

EFUSIVIDAD TARDIO-HERCINICA EN EL BORDE ORIENTAL DE LA  
CORDILLERA FRONTAL, ZONA DE ARROYO DEL TIGRE, PROVINCIA  
DE MENDOZA, REPUBLICA ARGENTINA

COIRA, Beatriz y KOUKHARSKY, Magdalena

RESUMEN

Teniendo en cuenta las características petrográficas y químicas de la secuencia efusiva permotriásica aflorante en la zona de Arroyo del Tigre, Provincia de Mendoza, República Argentina, se han diferenciado dos unidades de acidificación creciente: Formación Portezuelo del Cenizo y Formación Arroyo del Tigre, a las que se reúne como integrantes del Grupo Choiyoi de la Cordillera Frontal. La primera de ellas, que se asienta en discordancia erosiva sobre las sedimentitas de la Formación Yalguaraz (Carbónico medio), está constituida por areniscas conglomerádicas y brechas polimícticas en la base, brechas volcánicas accidentales y tobas gruesas litocristalinas andesítico-dacíticas en la sección intermedia, culminando con lavas andesíticas, brechas volcánicas esenciales y tobas.

La Formación Arroyo del Tigre, que sobreyace a la anterior en concordancia, es de composición riolítica-riolítica alcalina y está integrada por ignimbritas, tobas vítreas con distinto grado de aglutinación y vitrófiros, estos últimos dominantes hacia los niveles superiores.

Las rocas efusivas en consideración, representantes de dos episodios magmáticos separados dentro del vulcanismo subsecuente tardío-hercínico, evidencian su ubicación dentro del campo calcoalcalino y su clara afinidad tanto petrográfica como química con los representantes plutónicos atribuidos a este ciclo.

ABSTRACT

In the permotriassic effusive sequence that outcrops at Arroyo del Tigre, Mendoza province, Argentina, two units of decreasing acidification have been differentiated, based upon chemical and petrographic features. They are named Portezuelo del Cenizo and Arroyo del Tigre formations and both integrate the Choiyoi Group of the Cordillera Frontal geologic unit. The first one, that lies unconformably over Yalguaraz formation sedimentary rocks (Middle Carboniferous age), is composed at the base by conglomeratic sandstones and polymictic breccias; in the middle section by andesitic-dacitic accidental volcanic breccias and coarse litocrystalline tuffs, and andesitic flows, essential volcanic breccias and tuffs in the upper section.

The Arroyo del Tigre formation, is disposed conformably over the precedently described. It has rhyolitic-alkaline rhyolitic composition and is integrated by ignimbrites, vitreous tuffs with different agglutination grades and vitrophyres, being the last ones dominants at the higher levels.

The considered effusive rocks, representing two splitted magmatic episodes within the subsequent late hercynic volcanism, fit in the calc-alkaline field and they present clear petrographic and chemical affinities with the plutonic members attributed to the same cycle.

## INTRODUCCION

La necesidad de caracterización de la erusividad tardiohercínica, en distintos puntos de su amplia área de difusión dentro del ámbito de la Cordillera Frontal, ha guiado el presente trabajo en el que se realiza el análisis petrográfico y químico de los representantes basales, en las estribaciones orientales que descienden al valle de Uspallata-Calingasta.

Para el mismo se efectuó el estudio petrográfico de 100 cortes delgados. La composición de los feldespatos fue determinada con la platina universal de 4 ejes, mediante el método de Fedoroff Nikitin y por medición directa del ángulo  $2V$ , como así también a través de sus índices de refracción obtenidos con el método de inmersión, utilizando el refractómetro de Abbe.

En la clasificación de las rocas piroclásticas se ha seguido la nomenclatura de Wentworth y Williams (1932). Los términos ignimbrita y tobas soldadas se han utilizado con un sentido puramente textural y no genético.

La zona aquí considerada corresponde a la vertiente este de la Cordillera del Tigre, en su tramo septentrional. Se halla ubicada inmediatamente al oeste de la Ruta Nacional 13 48 km. al norte de Uspallata, comprendida entre los paralelos  $32^{\circ}08'$  y  $32^{\circ}17'$  de latitud sur.

Los lineamientos estratigráficos iniciales del área de estudio surgieron de los reconocimientos geológicos de Avé Lallemant (1891) y Stappenbeck (1910).

Rolleri (1950) llevó a cabo el levantamiento geológico de la porción oriental de la Hoja 22b Yalguaraz, que incluye la zona en consideración, definiendo en esa oportunidad a la Formación Yalguaraz (Carbónico medio).

Amos y Rolleri (1964) analizaron la constitución geológica del área con especial interés en las secuencias sedimentarias del Carbónico medio.

En 1965 las autoras realizaron como trabajos finales de Licenciatura, siendo director de los mismos el Dr. Bernabé J. Quartino, los estudios sobre los cuales se basa el presente texto.

## MARCO GEOLOGICO

Las rocas más antiguas, aflorantes en el sector oriental, corresponden al Grupo Ciénaga del Medio (Amos y Marchese, 1965) de posible edad devónica, el que está representado en

la zona por una secuencia, descripta por Koukharsky (1965), de limolitas y lutitas pizarreñas alternantes, en la que se intercalan grauvacas finas.

Estos estratos están afectados por un plegamiento similar intenso, con desarrollo, en partes, de clivaje de transposición.

En discordancia angular sobre las sedimentitas del Paleozoico inferior se dispone la Formación Yalguaraz (Rolleri, 1950), de edad carbónica media, con un espesor de 1250 m. y estructura homoclinal, inclinando 18°-30° al W. Está integrada, según Coira (1965), en sus niveles basales y medios por tilitas y areniscas conglomerádicas, con intercalaciones de areniscas y pelitas, que gradan a conglomerados fluvioglaciales, y en los superiores por depósitos netamente psamíticos (subgrauvacas, arcosas y subarcosas) con algunas intercalaciones de lutitas y limolitas.

La columna estratigráfica se continúa con una secuencia piroclástica-lávica, representante de la efusividad tardiohercínica en la zona (Grupo Choiyoi), que se apoya en discordancia erosiva sobre la Formación Yalguaraz. En dicho grupo se han reconocido la Formación Portezuelo del Cenizo, basal, y Formación Arroyo del Tigre, sobrepuesta en concordancia a la anterior, entidades que marcan el registro de dos episodios volcánicos dentro del Ciclo efusivo permotriásico.

