítreas límpidas ($n \ll b$) y escasa magnetita; el diámetro de las trizas oscila entre 0,12 y 0,03mm.	
	Sobre la anterior, toba arenosa integrada por trizas vítreas, cuarzo, plagioclasa, magnetita, biotita y hornblenda.....	0,5
3	Conglomerado gris de clastos angulosos a subangulosos de 3cm a 7cm, provenientes de fm Acoite. En algunos hay pátinas de óxidos de hierro. La matriz friable es arena fina con cuarzo redondeado a subanguloso, plagioclasa, trizas vítreas, magnetita, biotita y escaso zircón.....	3,0
2	Arenisca fina sabulítica, gris rosada, moteada, friable, con clastos de cuarzo subredondeados a subangulosos, plagioclasa, microclino, litoclasto de rocas ordovícicas, trizas vítreas y magnetita. Alteración a caolín de algunos feldespatos, y pátinas ferrosas que cubren a todos los clastos.....	2,0
1	Arena fina bien seleccionada, gris rosada, friable. El cuarzo redondeado a subangular es el mineral predominante; luego plagioclasa con maculado polisintético normal y oscilatorio, trizas vítreas límpidas y otras alteradas a óxidos de hierro. Magnetita, algunas con caras bien desarrolladas, biotita, y escaso zircón. Poco cemento, silíceo. Estratificación masiva aparente.....	6,0
Espesor Total		20 m

- Estructuras:

Caracteriza a la Cuenca Hidrológica Miraflores, fallamientos en bloques y plegamientos subordinados. La fracturación es en casi todos los casos de tipo inverso, alto ángulo, y rumbo meridiano.

La estructura actual fué originada por los movimientos del ciclo Andico, aunque previamente la zona estuvo sometida a otros ciclos diastróficos

Estructura Paleozoica: Ciclo 'Hercínico', Subciclo Famatiniano (Coira et al., 1982).

La sedimentación ordovícica y el vulcanismo asociado (fm Acoite) terminó con la fase de deformación Oclógica (Turner 1979) límite Ordovícico-Silúrico, responsable del plegamiento y fracturación inicial de estas rocas, las cuales presentan intenso plegamiento -de hasta tercer orden-.

El subciclo famatiniano culminó en el Devónico superior - Carbónico inferior con la fase Chánica (Turner y Mendez, 1975) registrada en la Puna con la isocrona Rb/Sr 374 ± 7 m.a. en rocas de la faja eruptiva de la Puna (Coira et al., 1982)

Estructura Andica: Ciclo 'Andino' Meso-Cenozoico (Coira et al., 1982).

En este Ciclo se puede diferenciar un período (Jurásico-Cretácico inferior) : otro Tardío (Cretácico Sub-Reciente) controlados por subducción de una placa oceánica por debajo de la placa sudamericana (Coira et al, 1982).

En el primer período se registra actividad magmática que se manifiesta con los plutones epizonales graníticos calcálicos alcalinos de Tusaquillas -edad K/Ar 147 ± 10 m.a. y 96 ± 5 m.a., y Abra Laite -edad 200 ± 10 m.a., y 80 ± 5 m.a.- (INGEIS 1981).

En el Cretácico superior se establecen cuencas tafrogénicas -intracratónicas- depositándose en ellas las sedimentitas del grupo Salta, asociadas a un vulcanismo básico alcalino.

La fase orogénica Incaica, Eoceno superior -Oligoceno inferior (Charrier y Vicente, 1972) produce un levantamiento diferencial del área, pero es en la fase diastrófica Quechua o Pontiana, Mioceno medio superior (Charrier y Vicente, 1972) en la cual se produce la elevación de la Puna con su estructura de pilares y fosas que la caracterizan.

La Cuenca Hidrológica Miraflores, incluida en la fosa Salinas Grandes-Abra Pampa, enmarca su valle entre la falla ubicada al Este de Cordón Escaya, S^a Cochinoca, Casabindo y W de Tusaquillas, y el margen oriental por la falla Tafna-Pumahuasi, la cual a la latitud de Cangregillos es paralela a otra ubicada más al Este, que se continúa hasta Tres Cruces donde pone en contacto el Subgrupo Santa Bárbara y fm Casa Grande.

Este borde oriental de la Cuenca se caracteriza por el plegamiento de la cubierta mesozoica-terciaria, en pliegues amplios con planos axiales de rumbo meridiano y frecuente fracturación inversa de alto ángulo localizada generalmente en sus flancos occidentales.

Inmediatamente al sud y próximo al pueblo de Abra Pampa existe una zona de fracturación, ascensos, y plegamientos, aislada por cubierta cuaternaria; constituyen el C° Catari de estructura anticlinal, rumbo meridiano, buzamiento norte y sus flancos limitados por fallas inversas de inclinación oeste; C° Huancar de estructura monoclinal con buzamiento W, y el C° Ramada, pliegue sinclinal erosionado, de rumbo meridiano y buzamiento sud.

La pequeña fosa del A° Coranzuli, limitada por fallas inversas y donde afloran las formaciones Casa Grande y Jujuy, en el oeste margina al bloque elevado de S^a Aguilar y por el Este disloca a las sedimentitas del Grupo Salta. Esta fosa está dividida a su vez por fallas que contactan las dos formaciones señaladas precedentemente.

Finalmente en el sector Oeste las fosas en las nacientes de los ríos Totay y Chipaite, que tienen de común, la falla inversa del Este del C° Yaretayoc y los afloramientos de fm Sijes.-

HIDROGEOLOGIA

I.- Introducción:

