A5726

CAPITULO DE GEOLOGÍA ECÓNOMICA

PROYECTO GR-1

"ESTUDIO DE LOS ARCOS MAGMÁTICOS DEL MESOZOICO Y CENOZOICO DEL SUR DEL PERÚ (16°S-18°S)"

Por:

Jorge ACOSTA ALE

Marzo, 2006

CAPÍTULO: GEOLOGIA ECONOMICA DEL PROYECTO GR-1

El origen de los depósitos de minerales en el sur del Perú está relacionado a una serie de eventos tectónicos, magmáticos y de mineralizaciones ocurridos a lo largo de periodos de compresión y extensión durante la variación de la dirección y el ángulo de subducción entre las placas de Nazca y Sudamérica.

Durante estos periodos, la mineralización se produjo en ambientes geológicos con condiciones favorables, controlados por la litología y estructuras. De esta manera, cierto tipo de depósitos fue importante en una época y espacio determinado.

En la zona de estudio, existe una relación entre los depósitos de pórfidos de Cu y los eventos compresivos del ciclo Andino, acontecidos durante el Cretáceo medio, Paleoceno y Eoceno dónde su importancia es mayor durante el inicio del engrosamiento cortical desde hace 100-120 Ma. Durante los periodos donde se estableció un marco tectónico de extensión los depósitos de óxidos de Fe-Cu-Au fueron los más relevantes.

De esta manera se determinó dos grandes provincias metalogénicas en el sur del Perú: la provincia de Fe-Cu-Au, ubicada a lo largo de la Cordillera de la Costa y la provincia de Cu-Mo que se extiende en el flanco pacífico de la Cordillera Occidental.

Las épocas metalogénicas se establecieron desde el Jurásico medio-superior, Cretáceo inferior, Cretáceo superior, Paleoceno medio hasta el Eoceno medio-inferior, las cuales se hacen más jóvenes hacia el continente.

PROVINCIAS METALOGÉNICAS

Las provincias metalogénica son áreas caracterizadas por una agrupación de depósitos de minerales de uno o más tipos, las cuales pueden contener más de un episodio de mineralización (Maksaev, 2001). En el área de estudio, se caracterizan por tener un control litológico y estructural de rumbo andino. Presentan una alineación paralela a la línea de costa y están representadas por cuatro provincias (ver Mapa 01):

Provincia de Fe-Cu-Au de la Cordillera de la Costa
Provincia de Cu-Mo del Batolito de la Costa
Sub provincia de Au-Cu
Sub provincia polimetálica Cu-Pb-Zn (-Ag-Au)

La provincia de Fe-Cu-Au de la Cordillera de la Costa se caracteriza por albergar principalmente depósitos de óxidos de Fe-Cu-Au (Fig. 01) y pequeños pórfidos de Cu, mientras que en la provincia de de Cu-Mo del Batolito de la Costa son más conspicuos los depósitos de pórfidos de Cu-Mo (Fig. 02).

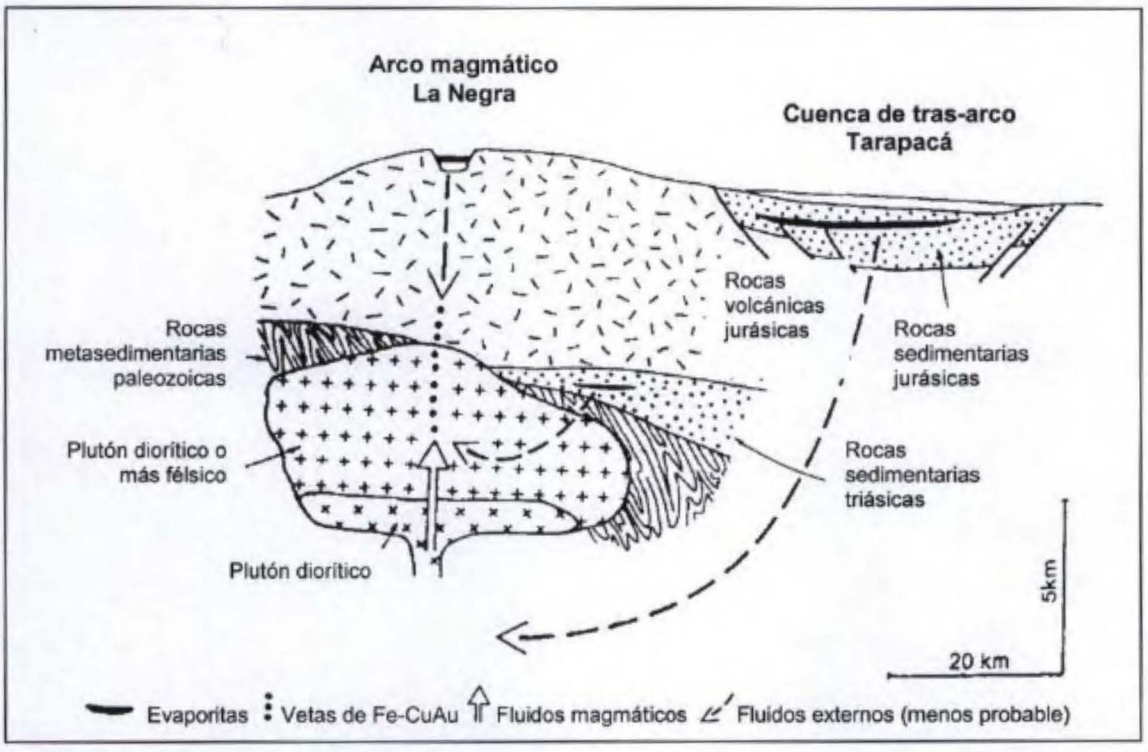

Fig.01: Esquema de las vetas de Cu-Fe Au del jurásico La Negra para el norte de Chile que muestra las posibles fuentes de fluido de mena. El abastecimiento de fluidos magmáticos que ascienden verticalmente sería de una fuente de magma diorítico profundo. Las evaporitas triásicas son muy restringidas en volumen y extensión, mientras que aquellas que se encuentran en las cuencas de intra-arco y tras-arco son muy jóvenes para haber contribuido al fluido de mena y ser depositadas después de la formación de Fe-Cu-Au (Sillitoe, 2003).

