



# **Memoria Explicativa de la Geología del Cuadrángulo de Moquegua (35-u)**

**Por**

**William Martínez y Andrés Zuloaga**

## **INTRODUCCION**

La hoja Moquegua, se encuentra ubicada en la región sur del Perú, entre las coordenadas 70°30' a 71°00' de longitud oeste y 17°00' a 17°30' de latitud sur. Políticamente pertenece a la provincia de Mariscal Nieto del departamento de Moquegua.

Geológicamente presenta una complejidad estructural y volcánica, la que ha sido cartografiada con mayor detalle de acuerdo con los avances y conocimientos actuales de estratigrafía volcánica y tectónica regional. Las unidades más antiguas abarcan desde el Jurásico superior (Formación Guaneros), Cretácico - Paleógeno (Grupo Toquepala), Paleógeno (Formaciones Sotillo, Moquegua), Neógeno (Formaciones Huaylillas, Capillune, Millo y Grupo Barroso). La hoja está dividida en dos dominios estructurales; un dominio Occidental (Cuenca Moquegua), compuesta por una depresión con relleno sedimentario continental, y un dominio Oriental, caracterizado por varias secuencias volcanoclásticas e intrusivos menores. Estos dos dominios son controlados por el sistema de fallas de Incapuquio, cuyas características transcurrentes (componente sinistral), han originado fallas secundarias transversales (NE-SO), y que albergan las mineralizaciones de Toquepala, Cuajone, y Quellaveco.

## **ANTECEDENTES**

De acuerdo con lo establecido en el programa de Revisión de la geología en los cuadrángulos de la Franja 1 ubicada entre los paralelos 16.º00' -18º30' se presenta esta nueva versión del Mapa Geológico de Moquegua (35-u) a escala 1:100,000 con mayor detalle que la primera versión editada en el año 1979, donde se destacan las unidades sedimentarias y volcánicas así como los rasgos estructurales y ocurrencias minerales.

## **METODOLOGIA**

En la preparación de esta nueva versión se efectuaron los siguientes trabajos:  
-Revisión de documentación geológica durante los últimos 40 años.

- Interpretación de imágenes de satélite y reinterpretación de aerofotografías
- cartografiado de campo a escala 1:50,00.
- Análisis de laboratorio
- trabajos de gabinete final

## **GEOLOGIA DEL AREA**

### **ESTRATIGRAFIA**

La estratigrafía del área comprende unidades que van desde el Jurásico inferior hasta el reciente, En mas del 50% del área total las secuencias son volcanoclásticas siendo además las mas extensas (Formación Guaneros, Grupo Toquepala, formaciones Huaylillas, Capillune y Grupo Barroso). Los rasgos estructurales mas resaltantes corresponden a los sistemas de Fallas de Incapuquio, Micalaco y Quellaveco cuyas cizallas transversales albergan a los pórfidos cupríferos de Cuajone, Quellaveco y Toquepala. El Grupo Toquepala ha sido mejorado y dividido en las formaciones Huaracane, Inogoya, Paralaque y Quellaveco, las formaciones Huaracane y Quellaveco han sido subdivididas en otras unidades volcánicas cuyas características, morfológicas e interpretativas son resaltantes. La Formación Moquegua ha sido redefinida y diferenciada como formaciones Sotillo (antes Moquegua inferior) y Moquegua (antes Moquegua superior). La Formación Millo ha remplazado a secuencias cuaternarias y el Grupo Barroso ha sido subdividido de acuerdo a sus rasgos litomorfoestructurales A continuación se describen las unidades estratigráficas.

### **JURASICO SUPERIOR**

#### **FORMACION GUANEROS > 300 m. (Js-gu\_s)**

Los niveles superiores lo conforman lavas coherentes, porfiríticas con cristales de plagioclasas aciculares encerradas en una pasta afanítica oscura. Los afloramiento tienen tonalidades oscuras, no presentan estratificación evidente, infrayace disconforme a tobas rosadas asignadas al Grupo Toquepala ( Hoja de Clesesi). Se correlaciona lateralmente con parte de las formaciones Cachios y Labra del Grupo Yura.. Afloran en las cercanías de la ciudad de Moquegua (Cerro Trapiche, Aeropuerto Alto de Villa y Chimba)