Los estudios geológicos, señalan que el valle del Miraflo-

EXPLORACION HIDROGEOLOGICA CUENCA RIO MIRAFLORES, JUJUY. Mapa Hidrogeológico

por

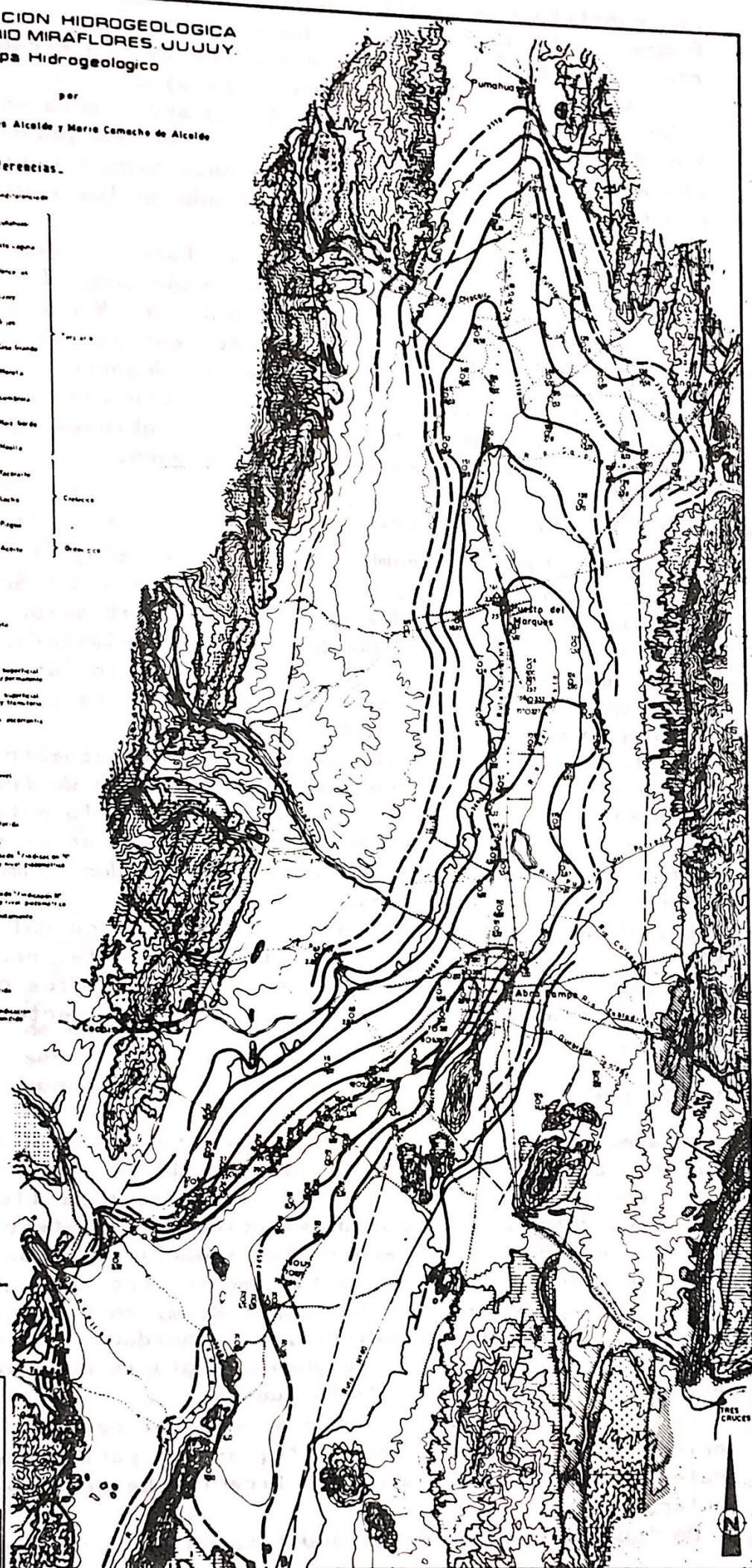
José Andrés Alcalde y María Camacho de Alcalde

Referencias.

	Terciario no diferenciado
	Formación Yacahua
	Formación Alto Lago
	Formación Domo de
	Formación Jujuy
	Formación S. J. de
	Formación Cota Grande
	Formación Morla
	Formación Lumbra
	Formación Mar de
	Formación Mailla
	Formación Yacahua
	Formación Lucha
	Formación Pique
	Formación Acuña

	Páramo
	Cueva y río
	Fierro
	Escorrentía superficial acumulada y permanente
	Escorrentía superficial acumulada y transitoria
	Infiltración superficial acumulada y transitoria
	Laguna
	Curva de nivel
	Topografía
	Topografía interna
	Puntos de muestreo
	Puntos de muestreo de agua subterránea y nivel piezométrico
	Fuente
	Puntos de muestreo de agua subterránea y nivel piezométrico
	Bando y balneario
	Anticinal
	Sinclinal
	Faja intermedia
	Faja con indicación de la zona de muestreo

ESCALA GRAFICA



res constituye el extremo norte de la fosa tectónica Abra Pampa - Salinas Grandes, y que configura una Cuenca Endorreica, recorrida de norte a sud por el río Miraflores, cuyo nivel de base es la Laguna Guayatayoc.

No obstante existir permeabilidad secundaria en las lutitas de la formación Acoite -Ordovícico- que puede aportar pequeños caudales, los verdaderamente significativos corresponden al acuífero libre desarrollado en los sedimentos cuaternarios del valle.

Con el propósito de determinar la factibilidad de explotación, hemos realizado dos sondéos mecánicos, ubicados respectivamente, en Abra Pampa, y Puesto del Marqués, los que fueron sometidos a ensayo de bombeo, con medidas de recuperación en el primero. Previamente, se desarrolló el inventario de puntos de agua, información incorporada al mapa hidrogeológico, y que junto a las hidroisohipsas resultantes, orientó la ubicación de las perforaciones.

2.- Superficie Piezométrica:

El eje de flujo es de rumbo general norte-sud; el río Miraflores, efluente, drena parte de la recarga del acuífero proveniente de los bordes de la Cuenca, situación que se refleja en el paralelismo bordes-hidroisohipsas-río.

La transmisividad crece hacia el sud, a lo largo de dicho eje, excepto en Abra Pampa, en función del resalto que determina la prolongación del C° Huancar.

En dirección este-oeste, la superficie piezométrica es marcadamente hiperbólica con aumento progresivo de transmisividad hacia el centro de la Cuenca, al crecer la potencia del acuífero. Próximo a los bordes, en especial en el sector Oeste, la permeabilidad es mayor, apreciándose numerosos resaltos que afectan el muro.

Los afluentes del Miraflores infiltran su caudal al ingresar a la zona de mayor permeabilidad del Valle, recargando el acuífero, y perdiendo el carácter de efluentes que adquieren en las cabeceras y mantienen en gran parte de su recorrido.

3.- Perfil Litológico y Almacenamiento.

El almacenamiento subterráneo, está contenido en el Cuaternario aluvial de la fosa tectónica Abra Pampa.

La génesis de estos sedimentos está vinculada a los aportes aluviales determinados por disminución de competencia y capacidad de carga de la escorrentía superficial, que a partir de su ingreso en el valle, gradualmente deposita aquella granulometría excluida de su competencia, en función de variaciones de caudal, pendiente, y velocidad de escurrimiento desarrollando conos y/o abanicos-glacis coalescentes hacia la franja central de la Cuenca.