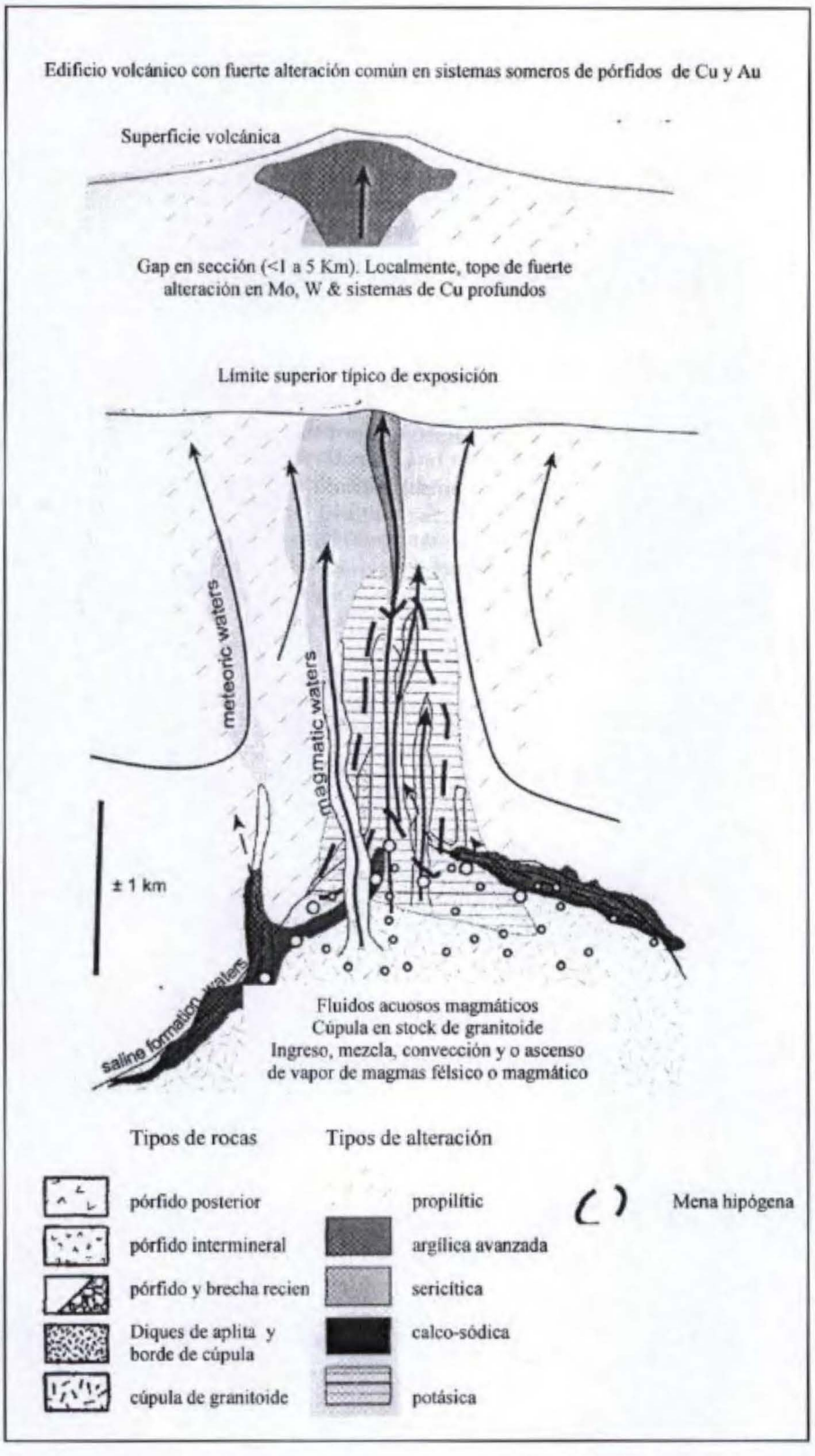

Fig. 02: Sección de un pórfido de Cu emplazado dentro de rocas graníticas antiguas. Se ilustra la geometría y tiempo de las principales intrusiones, zonas de alteración de la roca caja y fuentes hidrotermales de alteración inferidas y líneas de flujo. La geometría de la mena y zonas de alteración son típicas de depósitos de emplazamiento somero, mientras que depósitos más profundos tienen aspectos más uniformes. Un edificio volcánico con características de intensa alteración cuarzo-alunita es ilustrada esquemáticamente para emplazamientos someros de sistemas de pórfidos de Cu y Au, así como su correspondiente ambiente epitermal de alta sulfidización (Seedorff et al., 2005)

Provincia de Fe-Cu-Au de la Cordillera de la Costa

Esta provincia se extiende a lo largo de la Cordillera de la Costa de Tacna, Moquegua y Arequipa. Está constituida por las rocas más antiguas de la zona de estudio. Se trata de gneises y esquistos asociados con granitos rojos del Precámbrico al Paleozoico, secuencias volcánicas-sedimentarias jurásicas de las Fms Chocolate y Guaneros y granodioritas cretácicas. La mineralización ocurre principalmente en vetas y mantos, no obstante también se encuentran pequeños pórfidos de cobre (ver Cuadro 01).

Las ocurrencias más importantes de Fe y Au se encuentran entre Tacna y Mollendo, ocurren en Siete Colores (Cerro Chombo), Hierro Morrito, Cerro Pelado, Chaglianto. Morillo y en Cerro Casca (Tarpuy). En Ite, el sistema de las vetas tienen orientación NO y un espesor de 3 m, contienen hematita-cuarzo hipógeno (Narváez, 1964) con un menor contenido de magnetita y pirita, las cuales han sido explotadas en Cerro Morritos. Se estiman reservas de 10 MT con una ley mayor a 60% a poca profundidad (Bellido & de Montreuil, 1972). En Hierro Morritos y Cerro Pelado la mineralización están alojada en granitoides de composición diorítica a granodiorítica (Narváez, 1964). Mas al norte en Matarani, la mineralización de hierro en Cerro Casca (Tarpuy) está alojada en gneises precámbricos y presentan un ley del 35% Fe. De igual manera, en el Cerro Miramar se presentan vetas de Au con calcopirita en granitos precámbricos.

De igual forma, entre Tacna y Cocachacra la mineralización de Cu y Cu-Au está presente en el Cerro Carnicora y Cerro Carnaval. En Licona, Santiago y Valparaizo, se desarrollaron vetas horizontales extensas con una paragénesis de calcopirita-pirita-hematita hipógena, dentro y al margen de un plutón de granodiorita leucocráta con biotita-hornblenda (Narváez, 1964). Cerca de Cocachacra el sistema de vetas del depósito Rosa María Au-Cu (Fe), inicialmente trabajado por oro y recientemente por cobre, esta alojado en un plutón granodiorítico (Bellido y Guevara, 1963) porfirítico con grandes cristales desarrollados de hornblenda, el cual presenta una alteración clorítica pervasiva y localmente una alteración argílica. Está cortado por diques andesíticos y félsicos premineral. Se observa turmalina en fragmentos de vetas cuarzosas acumulados en el desmonte de la mina. Las vetillas cuentan con una paragénesis de calcopirita-pirita-hematita y también se desarrollan muy bien en todo el stock granodiorítico al norte del Río Tambo (Clark et el., 1990).

Entre Ilo y Cocachacra se encuentran una alineación de pórfidos de Cu como el Yaral, Posco, Cachuyo (Tía María), Cachuyito y La Llave. Las rocas encajonantes están formadas por granodioritas y monzonitas en Cachuyo y andesitas de la Fm Chocolate en Cachuyito.

Mas al norte, en Ocoña, son más importantes los depósitos de Au en La Planchada, Huantay y Pescadores, los cuales están alojados en intrusivos granodioríticos y tonalíticos. En la actualidad se encuentran inactivos.

Provincia de Cu-Mo-(Au)

La Provincia de Cu-Mo se extiende a lo largo del flanco pacífico de la Cordillera Occidental. Está representada principalmente por rocas que van desde el paleozoico superior al Eoceno y corresponden a rocas volcánicas, silicicláticas marinas y plutones del Batolito de la Costa. Las rocas pertenecen a las Fms. Junerata, Chocolate, Grupo Yura, Grupo Toquepala e intrusivos de la superunidad unidad Yarabamba (ver Cuadro 02). Se caracteriza por contener a otras más pequeñas como la sub provincias de Au-Cu y polimetálica.

Depósito	Control estructural	Tipo de depósito	Metales Asociados	Roca hospedante	Minerales de mena	Edad del depósito	Reservas (Mt)	Ley	Fuente
Licona	Fracturas: N20E	Vetiforme	Cu Fe (Au)	Diorita	mlq, bct, cct, crc, OXCu, hm	100-105	0.001	4-6% Cu; 25% Fe	Narvaez, 1964; Clark et al, 1990
Santiago	Fracturas: E-O	Vetiforme	Cu	Diorita	atc, crc, ml, bc	100-105		4-6% Cu	Narvaez, 1964; Clark et al, 1990
Valparaiso	Fracturas: S80E	Vetiforme	Cu Fe (Au)	Granodiorita	bct, cct, tnr, csc	100-105	0.13	4-6% Cu	Narvaez, 1964; Clark et al, 1990
Hierro Morrito	Fracturas: N25O	Vetiforme	Fe	Granodiorita	hm, mt, mlq	100-105		66% Fe	Narvaez, 1964; Clark et al, 1990
Canicora	Contacto: N10O; Fallas: E-O; N30E	Vetiforme	Cu Au	Andesita-diorita	hm, py,	100-105			Lara, 2005
C° Pelado	Fracturas: E-O; N45E	Vetiforme	Fe	Granodiorita	hm	100-105		34% Fe	Narvaez, 1964; Clark et al, 1990
Siete Colores	Fracturas: N20O	Vetiforme	Fe	Granodiorita	mt, hm	100-105			Lara, 2005
Rosa María		Vetiforme	Cu Au	Diorita	cc, cup	145-160			Clark et al, 1990
Cerro Casca (Tarpuy)		Estratoligado	Fe	Gneis	mt	Pe-Pz			Fernandez & Amstunzgc, 1956; Cardozo, 1990

Cuadro 01: Rasgos geológicos de los principales depósitos de óxidos de Fe-Cu-Au en la provincia metalogénicas de la Cordillera de la Costa.

Esta provincia es la más importante porque aloja a los megapórfidos de Cu-Mo de Cerro Verde, Toquepala, Quellaveco y Cuajone de categoría mundial (ver Cuadros 04, 05 y 06). Estos pórfidos están alineados con dirección andina entre Tacna, Moquegua y Arequipa y están alojados en rocas volcánicas del Grupo Toquepala y plutones (monzonitas, gronodioritas y dioritas) del cretáceo superior al eoceno. Están controlados regionalmente por el SFI de rumbo andino NO-SE y localmente por fallas de dirección N-S y E-O. La mineralización hipógena consiste principalmente de calcopirita, pirita, bornita y molibdenita, mientras que la zona de enriquecimiento contiene covelita y calcosita. La zona de óxidos está constituida por óxidos de Cu y Fe. Presentan alteraciones hidrotermales características como la potásica, sericítica, argílica y propilítica. Estos depósitos tienen reservas que varían ente 300 y 1200 TM con leyes de 0.6 y 0.8% de Cu (Ingemmet, 2000).