### **CRETÁCICO SUPERIOR**

#### **FORMACIÓN MATALAQUE (Ki-ma)**

Aflora restringidamente al norte del poblado de Ilabaya, infrayaciendo a tobas soldadas de la Formación Paralaque e intruida por dioritas de la superunidad Yarabamba, consiste de rocas volcánicas gris oscuras afaníticas, de composición andesítica-basáltica, moderadamente estratificada, formando farallones en la Qda. Calumbraya, siendo afectada por el sistema de fallas Incapuquio. En el área tiene un grosor máximo de 250

m. Su edad esta asignada al Cretácico superior en base a dataciones radiométricas tomadas cerca de Qunistaquillas : 75 Ma (inédito Sánchez & Martínez 2002).

## **CETRACICO - PALEOGENO**

### **GRUPO TOQUEPALA (Bellido y Guevara, 1963)**

Agrupada a un conjunto de cuatro formaciones volcánicas y sedimentarias que afloran ampliamente en la región de estudio habiendo sido subdivididas en las siguientes unidades (miembros):.

#### **FORMACION HUARACANE > 1000 m. (Ks-hu)**

Conocida anteriormente como Formación Toquepala (Bellido y Landa, 1965), En el presente trabajo se le ha dividido en un conjunto de siete unidades volcanoclásticas, estudiadas a lo largo del curso inferior del río Torata:

**MIEMBRO 01 - 300 m. (Ks-hu/tb+lt)** ; Toba - lapilli, bien soldada, presencia de líticos volcánicos grises porfiríticos sin estratificación notoria. Su base es desconocida y se presume sobreyace sobre tobas rosadas que afloran en el sector oriental de la hoja de Clemesi, infrayace a tobas estratificadas (miembro 02). Afloran en la boca de los ríos Huaracane y Torata.

**MIEMBRO 02 - 100 m. (Ks-hu/tbl+eu)**; Tobas soldadas bien estratificadas con textura eutaxítica, lamelas de biotita alteradas, se intercalan secuencias de toba - lapilli grises siendo intruido por cuerpos subvolcánicos oscuros vitrófiros de composición riolítica. Aflora en la carretera antigua Moquegua - Torata (Sector Suroeste del Cerro Los Angeles).

**MIEMBRO 03 - 200 m. (Ks-hu/tbl+lh)**; Tobas-lapilli, bien soldadas, sin estratificación visible color pardas, se intercala sistemas de conglomerados y brechas sedimentarias color marrón - violáceo, compuesto por clastos flotantes de rocas volcánicas grises porfiríticas subredondeadas a subangulosas cuyos tamaños varían de 0.05 a .0.20 m de diámetro, encerrados en matriz de grava y arena gruesa que se sobreponen a secuencias de areniscas volcánicas bien estratificadas con estructuras de corriente (sesgamiento). Conforman canales de corte y relleno y la secuencia es estrato-decreciente. Su estratotipo aflora entre Mollesaja y Cerro Los Ángeles (curso inferior del río Torata)

**MIEMBRO 04 - 250 m. (Ks-hu/cz+fk)**; Tobas bien soldadas dando la impresión de lavas coherentes, textura porfirítica, cristales de cuarzo-feldespatos y color gris - rojizo, conforman estructuras macizas y farallones prominentes. Aflora en el Cerros de Huaracane, Estuquiña, Los Ángeles, Quillinquini (Ciudad de Moquegua), Cerros de

Alegoma y Mejia (Torata), y en las Qdas. De Cuculi y Huanacune (SE de Moquegua). Esta unidad fue datada en  $59 \pm 3.0$  Ma. (Bellon-Lefevre, 1976)

**MIEMBRO 05 - 200 m. (Ks-hu/tbl+cz+bt);** Tobas de color gris - rosado matriz con cristales de cuarzo-biotita. Las tobas constan de fragmentos subredondeados y subangulosos de cristales y líticos volcánicos, fragmentos de pumita y vidrio. Aflora entre Coplay y Mollesaja

**MIEMBRO 06 - 150 m. (Ks-hu/bx);** Brechas piroclásticas grises-rojizos con tonalidades pardas, bloques angulosos, monomícticos, porfiríticos, de origen volcánico. Aflora a 5 Km río debajo de la localidad Inogoya.

