



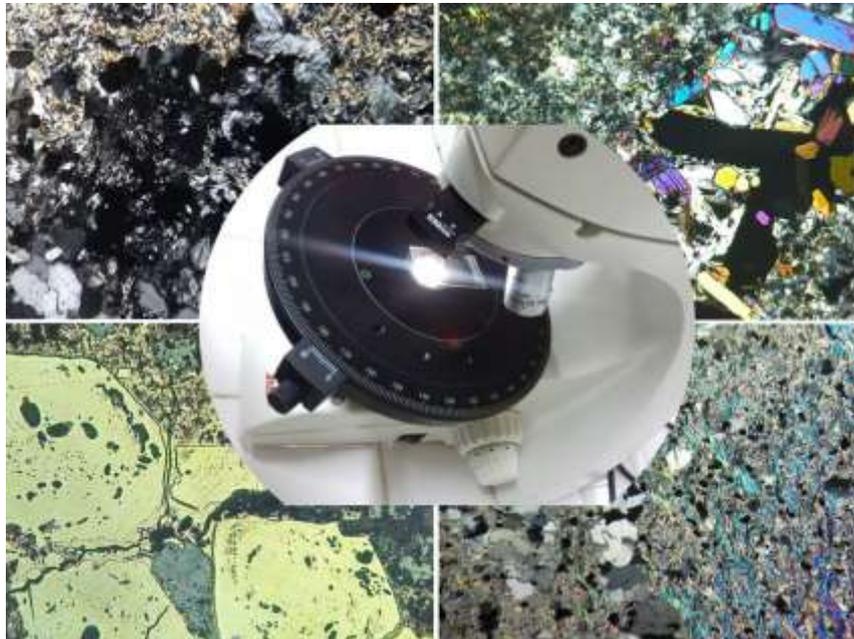
Universidad Nacional del Comahue

Facultad de Ingeniería

Asentamiento Universitario Zapala

Trabajo Final de Licenciatura en Tecnología Minera

**MINERALOGIA Y PETROGRAFIA DE LAS ALTERACIONES EN
POZO 54 DE LA SECCION TRANSVERSAL E-O 6969600N, DEL
YACIMIENTO “AGUA RICA”, PCIA. DE CATAMARCA**



Alumna: VEGA, Natalia Andrea

Directora: Dra. CASÉ, Ana María

Zapala, Neuquén, 2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES.....	5
3. MATERIAL Y METODOLOGÍA.....	9
4. GEOLOGÍA	
4.1 GEOLOGIA REGIONAL DEL YACIMIENTO AGUA RICA	11
4.2 GEOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO AGUA RICA.....	13
4.2.1 ALTERACIÓN HIDROTERMAL EN LAS SECCIONES CENTRAL Y SUR	
4.2.1.1 SECCIÓN CENTRAL E-O6969400N	14
4.2.1.2 SECCION SUR E-O6969000 N.....	15
5. POZO 54.....	17
5.1 PETROGRAFÍA	19
6. ALTERACION HIDROTERMAL	
6.1 ALTERACION FÍLICA.....	22
6.2 ALTERACIÓN TRANSICIONAL / ALTERACIÓN ARGÍLICA INTERMEDIA.....	25
6.3 ALTERACION ARGILICA AVANZADA	27
6.4 ENRIQUECIMIENTO SUPERGÉNICO.....	32
7. MINERALIZACIÓN.....	33
7.1 EVOLUCION DE LA MINERALIZACION RESPECTO DE LA GEOQUIMICA.....	38
8. CONCLUSIÓN.....	40
ANEXO I	
ANEXO II	
AGRADECIMIENTO	
BIBLIOGRAFÍA	

construyeron nuevos caminos y re-analizaron los testigos de perforación colectados durante los intentos previos de exploración. Sobre el mapa geológico del yacimiento delinearon tres secciones (Fig. 2), de orientación E-O a lo largo de las cuales se realizaron 176 perforaciones y 2 túneles, completándose un mapa detallado de la geología (Fig. 2) el cual permitió establecer que Agua Rica es un pórfido de Cu-Mo-Au que fue inicialmente cubierto por un estadio de multibrechamiento asociado con un evento epitermal y luego por una diatrema freatomagmática estéril finalizando con un evento de enriquecimiento supergénico (Landwig y otros, 2002).

Dentro del mapa detallado, las tres secciones mencionadas son:

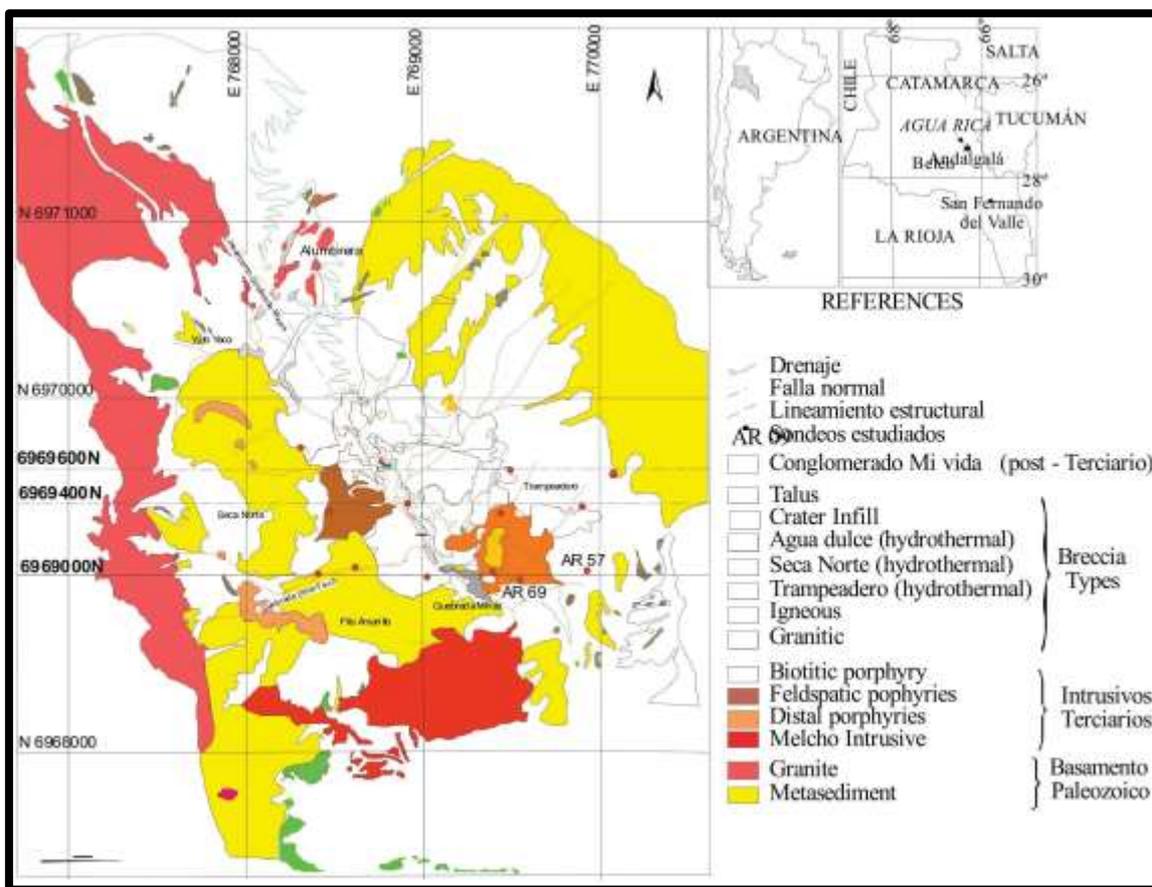


Fig 2: Mapa geológico del yacimiento Agua Rica con la ubicación de la secciones estudiadas E-O6969400, E-O6969000 y E-O6969600 N y de los sondeos muestreados (modificado de BHP 1999, Landtwing *et al.* 2002).

La **sección Central E-O 6969400 N** fue estudiada y descripta a partir de los pozos AR-9, AR-82, AR-18 y AR-80 por Franchini y otros (2009).

La **sección Sur E-O 6969000 N** descripta por Impiccini y otros (2005) comprende los pozos AR 17, AR 19, AR 135, AR 55, AR 69 y AR 57.

La **sección Norte E-O 6969600 N** actualmente en estudio, comprende 5 pozos: AR-21, AR-03, AR-75, AR-54 y AR-72.

En este trabajo se describe el **Pozo AR-54** perteneciente a la Sección E-O 6969600N. En él se describen las alteraciones y la mineralización asociada a las rocas que son atravesadas en profundidad desde la superficie hasta los 535 mts.

2. ANTECEDENTES

Desde su descubrimiento en el año 1950, el yacimiento Agua Rica fue estudiado por profesionales de las empresas interesadas e investigadores de distintas unidades académicas.

En 1997 Marianne Landwing en un resumen de trabajo de campo describe las litologías más importantes con detalles de las rocas del basamento, los intrusivos de edad Terciaria, los tipos de brechas, la alteración y mineralización de las venillas y los depósitos recientes de edad Cuaternaria, además de la historia de la erosión y la evolución topográfica.

De acuerdo a dicho informe “el depósito Agua Rica es parte del Complejo Volcánico Farallón Negro, el cual se caracteriza por un basamento de rocas cristalinas del Precámbrico y del Paleozoico temprano que corresponde al complejo sierra Aconquija y el granito Capillitas – Belen (Ordovícico). El complejo sierra Aconquija compuesto principalmente de esquistos, migmatitas y honfels; y el granito Capillitas – Belén es típicamente porfírico principalmente de cuarzo, plagioclasa, microclina y biotita.

Dicho complejo comprende 700km² de un enorme estratovolcán mioceno profundamente erosionado, junto con una serie de pequeños intrusivos y centros volcánicos periféricos. Seis depósitos de pórfido Cu, Au (-Mo) conocidos y depósitos epitermales asociados ocurren dentro de la parte central del complejo volcánico y otros seis depósitos están asociados con los sistemas intrusivos periféricos.

En Diciembre de 1997, Sandra Troutman evaluó con el espectrómetro infrarrojo Prima II del modelo de alteración identificando una halo de sericita, una zona de alteración fílica con sericita, cuarzo y pirita (las especies de sericita identificadas fueron muscovita

e illita); La asociación pirofilita-alunita conforman una alteración pervasiva compuesta por caolinita, halloysita, dickita y zunyita.

Takagi, T. y otro, (1999) informan los resultados del comportamiento de la zona de sulfuros utilizando métodos petrográficos y microsonda en la sección 6969200N. De este estudio surge que la asociación de pirita-covelina-enargita de la zona de enriquecimiento supergénico, asociada a la alteración argílica avanzada de alta sulfuración fue precedida por un estadio temprano ampliamente distribuido de mena primaria de pórfido de cobre con calcopirita-pirita-bornita-pirrotina. Describen con detalles cuatro tipos de enargitas vinculándolas a la presencia de elementos litófilos como estaño y vanadio, ubicando su presencia en cuatro estadios diferentes. Señalan además la presencia de andalucita en el límite de la roca metamórfica y asociada con alunita, pirofilita, muscovita y diásporo de origen hidrotermal.

En el año 2004 un informe de la Northen Orion Resources Ltd. describe la evolución del yacimiento desde un sistema de pórfido de cobre con intenso “telescoping”, manifestado en una progresión de intrusiones, brechas hidrotermales y diatremas sobre las que se manifiesta una superposición de alteraciones mineralógicas que enmascaran la alteración potásica temprana. En dicho informe se identifican tres tipos de mineralizaciones sucesivas en el tiempo y cuatro estilos estructurales.

Impiccini y otros, en el año 2005 dieron a conocer los resultados de los estudios mineralógicos y petrográficos detallados de las zonas de alteración y mineralización de la sección transversal 6969000 N. corroborando la presencia de la alteración arcillosa avanzada superpuesta a la alteración fílica con una distribución de los minerales que

señala la ubicación y dirección en la que migraron los fluidos durante la alteración argílica avanzada, transformando posiblemente la calcopirita en covelina, redistribuyendo los sulfuros y precipitando nuevos metales (p. ej. As, Zn, Pb).