Intruyendo a las distintas unidades anteriores afloran pequeños cuerpos andesíticos y en reducida proporción dacíticos, (Coira, 1965) con evidencias de alteración hidrotermal. En un sólo caso fue observado un pórfiro basáltico.

Con posterioridad a dichos cuerpos subvolcánicos se produjo la intrusión a manera de diques, subverticales, de alineación general N-S, de pórfitos riolíticos y restringidos albitófitos y lamprófitos, Koukharsky (1965), a los que al igual que los cuerpos anteriores se les asigna una probable edad terciaria.

Los cuerpos lentiformes riolíticos que intruyen a la Formación Arroyo del Tigre, en cercanías de las desembocaduras de los arroyos del Salto y de la Vaca Muerta, han sido considerados sincrónicos con los diques de igual composición, si bien podrían corresponder a representantes subvolcánicos del ciclo efusivo permotriásico.

El relieve post-terciario ha sido rellenado por los depósitos de acarreo cuaternarios y actuales.

## GRUPO CHOIYOI

### FORMACION PORTEZUELO DEL CENIZO.

Esta unidad litológica representa los primeros episodios volcánicos permotriásicos de la zona de Arroyo del Tigre. En ella se diferenciaron tres miembros compuestos, en síntesis, por un conglomerado polimíctico basal y brechas volcánicas de diverso tipo culminando con lavas andesíticas. Sus colores son grises cenicientos oscuros o claros.

Aflora como una faja norte-sur, de espesor variable, inclinada hacia el oeste, que se asienta en discordancia erosiva sobre las sedimentitas carbónicas de la Formación Yalguaraz, y está cubierta concordantemente por la Formación Arroyo del Tigre, efusiva de composición marcadamente ácida. El espesor máximo es de 300 m. en las cabeceras de la Quebrada de la Buitrera.

Se han estudiado tres perfiles detallados (Quebrada Seca, Quebrada de la Buitrera y Mogote de las Yeguas-Portezuelo del Cenizo). De esta manera se ha caracterizado a esta Formación a lo largo de una faja de 10 Km. de extensión.

Estas rocas se encuentran, en todos los casos, afectadas por una alteración hidrotermal sericítica-arcillosa o sericítica-propilitica, la cual podría asociarse con los cuerpos intrusivos andesíticos. Por esta razón en pocos casos pudo determinarse la composición de los cristales de plagioclasa.

A continuación se describe la sección tipo de la Formación Portezuelo del Cenizo :

Base : Areniscas blancas de la Formación Yalguaraz.

Miembro inferior : (Espesor : 60 m. en la Quebrada Seca; 25 m. y carácter brechoso muy marcado en la cabecera de la Quebrada de la Buitrera. Este miembro está ausente sobre las rocas carbónicas del pie del Mogote de las Yeguas).

El nivel más bajo es un banco de 2 m. de espesor de areniscas conglomerádicas gris verdosas con clastos subredondados de hasta 1 cm., tanto de origen sedimentario como volcánico. Encima hay una brecha de color rojizo. Los clastos angulosos, de hasta 10 cm., son de areniscas laminadas, de lutitas y de andesitas intensamente alteradas. Estos últimos fragmentos se hacen más numerosos hacia la parte superior.

El estudio petrográfico de la matriz muestra una pequeña proporción de cristaloclastos de cuarzo de evidente origen volcánico, lo mismo que biotita y anfíbol; siendo relativamente abundantes plagioclasa, granate, muscovita, turmalina, escasos fragmentos de mirmequitas, microclino, cuarzo de

extinción fragmentosa, apatita y titanita. Los litoclastos son de sedimentitas y de andesitas alteradas.

La abundancia de fragmentos sedimentarios angulosos, la naturaleza de la matriz y los escasos fragmentos de andesitas, permiten clasificar estas rocas como brechas polimícticas y separarlas claramente de los miembros superiores.

Miembro intermedio ; (75 m. de espesor): Alternancia de brechas volcánicas accesorias con tobas gruesas litocristalinas.

Las brechas, de colores grises oscuros en la porción inferior, presentan abundantes bloques de andesitas porfíricas, equidimensionales y angulosos de hasta 60 cm. de diámetro en las quebradas Seca y de la Buitrera, y 1,20 m. en el Mogote de las Yeguas.

Hacia la porción central aparecen bancos de brechas más finas con clastos andesíticos y dacíticos alternantes con bancos de tobas pardo rojizas. En algunos casos el pasaje es gradual por disminución de la fracción pefítica. Aquí los fragmentos dacíticos alcanzan 20 cm. de diámetro. Además de los fragmentos volcánicos mencionados se encuentran areniscas rojizas y negras y rodados de cuarzo blanco. Estos últimos son los únicos clastos redondeados presentes.

En los niveles superiores las brechas son finas, friables y de color gris ceniza. Allí son abundantes los cristales (bipiramidales) de cuarzo volcánico de hasta 1/2 cm., plagioclasa y fragmentos de brechas idénticas al material que las envuelve.

El estudio petrográfico revela que la matriz litocristalina de las brechas y las tobas tiene composición en general dacítica. En ella se distingue una fracción tamaño arena y otra sumamente fina. En la primera de éstas los litoclastos tienen fenocristales de plagioclasa de hasta 4 mm., alterados a material arcilloso de índice mayor que 1,54, con un borde que revela una primitiva zonalidad; anfíbol resorbido y biotita (convertida en clorita, material arcilloso y leucoxeno). La pasta es en algunos casos pilotáxica, en otros microgranosa, (con los feldespatos convertidos en material arcilloso) y en otros un agregado de cristales interdigitados de cuarzo límpido acompañados por gránulos opacos. A veces los pseudomorfs de plagioclasa están rodeados por granos de calcita.

En los niveles inferiores se observan litoclastos de areniscas finas con cuarzo, plagioclasa y muscovita con o sin cemento ferruginoso, y de lutitas con cuarzo-sericita.

Aunque escasos, existen vitroclastos convertidos en material arcilloso pardusco.

Los fragmentos cristalinos más abundantes que se observan al microscopio son de origen volcánico: cuarzo con bordes ideomorfos, oligoclasa (An 15%), pseudomorfos de anfíbol resorbido en pasta volcánica y biotita cloritizada. En menor proporción, y solamente en los niveles inferiores se encuentran fragmentos cristalinos angulosos no volcánicos: granate, turmalina y muscovita. Comunes son los accesorios magnetita, apatita y circón.