**MIEMBRO 07 - 100 m.? (Ks-hu/an);** Lavas de composición andesitas grises, afaníticas, parcialmente estratificadas con ligera inclinación al SO. Esta unidad aflora restringidamente en las cabeceras de la Qda. Chilcal al oeste de Otorá.

### **FORMACION INOGOYA : 215-430 m. (Ks-in)**

Sedimentitas (Bellido y Landa, 1965), compuestas de conglomerados, areniscas, gravas consolidadas, bien estratificadas de coloración gris a tonalidades claras, esta diferenciadas en varias litofacies que van desde conglomerados gruesos en el sector oriental (Cerro Vizcachane) areniscas y limolitas claras (Hda, Inogoya), intercalaciones de flujos piroclásticos porfiríticos grises de poco grosor (0.10 m), tabulares (C° Alegoma). Sobreyace a la Formación Huaracane (miembros 04, 06 y 07), e infrayace disconforme a tobas soldadas macizas (Formación Paralaque), Su localidad tipo se encuentra en las inmediaciones de la Hda. Inogoya. La edad es asignada al Cretácico superior y se correlaciona tentativamente con parte de la Formación Muñani del altiplano.

### **FORMACION PARALAUQUE >800 m. (Ks-pa/lo+ar+li - Ks-pa/tb+li)**

Tobas (Bellido y Landa, 1965), altamente soldadas porfiríticas, textura eutaxítica (Ks-pa/tb+li) con minerales esenciales plagioclasas y cuarzo, como accesorios, biotita, fragmentos líticos vidrio y opacos, color gris rojizo, conforman farallones abruptos y extensas plataformas como las observadas en Otorá, y en la carretera que va de Torata a Cuajone. En el sector de Otorá afloran secuencias sedimentarias (Ks-pa/lo+ar+li) compuestas por lodolitas y areniscas finas rojizas a grises, bien estratificadas definidas como un miembro de esta formación. Sobreyace disconforme a la Formación Inogoya e infrayace en igual relación a la Formación Quellaveco, esta asignado al Cretácico superior

### **FORMACION QUELLAVECO (Bellido y Landa, 1965)**

Comprende un conjunto de cinco unidades volcánicas cuya composición química riolítica abarca más del 80% de toda la secuencia

### **RIOLITA ASANA 300 m ( KsP-ri/as - Antes Pórfido Quellaveco)**

Lavas coherentes, de composición química riolítica, color gris claro, porfiríticas con cuarzo libre y feldespatos mayormente alterados, siendo el cuarzo hialino flotante en matriz media compuesta por cuarzo-feldespato. Su estratotipo se encuentra en las inmediaciones del poblado de Asana, la Cimarrona y Villa Toquepala.

### **ANDESITAS - DOLERITAS CARPANITO 300 m.( KsP-do/ca - Antes Serie Toquepala)**

Lavas coherentes de grano fino gris oscuras, estratificadas, de textura porfirítica seriada con plagioclasas y ortopiroxenos.. Afloran en los valles del río Capillune, cerros Carpanito y Pedregal.

### **RIOLITA SAMANAPE 1000 m.( KsP-sa/an-KsP-sa/tb - Antes Serie Alta),**

Esta dividida en dos unidades:

#### **Miembro Inferior (KsP-sa/an)**

Lavas coherentes de composición química andesítica, porfiríticas bien estratificadas color gris en fresco y blanquecino en afloramiento, se intercalan tobas grises con tono violáceo con fragmentos de plagioclasas y cuarzo la mayoría silicificados y sericitizados, se inclinan ligeramente ( $15^\circ$ ) en dirección SO, encontrándose expuesto a lo largo de la carretera Quellaveco- Qda. Honda, Qda Cocotea, Cuajone y Chujulay. Se cuenta con dataciones radiométricas para esta unidad de  $52.3 \pm 1.6$ ; y  $52.43 \pm 1.7$ ; (Mina Cuajone, Clark, et.al. 1990),  $53.6 \pm 3.0$ ;  $55 \pm 1.10$ ; y  $56.2 \pm 2.10$  (Yacimiento Quellaveco, Zimmermann y Kihien 1983). Sobreyace disconforme a la riolita Asana