Franchini y otros, entre los años 2005, 2009 y 2011, presentaron la evolución detallada del sistema hidrotermal de Agua Rica a lo largo de la sección principal del yacimiento:

- En el año 2005 el análisis de la sección central del yacimiento detalla las alteraciones, sus composiciones mineralógicas y diferentes estadios acaecidos durante los eventos más importantes de la mineralización hipogénica de Cu, Au y Mo.
- En 2009, la distribución del complejo yacimiento es considerado de clase mundial dado que las alteraciones y las mineralizaciones se formaron a lo largo de 1 km en sentido vertical en un mismo nivel de erosión, señalando que en el sector occidental se preservan relictos de la alteración potásica del estadio temprano.

El trabajo confirma: 1) que la paragénesis de AAA (andalucita y pirofilita ± diásporo), se preserva en las raíces del halo de la AAA y en los clastos de las brechas reemplazando a la alteración fílica. 2) que el brechamiento subsecuente y los fluidos hidrotermales generados precipitaron una paragénesis de temperatura intermedia (alunita + diásporo + zunyita) con abundante covellina + enargita + piritita ± kuramita y azufre nativo. 3) En los niveles superiores de las brechas hay

evidencia de flujos tardíos por la presencia de esfalerita, emplectita, colucita, sulfuro de Pb y Bi y azufre nativo con oro y plata.

- El trabajo publicado en 2011, describe los cuatro eventos magmáticos del yacimiento y la evolución del sistema epitermal, cuyos resultados documentan con precisión la transición pórfido-epitermal descrita en pocos ejemplos mundiales.

3. MATERIAL Y METODOLOGIA

El material de trabajo consiste en 17 cortes petrocalcográficos, y fragmentos de testigos de perforación, los cuales fueron provistos por la Dra Franchini Marta, profesora e investigadora en la Universidad Nacional del Comahue.

Asimismo, se nos brindaron las descripciones de la columna de perforación (Drill Log) realizadas por geólogos de la empresa volcadas en una planilla que indica la profundidad, número de la muestra, tipo de alteración, mineralización, discriminada entre sulfuros u óxidos. Tipo de estructura, roca y detalle de lo observado a ojo desnudo y lupa.

Este material fue importante pues complementa los cortes petrocalcográficos de los cuales se carecía de muestra de mano.

También se nos facilitaron los resultados de distintos estudios tecnológicos aplicados a ciertas muestras seleccionadas en estudios previos:

- Análisis por microsonda de electrones: para la determinación de la composición química cuantitativa de los minerales de alteración y de los minerales de mena realizado en el Centro de Desarrollo de Tecnología Nuclear (CDTN, CNEN) de Belo Horizonte, en Brasil (microsonda Jeol-JXA- 8900 RL WD/ED) y en el Departamento de Geología de la New Brunswick University, en Canadá.
- Estudio de Difractometría de rayos X: para la identificación de minerales arcillosos de la alteración, obtenida en el Centro de Investigaciones en Minerales Arcillosos de la Universidad Nacional del Comahue, en Neuquén por medio de un difractómetro Rigaku DMAX-2D.

La importante bibliografía precedente, los mapas y esquemas del sondeo AR 54 e información geoquímica de las muestras estudiadas también fueron facilitados por la Dra. Franchini.

El análisis de la bibliografía precedente permitió evaluar la compleja génesis del depósito y, en conjunto con la observación y el análisis realizado sobre los fragmentos de testigos en lupa binocular y los cortes delgados en microscopio petrocalcográfico

Leica DM750P, permitió planificar el aporte que podrían significar las nuevas descripciones.



Fig 3: Microscopio petrocalcográfico Leica DM750P del Asentamiento Universitario Zapala.

4.1 GEOLOGÍA REGIONAL DEL YACIMIENTO AGUA RICA

Agua Rica está localizado en el extremo norte de la provincia geológica de Sierras Pampeanas cerca del margen sur de la provincia geológica Puna (Fig. 4). Se encuentra dentro del Complejo Sierra Aconquija, el cual tiene rocas intrusivas de edad Miocena comprendidas entre 8.6 Ma y 5.87 Ma. La región presenta rocas graníticas y metamórficas paleozoicas intruidas por el Complejo Volcanico Farallon Negro. Estas rocas también hospedan al sistema porfírico Cu-Au de Bajo de La Alumbraera a unos 40km al Oeste y se asocian espacialmente al Complejo Volcánico Farallón Negro (12,6 - 8,5 Ma); en una zona de transición entre dos segmentos de la Cordillera de los Andes y entre las provincias geológicas de Sierras Pampeanas y Puna.

El complejo volcánico Farallón Negro es la manifestación oriental en un área de la actividad volcánica Neogena, y forma parte de una zona volcánica ampliamente distribuida a través de los Andes. Se encuentra dentro de una transecta en la cual la zona de Wadati-Benioff actualmente decrece de Norte a Sur. El ascenso del magma ha sido facilitado por la formación local de cuenca extensional a lo largo de la Zona De Transferencia de Tucumán. El complejo se considera representante de un antiguo estratovolcán huésped de numerosas intrusiones volcánicas erosionadas. (Franchini y otros, 2011).

La sucesión Farallón Negro fue dominada por una gran secuencia de brecha volcano-sedimentaria con escasas coladas depositadas en una cuenca de antearco activa. Los mayores eventos extrusivos en Farallón Negro ocurrieron entre 9.7 y 7.35 Ma, con emplazamiento de intrusiones de pórfidos cogenéticos emplazados entre 8.3 y 6.1 Ma en la andesita de Farallón Negro, y más al este en el basamento paleozoico, que fue el responsable de la formación del pórfido de Cu Au Bajo de la Alumbraera y el depósito de Agua Rica. Otros pequeños depósitos asociados con el complejo intrusivo son las venillas polimetálicas epitermales Capillitas y las de oro y plata de Farallón Negro. (Harris, 2006).

Los datos geoquímicos de las rocas magmáticas indican que la evolución del sistema fue dominado por mezclas de magma máfico con un magma félsico que contenía un componente material de la corteza.

A lo largo de la margen sur del segmento de bajo ángulo de la zona de Benioff están localizados otros depósitos de pórfido de Cu cenozoicos Andinos de clase mundial, como Pelambres, Pachón, Río Blanco, El Teniente los cuales están asociados con un régimen de subducción de bajo ángulo al cual también se relacionarían en espacio y tiempo Agua Rica y Bajo de la Alumbreira. (Franchini 2011)

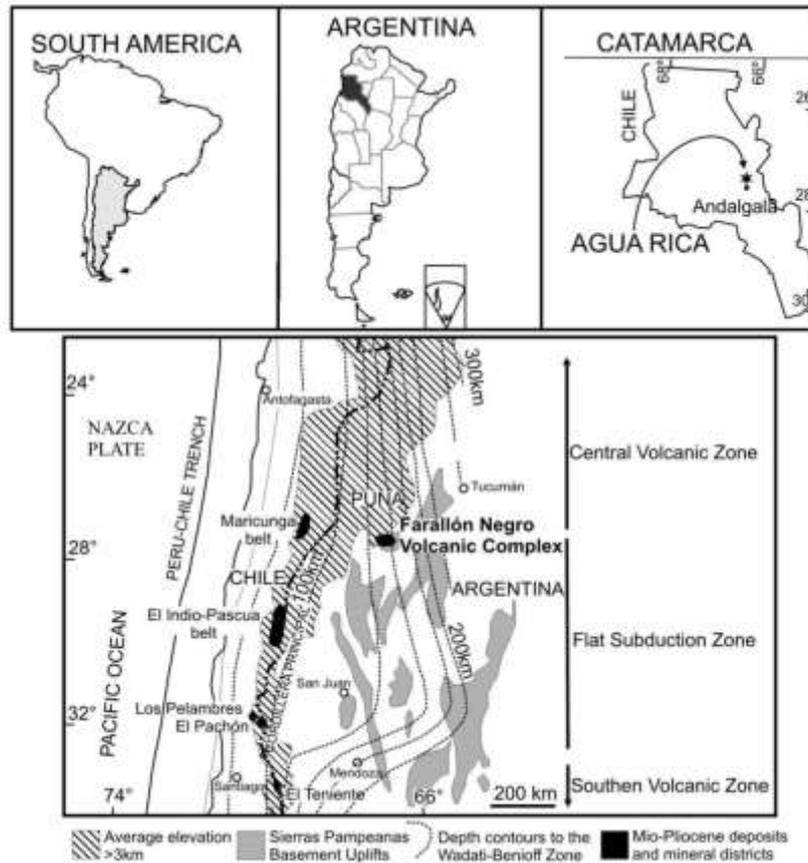


Fig 4: Ubicación de Agua Rica y ambiente geológico de Complejo Volcánico Farallón Negro.

(Franchini y otros, 2011)

4.2 GEOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO AGUA RICA

El yacimiento Agua Rica es un sistema de pórfido de Cu-Mo-Au, el cual sufrió un intenso “overprint” ocasionado por un evento posterior de alteración argílica avanzada vinculado a un proceso de mineralización epitermal de alta sulfuración (Northern Orion, 2004).

El basamento de Agua Rica consiste en rocas metasedimentarias (metacuarcitas) y graníticas. Las metacuarcitas son de orígenes precámbricos y de edad paleozoica temprana y reflejan un metamorfismo bajo en facies de esquistos verdes. Los granitos están datados como Ordovícicos y son parte del gran batolito de granito Capillitas-Belén. La mineralización del área de Agua Rica está relacionada con diversos tipos de pórfidos y brechas de edad terciaria tardía. Estas rocas intrusivas cortan las rocas del basamento y las recrystalizan como clastos de brecha.

Toda el área de Agua Rica está fuertemente vetada y alterada. Se pueden distinguir dos fases de alteración: una relacionada con la intrusión de pórfido, y otra relacionada con una sobreimpresión epitermal (Landtwing, 2002).

Durante el Mioceno, una serie de stocks porfiríticos intruyeron a las rocas antiguas. El más temprano, llamado intrusivo Melcho, aflora al sur del depósito. Está compuesto por facies de sienodiorita y monzonita y su emplazamiento ha sido datado en $8,56 \pm 0,48$ Ma (Franchini y otros, 2009).

Dos cuerpos irregulares de pórfidos feldespáticos hospedan la mineralización tipo pórfido de Cu: el pórfido Trampeadero en el sector oriental y el pórfido Seca Norte al oeste (Fig.2). Los contactos entre las rocas de caja y estos pórfidos son verticales a empinados. El pórfido Trampeadero ha preservado sus contactos intrusivos con la metacuarcita al este y al sur y con el pórfido Seca Norte al oeste, pero la mayoría de los contactos fueron ocupados por las brechas (Fig. 5). De acuerdo con la mineralogía de las muestras menos alteradas, se ha inferido una composición dacítica a monzonítica para estos intrusivos. Las variaciones significativas en las texturas de ambos pórfidos, sugieren múltiples fases de intrusión (Franchini y otros, 2009).

Varios cuerpos porfiríticos menores han sido cartografiados en los márgenes del yacimiento. Presenta contactos verticales con las brechas que lo rodean y márgenes enfriados contra la diatrema. Contiene xenolitos de las metamorfitas y de los pórfidos feldespáticos. Las relaciones de campo indican que es una facies intrusiva tardía, posterior a las alteraciones tipo pórfido y epitermal de alta sulfuración.” (Franchini y otros, 2009).

Landtwing y otros (2002), lograron resumir la evolución del yacimiento en cuatro estadios:

- 1- Emplazamiento del intrusivo Melcho (8,6 y 6,3 Ma), con mineralización de Cu subeconómica.
- 2- Estadio principal de mineralización económica de Cu, Au y Mo asociado a los pórfidos feldespáticos Seca Norte y Trampeadero (5 Ma).
- 3- Formación de Brechas Igneas (4,9 Ma) e hidrotermales, alteración argílica avanzada, sulfidación de los sulfuros previos y formación de covelina – pirita ± azufre nativo, adición de As, Pb,Zn y Au; y
- 4- Formación de Diatrema (Erupción freatomagmática con fragmentación de la roca preexistente).