La diferente extensión areal y temporal de los mismos, ha originado secuencias granulométricas con variaciones laterales, apreciándose una estratificación heterogénea y lenticular.

De todo ello surge en el acuífero una mayor permeabilidad

en la dirección del escurrimiento superficial pleistoceno-holoceno, responsable de la sedimentación. En consecuencia se deduce que la curvas equipotenciales conforman elipses con el eje mayor perpendicular a la longitud del valle.

La observación del perfil litológico de los pozos, pone de manifiesto el desarrollo del acuífero en una secuencia estratificada de permeabilidad variable. En este contexto, la mayor K corresponde a las gravas sabulíticas próximas al muro del acuífero.

En consecuencia, el acuífero es anisótropo en función de la pluralidad granulométrica y de la orientación de los clastos, granos, y partículas; es heterogéneo por la competencia diferencial del escurrimiento superficial que ha estratificado los sedimentos, situación observable en los perfiles litológicos, y en los gráficos de bombeo.

El acuífero es libre, la ubicación del muro no supera los cuarenta metros de profundidad en la parte central de la Cuenca, y este corresponde a las areniscas blancas, finas, estratificadas, compactas, y cementadas. La potencia saturada se ha desarrollado en una secuencia sobre puesta de conos y abanicos-glacis, brindando excelentes caudales, y buena recuperación en los pozos ensayados, donde la recarga, superior al valor teórico (AP-162), proviene del río Miraflores.

4.- Ensayos de Bombeo. Análisis.

4.1.- Pozo AP-162, Abra Pampa.

Vinculado a la génesis de los sedimentos cuaternarios, en función de estratificación en niveles próximos al techo del acuífero, y/o existencia de granulometría fina interestratificada, se observa en el bombeo, drenaje diferido.

En el análisis del gráfico bilogarítmico s-t resulta dificultoso lograr un ajuste unívoco con la curva de Prickett. La falta de definición de la curva puede ser consecuencia del valor del radio, relativamente pequeño, ya que la transmisividad no es muy elevada. No obstante, en la posición más adecuada, los valores T y S, son inferiores a los obtenidos con Jacob.

Así, en los primeros momentos del ensayo, S es muy bajo, y gradualmente, en el sector B, se aproxima al valor correspondiente al acuífero libre. El índice de retraso, indica arenas finas (0,35 días).

La poca definición de la curva, conduce al análisis del gráfico semilogarítmico s-t, que aplicado a los tramos donde el flujo diferido no ejerce influencia, determina una muy buena transmisividad, y el coeficiente de almacenamiento corresponde al acuífero libre; K: 139 m/día, obviamente alta, y que contribuye a calificar las bondades del acuífero.

Finalmente, el valor T deducido a partir de las medidas de recuperación, tiene semejanza con el calculado en el ensayo de bombeo (Jacob). Además del breve

tiempo de recuperación, la intersección de la recta en valores mayores que tres, indica una recarga superior al valor teórico, flujo cuya procedencia probable sea el río Miraflores.

- Síntesis: Con un caudal de $1583 \text{ m}^3/\text{día}$, que fluye durante cincuenta horas de bombeo, la depresión en el piezómetro ($r=15\text{m}$) es inferior al 3%, y su recuperación total se produce en 25 minutos; T varía entre 1400 y $2500 \text{ m}^2/\text{día}$. Considerando además, S y k , concluimos en que estos parámetros definen un acuífero libre, desarrollado en sedimentos cuaternarios; fracción arenas finas a medias -en el sector afectado por los descensos-, estratificadas, y con variaciones laterales de tamaño.

4.2.-Pozo PM-161, Puesto del Marqués.

Ante la presencia de un aparente acuitardo en el perfil del pozo, ajustamos la curva de Hantusch con buena coincidencia hasta los veinte minutos, aceptable hasta 250, y desviándose para tiempos mayores.

Del mejor ajuste, surge un almacenamiento de acuífero semiconfinado, T supera los $600 \text{ m}^2/\text{día}$; K es de $39,4 \text{ m}/\text{día}$, y la permeabilidad vertical: $0,03$.

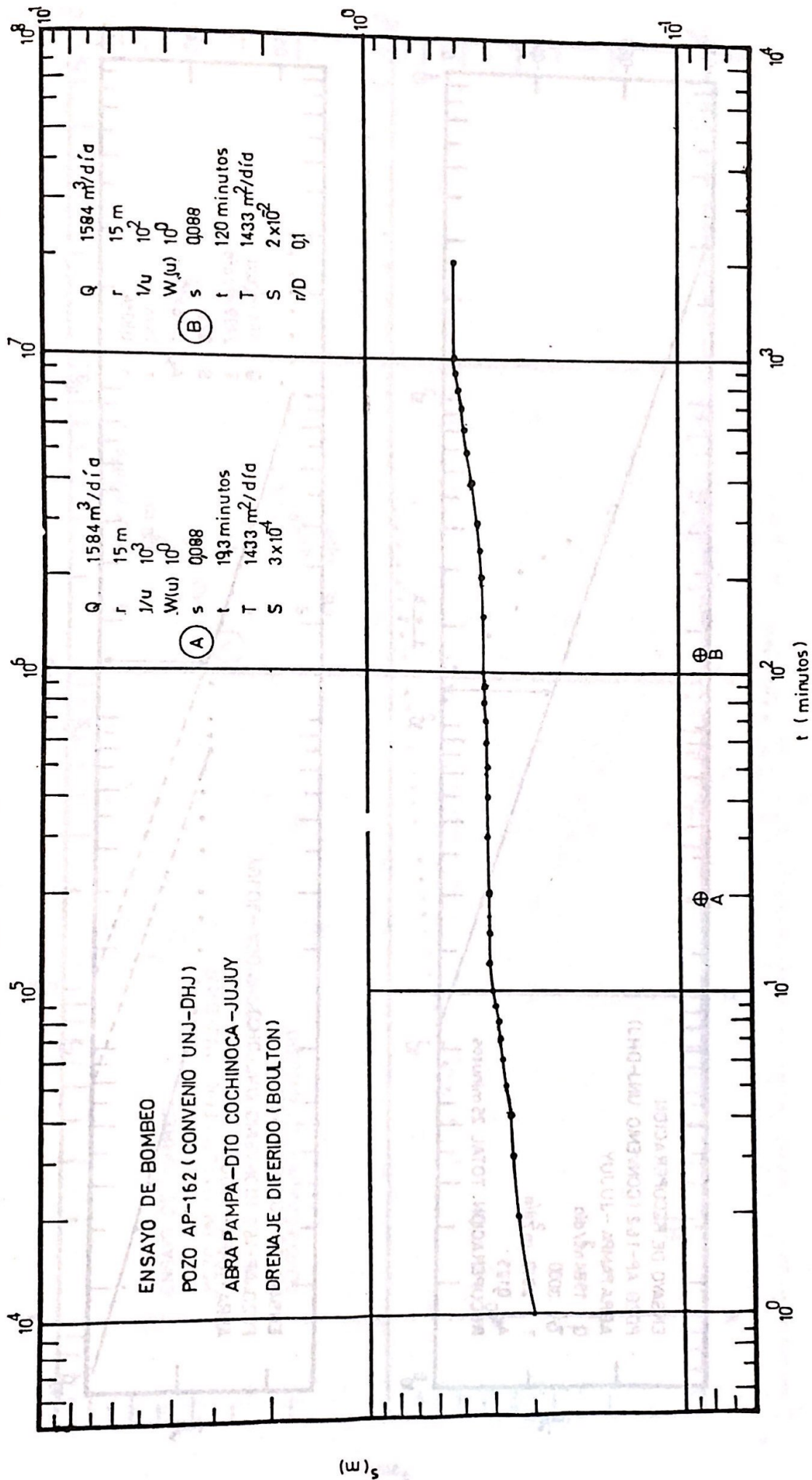
El análisis del gráfico semilogarítmico $s-t$, calculando S y T para tiempos crecientes, evidencia en el inicio una transmisividad semejante que la obtenida con Hantush, creciendo ulteriormente a $1390 \text{ m}^2/\text{día}$, mientras S decrece a valores de acuífero confinado.