#### **Miembro Superior (KsP-sa/tb)**

Tobas-lapilli, blanquecinas bien estratificadas que presentan en afloramiento formas redondeadas . Esta compuesta de fragmentos líticos, pómez en matriz tobácea bastante alterada, en algunos sectores presentan textura eutaxítica y reomórficas, se intercalan sistemas de lahares gris marrones compuestos de guijas polimícticas la mayoría de origen volcánico englobados en matriz de arenas gruesas, intercalándose con estratos de limolitas grises y areniscas finas. Se expone ampliamente a lo largo de la carretera Qda Honda - Mina Toquepala, sobreyace disconforme a la unidad inferior e infrayace a la Formación Huaylillas .

### **RIOLITA YARITO >700 m. (KsP-ti/ri)**

Lavas porfiríticas gris rosadas, matriz fina, silicificadas y muy resistentes, presentan buena estratificación, químicamente son riolitas alteradas a arcillo-sericita, parcialmente afáníticas con matriz holocristalina. Aflora extensamente al NO de la mina Toquepala

entre los cerros Yarito y Cruz Laca, regionalmente tiene forma domica e intruye a las secuencias volcánicas Samanape y Paralaque.. Presenta contacto fallado (Falla Micalaco) con la Superunidad Yarabamba y las andesitas Carpanito

### **RIOLITA TINAJONES > 300 m. (KsP-ti/ri)**

Secuencia de lavas coherentes blanco amarillentas estratificadas, porfiríticas con cuarzo flotante en matriz afanítica, se inclinan 15 - 20° en dirección SO, sus afloramiento se encuentra entre la mina de Cuajone y la Qda. Charaque.

## **EOCENO - OLIGOCENO**

### **FORMACION SOTILLO 150 - 500 m. (P-so)**

Areniscas y arcósas (Jenks, 1948), volcanoclásticas, grises con tonalidades rojizas, se encuentra disconforme sobre volcanitas jurasicas e intrusivos cretácicos, presentan estratificación paralela y subhorizontal predominando las lodolitas en los niveles superiores así como capas de yeso, las que se incrementan en su tercio superior, la transición con la Formación Moquegua esta señalada por un banco de 15 a 20 cm. de Yeso. Estas facies se ubican al SO de la ciudad de Moquegua, Qdas Seca y Santallana. Asimismo aflora al SO del poblado de Torata (C° San Miguel). Se correlaciona lateralmente con parte de la Formación Huanca, y Grupo Puno del altiplano.

### **FORMACION MOQUEGUA > 1500 m (PN-mo\_i - PN-mo\_s)**

Sedimentitas (Adams, 1906), conformadas por conglomerados polimícticos, con clastos de, guijas y areniscas gruesas, medianamente estratificadas, intercalandose algunos niveles de tobas grises blanquecinos en las secuencias superiores (PN-mo\_s). Los clastos corresponden a andesitas y riolitas e intrusivos dioríticos. Estas secuencias presentan numerosas estructuras sedimentarias (Estratificación sesgada - gradada, canales de corte y relleno). En la localidad de Mirave - Ilabaya, esta unidad esta compuesta por conglomerados redondeados (PN-mo\_i) con clastos polimícticos, que presentan imbricación al SO, incrementandose la matriz arenosa con reducción de los materiales gruesos en dirección SO, originando un cambio de facies laterales que gradan a las secuencias de arenas medias y lodolitas de la Formación Sotillo. Las tobas han sido datadas cerca al cerro Baúl en  $25,3 \pm 0.8$ ; Cero Blanco en  $22.7 \pm 0.8$  (bt); y en Cerro Purgatorio;  $23.25 \pm 0.8$  (Tosdal, et.al. 1981) Ma. Es asignada al Mioceno .