Otros pórfidos como Los Calatos, Chapi, San José, Angostura, Santa Catalina y Zafranal también se encuentran alineados a los megapórfidos y presentan las mismas características.

Sub provincia de Au-Cu

Esta provincia es la más pequeña y está constituida por rocas granodioríticas y localmente monzogranitos del Batolito de la Costa que corresponden a la superunidades de Tiabaya y Yarabamba del Cretáceo superior-Paleoceno (Pitcher et al., 1985) que afloran en Arequipa.
En la Mina Santo Domingo 79 del distrito de Lluta, la mineralización se encuentra principalmente en vetas de origen hidrotermal que rellenan estructuras de rumbo NO y NNO. Las vetas presentan potencias de 0.6 – 1.2 m. y consisten de cuarzo asociado al oro, pirita y hematita principalmente. ueden observar en la Mina y el prospecto Lloquelloy del distrito de Lluta en Arequipa.

En Yarabamba la Mina Kiowa presenta una veta con una orientación NE y potencia de hasta 0.5 m. emplazada en un apófisis monzogranodiorítico junto con fracturas rellenas. El depósito presenta niveles superficiales de de óxidos de hierro y en profundidad una zona de sulfuros primarios con pequeñas cantidades de carbonatos y silicatos de cobre.

Sub provincia polimetálica Cu-Pb-Zn (-Ag-Au)

Las rocas comprendidas en esta provincia corresponden a coladas basálticas de la Fm Junerata del carbonífero, secuencias sedimentarias marinas jurásicas equivalentes al Grupo Yura, andesitas del Grupo Toquepala y granodioritas y monzodioritas del Cretáceo superior-Eoceno medio. En esta provincia el SFI forma un rombo estructural, el cual habría controlado la mineralización (ver Cuadro 03).

En el distrito minero de Cu-Pb-Ag en Lluta (Vargas, 1975) la mineralización está expuesta en vetas de cuarzo oxidado y sulfuros supérgenos en la Quebrada Palca, donde la alcantita y galena están asociadas en menor grado a los ensambles de calcopirita y pirita. La mineralización ocurre en el stock monzodiorítico que intruye secuencias del jurásico medio de las Fms San Francisco y Ataspaca (Wilson & García, 1962).

El distrito minero de Ataspaca comprende 16 minas pequeñas de Cu y prospectos de Pb-Ag (Vargas, 1975). Estos depósitos se encuentran dentro del granitoide de Ataspaca que intruye rocas volcánicas y sedimentarias de las Fms Junerata, Pelado y Ataspaca (Wilson & García, 1962). La mineralización se encuentra en vetas, stockworks y diseminados conde la calcopirita (-cubanita) skars, ricos en granate andratítico, piroxeno hedenbergiritico y actinolita ocurren en calizas de la Fm Pelado, adyacente a la cuarzo monzodiorita del Eoceno medio (Clark et al.,

Depósito	Control estructural	Tipo de depósito	Metales Asociados	Roca hospedante	Minerales de mena	Edad del depósito	Reservas (Mt)	Ley	Fuente
CUAJONE	Fallas: NO-SE	Pórfido	Cu Mo	Andesitas y Riolitas	cp, bo, cv, cc, ml, az, br, Mo	52.4	2171	0.60% Cu	Clark et al, 1990 y 2003
QUELLAVECO	Fallas: NO-SE	Pórfido	Cu	Riolitas, Dacitas	cp, cc, cv	54.5, 54.1	965	0.63% Cu	Minera Quellaveco (no publicada), Estrada, 1975
Cerro Negro	Fallas: NNO; NE	Brecha	Cu	Pórfido dacítico	cc, ml, az	57	70	0.53% Cu	Bidgood, 1999; Ingemmet, 2000
TOQUEPALA	Fallas: NO-SE	Pórfido	Cu Mo	Riolitas y andesitas	cc, cp, Mo	57.1, 55-55.5	770	0.74% Cu	Zweng & Clark, 1995; Clark, 2003
C° VERDE-STA. ROSA	Fallas: NO-SE, E-O	Pórfido	Cu Mo	Granodioritas, Brechas y Pórfidos	cp, Mo, cc, cv	61, 62	813	0.67% Cu	Quang et al, 2005; Ingemmet, 2000; Le Bel, 1985; Pitcher 1985
PAMPA DE COBRE (CHAPI)	Fallas: NO-SE	Pórfido	Cu	Cuarcita	crc, ml, atc, cc, dg	Paleoceno	642	0.39% Cu	Ingemmet, 2000
Angostura		Pórfido	Cu		OxCu, hm, jar	68			Quang, 2005
Zafranal		Stockwork	Cu	Diorita-Granodiorita	OxCu, cp, cc, hm	Ks		0.68% Cu; 0.25g/T Au	Teck Cominco, 2004; Sillitoe & Perelló, 2005
El Yaral		Stockwork	Cu		OxCu, hm	106			Quang, 2005
La Llave		Pórfido	Cu		jar	155			Quang, 2005
Cachuyito	Fracturas y fallas: N60O	Pórfido	Cu	Granodiorita	OxCu, jar, goe	160			Quang, 2005; Lara 2005
Cachuyo		Stockwork	Cu	Granodiorita-monzonita -Andesita	csc, mlq, Cu, atc, cp, py, cc, cv	166			Quang, 2005
Posco	Falla: N55O	Stockwork	Cu	Granodiorita?	py, cp, hm, goe	Jm			Quang, 2005; Lara 2005

Cuadro 02: Rasgos geológicos de los principales depósitos de pórfidos de Cu-Mo en la provincia metalogénica del Batolito de la Costa.

Depósito	Control estructural	Tipo de depósito	Metales Asociados	Roca hospedante	Minerales de mena	Edad del depósito	Fuente
Ataspaca		Vetiforme	Zn Cu Au	Areniscas, lutitas y calizas	ef, gn	39-43	Wilson & García, 1962; Vargas, 1975; Clark et al, 1990
Cercana (Lluta)	Fractura: N25O	Vetiforme	Cu Ag (Au)	Cuarzo monzodiorita	cp, py, ac, gn	60.33	Wilson & García, 1962; Clark et al, 1990
Challatita		Vetiforme	Cu	Granodiorita	mlq	77.4	Wilson & García, 1962; Clark et al, 1990

Cuadro 03: Rasgos geológicos de los principales depósitos de la sub provincia polimetálica de Cu-Pb-Zn (-Ag-Au) del Batolito de la Costa.