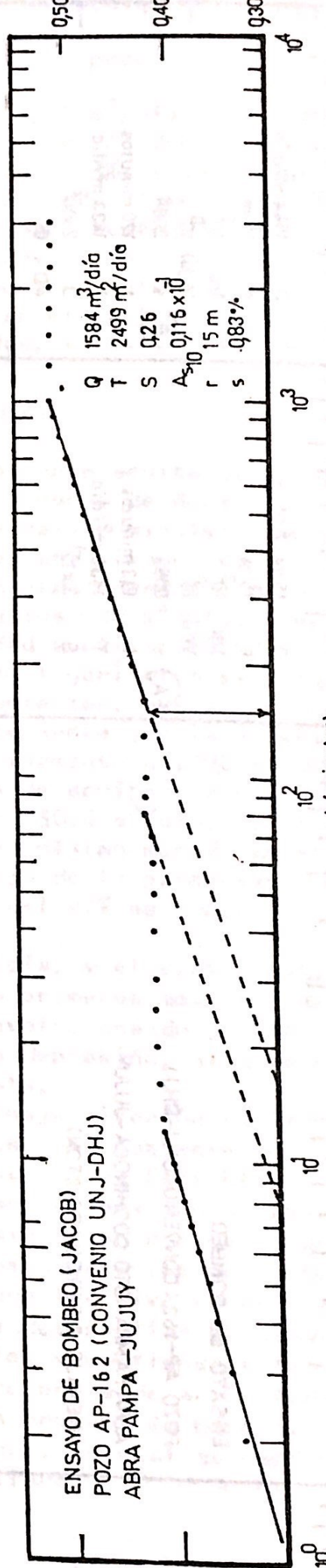
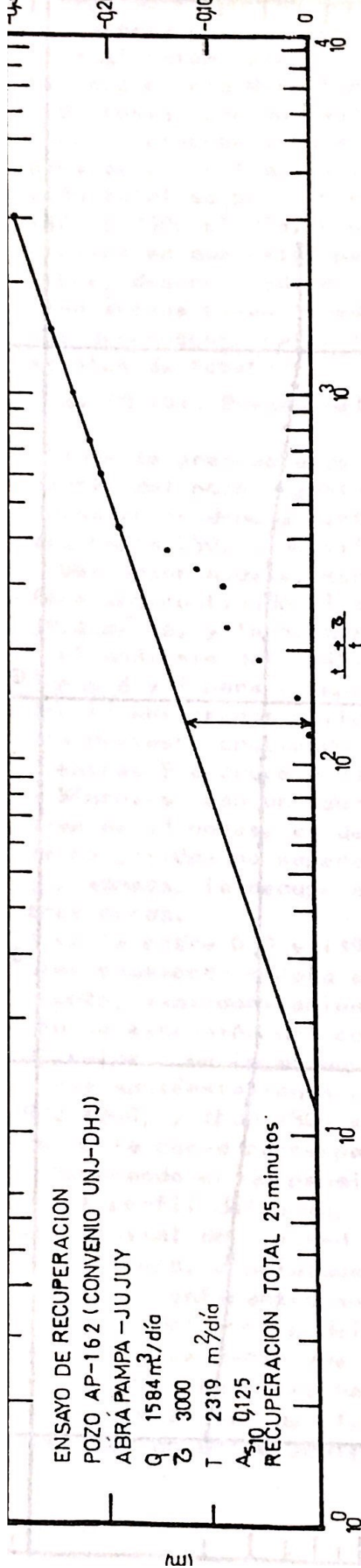
- Síntesis: con un caudal de $950,4 \text{ m}^3/\text{día}$, en un ensayo de 43 horas, el descenso máximo medido en piezómetro ($r:10\text{m}$) no supera el 13% de la potencia saturada, además, la recuperación del 92% se produce en tres horas.