### **FORMACION HUAYLILLAS 100 (Oriente)-350 m (Occidente).(Nm-hu)**

Tobas-lapilli (Wilson y García, 1962), de composición química riolítica a dacíticas de color grises, blanco a rosadas, esta compuestas por feldespatos fragmentados, biotitas con escasas hornablendas, fragmentos de pómez y líticos es frecuente, los rangos

generales van desde tobas blancas friables hasta niveles altamente soldadas. Muchas de estas unidades presentan estructuras en fiamme de pómez aplastadas y alteradas. La denominada Formación Chuntacala ha sido incluida dentro de esta unidad de acuerdo a las relaciones de campo y composiciones petrográficas similares observadas en los cuadrángulos de Locumba, Pachia, La Yarada, Huaylillas y Tacna. Debido a su dureza forma farallones y en superficie formas elongadas y redondeadas. Las dataciones (K-Ar), comprenden edades;  $22.8 \pm 0.7$ ; Tala - Coscori;  $17.6 \pm 0.6$ ; Cerro Piedra labrada y Tala  $18.4 \pm 0.6$  (Tosdal, et.al. 1981), Ma. Sobreyace disconforme a la Formación Moquegua e infrayace a la unidad Millo, Se le asigna una edad Mioceno.

## **PLIOCENO - PLEISTOCENO**

### **FORMACION CAPILLUNE 100 m.(N-ca)**

Tobas retrabajadas (Mendivil,1965), conglomerados basales, brechas y areniscas tobaceas, gris verdosas a tonalidades amarillentas, estatificación ondulante, representan sistemas lacustrinos, afloran en el flanco sur del estrato volcán Chuquiananta. Es asignada a una edad Pliocena.

### **FORMACION MILLO 50 m. (Np-mi)**

Secuencia de conglomerados (Vargas, 1969), intercalado con niveles de tobas - lapilli, de composición química riolítica, los aluviones consisten de clastos subangulosos polimícticos clasto soportado, ligeramente inconsolidado, de grosor variable (10 - 100 m), las tobas de coloración pardas a marrones presentan cristales (plagioclasas), y pómez así como escasos líticos y lámelas de biotitas. Estas tobas fueron datadas en 8.9 (K-Ar); 14.2 (K-Ar);  $12.5 \pm 0.6$ , (Tosdal, et.al. 1981), Ma. Es asignada a una edad Pliocena - Pleistocena.

### **GRUPO BARROSO > 800 m. (N-ch/ag - N-ch/ap)**

Secuencia de rocas volcánicas de composición andesítica, traquitas y latítica, que se distribuyen en el sector NE del área de estudio, comprende el estrato volcán Chuquiananta con dos unidades diferenciada:

-Aglomerados grises (N-ch/ag), andesíticos, monomíctico, con grosores > 20 m. afloran en los alrededores de Quellaveco y el poblado de Tola, los fragmentos flotan en una matriz de tamaño lapilli, formando estructuras groseras y ruiformes, su origen esta próximo a la zona de emisión.

-Secuencia de coladas (N-ch/ap), coherentes y flujos piroclásticos en bancos mayores a 10 m. de grosor, de textura porfírica (fenos de feldespatos; 1-2 mm), con acusada orientación y matriz afírica, se inclinan  $5 - 10^\circ$  en dirección SO. Las dataciones radimétricas implican una edad de  $5.1 \pm 0.2$  Ma

## **DEPOSITOS MORRENICOS**

Mezcla heterogénea de gravas angulosas de naturaleza volcánica soporte de matriz areno arcillosa en cuyos flancos conservan bloques erráticos. Estos sedimentos se encuentran consolidados, topográficamente forman lenguas morrenicas de suave superficie.. Se distribuyen en el sector NE del área de estudio, en el flanco sur del aparato volcánico Chuquiananta, en las nacientes del río Asana y en Pampa del Calvario.

## **NEOGENO-CUATERNARIO**

### **DEPOSITOS FLUVIO - ALUVIALES**

Compuestos de gravas, arenas, en canales activos, polimícticos, con clastos subredondeados a subangulares, soporte de matriz areno limoso asociados a flujos de barro y conos aluviales. Se encuentran semiconsolidados, estando divididos en cinco depósitos aluviales;

**-Qh-al1** (Antes parte de la Formación Inogoya); corresponde a depósitos de pie de monte de antiguos sistemas orogénicos, litológicamente esta compuesta por clastos flotantes en matriz areno - arcillosa deleznable y con ligera inclinación al Oeste, se encuentra sobreescorrido por la Formación Paralaque.