La fracción más fina de la matriz, siempre presente en estas brechas y tobas está formada por clorita, sericita, escasa sílice, leucoxeno y hematita. En algunos casos hay diseminados calcita, pistacita y titanita. Esta fracción pulverulenta es muy semejante a la pasta de las vulcanitas presentes como fragmentos. Se supone que originariamente fue polvo volcánico.

Miembro superior: (Espesor 50 m., alcanzando cerca de 80 m. en el Mogote de las Yeguas). Bancos irregulares, de 3 a 8 m. de espesor de andesitas porfíricas de color gris mate. Los fenocristales llegan a componer el 30% de la roca. Son de plagioclasa de hasta 0,5 cm. y de anfíbol más pequeños. Se observan débiles líneas de fluidalidad en la pasta muy fina. En la base son andesitas brechosas, con fragmentos autolíticos de hasta 20 cm. de largo.

Al microscopio se observa a los fenocristales (en gran parte fragmentales) de plagioclasa alterados a calcita y sericita. Los anfíboles están totalmente resorbidos, convertidos en mica incolora de baja birrefringencia, cuarzo y gránulos de hematita; o en calcita, leucoxeno y magnetita. Biotita, en menor proporción que el anfíbol, aparece convertida en sericita, titanita, leucoxeno y magnetita. Accesorios son magnetita y apatita.

La pasta, alterada, es en parte pilotáxica y en algunos casos microgranosa. Son comunes los agregados de calcita, reemplazando a la pasta.

En el Mogote de las Yeguas este miembro adquiere su mayor espesor observándose, sobre las coladas de andesitas fluidales, en partes brechas de flujo, bancos de brechas vitroclásticas andesíticas esenciales, cuyas bombas alcanzan el tamaño de un puño, y algunos bancos de tobas finas litocristalinas que encierran esferas de lapilli andesítico de 1 cm. de diámetro.

Techo: Brechas volcánicas pardas y anaranjadas de la Formación Arroyo del Tigre.

## FORMACION ARROYO DEL TIGRE

En ella se reunen a los representantes del vulcanismo ríolítico con que culmina en el área de estudio la efusividad tardio-hercínica.

Participan en su constitución rocas piroclástico-ignimbríticas (tobas con variable grado de soldadura hasta ignimbritas y restringidas brechas) y lávicas (felsófiros, vitrófiros), estas últimas dominantes hacia los niveles superiores.

Aflora en la naciente de la Quebrada Seca y en las cabecezas y cursos medios de las quebradas que con rumbo este-oeste desembocan en la margen derecha del arroyo del Tigre. Sus exposiciones, en este último arroyo comienzan en la desembocadura del arroyo de la Vaca Muerta y se extienden hacia el nor-oeste, constituyendo las máximas alturas de la vertiente oriental de la Cordillera del Tigre.

Se apoya concordantemente sobre la Formación Portezuelo del Cenizo, disponiéndose con inclinación de 20°-30° al NW. Aunque no aflora su techo dentro del área de estudio, rocas correlacionables son cubiertas hacia el NW por sedimentitas terciarias (Formación Chinchas, Mirré 1966).

La base de esta Formación presenta en la mayoría de los afloramientos (arroyo del Salto, Quebradas de la Buitrera y Seca) una brecha volcánica de 3-6m. de espesor, de coloración pardo-verdosa, cuyos clastos, incipientemente redondeados, provienen de la Formación Portezuelo del Cenizo y en escasa medida de las sedimentitas carbónicas.

La sección intermedia, de marcada uniformidad areal, se continúa en un espesor de 200 m. (Qda. del Salto), 215 m. (Qda. Seca), 230m. (A. de la Vaca Muerta), con niveles tobáceo-ignimbríticos pardo anaranjados, grisáceos, negruzcos, compactos, los que exhiben, en general, variación zonal en el sentido vertical, dada ya sea por el pasaje de un nivel ignimbrítico basal a uno superior tobáceo no aglutinado, o bien por la ausencia de soldadura en los niveles superiores y basales a diferencia del intermedio ignimbrítico, alcanzan do las distintas unidades tobáceo-ignimbríticas espesores que oscilan entre 15-80 m.

Este tipo de zonaciones siguen, en gran parte, el esquema propuesto por Smith (1960) para unidades simples de flujos de ceniza (ash-flow).

En forma más restringida participan mantos exclusivamente ignimbríticos (con reducida variación vertical de compactación), exigüos bancos de tobas no aglutinadas o escasamente soldadas, y hacia los niveles basales brechas finas de

matriz tobácea, con clastos de ignimbritas, vitrófiros, y escasas andesitas de la Formación Portezuelo del Cenizo, intercaladas con tobas líticas gruesas bien estratificadas (Arroyo del Salto).

Las secciones ignimbríticas se caracterizan por su alta compactación y buen desarrollo de textura eutaxítica dada por la alineación subparalela de fragmentos elongados, lenticulares de 5mm a 5 cm. de diámetro máximo, de coloración contrastante respecto a la masa englobante, afanítica, pseudofluidal, en la que se observan también distribuidos cristales de feldespatos alcalinos y excepcionalmente cuarzo, de 2-5mm de diámetro. La matriz de estas rocas evidencia al microscopio su naturaleza vitroclástica, observándose en ella aplastamiento marcado de los fragmentos vítreos y adaptación a los contornos de los fenoclastos. Los fragmentos vítreos mayores, a veces porfíricos, constituyen el 10-20% del total de la roca, y se presentan alineados en la dirección del flujo con indicios de aplastamiento y extremos frecuentemente estirados. Participan también aunque con carácter más restringido fragmentos de vitrófiros, ignimbritas, subangulosos, deformados, y a los que se adaptan los vitroclastos. Los fenoclastos (10-15%) se encuentran en general algo fracturados y resorbidos. Dentro de ellos se han diferenciado dos tipos de feldespatos con ligera alteración arcillo-ferruginosa, uno de ellos caracterizado por su extinción no homogénea, frecuente maclado fino, discontinuo y acuñado con típica textura "chess-board", y el segundo con extinción y maclado normal. La determinación en ambos tipos del contenido de An., en cristales maclados, con platina universal mediante el método Fedoroff Nikitin dió valores coincidentes 4-5%An. Esta coincidencia también fue observada en las mediciones directas de los ángulos  $2V=74-84^{\circ}(+)$  con platina universal, y de sus índices de refracción  $n_x=1,528+0,002$ ;  $n_z=1,536+0,002$ , indicando los primeros tanto 1-9%An como 75-100% $Ab_{93}An_{07}/Or$  y los últimos 5-6%An como 80-100% $Ab_{93}An_{07}/Or$  (según Tröger, 1959). De acuerdo a estas observaciones es posible considerar la presencia de dos feldespatos, uno de ellos alcalino, rico en sodio, cuya anomalía en el maclado sería interpretada como un fenómeno subsólido y albita. El cuarzo, en general muy exiguo, 2-3% de los fenoclastos, muestra claros engolfamientos. La biotita frecuentemente en proceso de desferrización constituye el 5-10% de los fenoclastos.