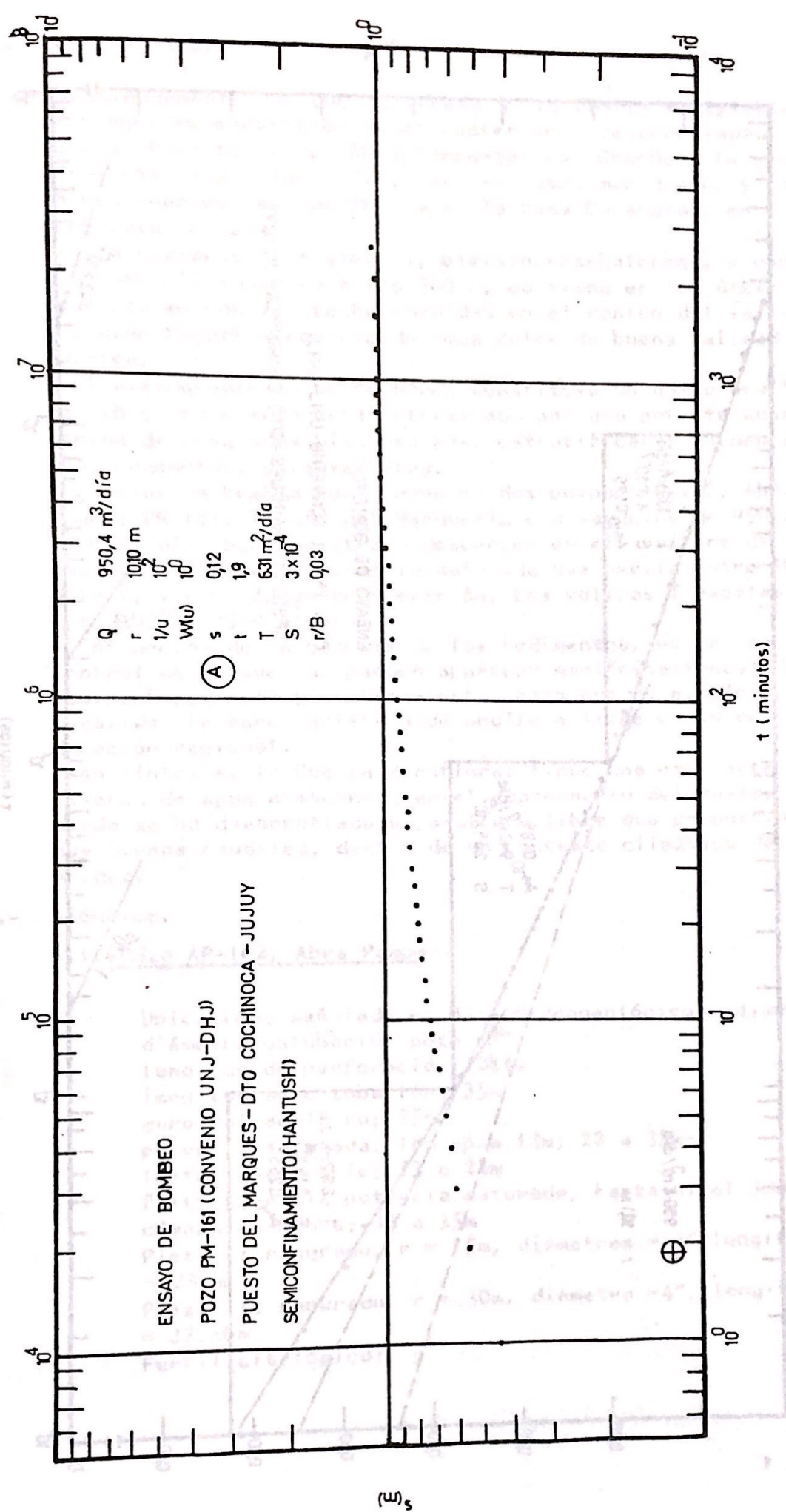
T varía entre 630 y $1390 \text{ m}^2/\text{día}$, y el coeficiente de almacenamiento señala en los primeros momentos del bombeo, semiconfinamiento, evolucionando a confinado con la extensión del cono de depresión, al disminuir el valor S en forma manifiesta.

Hay manifestaciones de drenaje diferido (500/600, 900/1000, y 1600/1800 minutos); no obstante, el ajuste de la curva correspondiente no es factible.

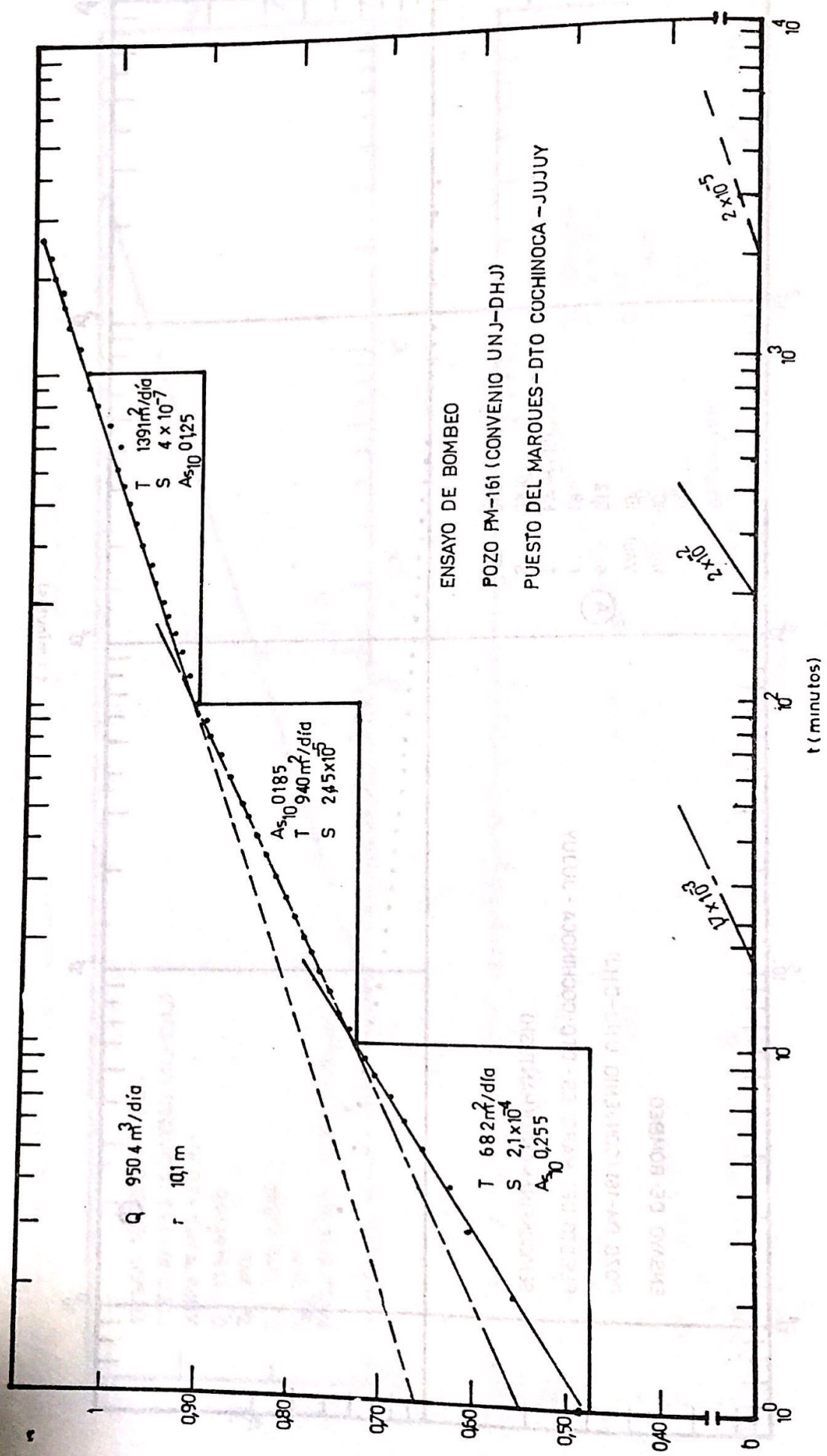
Reparando en las psamitas arcillosas que se observan en el perfil del pozo, y teniendo en cuenta la génesis aluvial de los sedimentos cuaternarios que albergan el acuífero, concluimos en que los niveles semiconfinantes y confinantes solo se desarrollan en algunos sectores del centro del valle, y no tienen entidad regional; es decir que la presencia de acuitardos y acuicludios en el techo, son probables, pero nunca representativos de la Cuenca, la cual se caracteriza por un único acuífero libre.