Después de estos 4 estadios se desarrollaron la alteración supergénica y enriquecimiento secundario, los cuales en la actualidad están expuestos en el mismo nivel de erosión.

4.2.1 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL EN LAS SECCIONES CENTRAL Y SUR

4.2.1.1 SECCIÓN CENTRAL E-O 6969400N

La sección central del yacimiento corta los cuerpos mineralizados más importantes de E a O: Pórfidos Seca Norte y Trampeadero, y brechas hidrotermales.

Presenta remanentes de la **alteración potásica** con mineralización de pirita ± calcopirita en el pórfido Seca Norte.

La **alteración fílica** afecta a toda la litología y forma un halo que envuelve a la AAA, localizada hacia el centro E y por encima de la sección.

El pórfido Seca Norte tiene alteración fílica penetrativa con micas incoloras, cuarzo, sulfuros y stockwork de venillas de cuarzo. Las micas incoloras + rutilo y cristales de cuarzo formando cúmulos que reemplazan selectivamente el sitio de feldespato y biotita hidrotermal. Contiene pirita ± calcopirita ± molibdenita; digenita con covelina reemplazan a calcopirita en zonas más superficiales de la sección con alteración supergénica superpuesta. En zonas de sulfuros hipogénicos la covelina reemplaza a la calcopirita. En el pórfido Trampeadero también se observa la alteración fílica penetrativa, solo que en sectores más profundos sus cúmulos de filosilicatos son pequeños, y los cristales de rutilos más grandes y abundantes que en Seca Norte.

En la metasedimentita y el pórfido Trampeadero prevalece pirita \pm calcopirita \pm molibdenita en granos diseminados con filosilicatos, más abundantes que la covelina anhedral hipogénica y que la molibdenita tabular. Los granos de covelina tienen núcleos relícticos de calcopirita, sugiriendo cierta conexión entre la alteración fílica y el reemplazo de la calcopirita por covelina.

Alteración transicional: La paragénesis andalucita y andalucita +pirita \pm cuarzo ha sido preservado en el halo fílico. En sector se observa andalucita con bordes corroídos, rodeados de mica incolora, también feldespatos potásicos entre andalucita.

Lentes de andalucita son abundantes en pórfido Trampeadero con alteración fílica, intercrecidos con cuarzo y sulfuros.

La **Alteración Arcillosa Avanzada (AAA)** se encuentra superpuesta al halo de alteración fílica y a la mineralización Cu-Mo-Au en ambos pórfidos y en la metasedimentita.

Está centralizada en la brecha hidrotermal Seca Norte, que se extiende hasta el pórfido Trampeadero y a la metasedimentita.

Están presente los siguientes minerales: pirofilita+ diásporo+ zunyita+ alunita y pirita, covelina, enargita y azufre nativo (entre otros minoritarios).

La andalucita y pirofilita + diásporo, formados durante la absorción de vapores magmáticos por el agua de formación se preservan en las raíces y en los clastos de las brechas de la AAA.

Según las texturas y las relaciones entre los minerales se reconocieron estadios de AAA anterior y posterior al Brechamiento (aunque se dificulta su identificación). (Franchini 2009).

4.2.1.2 SECCION SUR E-O6969000 N

Esta sección se localiza 400 m al sur de la sección central E-O 6969400N descrita previamente. Atraviesa al metasedimento, al pórfido feldespático Trampeadero que lo intruye en el sector oriental y a la brecha hidrotermal que afecta al metasedimento en el centro.

La **alteración fílica** es ubicua en la sección con una paragénesis de cuarzo, mica incolora e illita en fracción $< 2\mu\text{m}$ (con feldespatos potásicos). Parches relícticos de biotita secundaria parcialmente alterada a clorita (alteración potásica).

La **AAA** está distribuida en zonas y parches, siempre superpuesta a la alteración fílica. Una zona con pirofilita, andalucita, diásporo, rutilo y dickita afecta a la metacuarcita en el oeste de la sección. Parches con andalucita, diásporo y rutilo en la metacuarcita y en el pórfido. En el centro, en la zona más superficial donde se localiza la brecha hidrotermal, desaparece la andalucita, dando lugar a una zona de diásporo, rutilo y dickita. En el sector occidental en la metacuarcita y cortando al pórfido zona con

dickita. Finalmente una zona con caolinita afecta al pórfido Trampeadero y a la metacuarcita en el sector oriental de la sección. En la brecha hidrotermal la matriz es cementada por alunita y junto con pirita ésta rellena venillas tardías que cortan a la AAA. Si bien la alunita es ubicua en toda la sección, la mayoría de las muestras analizadas contienen solo trazas de alunita (identificadas con difracción de rayos X).

Respecto a la distribución de los sulfuros, la zona de pirita y calcopirita coincide con los parches con alteración potásica relíctica y con la zona de andalucita y diásporo superpuesta a la alteración fílica. La zona de pirita, covelina y molibdenita es la mejor distribuida y coincide con la localización de las zonas de AAA. Suele presentar calcopirita relíctica. La luzonita y la pirita rellenan venillas tardías en la zona de caolinita. La zona de pirita se localiza en las áreas más superficiales del metasedimento y de la brecha hidrotermal y acompaña a alunita en las venillas tardías. Finalmente, excepto en la zona de pirita, la esfalerita está presente en las otras zonas. (Agnes Impiccini, O'Leary, Franchini, Schalamuk, Rios, 2005).

Actualmente la evolución de la alteración hacia la sección Norte E-O 6969600 N se encuentra en estudio, dentro de ella el Pozo 54 desarrollado en los próximos capítulos.

5. POZO 54

La Sección Norte E-O 6969600N se localiza 200m al norte de la sección central E-O 6969400N (Fig. 2). Atraviesa de E a O a la Metacuarcita del Paleozoico temprano perteneciente al Complejo Sierra Aconquija, al Pórfido Feldespático y Biotítico, a las Brechas Hidrotermales Seca Norte y Trampeadero y finaliza sobre la Metacuarcita. (Fig. 5).

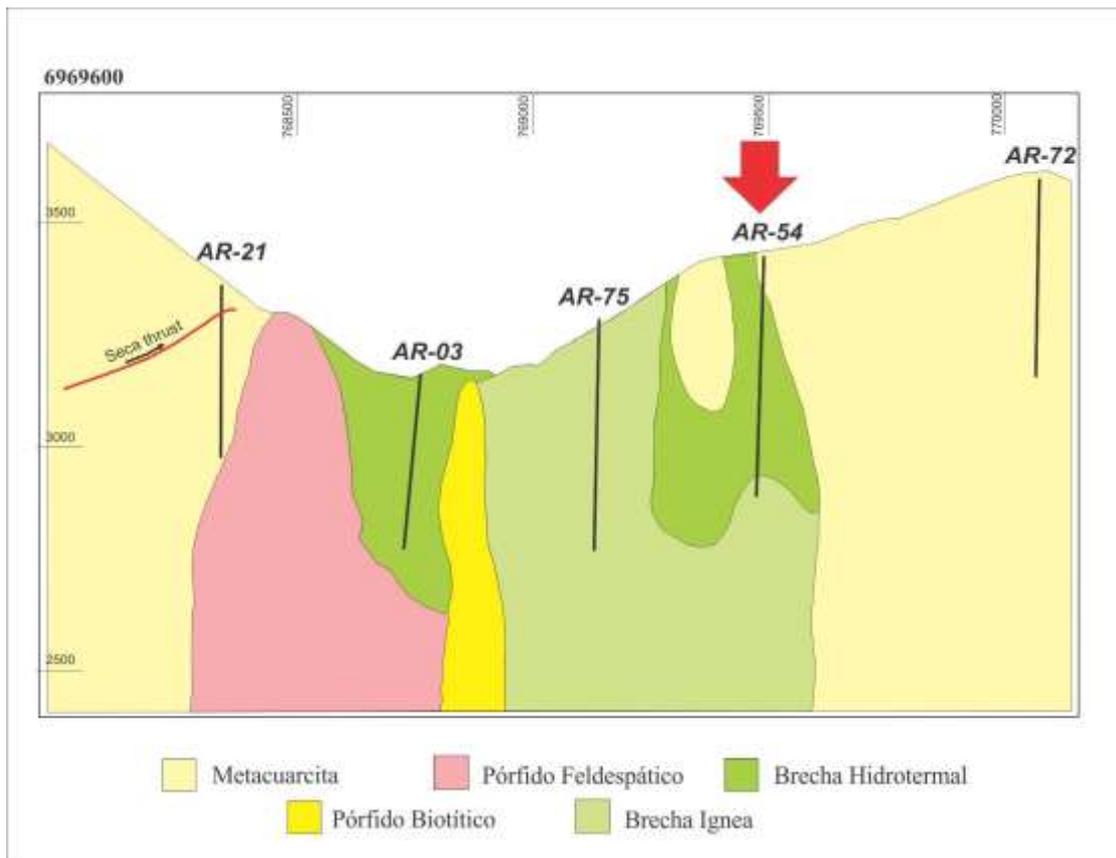


Fig 5: Geología de la sección E-O 6969600N con la ubicación de los sondeos y de las muestras analizadas.

A lo largo de esta sección se desarrollaron los pozos AR-21 de 300 metros, AR-03 de 392.1 metros, AR-75 de 504 metros, AR-54 de 535.55 metros y AR-72 de 433 metros de profundidad.

El Pozo 54 está ubicado sobre las coordenadas Norte 6.969.593,47 y Este 769.488,25, a una altura de 3.426,74 metros s.n.m. y un buzamiento -90° . Comprende un total de 535,55 metros de profundidad, desarrollado sobre metacuarcita, Brecha Monolitológica, Brecha Hidrotermal Trampeadero y Brecha Ignea.

La perforación comienza sin recuperación de muestra hasta los 10 metros. Entre los 10 y 15 metros la metacuarcita se presenta lixiviada y teñida por limonitas, a continuación se observa una fuerte fracturación que da lugar a la Brecha Monolitológica, la cual se desarrolla hasta los 89 m (Fig 6 a).

La Brecha Hidrotermal Trampeadero (Fig. 6 b), se presenta desde los 100m, hasta los 485m, de textura clasto-sostén. En zonas con fuerte silicificación.

Al llegar a los 512m, se encuentra la Brecha Ignea, de textura porfírica, la cual entre los 500m y los 535,55m de profundidad se interdigita con la Brecha Hidrotermal.

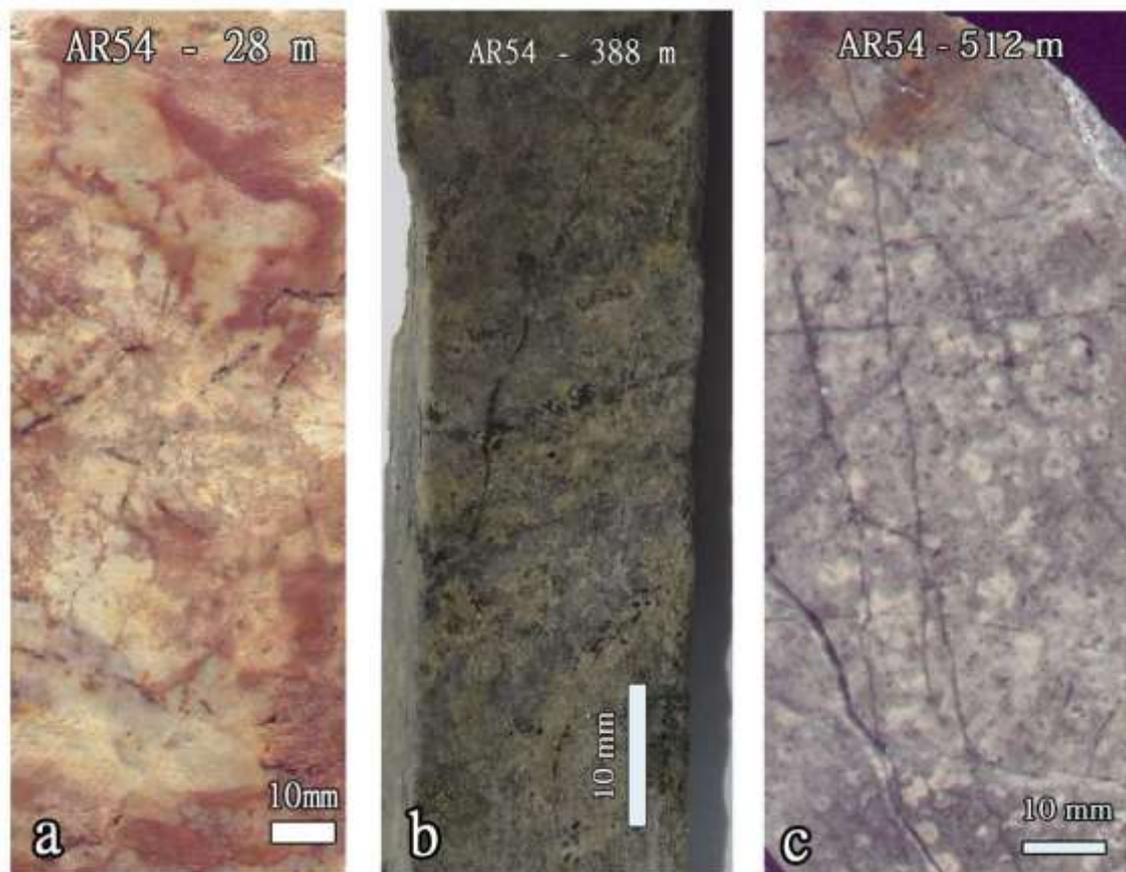


Fig 6: a) Brecha Monolitológica a los 28m. Puede verse el cemento hidrotermal teñido por limonitas, b) Brecha Hidrotermal a los 388m y c) Brecha Ignea a los 512m.