TIPOS DE ROCA	CONTROL ESTRUCTURAL	BRECHAS Y FENÓMENOS RELACIONADOS	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN HIPÓGENA	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN SUPÉRGENA	EDAD DE MINERALIZACIÓN
Rocas encajantes. Lavas y flujos riolíticos subhorizontales del Grupo Toquepala (Zweng y Clark, 1995; Mattos y Valle, 1999). La base del Grupo Toquepala. Es intruído por un complejo plutónico de diorita y granodiorita. El complejo plutónico y los volcánicos Toquepala son intruídos por el Complejo Intrusivo Toquepala (58.44 Ma; Zweng & Clark, 1995) conformado por: **Pórfido dacítico**: (Clark, 1995) se divide en: ***pórfido T,*** más joven relacionado con las primeras etapas de alteración y mineralización. ***pórfido principal,*** fenocristales de cuarzo en matriz aplítica. Edad Ar-Ar 56.71 Ma (Zweng & Clark, 1995. En Camus, 2003). Roca estéril, se emplazó después del pórfido T. ***Pórfido L/M,*** sin fenocristales de cuarzo, emplazado antes del final del proceso de mineralización (Zweng & Clark, 1995). ***Pórfido dacítico tardío,*** emplazado antes y después de la formación de brechas hidrotermales de turmalina (Zweng & Clark, 1995). **Pórfido latita**, intrusivos más tardíos formados por diques de plagioclasa, biotita y cuarzo. Cortan todas las rocas. **Aglomerado de dacita.** Composición félsica, similar en composición y textura al pórfido dacítico.	Controlado por estructuras NO-SE que se formaron durante Cretáceo superior -Paleógeno (Mattos y Valle, 1999) Su orientación es paralela a los Andes: Falla Micalaco y Alineamiento Toquepala (Mattos y Valle, 1999). Las fallas están relacionadas con el origen de las brechas y fracturamiento tipo stockwork en áreas amplias de debilitamiento, constituyendo en conjunto una chimenea de brecha (breccia pipe)..	Compuesto por cinco tipos de brechas que conforman el Complejo de brechas de Toquepala: 1)**B. Turmalina**, es la más abundante. Tiene fragmentos angulosos, alteración cuarzo-sericita en matriz de turmalina y cuarzo. No tienen mineralización de Cu y Mo. Su origen se debe a la etapa de alteración hidrotermal principal dl depósito. 2)**B. Nebulosa**, su matriz es turmalina con fragmentos de diorita. Alteración de sericita. Posible facies de brecha turmalina (Zweng & Clark, 1995. En Camus, 2003). 3)**B. Molibdenita**. Su origen es posterior a las anteriores. La molibdenita se encuentra en la matriz como agregados masivos o diseminados. Presenta fragmentos de brecha de turmalina con rellenos de cuarzo-sericita y pirita. 4)**B. de huecos**. Se ubica en la parte superior del complejo. Forma cuerpos brechosos con alteración intensa fílica. Tiene fragmentos angulosos de brecha turmalina con alteración de sericita y cavidades vacías. Presenta 3-15% vol de sulfuros en brecha, donde la pirita es más común. 5)**B. de Guijarros**. Evento tardío postmineral, freatomagmático. Está asociado a fase de alteración hidrotermal argílica avanzada. Presenta fragmentos redondeados en matriz de panizo. Cortada por numerosos diques de latita. Diques brechosos tardíos constituyen el evento más tardío en Toquepala, los cuales cortan todos los tipos de rocas.	Se desarrollaron 4 etapas de alteración hidrotermal y mineralización (Zweng & Clark, 1995; Matos y Valle, 1999): 1)**E. Temprana.** Asociada al pórfido T, Observada en clastos del complejo de brechas hidrotermales. Varias generaciones de vetillas de cuarzo, feldespato K, albita, biotita, anhidrita y bornita con halos de alteración (albita o feldespato K) o no. Vetillas sinuosas e irregulares de 1 a 8 mm, similares tipo A. Hacia los márgenes: alteración propilítica poco desarrollada con clorita. 2)**E. Turmalina.** Relacionada con procesos de formación de brechas del depósito. No hay mineralización de sulfuros asociados a esta etapa. Se reconocen dos tipos de alteración, la 1era en clastos con reemplazo casi total de sericita y cuarzo y en la 2da la matriz es alterada por turmalina y cuarzo. 3)**E. Principal**. Introducción de mineralización de Cu y Mo. Presencia de vetillas de cuarzo con molibdenita-calcopirita, brechas de molibdenita y en menor porcentaje vetillas de magnetita (Zweng & Clark, 1995). La pirita es muy rara y corresponden a vetillas tipo B. Las brechas de Mo y vetillas de cuarzo-calcopirita y molibdenita tiene la mayor parte del Mo en Toquepala. El Mo aumenta con la profundidad y las vetillas de calcopirita-pirita disminuyen. 4)**E. Tardía**. Fase hidrolítica del depósito donde se introducen las vetillas y vetas de cuarzo-sericita y pirita con halos de sericita y menores porcentajes de anhidrita. También existen vetillas de cuarzo-sericita-andalusita-pirita con halos de sericita. Localmente hay una alteración pervasiva que afecta al pórfido. La etapa esta asociada a la abundante pirofilita, la cual se relaciona con las vetas de pirita y brechas de guijarros. Las vetas se encuentran en la parte superior del depósito.	**Recubrimiento lixiviado** de 150-170 m de espesor con 30% de jarosita, 60% de hematita y 10% de gohetita diseminados y en fracturas (Mattos y valle, 1999). **Zona de enriquecimiento secundario.** Infrayace al recubrimiento lixiviado. Es una capa inmadura subhorizontal con potencia de hasta de 170 m. Presenta 90% calcosina, 10% digenita y escasa covelina que reemplaza parcialmente a los sulfuros primarios. Su distribución vertical está controlada por estructuras NE y NS.	Mineralización y alteración a 55-55.5 Ma (Zweng & Clark, 1995; Clark, 2003)

Cuadro 04: Marco geológico del yacimiento de Toquepala

TIPOS DE ROCA	CONTROL ESTRUCTURAL	BRECHAS Y FENÓMENOS RELACIONADOS	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN HIPÓGENA	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN SUPÉRGENA	EDAD DE MINERALIZACIÓN
Lavas andesíticas y riolíticas del Grupo Toquepala intruídos por complejo plutónico diorita-granodiorita. Que afecta A Toquepala y Cuajone Lavas y complejo intruído por un stock de monzonita porfirítica asociado al yacimiento.	La forma elongada de la monzonita porfirítica tiene una dirección andina NO-SE. Los diques de dacita y riodacita también presentan estas tendencias estructurales (Candiotti de los Ríos, 1995).	Se presentan dos tipos de brechas de tamaño reducido (Candiotti de los Ríos, 1995): 1)**B. ígneas.** Tiene fragmentos angulosos de granodiorita. 2)**B. de guijarros.** Presenta clastos redondeados y matriz clástica silicificada.	La alteración y la mineralización está asociada a la monzonita porfirítica y cubren una superficie ovalada de 2.5-3.5 km. con orientación NO-SE (Estrada, 1975) Se han reconocido las siguientes alteraciones hidrotermales (Estrada, 1975; Candiotti de los Ríos, 1995): **Alteración potásica.** Se localiza en la parte central. Presenta feldespato K pertítico, biotita secundaria y menor porcentaje de anhidrita. El feldespato K ocurren en vetillas de cuarzo tipo A con calcopirita, bornita, pirita y molibdenita asociadas. La magnetita ocurre en menor porcentaje. **Alteración propilítica.** Consiste de clorita, calcita, epídota y pirita. No se conoce su límite externo por la cubierta de rocas post mineral. **Alteración fílica.** Está superpuesta a la alteración potásica y consiste de sericita-cuarzo y pirita. Se presenta en forma pervasiva o en vetillas de cuarzo.	Los procesos supérgenos alcanzan profundidades de hasta 300 m (Estrada, 1975). **Recubrimiento lixiviado.** Tiene una profundidad de 80 m, con promedio de 40-50 m. Su mineralogía consiste de caolinita, sericita, hematita, gohetita y jarosita, con menor porcentaje de crisocola, malaquita turquesa, copper pitch y brocantita. **Zona de enriquecimiento secundario.** Es una capa inmadura subhorizontal paralela a la superficie con dimensiones 1900 m de largo, 900 de ancho y 50-60 m de espesor. Su mineralogía consiste de calcosina, covelina y digenita.	Edad K-Ar en muestra de sericita asociada a mineralización de sulfuros en la monzonita porfirítica: 54.1±2.1 Ma (Estrada, 1975). Edad de mineralización: 54.5 Ma (Minera Quellaveco S .A. no publicado, en Quang, 2005)

Cuadro 05: Marco geológico del yacimiento de Quellaveco

TIPOS DE ROCA	CONTROL ESTRUCTURAL	BRECHAS Y FENÓMENOS RELACIONADOS	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN HIPÓGENA	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN SUPÉRGENA	EDAD DE MINERALIZACIÓN
Rocas preminerales del Grupo Toquepala: andesita basáltica y riolita porfirítica con fenocristales de cuarzo (Satchwell, 1983). Intrusión: stock latita porfirítica con orintación NO-SE con cuarzo y plagioclasa. Tres pulsos intrusivos de igual composición. En el primero, en el extremo SE, se emplaza la mineralización de Cu. Los demás hacia el NO y son estériles (Concha & Valle, 1999). Complejo intrusivo cortado por dos cuerpos intrusivos de andesita en el NO y SE del stock de latita (Satchwell, 1983).	**1er sistema** NO-SE, de importancia regional: Fallas Viña Blanca y Botiflaca. Formación de un corredor NO que controla la morfología de la mena y tal vez su emplazamiento, brechas, diques e intrusivos. **2do sistema,** postmineral, donde se emplazaron diques estériles de latita (Satchwell, 1983, Concha & Valle, 1999).	Existen dos tipos de brecha postmineral (Satchwell, 1983). **Brechas tabulares,** controladas por estructuras NO-SE en el centro y SE del yacimiento. Fragmentos de andesita y latita (ocasionalmente mineralizados). Asociadas al 2do pulso intrusivo. Los sulfuros están en función a los fragmentos mineralizados. **2do tipo de brecha** en estructuras NE-SO al sur de la mena. Tiene fragmentos de diferentes unidades (Satchwell, 1983, Concha & Valle, 1999). **3er tipo de brecha,** de cuerpo irregular. Presenta abundante mineralización de sulfuros, fragmentos angulosos en matriz latita	**Alteración potásica.** Presenta biotita, magnetita, feldespato potásico, cuarzo en venillas tipo A y ocasionalmente anhidrita. La mineralización presenta calcopirita, bornita, escalerita, galena y enargita. Lateralmente grada a alteración propilítica **Alteración propilítica**. Presenta clorita, epidota, calcita y pirita. Lateralmente grada a alteración propilítica con clt, ept, cle y py. La zona potásica está superpuesta por alteración hidrotermal de sericita y cuarzo que afecta fuertemente al primer pulso intrusivo de latita (Satchwell, 1983, Concha & Valle, 1999).	**Alteración supérgena.** Coexiste con el recubrimiento lixiviado y con las zonas de óxidos y sulfuros enriquecidos. Corresponde a la alteración argílica (caolinita, montmorillonita, illita y dickita.) **Zona de lixiviación.** Presenta hematita, gohetita y en menor grado jarosita y óxidos de Mn (Concha & Valle, 1999). Puesto que ya fue explotada, esta zona tenía 15 m de espesor y consistía de crisocola, malaquita calcantita, brocantita, cuprita, Cu nativo y tenorita en rellenos de fracturas. (Concha & Valle, 1999). **Zona de enriquecimiento secundario**. También fue explotada. Su espesor medio fue de 20-80 m. Contenía calcosina, digenita y covelita. Debajo esta capa se encontraba otra zona mixta caracterizada por el reemplazo parcial de sulfuros primarios por calcocina. Bajo la zona mixta se dispone el área del yacimiento	Latita porfirítica asociada a la alteración y mineralización 52.4 Ma; Clark et al, 1990; Clark 2003.