$(w)_s$



ENSAYO DE BOMBEO
 POZO PM-161 (CONVENIO UNJ-DHJ)
 PUESTO DEL MARQUES-DTO COCHINOCA-JUJUY

5.- Conclusiones.

Aproximadamente 200.000 hectáreas de la Cuenca susceptibles de riego, se encuentran en el cuaternario desarrollado en la gran fosa tectónica Abra Pampa-Salinas Grandes, la cual atraviesa la provincia de Jujuy con rumbo meridiano, y aun se continúa por más de 160 km en la fosa Luracatao, en la provincia de Salta.

Esta sedimentación aluvial, pleistocena-holocena, y con una potencia superior a los 300 m, contiene en los últimos cuarenta metros del techo -medidos en el centro del valle-, una significativa reserva de agua dulce de buena calidad química.

El almacenamiento subterráneo constituye un unico acuífero libre, cuyo muro está determinado por una potente acumulación de areniscas blanquecinas, estratificadas, cementadas, compactas, y resistentes.

Ensayos de bombeo realizados en dos pozos (AP-162, Abra Pampa; PM-161, Puesto del Marqués), con caudales de 950 a 1600 m³/día, han registrado descensos en el acuífero de entre 3 y 13% de la potencia saturada que oscila entre 16 y 18 m, y con rápida recuperación. Los valores T oscilan entre 600 y 2500 m²/día.

En función de la génesis de los sedimentos, en la zona central de la Cuenca, pueden aparecer manifestaciones de semiconfinamiento y confinamiento, pero que de ningún modo invalida la característica de acuífero libre en su consideración regional.

En síntesis, la Cuenca Miraflores tiene una excelente reserva de agua almacenada en el cuaternario del Valle, donde se ha desarrollado un acuífero libre que proporciona muy buenos caudales, dentro de un contexto climático de aridez.

6.- Apéndice.

6.1.- Pozo AP-162, Abra Pampa

Ubicación: señalado en Mapa Hidrogeológico -adjunto-
diámetro entubación pozo: 8"

longitud de perforación: 284m

longitud de entubación: 35m

muro del acuífero: 35m

potencia saturada: 18m -8 a 13m; 22 a 35m-

lente impermeable: 13 a 22m

filtros: en la potencia saturada, hasta nivel 33m

cámara de bomba: 33 a 35m

Piez. I: ranurado, r = 15m, diámetros = 4", longitud = 25 m

Piez. II: ranurado, r = 30m, diámetro = 4", longitud = 27,86m

Perfil Litológico:

UNIDAD	LITOLOGIA	ESPESOR -m-
0 a 4m	arena mediana sabulítica castaño-gris sácea, escasa matriz pelítica.....	4
4 a 6m	sábulo arenoso, escasa matriz pelítica	2
6 a 8m	sábulo arenoso, matriz arcillosa roja	2
8 a 13m	sábulo arenoso, castaño grisáceo. Pre- domina litoclastos de lutita gris, parda, y amarillas, y areniscas rojas Cuarzo, oxidos de hierro-magnetita- y plagioclasas.....	5
13 a 22	arena gruesa-mediana, sabulítica, cas- taño-rojiza, matriz arcillosa -LENTE IMPERMEABLE-.....	9
22 a 26	arena sabulítica, castaño-gris c/li- toclastos de lutitas y areniscas mo- radas.....	4
26 a 30	grava mediana, c/matriz sabulítica de clastos líticos -fm Acoite-.....	4
30 a 35	arena gruesa sabulítica, castaño-gris	5
35 a ..	arenisca fina, blanca, compacta, ce- mentada que se comporta como MURO....	
		35m

Ensayo de Bombeo: caudal = $1584 \text{ m}^3/\text{día}$ b = 18m
 $T = 1400 \text{ a } 2500 \text{ m}^2/\text{día}$.
 tiempo de ensayo = 50 hs;
 $s = 2,83\%$
 $S = 0,26$ (Jacob); 2×10^{-2} (Boulton)
 Recuperación: 25 minutos
 Tipo de Acuífero: LIBRE.

6.2.- Pozo PM-161. Puesto del Marqués.

Ubicación: señalado en Mapa Hidrogeológico -adjunto-
 diámetro entubación pozo: 8"
 longitud de perforación: 271m
 longitud de entubación: 26m
 muro del acuífero: 26m
 potencia saturada: 16m -4 a 6m; 12 a 26m-
 lente impermeable: 6 a 12m
 filtros: en la potencia saturada, hasta nivel 24m
 cámara de bomba: 24 a 26m
 Piez. I: ranurado, $r=10,10\text{m}$, diámetro=3", longitud
 =20m
 Piez. II: ranurado, $r=18,10\text{m}$, diámetro=3", longitud
 =20m

Perfil Litológico:

UNIDAD	LITOLOGÍA	ESPESOR -m-
0 a 4m	arena mediana, sabulítica, castaño-gris, predominio de litoclastos del ordovícico, escasa matriz pelítica..	4
4 a 6m	arena gruesa-mediana, castaño-gris...	2
6 a 10	sábulo arenoso con matriz arcillosa.	4
10 a 12	sábulo castaño-gris, y notable matriz arcillosa color castaño.....	2
12 a 19	grava gris verdosa clara -gravilla 64%, grava mediana 13%- , matriz mayoritariamente sabulítica.....	7
19 a 26	sábulo graviloso, castaño gris con matriz arenosa.....	7
26 a 33	areno-arcilla marrón rosada, con costra calcárea -'tosca'-, MURO.....	26m

Ensayo de Bombeo: caudal = $950,4 \text{ m}^3/\text{día}$

$b = 16\text{m}$

$T = 631 \text{ m}^2/\text{día}$; $S = 3 \times 10^{-4}$
(Hantush)

$T = 682 \text{ m}^2/\text{día}$; $S = 2,1 \times 10^{-4}$
(Jacob)

$T = 1391 \text{ m}^2/\text{día}$; $S = 4 \times 10^{-7}$
(Jacob)

$s = 7\%$

Recuperación = 92% en 3 horas.