5.1 PETROGRAFÍA

La metacuarcita consiste en granos de cuarzo subredondeados a subangulosos con tamaños que varían entre 0,6 mm a 0,05mm en contactos completos y suturados, algunos con extinción ondulosa y otros con bordes de crecimiento secundario, de 0,5 a 0,1mm.

La Brecha Monolitológica está formada por fragmentos de metacuarcita, matriz clástica y cemento hidrotermal en un arreglo textural que varía de clasto sostén a matriz sostén. Los clastos son de bordes redondeados a subangulosos, pobremente seleccionados. La matriz ocupa el 20% del arreglo textural, presenta distribución irregular, consiste en granos de cuarzo tamaño arena, hasta granos muy finos, menores a 2 mm.

El cemento hidrotermal, compuesto por alunita, filosilicatos y diásporo reemplaza a la matriz u ocupa espacios intraclastos. En sectores teñido por óxidos de hierro.

La alunita y filosilicatos se presentan en cristales finos y tabulares de 0.07 mm a 0.01 mm. Alunita con tamaños de 0.09mm a 0.015mm, asociada a diásporo de 0.05mm, también rellena fracturas.

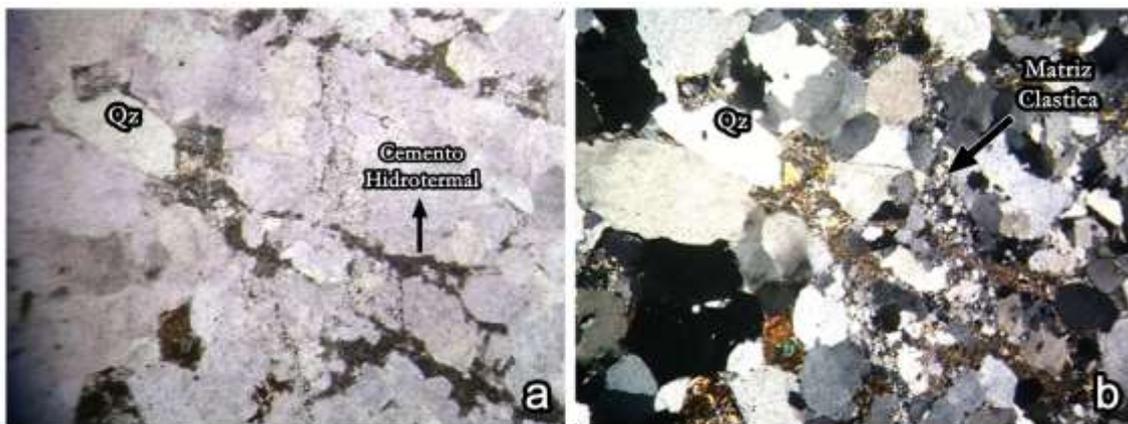


Fig 7: a) Brecha Monolitológica a nicoles paralelos, b) a nicoles cruzados cemento hidrotermal (diasporo, alunita, filosilicatos) y matriz clástica entre los granos de cuarzo. 10x0,25. Qz= Cuarzo

La Brecha Heterolitológica forma un mosaico de clastos angulosos a subangulosos, de textura clasto sostén y escasa matriz, cementada por material hidrotermal. Los clastos corresponden a fragmentos de metacuarcita, fragmentos de venillas de cuarzo y

feldespatos provenientes del pórfido, estos últimos entre los 382 m y 411 m de profundidad.

Los clastos de la metacuarcita consisten en un arreglo de granos de cuarzo de 1.55 a 0.05 mm en contactos completos, suturados y extinción ondulosa.

Fragmentos de pórfido con fenocristales de feldespato, de hábito tabular largo, con tamaños que varían de 0,4mm a 0,1mm. Se encuentra junto a filosilicatos y alunita, donde se evidencia que estos cristales están siendo reemplazados por los filosilicatos (Fig 8).

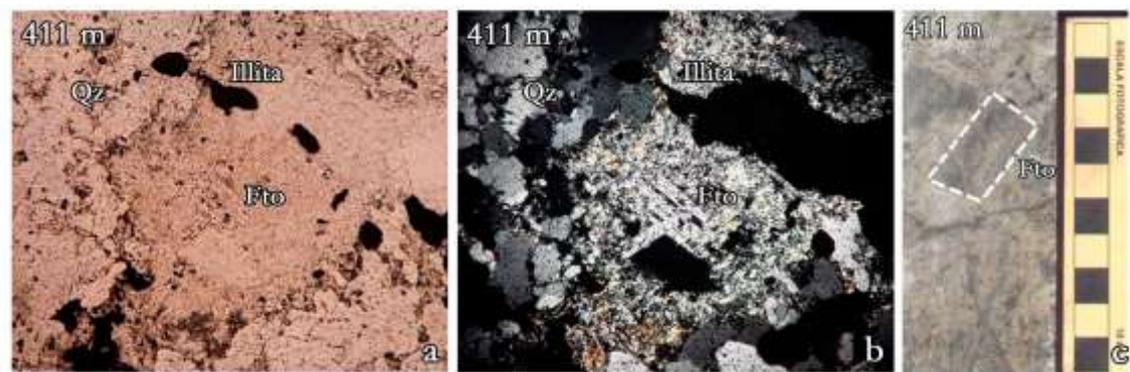
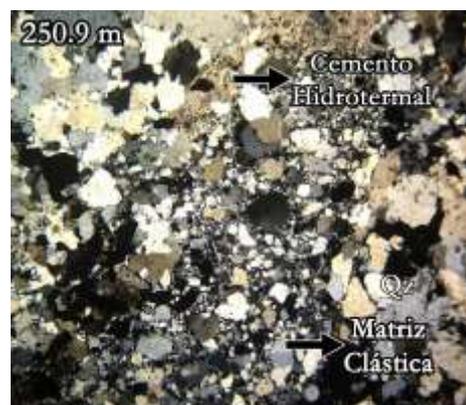


Fig. 8: Fragmentos de pórfido con cristales de feldespato reemplazados por alteración filica, a) a nicoles paralelos, 10x0,25; b) a nicoles cruzados, 10x0,25 y c) en muestra de mano (testigo). Qz = Cuarzo; Fto = feldespato

La matriz clástica es escasa, formada por granos de cuarzo de tamaño limo a arena, en su mayoría cementada por minerales hidrotermales. Rellena entre contactos de clastos de metacuarcita (Fig 9).

El cemento hidrotermal está constituido por filosilicatos (illita y pirofilita), alunita, diásporo, andalucita, zunyita y rutilos. Reemplaza a la matriz clástica, rellena microfracturas y los espacios entre los fragmentos.

Fig 9: Brecha Heterolitoliga con matriz clástica y cemento hidrotermal reemplazando e invadiendo a la matriz. nicoles cruzados, 4x0,10. Qz= Cuarzo



Al llegar a los 512m, se encuentra la Brecha Ignea, de textura porfírica, compuesta por fragmentos de pórfido con fenocristales de plagioclasa de 3mm, reemplazados pseudomórficamente por filosilicatos (Fig. 6 c), cuarzos redondeados con engolfamientos o fragmentados, minerales ferromagnesianos y fragmentos de venillas de cuarzo, en una matriz microgranular cuarzo feldespática y cemento hidrotermal. También se observa venilla de cuarzo previa dentro de grano de cuarzo (Fig 10 g).

6.1 ALTERACIÓN FÍLICA

Se forma en un amplio rango de temperatura (de 100 a 300°C) por una desestabilización del feldespato en presencia de H⁺, OH⁻, K y S para formar cuarzo, pirita y algo de calcopirita. (Palacio M y Godeas M, 2008), y principalmente sericita o minerales semejantes a la muscovita (Titley y Beane, 1981).

En AR-54 se preserva la alteración fílica penetrativa en los sectores más superficiales atravesados por el sondeo, la cual enmascara la textura de la roca original hasta los 196.5 m y luego rellena espacios intergranulares de cuarzo e invade los clastos de la metacuarcita moderadamente hasta las zonas más profundas formando parte del cemento hidrotermal (Fig. 10).

Se caracteriza por una asociación de micas incoloras (sericita/illita), cuarzo y pirita. Los filosilicatos, se presentan en agregados irregulares de láminas muy finas y hábito flabeliforme de 0,22mm a 0,1 mm de longitud formando cumulos que reemplazan selectivamente los feldespatos (Fig. 10 e), en sectores invaden masivamente a la roca; a veces asociados a rutilo de grano fino (entre 0.05 mm y 0.15mm). Según difracción realizada en el CIMA, los filosilicatos de esta alteración corresponden a Illita (Anexo I - TABLA 1)

El cuarzo, de hábito granular, subredondeados, tienen bordes crenulados y muestra extinción ondulosa, algunos cristales con crecimiento secundario. También forman venillas

Fig 10: Alteración Fílica en distintas profundidades del pozo 54 a nicoles cruzados, 4x0.10. a) illita y venilla de cuarzo+ pirita atravesando la muestra. También sectores con limonitas sobre cemento hidrotermal. b) venilla de illita+caolinita+alunita+diasporo. c) invasión de filosilicatos sobre metacuarcita. d) cemento hidrotermal, filosilicatos+alunita+diasporo cementando granos de cuarzo; e) Illita reemplazando feldespato. Qz= Cuarzo; Ill= Illita; Py= Pirita; Dsp= Diasporo; Alu= Alunita.