Cuadro 06: Marco geológico del yacimiento de Cuajone

1990). En el sector Caplina-Ataspaca se encuentran depósitos de skarn en Taracahua (Zn,Pb,Cu), Ricardina (Pb, Zn,Cu) y Manto Verde (Cu, Mo) (Ingemmet, 2000).

ÉPOCAS METALOGÉNICAS

Las edades radiométricas con las que se cuenta para el sur del Perú, determinadas inicialmente por Estrada (1975), Clark et al. (1990) y Quang et al. (2005) permiten establecer que la mineralización de los depósitos de minerales ocurrió desde el (1) Jurásico medio-superior, (2) Cretáceo inferior, (3) Cretáceo superior, (4) Paleoceno medio hasta el (5) Eoceno medio-inferior (ver Mapa 02). Cada época metalogénica migró sistemáticamente hacia el continente, relacionada espacialmente en concordancia con su faja plutónica (Sillitoe, 2003).

Jurásico medio-superior

Los depósitos más antiguos de ésta épocas se localizan en la Cordillera de la Costa y corresponden a los depósitos de pórfidos de cobre y óxidos de Fe-Cu-Au.

Los pórfidos de Cu del Jurásico medio-superior se encuentran en Cocachacra y alrededores y el más antiguo corresponde al prospecto Cachuyo de 166 Ma, cuya mineralización supérgena es baja en contenido de pirita. Comprende de óxidos de cobre y hierro y suprayacen a un horizonte débil de calcocita (Andrews et al., 2000). La zona de óxidos infrayace a la zona lixiviada de gohetita-hematita preservada bajo un remanente de la superficie Altos de Camilaca. Al NE de Cachuyo se encuentra el prospecto Cachuyito, con una edad de 160 Ma, donde se distinguen óxidos de cobre asociados a un stockwork con mineralización débil en una andesita biotitizada de la Fm Chocolate de edad Liásica. En Pampa Colorada está expuesta la zona lixiviada de hematita-gohetita del prospecto Posco (Jurásico medio) con abundantes fracturas cubiertas de hematita y stockworks de cuarzo con un ensamble de alteración cuarzo-sericita-arcilla y relictos diseminados de pirita. Al norte de Cocachacra se encuentra el propecto La Llave, el cual sido datado en 155 Ma y presenta vetas de jarosita marrones que afloran bajo la superficie de la Pampa de La Joya. (Quang et al., 2005)

Sólo se conoce la edad de un depósito de óxido de Fe-Cu-Au ubicado en Cocachacra. Corresponde al sistemas de vetas Cu-Au de Rosa María (~160-145 Ma; Clark et al., 1990). Más al norte en Ica, fuera de la zona de estudio también se conocen depósitos de esta edad, como es el caso de la Mina Justa y otras mineralizaciones de Cu en Marcona (154 ± 4 & 160 ± 4 Ma; Injoque et al., 1988. En Injoque, 2002).

Cretáceo inferior

Los depósitos más importantes de ésta época corresponden a los óxidos de Fe-Cu-Au, los cuales se encuentran principalmente entre Tacna e Ilo, donde las vetas de hierro en Hierro Morritos y Cerro Pelado están alojadas en granitoides dioríticos a granodioríticos (Narváez, 1964) intruídos por un plutón diorítico de ~105 Ma. En Ilo La mineralización Cu-Au en Santiago, Valparaíso y Licona se infieren a un plutón granodiorítico-tonalítico leucocrático de edad ~100-105 Ma (Clark et el., 1990).

Sólo se conoce un pórfido de Cu del Cretáceo inferior junto con depósitos de Cu-Fe-Au de la misma edad en la Cordillera de la Costa. Se trata del prospecto El Yaral datado en 106 Ma. Presenta vetas de jarosita marrones que afloran en bajo la superficie de la Pampa de La Joya y corresponde a una mineralización supérgena de óxidos de cobre en un stockwork (Quang et al., 2005).

Cretáceo superior

Dentro de esta época metalogénica se encuentra el prospecto Angostura ubicado a 37 Km del SO de Arequipa. Tiene una edad de 68 Ma y presenta ensambles lixiviados ricos en hematita y en menor grado con óxidos de cobre y jarosita (Quang et al., 2005). Existen otras mineralizaciones menores en vetas cobre en el Distrito de Challadita en Tacna documentadas por Wilson & García (1962) quienes reportan menas de malaquita. El plutón que aloja la mineralización ha sido datado en 78.18 Ma (Clark et al., 1990).

Alineadas a las mineralizaciones de esta edad, se encuentra el proyecto Zafranal, ubicado a 75 Km del NO del prospecto Angostura. Este prospecto presenta una mineralización de óxidos de cobre, con zona de alteración fílica y capa lixiviada rica en hematita, así como un stockwork de cuarzo – limonita. (Teckcominco, 2004).

Paleoceno medio y Eoceno medio-inferior

La fajas metalogénicas del Paleoceno medio y el Eoceno medio-inferior son las de mayor importancia económica a nivel mundial, ya que en ella se encuentran los pórfidos más grandes de Cu-Mo de Cerro Verde/Santa Rosa, Toquepala Quellaveco y Cuajone.

Esta faja se desarrolla a lo largo de toda la vertiente pacífica de los Andes y se extiende desde el SO del Perú hasta Chile con una longitud mayor a 1500 km. Los yacimientos están asociados a stocks apicales tardíos del Batolito de la Costa, de composición cuarzo-diorítica a granodiorítica de la superunidad Yarabamba (61 Ma; Beckinsale et al., 1985) y se disponen a lo largo de 100 km entre Tacna y Arequipa. El depósito más antiguo corresponde a Cerro Verde (61-62 Ma; Quang et al., 2003), seguido por Toquepala (55-55.5 Ma; Zweng & Clark, 1995; Clark, 2003), Quellaveco (54.1-54.5 Ma; Estrada, 1975; Minera Quellaveco S .A.) y Cuajone (52.4 Ma; Clark et al, 1990; Clark 2003). Tanto en Chile como en Perú estos pórfidos cupríferos se caracterizan por presentar un perfil vertical de oxidación-lixiviación y enriquecimiento supérgeno (Quang et al., 2005).

En estas fajas metalogénicas también se encuentran mineralizaciones menores de depósitos vetiformes polimetálicos y skars. Estos depósitos se ubican principalmente al NE de Tacna, donde en el distrito minero Cu-Pb-Ag de Lluta (Vargas, 1975), las edades corresponden al Paleoceno medio, como se determinó un evento intrusivo de monzodiorita-granodiorita en la Quebrada Tocuco, donde las edades fueron de 60.33, 60.90 y 62.12 Ma están asociadas probablemente a la mineralización (Clark et al., 1990). Sin embargo, en el distrito minero de Ataspaca (Wilson & García, 1962), la mineralización (Cu-Pb-Zn-Mo-Ag-Au) del Eoceno medio corresponde a un evento intrusivo cuarzo-monzodiorítico, en los alrededores del campamento de CENTROMIN (1983), datado entre 45.21 y 46.01 Ma. Otras muestras sugieren una gran extensión de un evento hidrotermal entre 39.92 y 40.65 Ma (Clark et al., 1990). Los depósitos de skarn del sector Caplina-Ataspaca en Taracahua (Zn,Pb,Cu), Ricardina (Pb, Zn,Cu) y Manto Verde (Cu, Mo) también serían de esta edad.