El pasaje de los niveles ignimbríticos a los tobáceos es generalmente gradual, observándose tanto disminución en el



porcentaje de los fragmentos líticos, como un menor aplastamiento y orientación de ellos, perdiéndose el carácter pseudofluidal y decreciendo la compactación. Estas modificaciones son acompañadas por variación en la coloración y diaclasmamiento, en general columnar.

El grado de desvitrificación y cristalización secundaria es variable, observándose no siempre en forma clara un incremento del mismo hacia los niveles superiores de menor aglutinación. La textura de desvitrificación en tobas e ignimbritas es la axiolítica, con desarrollo de fibrillas de feldespató alcalino en el borde de los vitroclastos y radiales hacia el interior, en donde se distribuye cuarzo en continuidad óptica o a manera de mosaicos. Entre las trizas suelen observarse zonas con pasaje gradual a desarrollos netamente esferulíticos, llegando en algunos casos a la formación de intercrecimientos más gruesos en cavidades miarolíticas alargadas con disposición también axial de sus componentes. En otros casos la desnaturalización de la mesostasis, en la que están embebidos los vitroclastos, exhibe escaso grado de cristalinidad con incipiente formación de agregados microfelsíticos. Los fragmentos vítreos mayores suelen en general presentar avanzado grado de desvitrificación desarrollando agregados micropegmatíticos de disposición algo radiada hasta esferulítica de feldespató alcalino y cuarzo como mosaicos microgranosos.

En algunos niveles la desnaturalización es fundamentalmente silícea, observándose en las facies tobáceas a las trizas embebidas en una mesostasis muy fina cuarzo-sericítica y reemplazada por cuarzo en continuidad óptica. Al aumentar el grado de aglutinación el conjunto de trizas soldadas constituye un agregado de cuarzo en mosaico, con extinción fragmentosa en el que inclusiones clorítico-sericíticas se disponen entre los distintos vitroclastos evidenciando la textura eutaxítica.

En la sección superior se sucede el derrame de mantos lávicos riolíticos: vitrófiros y felsófiros pardo anaranjados, grisáceos, violáceos, en un espesor de 1030m (Qda. del Salto) 970m (A<sup>a</sup> de la Vaca Muerta) hasta la altura de la falla que con rumbo NNE-SSW disloca a la secuencia en el faldeo noroccidental del Mogote de la Cruces. A partir de ella la sección continúa hacia las nacientes del A<sup>a</sup> del Tigre, con un espesor estimado de 1500m y carácter netamente lávico, predominando los vitrófiros fluidales y esferulíticos de coloraciones pardo anaranjadas, moradas, y violáceas, presentando

exigua participación piroclástica restringida a los 35m inferiores (brechas con clastos de hasta 15 cm. de diámetro, de vitrófiros fluidales, y en menor proporción de ignimbritas y tobas líticas de naturaleza semejante).

La ausencia dentro de este conjunto de bancos correlacionables con los de la secuencia aflorante al este de la línea de fracturación, la cual fue estudiada desde su base, permite suponer que correspondería a niveles superiores de esta Formación.

Los representantes lávicos: vitrófiros fluidales, esferulíticos y felsófiros se caracterizan por su compactación marcada y frecuente diaclasamiento laminar coincidente con la fluidalidad. Sus pastas son afaníticas, de fractura concoidea, distinguiéndose en ellas ya sea lentes microgranosas cuarzo-feldespáticas, en los felsófiros, como fluidalidad marcada definida por finas capas de 5 mm-2cm de coloración contrastante, y alternantes, en algunos casos flexionadas a manera de pliegues suaves, y desarrollo de esferulitas de 1-2 cm. de diámetro, en los vitrófiros fluidales y esferulíticos respectivamente. Los fenocristales (5-25%) están representados por tablillas de feldespato alcalino y/o plagioclasa de 3-5mm de diámetro y escasas laminillas de biotita. Los felsófiros están constituidos casi exclusivamente por una pasta micro a criptocristalina, consistente en un agregado de feldespato alcalino y cuarzo, en la que suelen observarse zonas lenticulares de mayor tamaño de grano, con desarrollo esferulítico. Los vitrófiros se encuentran parcial a totalmente desvitrificadas. La naturaleza primitivamente vítrea de la pasta está evidenciada por la presencia de perlitas y cristalitas. Dentro de ellos se ha podido diferenciar niveles marcadamente fluidales, de otros en los que las evidencias de flujo son escasas, como así también aquellos con neta cristalización esferulítica. En los vitrófiros fluidales la variación en la desvitricación enfatiza su carácter fluidal. En ellos se observan láminas de flujo subparalelas constituidas por agregados de cuarzo y feldespato alcalino con neto desarrollo esferulítico o por feldespato alcalino con disposición incipientemente radiada, dispuestas ya sea en una mesostasis felsítica o microgranosa, en la que parches de cuarzo encierran a tablillas de feldespato alcalino no orientado. Los niveles de fluidalidad poco clara están caracterizados por pastas en las que pequeñas tablillas y cristales esqueléticos de feldespato alcalino se disponen en una mesostasis micro a cripto cristalina de feldespato alcalino y cuarzo. En los