**-Qh-al2** (Antes sistemas aluviales generalizados); corresponde a depósitos de pie de monte producto de la erosión de los cerros Baúl y Trebolar, consiste de conglomerados pardo amarillentos clastos subangulosos y polimícticos en matriz areno arcillosa, no consolidados se distribuyen en las faldas de los afloramientos mencionados.

**-Qh-al3** canales activos de los ríos secos de Panicon, Saucine, Qdas. Seca y Los Burros, esta compuesta de conglomerados inconsolidados de origen fluvial color gris y clastos subredondeados. Se distribuye ampliamente en las pampas de San Antonio y Qda. Seca.

**-Qh-al4** sistemas de pie de monte del cerro Huaracane y Qda. Capiurus, consisten de conglomerados semiconsolidados de clastos angulosos ligera estratificación y algunos niveles de tobas blancas recicladas y deleznales, se distribuye en las pampas de Trapiche.

**-Qh-al5** sistemas fluvio aluviales de sedimentos activos compuestos de gravas, arenas gruesas, medias y niveles de limolitas producto de llanuras de inundación, aquí es donde se ha establecido la agricultura para la región, se distribuye ampliamente en el valle del río Moquegua, Torata, Río Cinto e Ilabaya

## **ROCAS INTRUSIVAS**

En la región afloran un conjunto de rocas intrusivas plutónicas del Batolito de la Costa asignadas a la Super unidad Yarabamba litológicamente comprende gabros, dioritas, monzodioritas y cuarzomonzonitas que afloran a lo largo de una franja limitada por los fallamientos Incapuquio y Quellaveco y que ha jugado un rol importante en la



mineralización de los yacimientos cupríferos de Cuajone, Quellaveco y Toquepala. La principal exposición de dioritas - granodioritas comprende los cerros El Trebolar, Porquene y Cochane, de colores gris claro, grano grueso de textura holocristalina, inequigranular minerales esenciales de plagioclasas, cuarzo y feldespatos, estos cuerpos intrusivos ocupan el mayor volumen en la región estando estrechamente relacionado al sistema transcurrente Incapuquio. En el sector del río Capillune se reconoció un nuevo conjunto de cuerpos intrusivos, litológicamente son cuarzo monzonitas de color gris pardas de grano grueso, holocristalinas inequigranulares, hipidiomorfas con minerales esenciales de Plagioclasas, feldespatos y cuarzo, esta unidad intruye a las dioritas y granodioritas en el sector de Coscori y a las Formaciones Matalaque (Norte de Ilabaya) y Quellaveco.

Estos intrusivos tienen una edad de emplazamiento comprendidos entre;  $45.9 \pm 0.30$  y  $66.3 \pm 7.5$  Ma. en las localidades de Quellaveco y Toquepala (Zimmermann y Kihien, 1983).

## **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

Las características estructurales de esta región son complejas, se puede diferenciar unidades morfoestructurales y litológicas, con grados de deformación, producto de por lo menos cinco eventos distróficos y cuyos efectos están sobreimpuestos. Los plegamientos están presentes en las secuencias volcánicas - sedimentarias (Grupo Toquepala). La región está dividida en dos zonas estructurales una occidental representado por la cuenca Moquegua en donde se depositaron decenas de metros de sedimentos limoarcillosos, areniscas y conglomerados (formaciones Sotillo - Moquegua) como producto del levantamiento y degradación del frente montañoso oriental, relacionado directamente al sistema Incapuquio; y una zona oriental maciza conformada por secuencias volcánicas e intrusivas afectada por juegos de fallas con orientación paralela NO-SE (Micalaco, Capillune y Quellaveco).

### **Sistema de fallas Incapuquio - Micalaco - Quellaveco**

Es indudable que estos sistemas tienen una larga historia de movimientos tanto verticales como horizontales aunque sus magnitudes y sentido exacto no están determinados. Tienen un rumbo preferencial  $N40^{\circ}-60^{\circ}$  O, de carácter regional, siendo reconocido su traza desde Chile (Sistema de Fallas Domeyko), con más de 200 Km. de longitud (Tacna, Moquegua, Arequipa), este sistema sobrepasa los 1000 m de ancho. Presenta brechas y rocas alteradas con inclinación vertical. Según estudios realizados en la mina de Toquepala (informes internos) esta falla es de tipo transcurrente sinistral y con actual régimen inverso (sector oriental), el cual ha desplazado verticalmente una pila volcánica de aproximadamente 1000 m. (C° Mejía - Miembro 04). La edad de origen de estas estructuras son asignadas al pre-mioceno, en Chile los estudios radiométricos realizados en intrusivos foliados epizonales (granodioritas) de la unidad Fortuna (Chuquicamata) en Ar/Ar (bt), dan una edad de enfriamiento de  $36.3 \pm 0.3$  Ma. (En Boric, Díaz y Maksiyev, 1990), indicando que la falla tuvo movimiento