METALOGÉNESIS DE LOS ÓXIDOS DE FIERRO-COBRE-ORO Y PÓRFIDOS DE COBRE

Los periodos de mineralización, delineados en fajas metalogénicas a lo largo de la Cordillera de la Costa, Piedemonte y Precordillera están relacionados en parte a nueve eventos de emplazamientos de cuerpos intrusivos, los cuales han sido descritos por Clark et al. (1990) y

Zweng & Clark (1995). En la Fig. 03 se puede apreciar un resumen de la relación entre los eventos magmáticos y los principales depósitos de minerales en la Cordillera de la Costa y Flanco Occidental Pacífico del Sur del Perú.

La Cordillera de la Costa registra hasta cuatro eventos magmáticos desde el Jurásico inferior (~185 Ma) hasta el Cretáceo inferior (~95 Ma) (Clark et al., 1990) ligados a una potente secuencia volcánica marina y sedimentaria de la Fm. Chocolate (~185-150 Ma; Boily et al., 1984. En Clark et al 1990) y Fm. Guaneros (Caloviano). De los eventos magmáticos, al menos los tres primeros fueron responsables de la mineralización de Fe-Cu-Au en estructuras NO-SE principalmente y E-O en Hierro Morrito, Cerro Pelado, Licona y Rosa María, así como de pequeños pórfidos de Cu como Posco, Cachuyo, La Llave y el Yaral. No obstante, las estructuras más conspicuas de rumbo NE-SO de esta zona, que sobresalen en la Cordillera de la Costa de Tacna y Moquegua, serían posteriores a la mineralización.

El tipo de mineralización Fe-Cu-Au en la Cordillera de la Costa, alojada principalmente como relleno de fracturas y en mantos, así como el desarrollo de pórfidos de Cu menores, son en parte las evidencias que los eventos magmáticos del Jurásico-Cretáceo inferior se desarrollaron dentro de un marco tectónico de extensión de subducción de alto ángulo o tipo Mariana, (Uyeda & Nakamori, 1979) (ver Fig. 04a). En Camus 2003) como sucede también en el norte de Chile (Clark et al., 1990; Camus, 2003; Sillitoe & Perelló, 2005). Muchos depósitos de este tipo se formaron durante el desarrollo del orógeno Andino ensiálico, cuando la corteza fue extendida y atenuada y era inusualmente caliente bajo un magmatismo relativamente primitivo (Fig. 15a). Su origen se llevó a cabo dentro de regimenes tectónicos de extensión y transtensión bajo una magmatismo de composición basáltica-intermedia durante el Mesozoico medio – tardío (Sillitoe, 2003; Sillitoe & Perelló, 2005).. Anteriormente Makasev (2000) ya lo había descrito en el norte de Chile para describir el origen de los depósitos estratoligados y vetiformes de Cu-Ag y Cu-Fe-Au (Espinoza et al., 1996; Vivillo y Henriquez, 1997, 1998. En Camus, 2003) y yacimientos de Fe en el Arco La Negra (190-115 Ma; Boris et al., 1990; Marinovic et al., 1995).

Al principio del Cretáceo superior ocurrió un cambio en el ángulo de subducción a uno menos inclinado o tipo chileno (Uyeda & Nakamori, 1979. En Camus 2003). Este cambio de subducción ocasionó una etapa de deformación compresiva (Camus, 2003) y es interpretada como el inicio del engrosamiento cortical que ha prevalecido desde hace 100 a 120 Ma (Clark et al., 1990). Esta etapa se refleja en la Precordillera donde se registraron cinco eventos magmáticos desde el Cretáceo superior (~80 Ma) hasta el Eoceno medio (~40 Ma) (Clark et al., 1990; Zweng & Clark, 1995). Estos eventos incluyen el magmatismo del Grupo Toquepala (59-70 Ma; James et al., 1974; Sébrier et al., 1983. En Clark et al, 1990) y fueron controlados por el sistema transcurrente sinestral de Fallas Incapuquio (SFI), de extensión mayor a 400 km (Jacay et al., 2002). Sin embargo, a pesar de que el control estructural del SFI fue decisivo para la ubicación y geometría de los pórfidos de esta edad, no fue un factor determinante para su origen. En su lugar se considera que el extremo acortamiento y engrosamiento cortical provisto por estos sistemas de fallas regionales y el consecuente levantamiento y exhumación (Maksaev & Zentilli, 1988, 1999; Maksaev, 1990;Skewes & Holmgren, 1993; Skewes & Stern, 1994; Perrelló et al., 1996; Kurtz et al., 1997; Kay & Mpodozis, 2001. En Sillitoe & Perelló, 2005; Pino, 2003; Pino et al., 2004) (ver Fig. 04b y c) fueron los controles fundamentales de la génesis de los pórfidos gigantes de Cu (cf. Sillitoe, 1998).

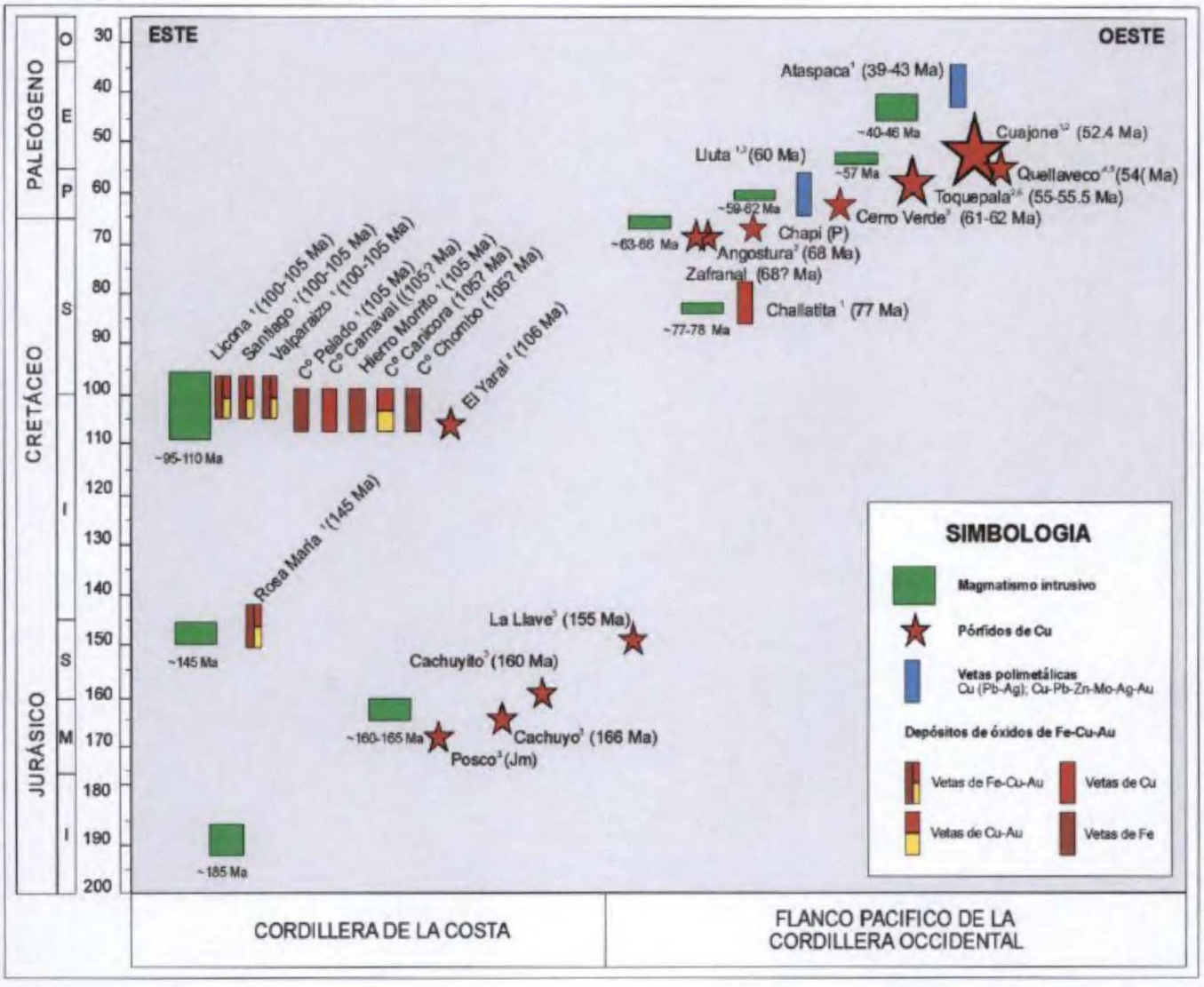

Fig. 03: Eventos magmáticos y metalogénicos en la Cordillera de la Costa y Flanco Occidental Pacífico del Sur del Perú. Datos geocronológicos para la mineralización hipógena: 1= Clark et al., 1990; 2 = Clark, 2003; 3 = Quang, 2005; 4 = Estrada, 1975; 5 = Minera Quellaveco, S.A. (no publicado); 6 = Zweng & Clark, 1995.