vitrófiros esferulíticos las esferulitas, de tamaño micro a megascópico de hasta 2 cm. de diámetro son frecuentemente zonales con alternancia de zonas de desvitrificación incipiente a agregados de fibrillas de feldespato alcalino, con otras de mayor cristalinidad en las que el cuarzo acompaña al feldespato disponiéndose en continuidad óptica con pasajes a textura microgranosa. Los fenocristales, muy escasos (1-2%) o ausentes en los felsófiros, constituyen el 15-25% del total de la roca en los vitrófiros, alcanzando los porcentajes más altos en los vitrófiros no fluidales. Predominan dentro de ellos los feldespatos, de hábito tabular, tendencia glomeruloporfírica, en algunos casos resorbidos por la pasta. En los felsófiros y vitrófiros pobremente fluidales de la sección inferior, ailorante al este de la línea de fracturación, se han distinguido dos tipos de feldespatos (feldespato alcalino rico en Ab, 80-100% Ab<sub>93</sub>An<sub>7</sub>/Or y albita, 4-6% An) con idénticas características que las descritas para los niveles tobáceo-ignimbríticos. Estos feldespatos se presentan como cristales independientes y en algunos casos en cristales zonales cuya zona perisférica está constituida por el feldespato rico en sodio, con textura en "chess-board" o extinción heterogénea y el núcleo por albita con maclado normal. Mientras tanto los vitrófiros fluidales y esferulíticos en los niveles más altos, la albita (An 4-6%) de maclado definido es el único feldespato presente. La biotita, muy escasa (10-20% del total de los fenocristales) se encuentra en proceso de desferrización, presentándose parcialmente resorbida por la pasta. Su porcentaje se incrementa ligeramente hacia las secciones superiores. La magnetita, accesoria, es subhedral a euhedral y se dispone con tendencia cumulatofírica y parcialmente resorbida por la pasta.

#### CONSIDERACIONES PETROGRÁFICAS

En el caso de la Formación Portezuelo del Cenizo las rocas han sido clasificadas como andesitas y dacita, teniendo en cuenta la composición mineralógica de sus fenocristales y cristaloclastos. Una clasificación basada en los análisis químicos se vio obstaculizada por el grado de alteración hidrotermal que las afecta y por la presencia de material accidental presente fundamentalmente en los niveles inferiores.

También es difícil la ubicación de las rocas de la Formación AA del Tigre siguiendo una clasificación mineralógica, cuantitativa modal, ya que sus representantes tobáceo-ignimbríticos y lávicos son esencialmente vítreos.

Teniendo en cuenta los valores normativos de cuarzo y de los feldespatos (tabla I) de estas rocas, concordante con la moda de ellas, quedan encuadradas siguiendo la clasificación de Streckeisen (1967) ya sea dentro del campo de las riolitas alcalinas, dado que dicho autor incluye a la albita hasta An<sub>5</sub> con el feldespato alcalino, o en las riolitas alcalinas y riolitas si se considera que los contenidos de Anortita de la plagioclasa son próximos o superan escasamente el límite establecido.

Considerando los límites dentro de las suites subalcalinas establecidos por Irvine y Baragar (1971) para separar los tipos potásicos, sódicos y promedio, estas rocas pertenecen al tipo promedio, si bien con ligera tendencia al campo sódico, como se observa en la figura 1. Es decir que estas rocas se apartan del campo de los queratófiros, representantes de asociaciones volcánicas anorogénicas, los que han sido citados desde antiguo en la literatura al referirse a estas vulcanitas de la llamada "Serie Porfirítica".

#### ANALISIS PETROGENETICO

Las rocas de las formaciones Port. del Cenizo y A<sup>a</sup> del Tigre pertenecen a la suite pacífica calco alcalina promedio a fuerte de acuerdo a los valores de sus índices de suite de Rittmann (1962) y quedan ubicadas según su relación  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  dentro del campo subalcalino, siguiendo el criterio de Irvine y Baragar (1971), Figuras 2 y 3.

Examinando las relaciones de  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  se observa un marcado decrecimiento de óxidos de hierro y magnesio al aumentar el contenido en álcalis, permaneciendo constante la relación  $\text{Fe}/\text{Mg}$ , características éstas de las series calcoalcalinas.

La ausencia de tipos transicionales entre las rocas de las formaciones Port. del Cenizo y A<sup>a</sup> del Tigre, que se remarcan en los análisis de variación de sus composiciones químicas (por ejemplo Figuras 2 y 3) indica claramente la existencia de por lo menos dos pulsaciones magmáticas. El mismo fenómeno se ha observado entre las rocas granodioríticas-tonalíticas y los granitos de la Cordillera Frontal (Mpodosis et. al. 1976) Por otra parte en distintas localidades de ese ámbito geológico han sido señalados granitos intruyendo niveles claramente correlacionables con la Formación Port. del Cenizo (Caminos, 1963; Polanski, 1964) y no alcanzando los superiores asimilables a la Formación A<sup>a</sup> del Tigre. Este hecho llamativo que lleva a Quartino (1963) a decir que la edad del pluto-

nismo no es anterior ni posterior a la "Serie Pprfirítica", in toto, podría estar relacionada con la conexión observada entre secuencias volcánicas como la aquí descrita y las rocas ígneas holocristalinas ácidas. Ejemplo de ello es la vinculación señalada por Choubert, et.al.(1952) entre ignimbritas, coladas y tobas riolíticas y andesíticas de las formaciones volcánicas antecámbricas de Marruecos con granitos intrayacentes por intermedio de granófiros, lo que afirma la hipótesis de Westeveld (1963) respecto a que las extrusiones lávicas conectadas con depósitos de ash-flow están relacionadas a profundidades con rocas ígneas holocristalinas ácidas o intermedias, resultado del enfriamiento de la cámara magmática a través de la cual se produjo la erupción de las mismas.

Apojaría además esta hipótesis de estrecha vinculación de los granitos leucocráticos con las vulcanitas, donde estos podrían ser equivalentes a los granófiros anteriormente citados, los frecuentes pasajes observados de granitos a pórfiros graníticos y riolíticos.

Las relaciones de volumen entre las rocas volcánicas ácidas y basaltos de este ciclo efusivo en distintos puntos de la Cordillera Frontal excluye la posibilidad de su derivación de un magma basáltico por cristalización fraccionada. Hecho éste también indicado por la presencia en la mayoría de las efusivas riolíticas de la Formación A<sup>2</sup> del Tigre de dos feldespatos, lo que indica la imposibilidad de su cristalización fraccionada a partir de un magma basáltico y en cambio señala efectos de asimilación o su derivación de la fusión de material sílico (Carmichael, et.al. 1974).