transcurrente en el Oligoceno inferior. El desarrollo del sistema de falla Incapuquio se atribuye a la existencia de una subducción oblicua de orientación NO-SE entre la placa de Nazca y el continente sudamericano, El incremento en la velocidad de emplazamiento durante el Mioceno (12 cm/año), origino las secuencias conglomeradicas (Moquegua) e ignimbríticas (Huaylillas) que se tiene a lo largo del sur de Perú y Norte de Chile. Los antecedentes geológicos disponibles indican que los pórfidos cupríferos de Cuajone , Quellaveco Toquepala y proyectos como Los calatos, y Cerro Negro, se emplazaron en un régimen distensivo dentro de la zona de cizalla, por lo se infiere que estos sistemas de falla constituya una pieza fundamental en las mineralizaciones de importantes metalotectos en la región.

## **YACIMIENTOS METALÍFEROS**

Esta región presenta una historia minera muy antigua, los principales yacimientos son los pórfidos de cobre de Cuajone, Quellaveco y Toquepala, los cuales estan ligados estrechamente a la relación; Grupo Toquepala - Superunidad Yarabamba - Sistemas de Fallas Incapuquio. Se describe brevemente las características de cada yacimiento:

### **Cuajone**

El yacimiento de Cuajone se encuentra emplazado en el flanco occidental de la Cordillera occidental aproximadamente a 42 Km al NE de la ciudad de Moquegua. El cuerpo mineralizado aflora en las Qdas. Torata y Chuntacalla, las alteraciones hidrotermales en el yacimiento presentan un halo hasta de 4 Km. de diámetro con alteración potasica, propilica, filica y combinaciones de ellas. La alteración supergena es argilica. La mineralizacion de cobre es regular, homogénea y con una mineralogía simple abarcando una longitud aprox. De 2300 m. y 900 m de ancho con dirección NO-SE Las rocas mineralizadas comprenden; Andesitas basálticas (Samanape), Latitas porfiricas, riolitas porfiricas (Tinajones-Asana) y brechas mineralizadas. La mina explota 200,000 TC (año 2000), de materia por día, concentra 96,000 TC/día, proyectado a 154,000TC/día. Tiene reservas del orden de 14000 millones de TC de mineral con una ley de 0.64% de Cu, y 0.033% de ley de molibdenita, cutoff de 0.4% de ley de Cu y vida real de 40 años. (Concha, Valle, 2000)

### **Quellaveco**

Se ubica en el valle del río Asana a 12 Km. al norte del yacimiento Toquepala, comprende cuerpos mineralizados, fracturados y con fuerte mineralización hidrotermal e intruida por dioritas y monzonitas cuarcíferas. La mineralización hipógena consiste de pirita y calcopirita, así como molibdenita y esfalerita presentándose en vetillas tipo stock work se han realizado innumerables trabajos de geofísica; polarización inducida (cargabilidad-resistividad) por Minero Perú (1972) resultando mapas con isocurvas de cargabilidad, secciones de cargabilidad, y comparaciones con el contenido de molibdeno total (0.007%) , pirita (7%) y cobre primario (0.25%). Actualmente el

yacimiento esta siendo evaluado geológicamente por la compañía Mantos Blancos de Chile.