El hecho que la faja del Paleoceno – Eoceno inferior sea considerada como una de las tres fajas metalogénicas más productivas de pórfidos de Cu en los Andes (Camus, 2003; Sillitoe & Perelló, 2005) se debe a su desarrollo sintectónico durante los eventos de contracción y engrosamiento cortical, posiblemente vinculados a una subducción poco profunda, erosión del frente de arco de subducción y consecuentemente migración del arco. La supresión del volcanismo durante la compresión, las altas tasas de levantamientos y la rápida exhumación optimizó las condiciones para la acumulación de fluidos ricos en magmas en grandes cámaras de poca profundidad propicias para el desarrollo de pórfidos gigantes de Cu (Sillitoe & Perelló, 2005).

Lo contrario sucede con las fajas de cobre más antiguas del jurásico, donde se encuentran depósitos menos importantes, principalmente por su tamaño y baja ley. Sillitoe & Perelló (2005) afirman que este marcado contraste se debe a un marco tectónico de arcos de extensión en los Andes del Mesozoico y Cenozoico, los cuales dieron aumento a depósitos más pequeños de pórfidos de Cu de baja ley.

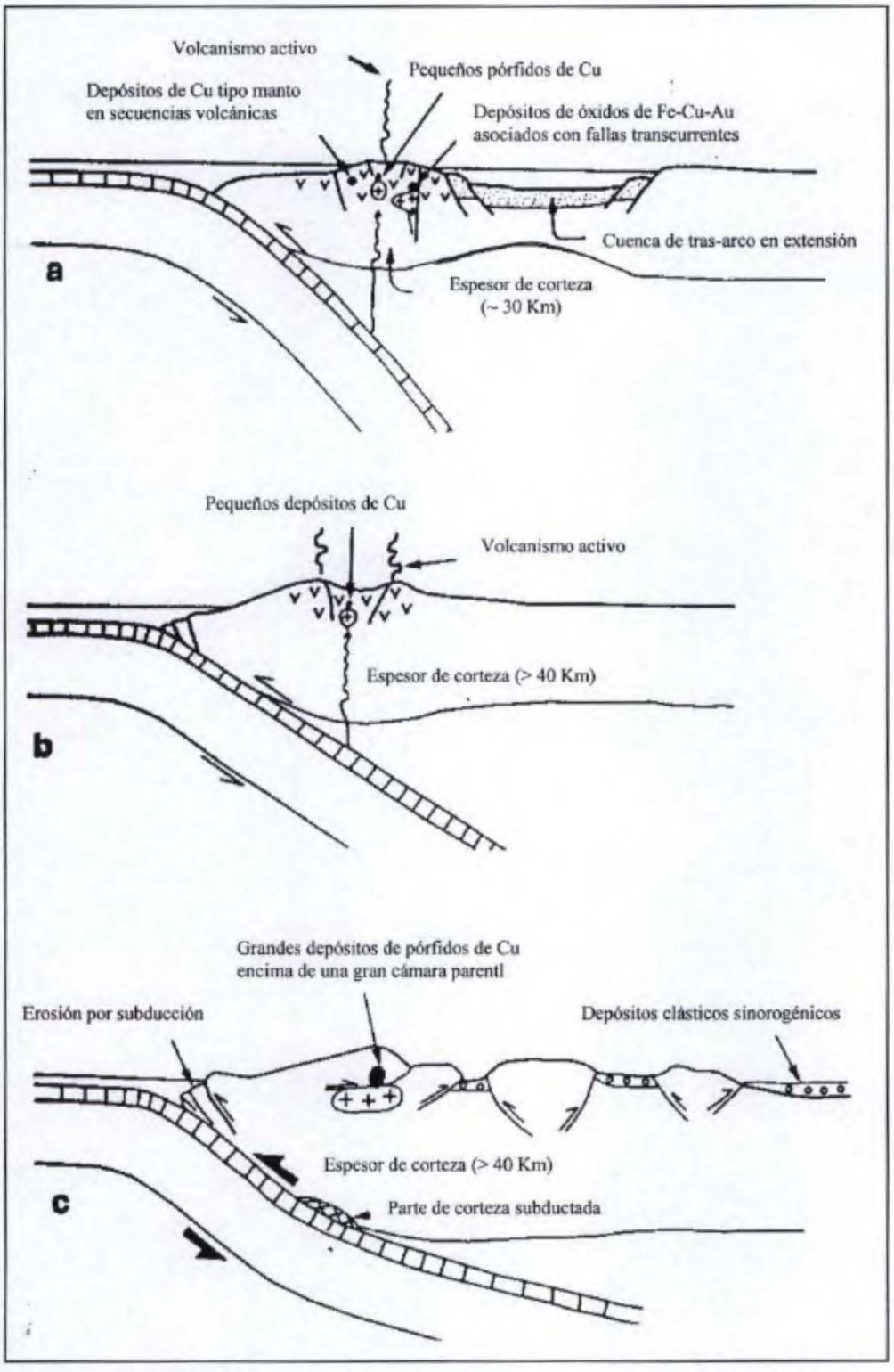

Fig. 04: Esquemas de secciones tectonomagméticas del margen central de los Andes del norte de Chile que muestran los rasgos relevantes de la formación de las fajas de Cu. (a) Arco en extensión o transtensión (Faja del Jurásico-medio-Cretáceo inferior). (b) Arco magmático neutral a extensión media (Faja del Paleoceno-Eoceno-inferior. (c) Arco magmático en compresión (Fajas del Eoceno medio-Oligoceno inferior y Mioceno-Plioceno inferior (Sillitoe & Perelló, 2005).

REFERENCIAS

ANDREWS, D., CARBONÉL, J., CHÁVEZ W., & MIODUCHOWSKI A. 2000. Geologic setting of copper oxides of the Tía María Prospect, Southern Perú. X Congreso Peruano de Geología, Resúmenes, Sociedad Geológica del Perú, Lima, p. 242.

CLARK A.H., 1990. Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of southeastern Peru. SEG.1990; v. 85; no. 7; p. 1520-1583.

CLARK A.H., TOSDAl, R.M, FARRAR E., PLAZOLLES A. 1990. Geomorphologic enviroment and age of supergene enrichment of the Cuajone, Quellaveco and Toquepala Pophyry Copper deposits, Southeastern Perú. 85; no. 7; p. 1604-1628.

BECKINSALE, R.D., SANCHEZ A.W., BROOK M., COBBING, E.J. TAYLOR W.P & MOORE, N.D. 1985. Rb-Sr whole-rock isochron and K-Ar age determinations for the Coastal Batholith of Perú. In Magmatism at a plate edge. The peruvian Andes. Edited by W. S. Pitcher,M.P. Atherton, E.J. Cobbing, R.D. Beckinsale. John Wiley and Sons Inc. New York. Pp 177-202.

BELLIDO E. & DE MONTREUIL, L. 1972. Aspectos generales de la metalogénia del Perú. Servicio de Geología Minera (Perú). Geología Económica, No. 1, 149 pp.

BENAVIDES-CÁCERES, V. 1999. Orogenic Evolution of the peruvian Andes: The Andean cycle. In Geology and ore deposits of the Central Andes. Skinner, B.J.; editor. Society of Economic Geologists, Special Publication, No. 7, pp 61-107.

BENAVIDES, A. & VIDAL, C. 1999. Exploration and mineral discoveries in Perú. In PacRim`99 Conference, Proceedings, p. 187-195.

CAMUS, F. 2003. Geología de los sistemas porfiríticos en los Andes de Chile. SERNAGEOMIN, p. 59-68, 129-144.

CANDIOTTI DE LOS RIOS, H. 1995. Geología y análisis de datos cuantitativos del yacimiento de pórfido de cobre Quellaveco. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar Alberto Benavides, p. 33-46.

CONCHA, O. & VALLE, J. 1999. Prospección, exploración y desarrollo dl yacimiento de Cuajoen. En Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos. Historia, exploración y geología. Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, ProExplo´99, No. 1, p. 117-143.

ESTRADA, F. 1975. Geología de Quellaveco. Sociedad Geológica del Perú. Boletín No. 46, p. 65-86.