Al pasar a analizar la ubicación de las vulcanitas de la Formación A<sup>2</sup> del Tigre y Port. del Cenizo en el marco geotectónico se denota su clara localización dentro del campo del vulcanismo de fajas orogénicas en el diagrama de Gottini y Rittmann de acuerdo a sus valores de  $Z$  y  $V$  y consecuente filiación de las mismas con las asociaciones volcánicas de regiones orogénicas (Turnes y Verhoogen, 1960) o con las andesitas y rocas volcánicas asociadas a márgenes continentales (Carmichael, et.al.1974). Ellas son representantes de un vulcanismo subsecuente en el cual la Formación Portezuelo - del Cenizo marcaría la instalación de un vulcanismo andesítico normal orogénico en el sentido de van Bemmelen (1949) que tendría lugar en las fases más tranquilas de evolución entre los impulsos del levantamiento orogénico y que se produciría a través de centros volcánicos.

En el caso de la zona de A<sup>2</sup> del Tigre el mayor tamaño de

los bloques andesíticos y dacíticos de la Formación Port. del Cenizo, hacia el Mogote de las Yeguas, evidencia, en esa dirección, la proximidad del centro eruptivo. También la alternancia de brechas piroclásticas andesíticas esenciales - con lavas andesíticas indican allí la proximidad del centro eruptivo que se trataría de un estrato-volcán de composición andesítico-dacítica.

En la Formación A<sup>A</sup> del Tigre se registra la implantación de un vulcanismo esencialmente riolítico, que se habría iniciado con la erupción rápida (niveles tobáceo-ignimbríticos) de tipo de flujo de cenizas y quizás en parte de flujo de tipo lava (espumas de lava) producida a través de fisuras, para pasar gradualmente a mecanismos menos explosivos que produce el derrame de lavas no vesiculadas (vitrófiros riolíticos).

#### EXTENSION Y CORRELACIONES

Las formaciones Portezuelo del Cenizo y Arroyo del Tigre presentan características petrográficas y geológicas bien diferenciadas. Ellas son representantes de dos episodios magmáticos sucesivos dentro del vulcanismo subsecuente tardíohercínico, que pueden extenderse a lo largo de toda la Cordillera Frontal hasta penetrar en el ambiente de la Puna (Koukharsky, 1969; Coira, 1971). Dada la magnitud alcanzada por dicho vulcanismo y la posibilidad de diferenciación de formaciones dentro de él, surge la necesidad de su definición como grupo, conservándose la anterior denominación formacional propuesta por Rolleri y Criado Roque (1969) de Choiyoi.

El miembro inferior de la Formación Port. del Cenizo, que representa simultáneamente la destrucción parcial de un relieve preexistente y las primeras manifestaciones volcánicas en el área es correlacionable con el Conglomerado de las Pir-cas (Harrington, 1941); Conglomerado de Santa Clara (Fernández, 1955); Conglomerado del Río Blanco (Camino, 1965); Formación Portezuelo Ancho (González Díaz, 1958); y Brecha Verde (Dessanti, 1956). La Formación Port. del Cenizo se correlaciona, al oeste de la Sierra de Uspallata, con el Grupo Tigre (Harrington, 1971). Esta entidad junto con la Formación A<sup>A</sup> del Tigre son asimilables, en el Cordón del Plata, a las secuencias andesítico-dacítica y riolítico-riodacítica, fase extrusiva de la Asociación Volcánica Variscica (Camino, 1965); en el Cordón del Portillo a los Complejos Andesítico-Dacítico y Riodacítico-Riolítico (Polanski, 1958; González Díaz, 1958); y en las serranías de San Rafael, con las formaciones Agua de los Noques y Cerro Carrizalito (González Díaz, 1972). En

territorio chileno se podrían correlacionar con la Formación Matahuaico (Dediós Ayala, 1967) en el área del río Elqui.

La Formación Arroyo del Tigre es equiparable a la Formación Volcánica Horcajo en el área del río de los Patos (Mirré, 1966); y en Chile, con las riolitas ignimbríticas de la Cordillera de Ovalle (Mpodozis et.al., 1973) y con las riolitas del río San Miguel y Río Grande, Alto Limari (Mpodozis, et.al. 1976).

### CONCLUSIONES

Dentro del Grupo Choiyoi, que reúne a los representantes del vulcanismo subsecuente tardío-hercínico de la Cordillera Frontal se distinguen, en el área de Arroyo del Tigre, las formaciones Portezuelo del Cenizo y Arroyo del Tigre.

La primera de ellas, andesítico-dacítica, es fundamentalmente piroclástica (brechas y tobas), intercalándose mantos lávicos en los niveles más altos. La secuencia revela claramente el progresivo ahogo del relieve simultáneo con el emplazamiento de estrato volcanes. Este vulcanismo de tipo central, andesítico-dacítico caracteriza a la Formación Portezuelo del Cenizo.

La Formación Arroyo del Tigre registra la instalación de un vulcanismo riolítico a riolítico alcalino que se inicia con la emisión rápida tobaceo-ignimbrítica, de tipo fisural, para finalizar con derrames lávicos (felsófiros y vitrófiros). Si bien en ella se denota una ligera tendencia sódica, se aparta del campo de los queratófiros, citados frecuentemente como componentes esenciales de la "Serie Porfirítica".

Las vulcanitas en consideración pertenecen a la suite calcoalcalina promedio a fuerte y muestran su clara ubicación dentro del campo subalcalino.

Ellas representan dos pulsaciones magmáticas definitivamente separadas, de marcada afinidad petrográfica y química con los representante plutónicos atribuidos a este ciclo.

La extensión y constancia de éstos episodios volcánicos dentro del ámbito de la Cordillera Frontal los señala como elementos guía para la estratigrafía volcánica tardío-hercínica.