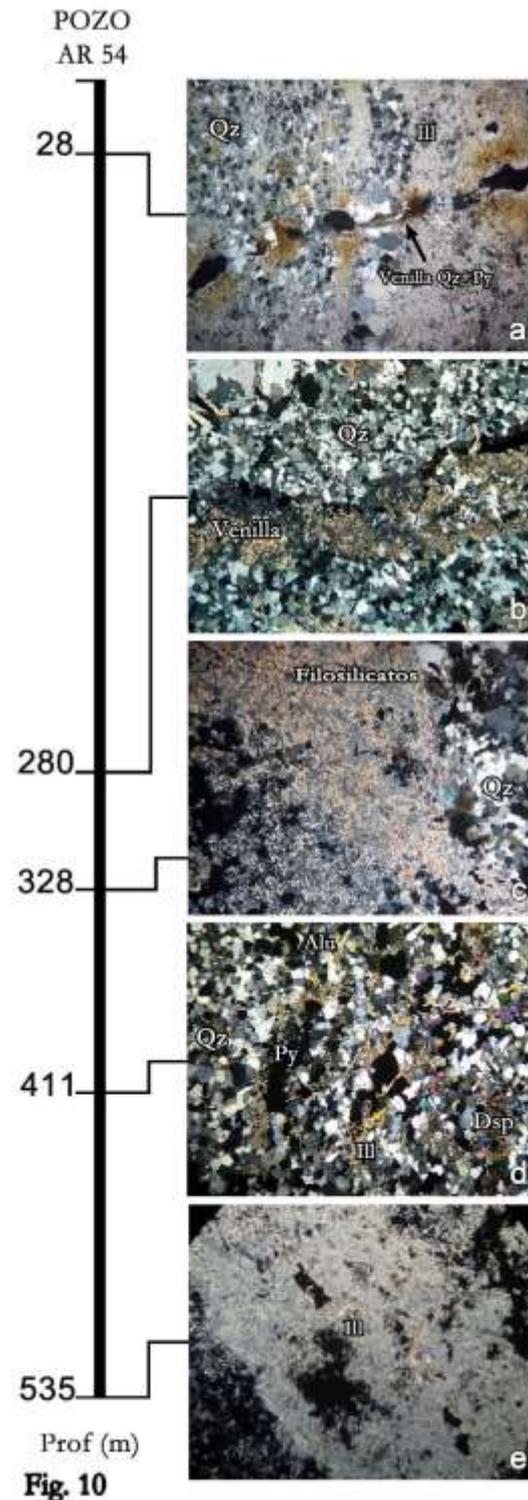


Fig. 10

similares a las tipo B (Gustafson y Hunt 1975), con granos de tamaños irregulares de 0.6 a 0.05mm en textura granular, color gris rosáceo, angulosos a subangulosos. Se presentan con paredes regulares, bien definidas, en sectores irregulares y asimétricas; algunas veces fragmentadas, con bordes irregulares, corroídos por la invasión de filosilicatos (Fig. 11). Atraviesan a las brechas con espesores de 2 a 5mm, y a veces con bandeamiento de espesores menores a 1 mm en la totalidad del pozo.

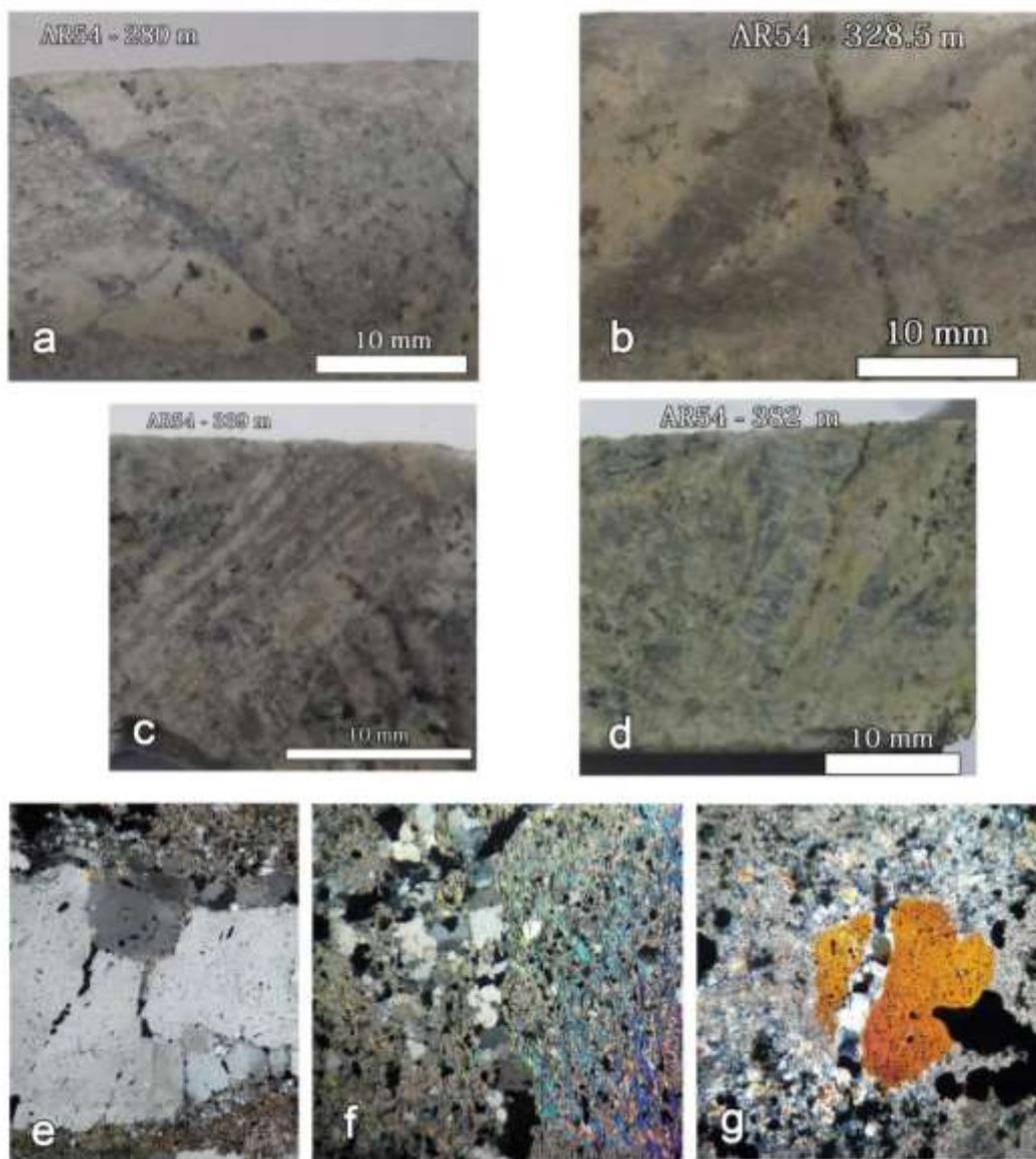


Fig 11: Venillas de cuarzo en AR 54. a) de paredes paralelas que atraviesa fragmentos de metacuarcita y cemento hidrotermal, b)paredes sinuosas c) microvenillas paralelas de cuarzo atravesando sobre cemento hidrotermal, d) venilleo de cuarzo en la brecha hidrotermal trampeadero , e) venilla de cuarzo a nicoles cruzados en contacto con cemento hidrotermal, 10x0.25, f) venilla de cuarzo sobre filosilicatos,4x0.10, g) cuarzo fragmentado por venilla, 10x0.25.

La pirita se encuentra a lo largo de todo el pozo, en cristales finos de 4.5mm a 0.01mm subhedrales diseminados junto a los filosilicatos, también formando venillas en este caso asociadas a escaso cuarzo, similares a las tipo B (Gustafson y Hunt 1975). Se presenta en bandas paralelas bien definidas, regulares y continuas, con espesores de 1.5 a 0.85 mm, formadas por granos mayoritariamente subhedrales a anhedrales, cuyos tamaños van de 3 a 0.5 mm, en contactos completos.

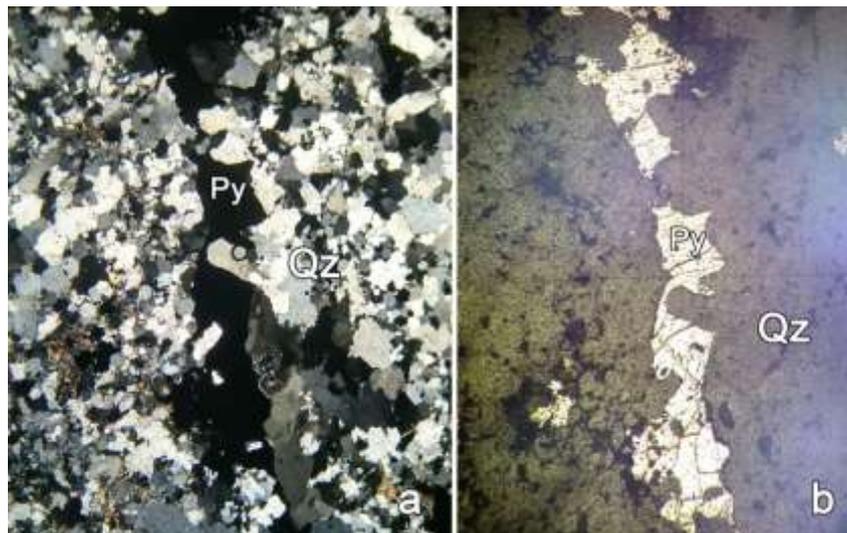


Fig 12: Venilla de pirita+cuarzo a los 156.5 m de profundidad, a) a nicoles paralelos y b) a nicoles cruzados, 4x0.10. Qz= Cuarzo; Py= Pirita

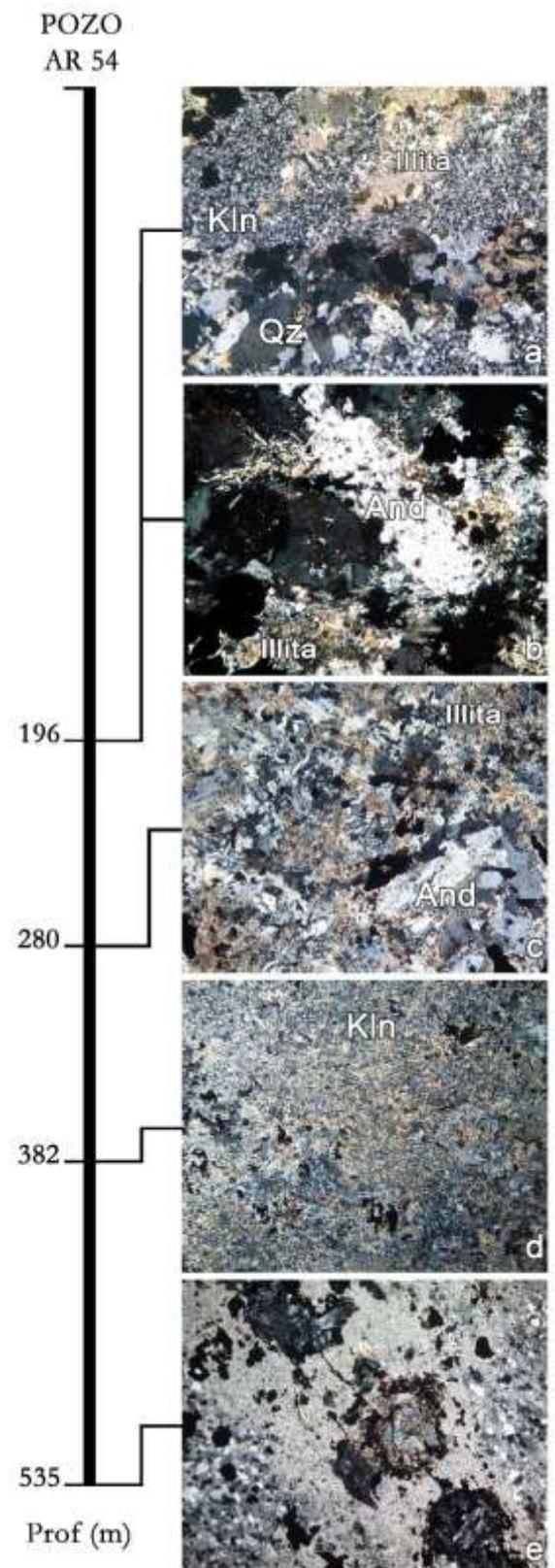
6.2 ALTERACION ARGILICA INTERMEDIA/ ALTERACION TRANSICIONAL

La Alteración Argílica intermedia se caracteriza por la formación de minerales de arcilla debido a intenso metasomatismo de H⁺ (lixiviación ácida), a temperaturas entre 100 y 300°C, típicamente por debajo de los 250°C. Se caracteriza por la formación de arcillas del grupo del caolín (caolinita, halloysita y dickita) y de la esmectitas (principalmente montmorillonita), como así también illita y clorita, ubicándose la caolinita más cerca de la zona sericítica (fílica), (Palacio M y Godeas M, 2008).

Cuando por encima de los 300°C (lixiviación básica) se produce una asociación de pirofilita, andalucita, cuarzo, topacio y pirita, con menores cantidades de minerales asociados como pueden ser de sericita, diásporo, caolinita, anhidrita, corindón, zunyita estamos en la Alteración Transicional (Pirajno F, 1992).