### **Toquepala**

Se ubica 35 Km al SE y en línea recta de la ciudad de Moquegua, geológicamente Toquepala constituye un yacimiento porfirítico de cobre-molibdeno disseminado y cuya mineralización esta subordinada a una chimenea de brecha y un intrusivo de dacita relacionados a una actividad magmática de fines del cretácico. Es un yacimiento de gran tamaño (1 km de diámetro y 1 Km. profundidad), esta relacionado a una intensa actividad ígnea que consiste en derrames de riolitas y andesitas (Grupo Toquepala) subhorizontales con un grosor mayor a 1.5 km. Los intrusivos consisten de cuerpos simétricos de dioritas-granodioritas (Super unidad Yarabamba), con ligeras diferenciaciones a dacitas porfiríticas, la alteración hidrotermal (mesotermal) comunes son la prolífica, argílica, filica y filico-potásica. La mineralización es simple con cobre uniforme en sentido lateral y vertical. Los minerales económicos son sulfuros disseminados, venillas y agregados. El mineral es predominantemente calcopirita y calcosita y de mena; molibdenita y pirita. El cuerpo de brecha tiene 700 m de diámetro que supera los 1000 m. de profundidad con leyes de Cu, de 0.8% y 0.05% de molibdeno, un promedio de 0.4-0.5% de Cu con rango de recuperación del 36%. Todo el material insitu en mina y botaderos con leyes marginales de 0.1-0.4% de Cu, totalizan +/-700.0 Mtc de mineral lixiviable con ley promedio de 0.2%.

### **REFERENCIAS CONSULTADAS**

- E. Bellido B. Y C. Landa (1965)** "Geología del Cuadrángulo de Moquegua", boletín N° 15 INGEMMET, Serie A
- A. Clark.(1990)** "The Slump Breccias of the Toquepala Porphyry Cu (-Mo) Deposit Perú; implications for fragment Rouding in Hydrothermal Breccias, Economic Geology 10 vol. 85. pp. 1677-1685.
- R. Mattos Pino (1997)** "Sinopsis Geológica del Neogeno-Cuaternario en la Zona Interandina de Moquegua. IX Congreso Peruano de Geología Resúmenes Ext. Vol especial. pp. 351-356.
- A. Clark, R. Tosdal E Farrar, a. Plazolles (1990)** "Geomorphologic Environment and Age of supergene enrichment of the Cuajone Quellaveco and Toquepala porphyry Copper Deposit Southeastern Perú. Economic Geology Vol. 85

**R. Tosdal E. Farrar and Al. Clark (1981)** "K-Ar Geochronology of the late Cenozoic Volcanic Rock of the cordillera Occidental, Southernmost Peru. Journal of Volcanology And Geothermal Research Vol. 10. pp. 157-173.

**A. Clark E. Farrar, D. Kontak R. Langridge, M. Arenas (1990)** "Geologic and Geochronologic Constraints on the Metallogenic Evolution of the Andean of Sotheas Tern Peru. Economic Geology, vol 85

**J. L. Zimmermam, A. Kihien (1983)** "Determination por la Methode K/Ar de L'age des instrusions et des mineralisations Associees dans le porphyre Cuprifere de Quellaveco (Sud Quest du Perou). Mineral Deposita Vol. 18. pp. 207-213

**M. Boily, Ludden J.N, Brooks. C (1990)** " Geochemical constraints on the magmatic evolution of the pre-and, post-Oligocene volcanics suites of southern Peru: implications for the tectonic evolution of the central volcanic zone. Geological Society of America, Vol 102., pp. 1565-1579.

**R, Boric, F. Díaz y V. Maksaev (1990)** " Geología y Yacimientos Metalíferos de la Región de Antofagasta" Servicio Nacional de Geología y Minería Chile , Boletín N° 40., pp. 48-51.

**Estrada. F (1975)** " Geología de Quellaveco", Sociedad Geológica del Peru, Tomo 46., pp. 65-86.

**Sánchez F, A, Martínez, W, 2001** "Nuevos Datos Geoquímicos y Geocronológicos (K-Ar) del Magmatismo Andino en el Sur de Perú (16 a 18° 30'), Implicaciones Petrogenéticas y Tectónicas. Informe interno INGEMMET.

**Sebrier. M, Lavenu. A, Fornari. M, Soulas. J.P (1988)** "Tectonic and uplift in central andes (Peru, Bolivia and Northerd Chile) from Eocene to present. Geodynamique N° 3(1-2). Pp 85-106.

**Marocco. R (1984)** " Dynamique du Remplissage d'un bassin intramontagneux cenozoique andin. Le bassin Moquegua (sud du Perou). Cah. Orstom, ser. Geol. Vol. 14., N° 2. pp. 117-140.