TABLA I  
ANÁLISIS QUÍMICOS Y NORMAS DE LAS FORMACIONES PORTEZUELO DEL CENIZO Y ARROYO DEL TIGRE  
Análisis químicos (% en peso)

Muestra	28	80	143	109	83	140	87	156
SiO <sub>2</sub>	72.3	70.6	68.4	68.5	69.5	68.4	61.7	60.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.4	14.7	14.4	15.1	15.7	13.3	15.2	12.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4	1.2	2.0	1.2	0.5	2.9	4.3	7.8
FeO	2.8	1.8	2.5	3.3	3.5	3.5	3.3	1.8
MgO	0.7	1.2	0.3	0.9	0.3	0.7	2.2	2.0
CaO	1.5	1.1	2.4	1.2	0.9	1.9	1.8	3.9
Na <sub>2</sub> O	4.5	3.6	3.5	3.5	3.8	3.8	5.5	3.5
K <sub>2</sub> O	2.7	4.0	4.4	5.0	4.4	4.9	1.4	2.5
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.2	0.2	0.5	0.3	0.3	0.2	---	---
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5
TiO <sub>2</sub>	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	1.4	1.5
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	n.r.	0.5	Vat.	Vat.	Vat.	n.r.	0.9	0.2
Normas (Rittman, 1973)								
Cuarzo	30.8	28.5	24.8	23.6	24.8	21.8	---	---
Sanidina	---	58.2	44.3	57.7	53.1	56.1	---	---
Anortoclasa	64.1	---	---	---	---	---	---	---
Plagioclasa	---	0.5	25.7	11.9	12.5	13.2	---	---
Cordierita	0.08	5.4	---	1.8	3.5	---	---	---
Hipersteno	3.8	---	---	---	---	---	---	---
Magnetita	1.0	0.6	1.1	1.3	1.0	1.6	---	---
Ilmenita	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	---	---
Muscovita	---	5.7	---	---	4.8	---	---	---
Biotita	---	---	2.7	3.4	---	3.3	---	---
Apatita	---	0.9	---	---	---	---	---	---
Clinopiroxeno	---	---	1.1	---	---	3.8	---	---
Feldespatos normativos (% molecular)								
Ortosa	24.1	41.04	38.5	44.62	40.7	42.69	---	---
Albita	63.8	55.13	46.4	46.68	52.3	50.38	---	---
Anortita	12.1	3.84	15.2	8.69	6.81	6.93	---	---
<hr/>								
Índice de diferencia- ción	82.8	83.4	79.6	84.5	83.6	84.2	---	---
Q+Ab+Or								
Índice color	5	13	5	7	5	9	---	---
Z	30	53.9	37.0	59.0	59.5	31.6	---	---
$\frac{Al_2O_3-Na_2O}{TiO_2}$								
Índice de suite = $\zeta$	1.72	2.08	2.46	2.81	2.54	2.96	2.55	2.10

Formación Arroyo del Tigre: Sección intermedia. 80 toba parcialmente soldada, 143 toba, 109 ignimbrita. Sección superior. 83 vitrófiro fluidal, 140 vitrófiro esferulítico.  
Formación Portezuelo del Cenizo: 87 brecha volcánica esencial (Miembro superior), 156 toba litocristalina (Miembro intermedio).



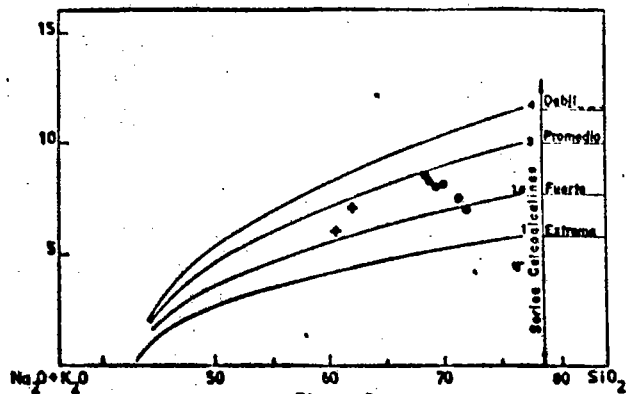


Figure 2

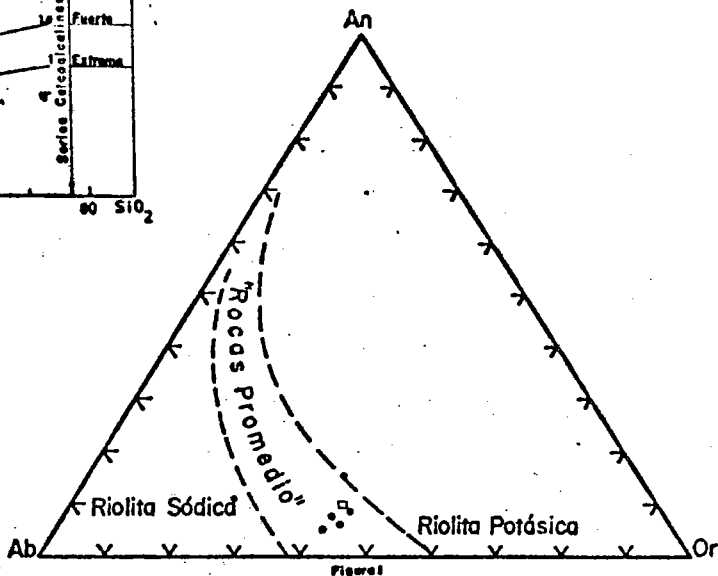


Figure 1

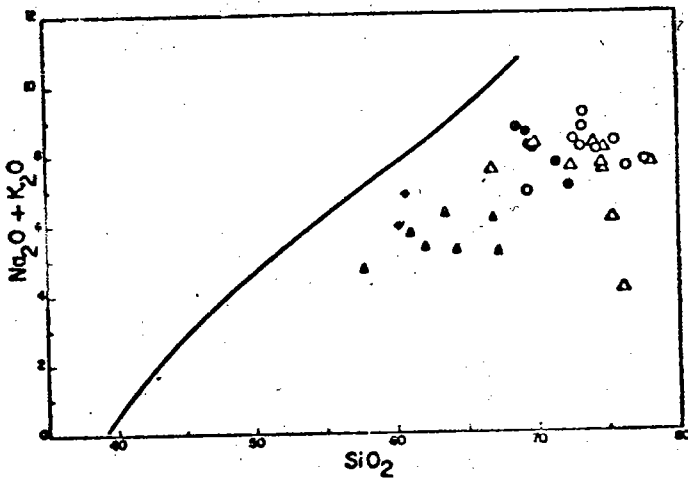


Figure 3

Círculos llenos: Formación Arroyo del Tigre, cruces: Formación Bortezuelo del Cenizo. Triángulos huecos: vulcanitas permotriásicas, Cordillera Frontal; círculos huecos: Granitos, permotriásicos, Cordillera Frontal; triángulos llenos: Granodioritas y Tonalitas permotriásicas, Cordillera Frontal- (Camino, 1963; Mpodozis et al., 1976). Cuadrado: Riolita promedio (Daly).



LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Amos, A.J. y Marchese, H.J., 1965. Acerca de una nueva interpretación de la estructura del Carbónico en la Ciénaga del Medio. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, XX, 263-270. Bs.As.
- Amos, A.J. y Roller, E.O., 1965. El Carbónico marino en el valle de Calingasta-Uspallata (San Juan-Mendoza). *Bol. Inf. Petrol.*, YPF., 368. Bs.As.
- Ave Lallemand, G., 1892. Observaciones sobre el mapa del Departamento de Las Heras. *Anales Univ. La Plata, Secc. Geol.*, La Plata.
- Bemmelen, R.W. van, 1949. *The Geology of Indonesia - Sole Agent Mart. Nijhoff, the Hague, Vol. I, General Geology.*
- Caminos, R., 1965. Geología de la vertiente oriental del Cordón del Plata. *Cordillera Frontal de Mendoza. Rev. Asoc. Geol. Arg.* XX, 3, 351-392. Bs.As.
1972. *Cordillera Frontal. Geología Argentina. Acad. Nac. Cs. Córdoba.* 305-343. Córdoba
- Carmichael, I.S.; Turner, F.J.; Verhoogen, J. *Igneous Petrology.* Mc Graw Hill Co. New York, 1974.
- Coira, B., 1968. Geología y petrología de la zona de Arroyo del Tigre, Estancia Yalguaraz (Puesto del Tigre), borde oriental de la Cordillera Frontal. Parte II. *Trab. Lic. Ined. Fac. Cs. Exac. y Nat. Universidad Buenos Aires.*
1971. Informe Geológico Preliminar de las hojas 9a y b. *Prov. Catamarca. Inf. ined. DNGM*
- Choubert, G.; Fauvelet, E. y Hindermayer, J., 1952. Note sur les granites précambriens d'âge tardif de l'Anti-Atlas XLX. *Congreso Geol. Internat. Alger. Seo. I.* 1, 73-80.
- Dediós Ayala, P., 1967. Cuadrángulo Vicuña. *Prov. de Coquimbo. Inst. Inv. Geol. Chile.* 16.
- Dessanti, R.N., 1956. Descripción geológica de la Hoja 27c, Cerro Diamante. *Dir. Nac. Minería.* 85, Bs.As.
- Fernández, P.C., 1955. Geología del alto río Tupungato. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* X, Bs.As.
- González Díaz, E.F., 1958. Estructuras del basamento y del neopaleozoico en los contrafuertes nord-orientales del cordón del Portillo, *Prov. Mendoza. Rev. Asoc. Geol. Arg.* XII. Bs.As.
1972. Descripción geológica de la Hoja 27d, San Rafael, *Prov. Mendoza. Serv. Nac. Min. Geol.* 132, Bs.As.
- Harrington, H.J., 1941. Investigaciones geológicas en las sierras de Villavicencio y Mal País *Prov. Mendoza. Dir. Min. y Geol. Bol.* 49. Bs.As.
1971. Descripción Geológica de la Hoja 22c "Ramblon". *Prov. Mendoza y San Juan. Dir. Nac. Geol. y Minería.* Bs.As.
- Irvine, T.N. y Baragar, W.R., 1971. A Guide to Chemical classification of de Common Volcanic Rocks. *Canadian Journ. of Earth Sc.* 8, 553-548.
- Koukharsky, M., 1965. Geología y petrología de la zona de Arroyo del Tigre, Estancia Yalguaraz (Puesto del Tigre) borde oriental de la Cordillera Frontal. Parte I. *Trab. Lic. Ined. Fac. Cs. Exac. y Nat. Universidad Buenos Aires.*
1969. Perfil geológico entre Cazadero Grande y Tres Quebradas. *Prov. Catamarca. Inf. ined. D.N.G.M.*
- 
- Mirré, J.C., 1966. Geología del valle del río de los Patos (entre Barreal y Las Hornillas). *Rev. Asoc. Geol. Arg.* XXI, 4, 211-231. Bs.As.
- Mpodozis, C.; Rivano, S. y Vicente, J.C., 1973. Resultados preliminares del estudio geológico de la alta cordillera de Ovalle entre los ríos Grande y Los Molles (Prov. de Coquimbo, Chile). V Congreso Geológico Argentino, 4.
- Mpodozis, C.; Rivano, S.; Parada, M.A. y Vicente, J.C., 1976. Acerca del plutonismo tardío-hercínico de la Cordillera Frontal entre los 30° y 33° Sur (Prov. Mendoza y San Juan-Argentina; Coquimbo-Chile). VI Congreso Geológico Argentino. En prensa.
- Polanski, J., 1958. El bloque variácico de la Cordillera Frontal de Mendoza. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* XXII. Bs.As.
- Quartino, B., 1969. Perfil cordillerano al oeste de Calingasta. *Prov. San Juan, Rep. Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg.* XXIV, 4, 389-392. Bs.As.
- Rittmann, A., 1962. *Volcanoes and their activity.* John Willey & Sons. New York.
1973. *Minerals, Rocks and Inorganic Materials.* Springer-Verlag, Berlin.
- Roller, E.O., 1950. Informe geológico de la Hoja 22b, Yalguaraz. YPF. Inf. Inédito. Bs.As.
- y Criado Roque P., 1969. Geología de la Prov. de Mendoza. IVas. *Jorn. Geol. Arg.* II, 1-46. Bs.As.
- Smith, R., 1960. Zones and zonal variations in welded ash-flows. *Geol. Sur. Prof. Paper* 354 F.
- Stappenbeck, R., 1910. La precordillera de San Juan y Mendoza. *An. Minist. Agricul. Sec. Geol. Min y Min.* IV, j. Bs.As.
- Strackeisen, A.L., 1967. Classification und Nomenclatura of Igneous Rocks. *N Jb. Miner. Abh.* 107, 2, 144-214. Stuttgart.
- Tröger, W.E., 1959. *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale Teil I.* Stuttgart.
- Turner, J.F. y Verhoogen, J., 1960. *Igneous and Metamorphic Petrology.* Mc Graw-Hill. New York.
- Westerveld, J., 1963. The tectonic causes of ignimbrite and pumice tuff deposition and of subsequent basalto andesitic volcanism. *Bull. Volcan.* 25; 67-88.