En algunos sistemas andalucita indica la transición entre alteración potásica y argílica avanzada, implicando formación a partir de fluidos de pH moderadamente bajo a muy bajo. (Palacio M y Godeas M, 2008).

Fig 13: Microfotografías a nicols cruzados a) 196m: caolinita invadiendo sobre filosilicatos junto a granos de cuarzo, 10x0.25; b) 196m: cristales de andalucita con bordes corroídos entre cemento hidrotermal; 40x0.65 c) 280m: cristales de andalucita rodeados de filosilicatos, 10x0.25; d) 382m: caolinita invadiendo masivamente sobre metacuarcita, 4x0.10; e) 535m: lentes de andalucita+diásporo+rutilo+pirita y escasa covelina junto a cemento hidrotermal, 4x0.10. Kln= Caolinita; Qz= Cuarzo; And= Andalucita.



La alteración argílica intermedia se presenta desde los 175 m hasta los 339 m de profundidad con una asociación de caolinita, junto a alunita de grano fino y filosilicatos. La caolinita se presenta en cristales finos y escamosos con hábito plumoso. Forma cumulos e invade los filosilicatos y granos de metacuarcita, asociada a alunita+filosilicatos forman parte del cemento hidrotermal. (Fig. 13, a-d)

A partir de los 175m y hasta los 535m se manifiesta la alteración transicional mediante la aparición de andalucita, la cual se presenta:

- 1) En agregados de cristales prismáticos largos y cortos, con bordes corroídos (Fig 13, b), o como en los 535, anhedrales fracturados, miden entre 1.25mm y 0.15mm.
- 2) En cumulos de 0.16mm de diámetro, con cristales de 0.12mm, 0.3mm hasta 0.08mm, rodeados de mica incolora, identificada mediante microanálisis como silicato de aluminio (*Franchini y otros 2009*). (Fig 13, c)
- 3) Formando clusters lentiformes asociada a diásporo, rutilo, pirita y escasa covelina (Fig 13, e).

Estas asociaciones descritas, también relacionadas con los minerales de la alteración argílica intermedia invaden reemplazando la alteración filica previa.

6.3 ALTERACIÓN ARGÍLICA AVANZADA

Representa la forma extrema de una lixiviación en la que las rocas han sido despojadas de sus elementos alcalinos por fluidos activos muy ácidos en ambientes con una alta relación fluido/roca, con destrucción completa de feldespatos y minerales máficos. Se caracteriza por la presencia de alunita, dickita, caolinita, baritina, diasporo y pirofilita (dependiendo de la temperatura), con menor cantidad de cuarzo, sericita, rutilo, corindón, zunyita, topacio, dumortierita y turmalina.

Esta alteración se encuentra en la parte superior de sistemas de pórfidos cupríferos, en las zonas internas de vetas hidrotermales de metales de base y preciosos, y típicamente en los sistemas epitermales de alta sulfuración (Palacio M y Godeas M, 2008).

En AR-54 la Alteración Argílica Avanzada (AAA) está presente a lo largo de todo el pozo. Tal como refieren Franchini y otros (2011), es principalmente parte del cemento hidrotermal de las brechas monolitológica y heterolitológica, también distribuida en forma de parches, siempre superpuesta a la alteración fílica previa.

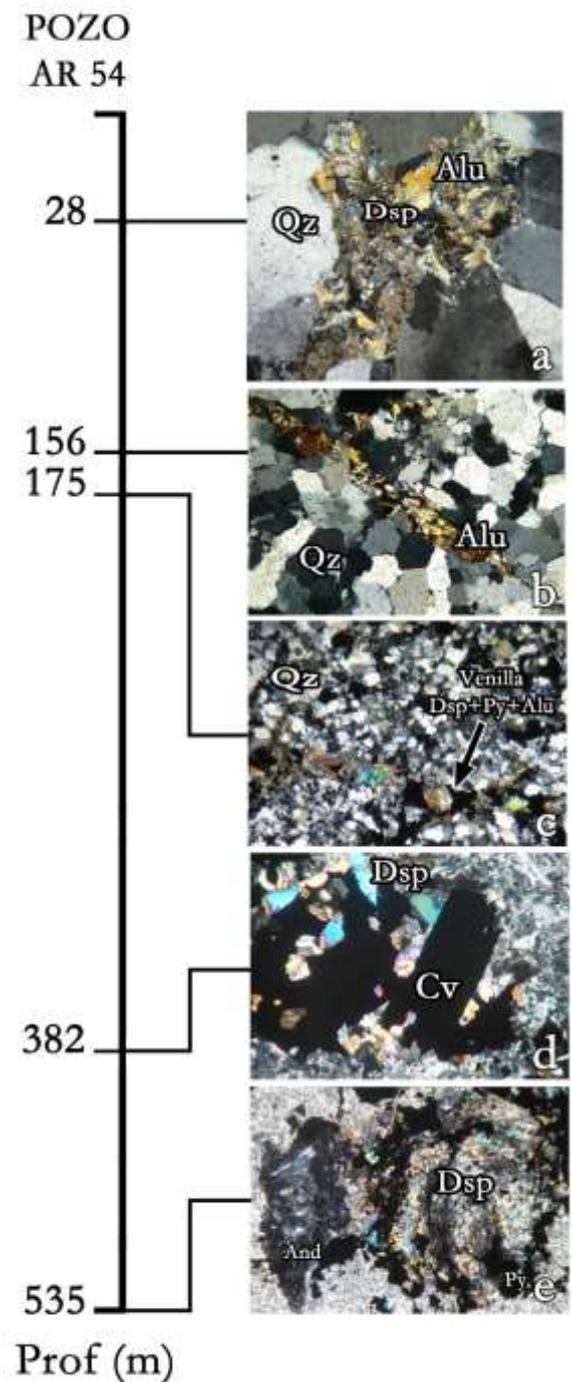


Fig. 14

Fig 14: Microfotografías a nicoles cruzados a) alunita+ filossilicatos+ diasporo rellenan entre granos de cuarzo, 40x0.65 ; b) venilla de alunita entra granos de cuarzo, 10x0.25 c) venilla de pirita diasporo y alunita atravesando metacuarcita, 4x0.10; d) venilla de covelina + diasporo + alunita + filossilicatos+ rutilo sobre metacuarcita, 10x0.25, e) lentes de filossilicatos+ alunita+ diásporo+rutilo + pirita + calcopirita, 10x0.25. Alu= Alunita; Dsp= Diasporo; Qz= Cuarzo; Py= Pirita; Cv= Covelina; And= Andalucita.

Está integrada por una asociación de: filosilicatos (pirofilita), alunita, diásporo, rutilo, y escasa zunyita.

Es incipiente a los 28 m sobre la brecha monolitológica donde los minerales de alteración rellenan entre granos de cuarzo y en sectores afectan la textura original de la metacuarcita (Fig 14 a).

Hacia los 156,5m, en la brecha heterolitológica evoluciona a moderada en una asociación de: filosilicatos+diasporo+alunita+zunyita+rutilo (Fig 19), en arreglos parchiformes junto a la alteración previa como parte del cemento hidrotermal donde bordean los granos de cuarzo, forman venillas (Fig. 14 b-c) y en sectores cubren pervasivamente a la metacuarcita; a los 339m pirofilita+alunita rellenan espacios entre fragmentos de cuarzo formando cumulos; a los 382m la asociación filosilicatos+alunita+diasporo+ rutilo +covelina (fig 14 d) forma venillas de 10mm de espesor continuo similares a las tipo D (Gustafson y Hunt 1975) que atraviesan la metacuarcita . Estas venillas consisten en bandas de cuarzo piritita y filosilicatos rodeadas de un halo bien definido entre 2mm y 5 mm de espesor, de filosilicatos con menores cantidades de cuarzo y piritita (Fig 15). La piritita es el eje central de la venilla, se encuentra en contacto completo con cuarzo granular y con filosilicatos, presenta un borde sinuoso e irregular en el contacto con la metacuarcita.



Fig. 15: 250,9m: Venilla D atraviesa a metacuarcita

A partir de los 382m, se presenta asociación de filosilicatos+alunita+diásporo+rutilo sumándose únicamente a los 411m zunyita.

Desde los 500m y hasta los 535 m de profundidad la AAA atraviesa a la Brecha Ignea con una asociación de filosilicatos+ alunita+ diásporo+ andalucita +caolinita+ rutilo (Fig. 14 e), donde rellena espacios intergranulares de cuarzo e invade algunos sectores completamente.

Los **filosilicatos** son los componentes más abundantes de la alteración. Se presentan mayoritariamente de grano muy fino, de hábitos plumoso, acicular o tabular, y también en agregados escamosos entrelazados. Miden entre 0.2 mm y 0.01mm, bordean y rellenan microfracturas en los clastos de la metacuarcita, cubriéndolos a veces pervasivamente (Fig 16).

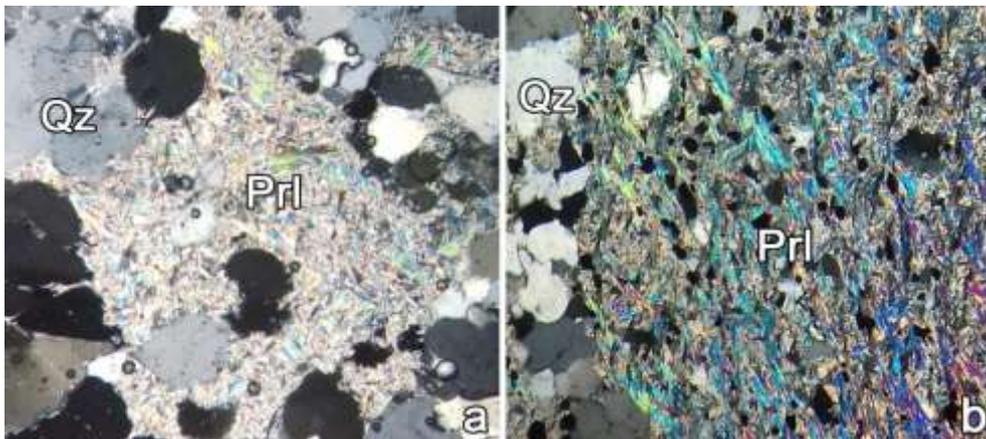


Fig 16: Filosilicatos de AAA a nicoles cruzados. a) 328m pirofilita entre granos de cuarzo, 40 x 0.65, b) 431 m, pirofilita de hábito plumoso y acicular, 10 x 0.25. Qz=Cuarzo; Prl= Pirofilita.

La **Alunita** presenta hábito granular fino y prismático con tamaños que varían entre 0.4mm y 0.02mm (Fig 17). Forma venillas, cumulos o rellena espacios intergranulares de cuarzo. En sectores teñida por óxidos de hierro.

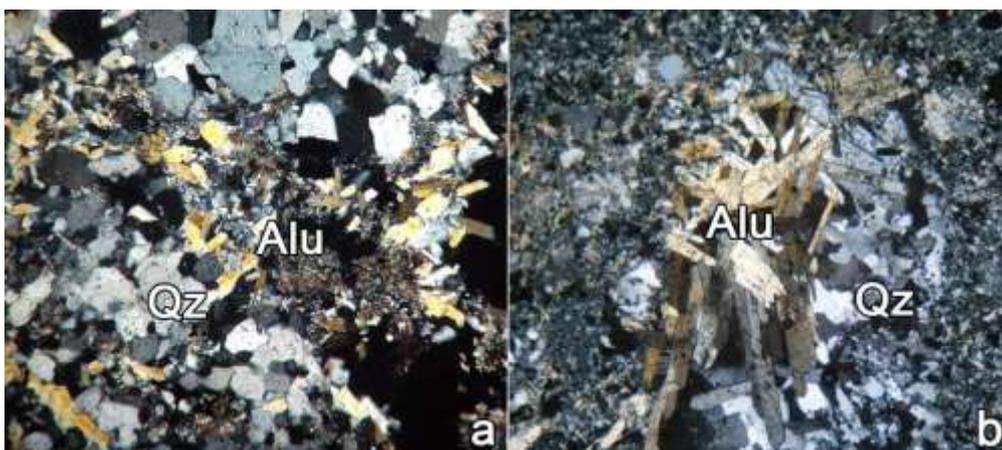


Fig 17: Alunita a nicoles cruzados. a) A los 156,5 m, 4x0.10; b) Cluster de alunite, 10x0.25. Qz= cuarzo; Alu= Alunita

El **Diasporo** de hábito granular y tabular con tamaños que varían desde 0.1mm a 0,06 mm (fig 18). Situado entre granos de cuarzo, forma cumulos y también venillas. Con frecuencia teñidos por óxidos de hierro. en la zona de lixiviación (28m).