Tiempo de Ensayo = 43 horas.

- ACEÑOLAZA, F.G., 1972. El Ordovícico de la Puna Salto-Catamarqueña. Consideraciones sobre su importancia en la interpretación del desarrollo de la cuenca eo-paleozoica del NW argentino. Actas V Congreso Geol. Arg., IV, 3-18, Bs. As.
1980. Presencia de Tetragraptus (Graptolitina) en el ordovícico de Jujuy. Implicancias cronológicas y paleobiogeográficas. Asoc. Geol. Arg. Rev. XXXV (4). Bs. As.
- ALCALDE, J.A. y M.C de ALCALDE, 1981. Geomorfología Aplicada en el valle del río Miraflores -sector norte-, Provincia de Jujuy. Rev. del Inst. Cs. Geol. nº 4, 27-36, Jujuy.
1984. Exploración Hidrogeológica de la Puna. Provincia de Jujuy. Argentina. IX Congreso Geol. Argentino. Río Negro.
- ALFELD, F., 1948. Estudios geológicos de yacimientos minerales de Jujuy, parte primera. Inst. Geol. y Minería (UNT). Publicación 455, Jujuy.
- BONAPARTE, J.F. y G.E. BOSSI, 1967. Sobre la presencia de dinosaurios en la fm Pirgua del Grupo Salta y su significado cronológico. Acta Geol. Lilloana, IX, 25-44, Tucumán.
- BONARELLI, G., 1921. Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del Norte (Salta-Jujuy). An.Min.Agric. Sec. Geol. y Minería. XV. Bs. As.
1927. Fósiles de la fm Petrolífera o "Sistema Salta". Bol. Acad. Nac. Cs. Cba., XXX: 55-115, Córdoba.
- BOSSI, G.E. y M. Wampler, 1969. Edad del Complejo Alto de Las Salinas y fm El Cadillal s/método K/Ar. Acta Geol. Lilloana, X,7: 141-160. Tucumán.
- BERGGREN, W.A., 1972. A Cenozoic time-scale and its implications for regional geology and paleobiogeography. Lethaia, V: 195-215. Oslo.
- CAMACHO DE ALCALDE, M., 1975. Aporte al conocimiento de la fauna de moluscos en el terciario del valle Calchaquí, Salta. Rev. Inst. Geol. Minería. 1:65-75. Jujuy.
- CARBAJAL, E.R. PASCUAL, R. PINEDO, J. SALFITY y M.G. VUCETICH, 1977. Un nuevo mamífero de la fm Lumbrera -Grupo Salta de la comarca de Carahuasi (Salta, Argentina). Edad y correlaciones. Mus. Mun. Cs. Nat. 'L. Scaglia'. Public. 2(7):148-163. Mar del Plata.
- CATALAN LAFUENTE, J., 1969. Química del Agua. Ed. Blume.
- COIRA, B.L., 1973. Resultados preliminares sobre la petrología del ciclo eruptivo ordovícico concomitante con la sedimentación de la fm Acoite, en Abra Pampa, Jujuy. Nota Breve. Asoc. Geol. Arg. Rev. XXVIII(1): 85-88, Bs. As.

1975. Ciclo efusivo ordovícico registrado en la fm Acoite, Abra Pampa, Jujuy, Argentina. Actas II Congr. Iberoamericano Geol. Econ.(I): 37-56. Bs. As.
1979. Episodios volcánicos cenozoicos en el área de Chajarahuaico-Casabindo, Puna Jujeña. Acta VII Congr. Geol. Arg., II: 537-552.
1979. Descripción Geológica de la Hoja 3c, Abra Pampa. Jujuy. Serv. Geol. Nac., Bol. 170, Bs. As.
1983. Magmatismo y mineralizaciones asociadas en la Puna Jujeña. Actas II Congr. Geol. Econ.(II). San Juan.
- COIRA, B.L., J. DAVINDSON, C.M. PODOZIS, V. RAMOS, 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. Earth Science. Rev. 18.
- CUSTODIO, R. y LLAMAS, M.R., 1976. Hidrología Subterránea. Ed. Omega.
- CHARRIER, R. y J.C. VICENTE, 1972. Liminary and geosynclinal Andes. Major orogenic phases and synchronical evolution of the Central and Austral sectors the Southern Andes Solid earth probl. Conf. Upper Mantle, Project. Vol. 2:451-470. Bs. As. .
- CHEN, Pei Yuan, 1968. A modification of sandstone classification Journal of Sedimentary Petrology, vol. 38, 1.
- DANIELI, C. y J.C. PORTO, 1968. Sobre la extensión austral de las formaciones Mesozoico-Terciario de la provincia de Salta límite con Tucumán, Act. III Jorn. Geol. Arg. 1: 77-90. Bs. As.
- FERNANDEZ, J., P. BONDESIO y R. PASCUAL, 1973. Restos de Lepidosiren paradoxa (Osteichthyes dipnoi) de la fm Lumbreira (Eógeno-Eoceno ?) de Jujuy. Consideraciones estratigráficas, paleontológicas y paleozoogeográficas. Ameghiniana, X(2): 152-172. Tucumán.
- GASPARINI, Z.B. de y A.M. BAEZ, 1975. Aportes al conocimiento de la herpetofauna terciaria de la Argentina. I Congr. Arg. Paleont. y Bioestrat., Actas, II: 377-416.
- GROEBER, P., 1952. Geografía de la República Argentina. Mosozoico II, 1º parte. Soc. Arg. Est. Geogr., GAEA, Bs. As.
- HAGERMAN, T.H., 1933. Informe preliminar sobre el levantamiento Geológico del Dto. Santa Bárbara, prov. Jujuy. Bol. Inf. Petr. X (107):451-496, Bs. As.
- HARRINGTON, H.J. y A.F. LEANZA, 1957. Ordovician trilobites of Argentina. University of Kansas, Dto. Geol. Spec. Publ. 1-272. Lawrence.
- IBÁÑEZ, M.A., 1960. Informe preliminar sobre el hallazgo de anuros en las "areniscas inferiores" de la Qa río Las Conchas (Salta). Act. Geol. Lilloana, 3:173-180, Tucumán.
- LEANZA, A.F., 1969. Sistema Salta. Su edad, peces voladores, su asincronismo con horizonte calcáreo dolomítico y con