INGEMMET, 2000. Estudio de los recursos minerales del Perú. Franja No. 1. Boletín No. 8. Serie B: Geología Económica.

INGEMMET, 2001. Proyectos de inversión minera y prospectos en estudio. Boletín Especial

INJOQUE, 2002. Yacimientos de Fe-Cu-Au en el Perú, una visión integral. Resúmenes del XI Congreso Peruano de Geología. Lima, 18 pags.

INJOQUE, J. 2005. Metalogenia de la costa - Visión actualizada. Sociedad geológica del Perú. Vol. Especial No. 06 Alberto Giesecke Matto.

JACAY J., SEMPERE T., HUSSON L. & PINO A.; 2002. Structural characteristics of the incapuquio fault system, southern perú. Fiveth isag, toulouse, france, pags. 319-321.

MAKSAEV, V. 2004. Pórfidos cupríferos. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de geología. p. 1-12.

MAKSAEV, V. 2001. Reseña metalogénica de Chile y de los procesos que determinan la metalogénesis andina. http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/ METALOGENESIS%20DE%20CHILE.pdf

MATTOS, R. & VALLE, J. 1999. Exploración, geología y desarrollo del yacimiento Toquepala. En Primer volumen de monografías de yacimientos minerales peruanos. Historia, exploración y geología. Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, ProExplo´99, No. 1, p. 101-116.

NARVAEZ, S. 1964. Geología de los cuadrángulos de Ilo y Locumba (Hojas 36-t y 36-u). Perú. Comisión Carta Geológica Nacional, Bol. No. 7. 75 p.

OYARZÚN M., J. 2000. Andean metallogeneris: A synoptical review an interpretation. 31 International Geological Congress. Tectonic Evolution of South America. 2000. p 725 – 753.

PANTELEYEV, A. 1995. Porphyry Cu+/-Mo+/-Au, in Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles, Volume 1 - Metallics and Coal, Lefebure, D.V. and Ray, G.E., Editors, British Columbia Ministry of Energy of Employment and Investment, Open File 1995-20, pages 83-92.

PARDO-CASAS, F.& MOLNAR, P.. 1987 Relative motion of the Nazca (Farallón) and Southamerican plates since late Ctretaceous time. Tectonics, Vol.6, pp. 233-248.

PERELLÓ J. et al, 2003. Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas-Yauri Belt, Cuzco Region, Peru. *Economic Geology* Vol. 98, 2003, pp. 1575–1605.

PETERSEN Ulrich. 1999. Magmatic and metallogenic evolution of the Central Andes. In SEG Inc. Special Publication Series No. 7. Geology and Ore depositos of the Central Andes, Chapter 4. p. 109-153.

PINO, A. 2003. Estratigrafía y paleogeografía del intervalo Paleozoico superior-Cretáceo inferior en el extremo sur del Perú" (area Mal Paso-Palca). Tesis universitaria de pregrado. UNJBG-Facultad de Ingeniería- EAP Ingeniería Geológica Geotecnia. Tacna-Perú.

PINO, A. SEMPERE, T., JACAY, J. & FORNARI M. 2004. Estratigrafía, paleogeografía y paleotectónica del del intervalo Paleozoico superior-Cretáceo inferior en el área Mal Paso-Palca (Tacna). Publicación Especial No. 05 SGP-IRD - 2004: "Nuevas contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento geológico del su del Perú". Pgs. 15-44.

PITCHER, W.S. 1985. A multiple and composite batholith. In Magmatism at a plate edge. The peruvian Andes. In Magmatism at a plate edge. Edited by W. S. Pitcher,M.P. Atherton, E.J. Cobbing, R.D. Beckinsale. John Wiley and Sons Inc. New York. Pp 243-249.

QUANG, C.X., CLARK A.H. LEE J.K. & HAWKES N. 2005. Response of supergenes processes to episodic cenozoic upñift, pediment erosion, ignimbrite eruption in the porphyry copper province of southern Perú. SEG, v. 100, 2005, pp. 87-114

RAMOS, V.A..2000. The Southern Central Andes. In Tectonic Evolution of Southamerica. Edited by Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Tomazfilho, A.; Campos D.A. Internacional Geological Congreso, No. 31, pp 381-387. Río de Janeiro.

SEEDORF E. DILLES, J.H., PROFFETT J.M., EINAUDI M.T., ZURCHER, L., STAVAST W.J., JOHNSON D.A & BARTON M.D. 2005. Porphyry deposits: Characteristics and origin of hipogene features. In SEG Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume. 2005, pp 251-298.

SÉBRIER, M., LAVENU a., FORNARI M., & SOULAS J.P. 1988. Tectonics and uplift in Central Andes (Perú, Bolivia and northern Chile) from Eocene to present. In Géodynamique 3 (1-2), 19888:15-106.

SEMPERE T., JACAY J., FORNARY M., ROPERCH P., ACOSTA H., BEDOYA C., CERPA L., FLORES A., HUSSON L., IBARRA I., LA TORRE O., MAMANI M., MEZA P., ODONNE F., OROS Y., PINO A. & RODRIGUEZ R.; 2002. Lithospheric sacale transcurrent fault systems in andean southern Perú. Fiveth ISAG, Ttoulouse, France, Pags. 319-321.

SEMPERE T., JACAY J., CARLOTTO V., MARTINEZ W., BEDOYA C., FORNARI M., ROPERCH P., ACOSTA H., ACOSTA J., IBARR I., LATORRE O., MAMANI M., MEZA P., ODONNE F., OROS Y., PINO A., & RODRIGUEZ R. 2004.- Sistemas trancurrentes de escala litosférica en el sur del Perú. Publicación Especial No. 05 SGP-IRD - 2004: "Nuevas

contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento geológico del su del Perú". Pp 105-110.

SILLITOE, R.H. 1992. Gold and copper metallogeny of the Central Andes-Past, present anf future exploration objectives. Economic Geology, Vol. 87, p 2205-2216.

SILLITOE, R.H. 2003. Iron oxide-cooper-gold deposits: an Andean view. Mineralium Deposita (2003) 38: 787-81.

SILLITOE R. H. & PERELLÓ J. 2005. Andean copper province: Tectonogmagmatic, deposit types, metallogeny, exploration and discovery. In SEG Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume. 2005, pp 845-890.

SILLITOE R. H. 2005. Supergene oxided and enriched pophyry copper and related deposits. In SEG Inc. Economic Geology 100th Aniversary Volume. 2005, pp 723-768.

SOLER, P., GRANDIN, G. & FORNARI, M. 1986. Essai de synthèse sur la métallogénie du Perou: Géodynamique, V.1, p. 33-68.

VARGAS, A. 1975. Geología minera del departamento de Tacna. Boletín Sociedad. Geológica del Perú. V. 46, p.186-204.

VICENTE, J.C. 1989. Early late Cretaceous overthrusting in the Wwestern Cordillera of southern Perú. In ericksen, G.E. Cañas, M.T., Reinemund, J.A. (eds). "Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources", Houston, v. 11, pp. 91-117.

VIDAL C. 1985. Metallogenesis associated with the Coastal Batholith of Peru: a review. In Magmatism at a plate edge. The peruvian Andes. Edited by W. S. Pitcher,M.P. Atherton, E.J. Cobbing, R.D. Beckinsale. John Wiley and Sons Inc. New York. Pp 243-249.

WILLIAMS, P., BARTON, M., JOHNSON D.A., FONTBOTÉ L., ALLER, A., MARK, G., OLIVER, H.S. 2005. Iron oxide copper-gold deposits: Geology, space time distribution, and possible modes of origin. In SEG Inc. Economic Geology 100th Aniversary Volume. 2005, pp 371-405.

WILSON, J.J. & GARCÍA, W. 1962. Geología de los Cuadrángulos de Pachía y Palca (Hojas 36-v y 36x). Perú. Comisión Carta Geológica Nacional. Bol 02. No. 04, p. 82.

WINTER, J. 2001. Cap 17: Subduction related Igneous activity: Continental arcs. An introducction to igneous and metamorphic petrology. Prentice-Hall Inc. 2001. pp. 316-342.

ZAPPETTINI, E., MIRANDA-ANGLES, V., RODRIGUEZ, C., PALACIOS, O., COCKING, R. 2001. Mapa metalogénico de la región fronteriza entre Argentina, Bolivia, Chile y Perú (14°S y 28°S), 2001.

ZWENG, P.L. & CLARK A.H. 1995. Hiógene evolution of the Toquepala porphyry copper-molybdenum deposit, Moquegua, southeastern Perú. In Porphyry copper deposits of the American Cordillera (Pierce, F.W.: Bolm, J.C.; Editors). Arizona Geological Survey Digest, Vol 20, p. 566-612.