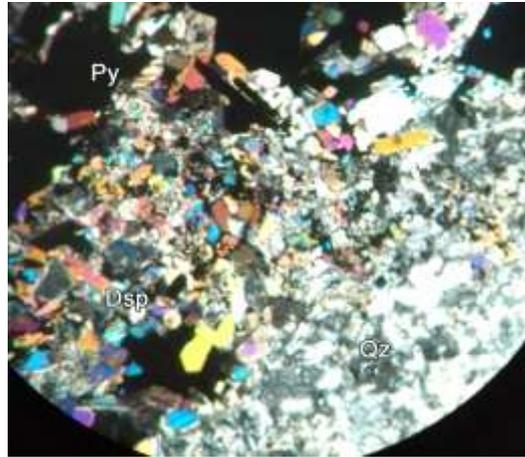


Fig 18: 485m, cumulato de diasporo en la metacuarcita. 4x0.10. Dsp= Diasporo; Qz= Cuarzo; Py= Pirita

Zunyita es abundante entre los 156.5m, 196.5m y 411m. Se presenta en cristales euhedrales triangulares y cúbicos, con tamaños de 2.5mm a 0.2mm. Forma cumulos, asociada a filosilicatos, diásporo y pirita+covelina (Fig 19). En los 411m de profundidad desarrolla fenocristales de 3.7mm.

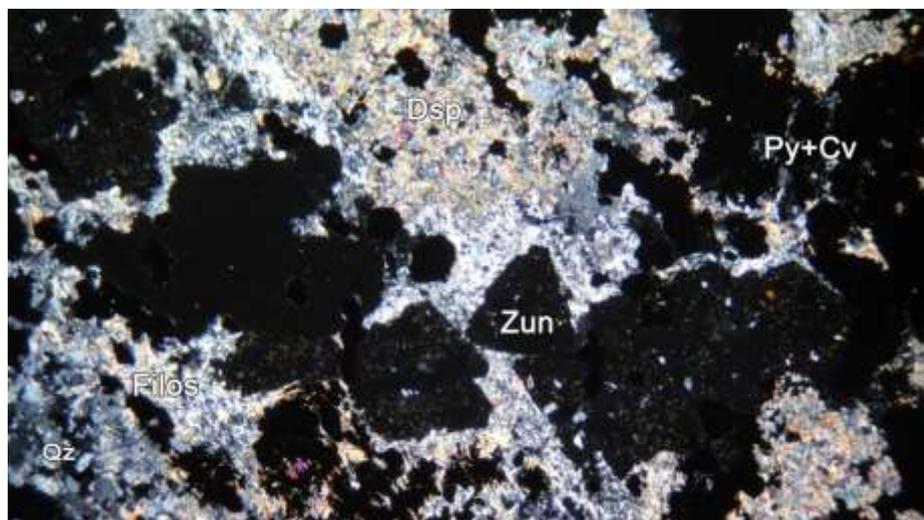


Fig 19: 156.5 m Cluster de Zunyita , diasporo, filosilicatos, pirita y covelina. Nicoles cruzados 10x0.25.

Zun= Zunyita, Filos= Filosilicatos; Qz= cuarzo, Dsp= Diasporo; Py= Pirita; Cv= Covelina

Rutilo escaso hasta los 196,5mts, se presenta con hábito prismático corto, con tamaños que varían de 0.24 a 0.005mm diseminados a lo largo de todo el perfil. También forma grupos de tamaño variado entre 0.08 a 0.01mm (Fig 20).

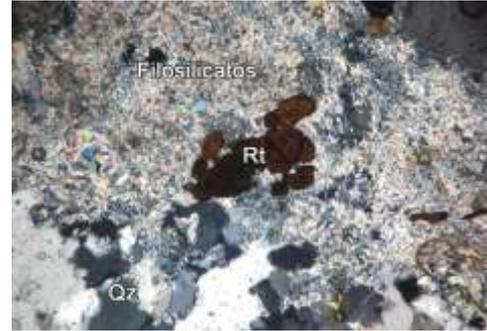


Fig 20: 328 m, cumulado de rutilos sobre filosilicatos. Rt= Rutilo; Qz= Cuarzo.

Como minerales accesorios hay jarosita de 0.9 mm diseminada a los 156,5 m (Fig.21) y epidoto entre los 412-414 m.



Fig 21: 156,5 m jarosita entre granos de cuazo y pirita.

6. 4 ENRIQUECIMIENTO SUPERGÉNICO

La lixiviación supergénica y enriquecimiento supergénico se observa en los primeros metros de la perforación, a partir de los 28m hasta los 175m de profundidad . En los primeros 40m aparece jarosita + goethita ; jarosita a los 156.5m y otras limonitas que tiñen con frecuencia a los minerales del cemento hidrotermal (alunita, diasporo y filosilicatos) (Fig. 6 a – Fig. 22).

Hacia la zona central del pozo, a los 175 y 388m digenita reemplaza a covelina en el cemento hidrotermal (Fig. 21), también otros cristales diseminados, en contacto con enargita.

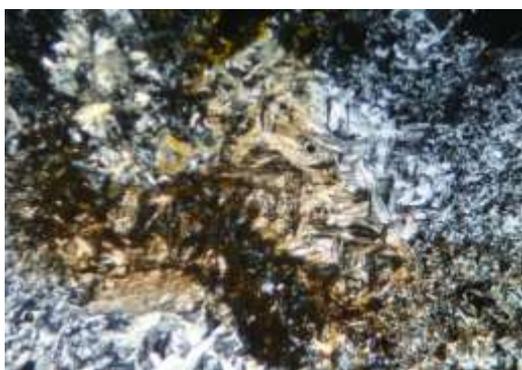


Fig 22: Filosilicatos de hábito flabeliforme teñidos por óxidos de hierro a los 28 m de profundidad.

7. MINERALIZACIÓN

En Agua Rica ocurrieron tres eventos mineralizadores sucesivos en el tiempo, los cuales son (Northen Orion, 2004):

- 1) **Mineralización temprana de tipo pórfido**, asociada a los pórfidos Seca Norte y Trampeadero: compuesta por pirita, molibdenita, calcopirita, con menores cantidades de bornita y pirrotita.

- 2) **Mineralización metálica asociada al proceso epitermal**, la cual siguió al estadio pórfido y aparece localizada principalmente en las brechas hidrotermales, en el pórfido Trampeadero y en menor grado en la brecha ígnea. Esta mineralización consiste en una asociación de pirita, covelina, enargita, esfalerita y galena, principalmente en venillas y rellenando cavidades en las brechas.

- 3) **Mineralización asociada al proceso de lixiviación y posterior enriquecimiento supergénico** de la calcopirita y covelina hipogénica por calcosina y covelina secundaria y supérgenas. (Northen Orion, 2004)

Como el pozo AR 54 se desarrolla principalmente sobre las brechas hidrotermales, las mineralizaciones halladas y descritas corresponden al proceso epitermal y de lixiviación con enriquecimiento supergénico. En ese espacio los sulfuros predominantes son: pirita ± covelina ± calcopirita, con menores cantidades de molibdenita, digenita y enargita, forman parte del cemento hidrotermal.

Cristales de pirita y calcopirita se presentan en granos subhedrales (pirita) y anhedrales (calcopirita) de 4.5mm a 0.01mm diseminados, en arreglos tipo atolón y en venillas que atraviesan los clastos de la metacuarcita (Fig. 23).

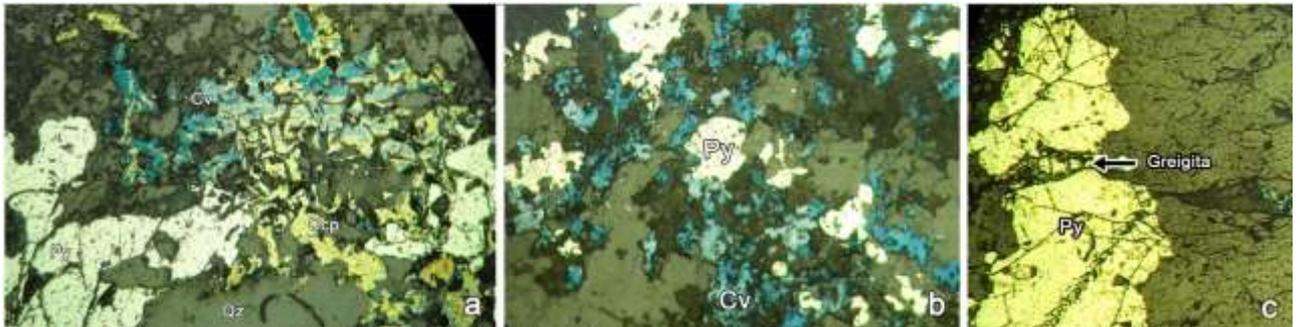


Fig 23:a) Fragmento de venilla de pirita+calcopirita+covelina; b) pirita y covelina diseminada; c) venilla de pirita; greigita atravesando a pirita. 10x0.25. Py= pirita, Cv= covelina, Ccp= calcopirita, Qz= cuarzo.

Las venillas de **pirita** son muy frecuentes en la totalidad de AR54 (Fig.11 - fig 23 c). Se presentan en bandas paralelas bien definidas y continuas, con espesores de 1.5 a 0.85 mm, formadas por granos mayoritariamente subhedrales a anhedrales, cuyos tamaños van de 3 a 0.5 mm, en contactos completos.

Las venillas de pirita se presentan en 2 modalidades:

- 1) Venillas paralelas, **regulares**, de 1.3 mm a 0.85 mm de espesor, visibles en los 328 m, 339 m y 431 m de profundidad atravesando la brecha, a veces acompañada de cuarzo. A los 339 m se observan venillas finas formadas por pirita, cuarzo y alunita de 3mm a 0.2 mm de espesor con paredes paralelas que atraviesan sobre metacuarcita (339 m).
- 2) Venillas paralelas **irregulares**, continuas y sinuosas con espesores que varían de 1.5 mm a 0,25 mm en las zonas más profundas (Fig 12 – 23 a). Aunque excepcionalmente a los 535 m la venilla alcanza 3 mm de espesor. Está compuesta por asociaciones de sulfuros: pirita + calcopirita y pirita + calcopirita + enargita. Junto a estas venillas covelina reemplaza a calcopirita.

En la totalidad del pozo la pirita + covelina se encuentran asociadas y en equilibrio con filosilicatos como parte del cemento hidrotermal (Fig 23 b), en ciertas zonas (156,5m y

175m) acompañadas por pirita de segunda generación (posiblemente marcasita) formando una textura de contactos de carie con pirita euedral (Fig.24). También greigita de grano muy fino desarrollada sobre y entre microfracturas de pirita y entre granos de cuarzo (Fig.23 c), y enargita diseminada de grano fino, en tamaños que varían de 0.045mm a 0.03mm (Fig 24 - 26).



Fig 24: Granos de pirita de primera generación rodeados por otra de segunda generación y enargita, 40x0,65.

La covelina se presenta a lo largo de todo el pozo en cristales tabulares y anhedrales con tamaños que varían de 0.7mm a 0.04mm; en granos diseminados (Fig. 25 a); formando cumulosos junto a minerales de la AAA; en microvenillas con granos de 0.18mm a 0.15mm y realizando reemplazos (Fig. 25 c). A los 196,5m, 412m y 535 m es escasa. En sectores se observa covelina supergénica reemplazando a enargita, desarrollando cristales que alcanzan los 3 mm de longitud (Fig. 25 b).