- calizas de Miraflores y la hibridez del Sistema Subandino. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* XXIV(4). Bs. As.
- LINARES, E., 1969. Catálogo de edades radimétricas realizadas por INGEIS (1975-76). *Asoc. Geol. Arg. Rev. Serie B*, 6, Bs. As.
- LOSS, R., 1949. Sobre el hallazgo de *Didymograptus climacograptoides* (Holm) en el norte argentino. *Inst. Geol. Min.*, II, Jujuy.
- MARCHESE, H.G. y C. FERNANDEZ GARRASINO, 1969. Clasificación descriptiva de areniscas. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* XXIV (3), Bs. As.
- MENDEZ, V., 1974. Estructuras de las provincias de Salta y Jujuy a partir del meridiano 65°30'W, hasta el límite con Bolivia y Chile. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* XXIX(4): 391-424. Bs. As.
- MORENO, J.A., 1970. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico Superior en la Cuenca del NW argentino, con especial mención de los Subgrupos Balbuena y Sta. Bárbara. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* XXV(1):9-44, Bs. As.
- PASCUAL, R., M.G. VUCETICH y J. FERNANDEZ, 1978. Los primeros mamíferos (Notoungulata, Henricosborniidae) de la fm Mealla -Grupo Salta-. Sus implicancias filogenéticas, taxonómicas y cronológicas. *Ameghiniana*, XV(3-4) 366-390.
- PASCUAL, R., M. BOND y M.G. VUCETICH, 1981. El Subgrupo Sta. Bárbara (Grupo Salta) y sus vertebrados; cronología, paleoambientes y paleobiogeografía *Actas VIII Congr. Geol. Arg.* III: 743-758.
- PETTIJOHN, F.J., 1963. Rocas Sedimentarias. Ed. EUDEBA, Bs. As.
- QUATTROCHIO, M., 1978. Datos paleoecológicos y paleoclimatológicos de la fm Lumbrales (Grupo Salta). *Ameghiniana*, XV(1-2). Bs. As.
1978. Contribución al conocimiento de la palinología estratigráfica de la fm Lumbrales -Terciario Inferior, Grupo Salta. *Ameghiniana*, XV (3-4).Bs.As.
- REYES, F.C. y J.A. SALFITY, 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del NW Argentina. V Congr. Geol. Arg. Act. III: 355-385, BS. As.
- REYES, F.C. y J.A. SALFITY, J.G. VIRAMONTE y W. GUTIERREZ, 1976. Consideraciones sobre el vulcanismo del Subgrupo Pirgua (Cretácico) en el NW argentino. Act. Congr. Geol. Arg. (III).1: 205-224.
- RUSSO, A. y A. SERRAIOTTO, 1978. Contribución al conocimiento de la estratigrafía Terciaria en el NW argentino. Act. VII Congreso Geol. Arg. (1): 715-730.
- SCOCCO, R.L., 1947. Estudio Geológico de la zona jujeña del Ce-

- ro Colorado de Tres Cruces, Dto. Cochinoca y Humahuaca, Jujuy. Univ. Nac. de Córdoba, Tesis inéd.
- SCHLAGINTWEIT, O., 1941. Correlación de las calizas de Miraflores en Bolivia con el Horizonte Calcáreo Dolomítico del norte argentino. Univ. Nac. de la Plata. Notas del Museo Geol. 14: 337-354.
- SPENCER, F.N., 1950. The geology of the Aguilar Lead, zinc, mine. Econ. Geol. XLV, (5): 405-433. New Haven.
- STINGL, W. 1947. Estudio Geológico de la zona de Casa Grande, Dto. Humahuaca, Jujuy. Tesis inéd. Univ. Nac. de Córdoba.
- SCHWAB, K., 1971. Neue Erkenntnisse zur stratigraphie in der Umgebung des Salar Cauchari und ihre Bedeutung für die erdgeschichtliche Entwicklung der argentinischen Puna. Hab. Univ., Main.
- SCHWAB, K., and LIPPOLT, H., 1974. K-Ar mineral ages and fate Cenozoic, history of the Salar de Cauchari (Argentina, Puna). Proc. Symp. Andean Antarctic Volcanol. Probl., 17pp.
- TURNER, J.C., 1959. Estratigrafía del Cordón de Escaya y de la Sa de Rinconada (Jujuy). Asoc. Geol. Arg. Rev. XII, 1-2: 15-39.
1960. Estratigrafía de la Sa Santa Victoria y adyacencias. Acad. Nac. Cs., Bol. XLI (2): 163-196. Córdoba
1961. Estratigrafía del Nevado de Cachi, sector Oeste (Salta). Acta Geol. Lilloana, 3: 191-226. Tucumán.
1964. Descripción geológica de la hoja 2b La Quiaca. Jujuy, inst. Nac. Geol. y Min., Bol. 103. Bs.As.
1976. Estratigrafía de la comarca de Cusi-Cusi, Jujuy Act. VI Congr. Geol. Arg., 1, 287-296. Bs. As.
1979. Geología de la comarca de Mina Pirquitas. Jujuy VII Congr. Geol. Arg., 1: 351-356.
- TURNER, J.C., y V. MENDEZ, 1975. Geología del sector oriental de los Dtos. Santa Victoria e Iruya, Salta. Bol. Acad. Nac. Cs., LI (1-2): 11-24, Córdoba.
- VALENCIO, D., A. GIUDICE, J. MENDIA y J. GASCON OLIVER, 1976. Paleomagnetismo y edades K-Ar. del Subgrupo Pirgua, Salta, Argentina. Act. VI Congr. Geol. Arg., 1: 527-542.
- VILELA, R.C., 1951. Acerca del hallazgo del Horizonte Calcáreo Dolomítico en la Puna Salto-jujeña y su significado geológico. Asoc. Geol. Arg. Rev. VI (2): 101-107, Bs.As.
1952. Acerca de la presencia de sedimentos lacustres en el valle Calchaquí. Asoc. Geol. Arg. Rev. VII (4): 219-227. Buenos Aires.