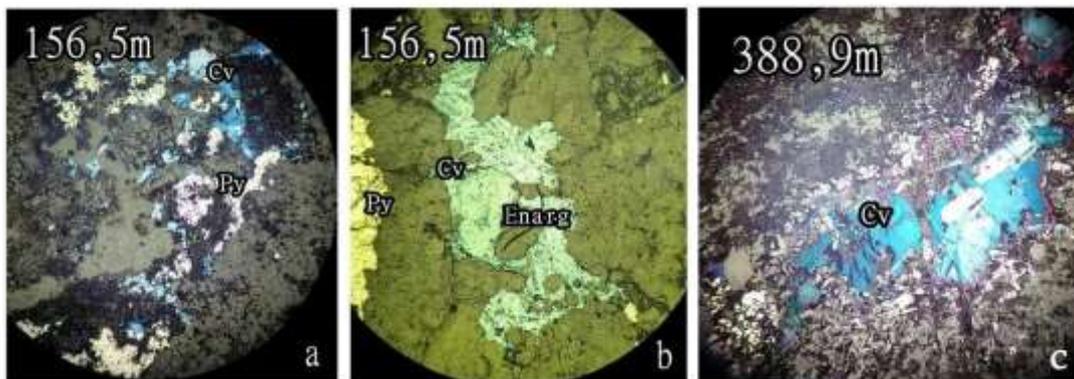


Fig 25: Covelina en AR54 a) 156,5m Cv+Py en granos anhedrales relleno entre metacuarcita, b) covelina supergénica reemplazando a enargita, c) Venilla de covelina en cristales tabulares de 1.5mm, 10x0.25.

La molibdenita se presenta en granos, en hojuelas y laminares con tamaños de 0.16 a 0.08mm diseminada a lo largo del pozo (156m, 328 m, 388.9 m, 411 m y 512 m), asociada a piritita y covelina.

La digenita anhedral es abundante, se presenta a los 175 m en contacto con enargita como parte del cemento hidrotermal, y a los 388,9 m formando pequeños cumulosos junto a minerales de diásporo, alunita, filosilicatos, rutilo, piritita, covelina, y molibdenita invadiendo entre granos de cuarzo.(Fig 26).

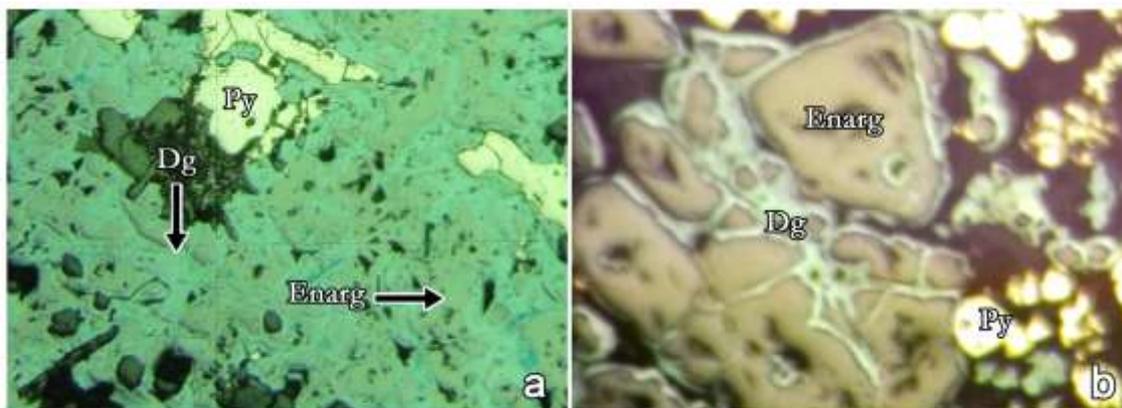


Fig 26 : 175m Digenita reemplazando enargita, a nicoles cruzados, a)10x0.25 y b) Detalle en 8x0.2

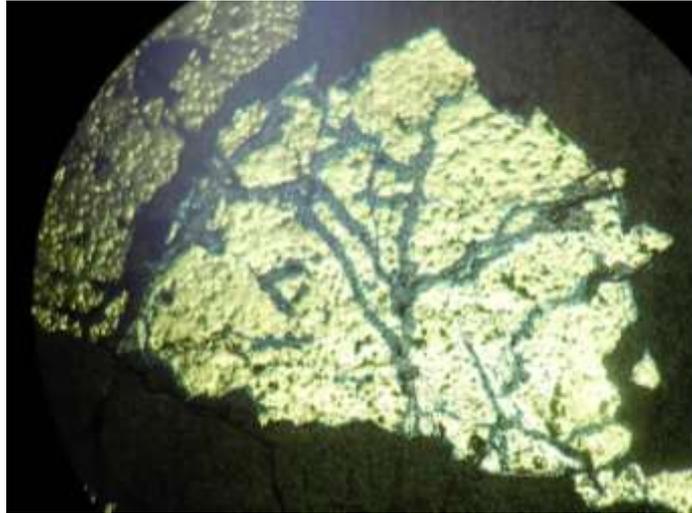


Fig 27: Venilla de covelina en pirita reemplazada por digenita. 10x0.25.

EVOLUCION DE LA MINERALIZACION RESPECTO DE LA GEOQUIMICA

La información geoquímica obtenida (Tabla 3) permite relacionar las concentraciones de Cu, As, Mo y Fe con los minerales descriptos, cuya evolución puede observarse en el gráfico 1.

Geoquímica AR-54							Minerales
Muestra	Pozo	Prof.	ppmCu	ppmMo	ppmAs	percentFe	
AR-54/011	AR-54	28	156	635	282	1	Py
AR-54/075	AR-54	156	6674	1163	97	5,4	Py, Cv, Ccp, Mo, Enarg
AR-54/084	AR-54	174	26533	1523	59	4,5	Py, Cv, Greigita, Dg, Enarg
AR-54/095	AR-54	196	8885	1315	96	5	Py, Cv, Enarg
AR-54/122	AR-54	250	11166	1026	136	6,1	Py, Cv
AR-54/137	AR-54	280	4789	1216	33	5	Py, Cv
AR-54/161	AR-54	328	4024	18000	9	3,1	Py, Cv, Mo
AR-54/166	AR-54	338	7347	1529	9	4,7	Py, Cv
AR-54/191	AR-54	388	10442	898	9	5,2	Py, Cv, Dg, Mo
AR-54/202	AR-54	410	3483	1723	9	4,1	Py, Cv, Mo, Enarg
AR-54/203	AR-54	412	4587	1935	9	5	Py, Cv
AR-54/204	AR-54	414	3274	2106	9	5,9	Py, Cv
AR-54/212	AR-54	430	1000	486	22	7	Py, Cv, Ccp
AR-54/239	AR-54	484	2216	1926	9	5,1	Py, Cv, Ccp
AR-54/253	AR-54	512	3466	737	9	3,5	Py, Cv, Ccp, Mo
AR-54/264	AR-54	534	1255	824	9	5,7	Py, Cv, Mo, Enarg

Tabla 3: Geoquímica y minerales relacionados presente por profundidad en AR-54.

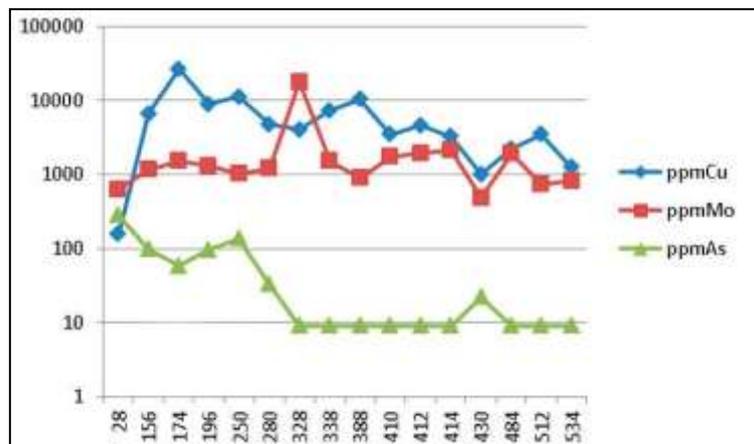


Gráfico 1: Contenido de ppm de elementos metálicos en AR-54

El pico más alto de concentración de Cobre (Cu) se encuentra a los 175m de profundidad con 26.533ppm coincidentes con la presencia de covelina, digenita y enargita. Luego varía entre 1.000ppm y 8.885ppm a lo largo del pozo debido a la presencia constante de covelina. Las menores concentraciones se ven a los 28m (156ppm) (ver Gráfico 1).

El Arsénico se encuentra en concentraciones bajas, entre 282ppm y 9ppm, ubicándose entre los 28 y los 156 m coincidente con la presencia de Enargita.

El Molibdeno (Mo) alcanza su máxima concentración a los 328m de profundidad con 18.000ppm coincidiendo con la mayor distribución de molibdenita.

La concentración del Hierro expresada en porcentaje a lo largo de todo el sondeo oscila entre 1 y 7 %, valores que se ven reflejados en la presencia constante de pirita y calcopirita. La mayor concentración, 7% se observa a los 430m y la menor concentración 1% a los 28m.

En **Anexo II** puede verse la gráfica con contenido de Metales en cada profundidad.

8. CONCLUSIÓN

En el estudio del pozo AR 54 se logra identificar la evolución de la alteración hidrotermal y mineralización que afectó a las 3 litologías atravesadas por el sondeo.

La etapa más temprana es la alteración fílica la cual se preserva principalmente en la brecha heterolitológica de manera moderada, conserva venillas de cuarzo+pirita acompañada de calcopirita, evolucionando de manera penetrativa hacia la brecha monolitológica, en una asociación de illita, cuarzo y pirita, como parte del cemento hidrotermal.

Una etapa intermedia se superpone a la alteración anterior en las brechas hidrotermal e ígnea con el desarrollo de la Alteración Transicional a través de la formación de andalucita en asociación con illita, pirofilita, alunita y diasporo.

La alteración argílica avanzada progresa en las brechas hidrotermal e ígnea, desde la zona más profunda hasta los 156,5m superponiéndose a las alteraciones previas con una asociación de pirofilita+ diásporo+ alunita+ zunyita+ rutilo y pirita de segunda generación (posiblemente marcasita). El desarrollo de esta alteración es moderado en las brechas heterolitológicas e incipiente en la brecha monolitológica.

La mineralización del proceso epitermal se caracteriza principalmente por pirita + covelina + enargita y molibdenita como parte del cemento hidrotermal en las brechas hidrotermales. Aquí se observa una segunda generación de pirita correspondiente a este estadio.

La mineralización asociada al proceso de lixiviación y posterior enriquecimiento supergénico se encuentra hasta la zona intermedia del pozo, caracterizada por la digenita y covelina supergénica como parte del cemento hidrotermal.

ANEXO I

LA DIFRACTOMETRIA DE RX DE POZO AR 54

La difracción de RX del pozo AR 54 obtenida en el Centro de Investigaciones en Minerales Arcillosos de la UNComa, confirma la presencia de Illita y pirofilita a lo largo del sondeo, siendo Illita parte de la alteración fílica y pirofilita como parte de la AAA (ver Tabla 1).

RX POZO AR - 54		
AR54- 28 m	Qtz(76%), arcilla(20%), feldespato (4%), alunita, pirita	-illita, pirofilita (t)
AR54- 156.5m	Qtz(63%), arcilla(34%), alunita, feldespato (3%), pirita	-illita, pirofilita (t)
AR54- 196.5m	Qtz(88%), arcilla(10%), alunita, feldespato (1%), pirita	-illita
AR54- 280 m		-illita, pirofilita
AR54- 339 m		-illita, pirofilita
AR54- 382 m		
AR54 - 411m	SOLO EL TOTAL	
AR54- 431,8 m	SOLO EL TOTAL	
AR54- 485.85m	SOLO EL TOTAL	
AR54- 512m	SOLO EL TOTAL	
AR54- 533 m	SOLO EL TOTAL	

Tabla 1: Resultados de Difracción de rayos X obtenido en CIMA de la UNComa.

ANEXO II

