

MEMORIA

MAPA METALOGÉNICO DEL PERÚ 2015

Jorge Acosta, Raymond Rivera, Michael Valencia, Humberto Chirif, Dina Huanacuni, Italo Rodríguez, Eder Villarreal, Deysi Paico y Alexander Santisteban.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú. Telf.: 51-1-6189800

jacosta@ingemmet.gob.pe

1. INTRODUCCIÓN

Desde que se publicó el primer Mapa Metalogénico del Perú a escala 1:1 000 000 (De Las Casas & Ponzoni, 1969), con auspicio de la Sociedad Nacional de Minería y Petróleo, han continuado los estudios de metalogenia con nuevas versiones de mapas por Bellido, E. (1972), Ponzoni, P. (1980) y Canchaya & Aranda (2001). En el año 2001, dentro del marco del Proyecto Multinacional Andino, se preparó un mapa metalogénico a escala 1:1000 000, de la región fronteriza entre Argentina, Bolivia, Chile y Perú (Zappettini *et al.*, 2001). Más adelante, Cardozo (2002) presentó un mapa con franjas mineralizadas basado en tipos de yacimientos. En los años 2007 y 2008, Quispe *et al.* preparó un nuevo mapa metalogenético que presentaba 23 franjas metalogenéticas relacionadas con dominios geotectónicos y sistemas de fallas regionales, así como una clasificación de depósitos de minerales por operaciones y proyectos mineros. Desde entonces, se ha venido actualizando este mapa con nueva información, y actualmente el mapa metalogenético 2009 cuenta con una versión digital, que incluye información del tamaño de depósito en base al tonelaje de contenido fino metálico. Esta versión también cuenta con una clasificación de las operaciones y proyectos mineros por tipo de yacimiento, además, cuenta con información de la producción metálica de las 23 franjas metalogenéticas que se presentan en esta memoria (Figura 1.1).

2. FRANJAS METALOGÉNICAS

Las franjas metalogenéticas representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la mineralización de depósitos minerales. De esta manera, Quispe *et al.* (2008) definió 23 franjas metalogenéticas (Figura 1.1).

La mayoría de los sistemas de fallas que controlan las franjas metalogenéticas en el centro y sur del Perú, tienen orientaciones principalmente NO-SE. Su origen se les asocia con la disgregación cortical del *rift* Permo-Triásico (Mégard, 1973, 1978; Laubacher, 1978; Noble *et al.*, 1978; Dalmayrac *et al.*, 1980; Kontak *et al.*, 1985; Rosas y Fonboté, 1995; Rosas *et al.*, 1997; Jacay *et al.*, 1999; Carlotto *et al.*, 2000; Carlotto *et al.*, 2004), caracterizado por actividad magmática alcalina del Grupo Mitu y presencia de granitoides

Ica-Islay-Ilo, Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo.

Dada la escala regional del mapa metalognético, las 23 franjas metalogenéticas no incluyen depósitos particulares como Tarpuy (Fe alojado en el Complejo Basal de la Costa), Huancapayac (depósitos de Cu-Ni en secuencias del Complejo Marañón), Tapo (Cr-Ni hospedado en rocas ultrabásicas Precámbricas?), Negra Huanusha (Cu-V alojado en capas rojas del Grupo Mitu) y depósitos de uranio (Macusani, Vilcabamba, Chaullay y otros).

I. Franja de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico

Se localiza a lo largo de la Cordillera Oriental del territorio peruano, en la cual las rocas hospedantes están conformadas por pizarras y esquistos del Paleozoico inferior. Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetillas y mantos lenticulares de cuarzo y oro, controlados principalmente por fallas inversas de rumbo NO-SE. La mineralización probablemente está asociada a los eventos magmáticos del Ordovícico y del Siluro-Devónico. Entre los principales depósitos se pueden mencionar a Ananea, La Rinconada, Capac Orcco y Untuca. Según las últimas investigaciones (Haeberlin, 2002; Chew et al., 2005 y Cardona, 2006), esta franja se extendería hasta los 6° sur, debido a que el Complejo Marañón se sitúa entre las latitudes 6° y 10°30' sur. Por otro lado de acuerdo a sus eventos de sedimentación y metamorfismo, esta franja se puede subdividir en tres unidades geológicas: Ordovícico inferior, Ordovícico Superior-Silúrico y Carbonífero. Las edades precámbricas solo corresponden a algunos segmentos aislados de migmatitas (Cardona, 2006).

II. Franja de depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico

Se ubica en la Cordillera Oriental del norte del Perú, en esta franja la mineralización se encuentra asociada a granitoides calcoalcalinos del Carbonífero que pertenecen al Batolito de Pataz e intruyen a las unidades metamórficas del Paleozoico inferior. Las estructuras mineralizadas presentan geometrías de vetas y mantos, ubicados en zonas de cizalla NO-SE, aparentemente desarrolladas a partir de la tectónica eohercínica. En esta franja son conocidos los depósitos de Poderosa, Horizonte, Retamas y Parcoy. Las edades de mineralización oscilan entre 315 y 286 Ma.

III. Franja de depósitos de U-W-Sn-Mo, Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos-skarn de Cu-Ag del Pérmico Triásico

Se extiende en el flanco oeste de la Cordillera Oriental del centro del Perú, al norte de la deflexión de Abancay. Tiene una dirección NO-SE y está controlada por los sistemas de fallas Satipo-Pangoa-San Francisco y Cerro de Pasco-Ayacucho. La mineralización está hospedada en lutitas y calizas del Carbonífero, con geometrías de mantos y vetas. Los depósitos más representativos de esta franja son Cobriza y Huachón, asociados a granitoides con edades entre 270 y 255 Ma. En el Altiplano de Puno y en el dominio de las fallas NO-SE del sistema Urcos-Sicuani-Ayaviri, se encuentra aisladamente el depósito de

W-Au San Judas Tadeo, en el cual se estima una edad de mineralización de 255.5 Ma (Clark et al., 1990).

IV. Franja de pórfidos Cu-Mo del Jurásico medio

Se localiza en la zona costera del sur del Perú, estructuralmente esta franja es controlada por el sistema de fallas Ica-Islay-Ilo de rumbo NO-SE y fallas menores NE-SO y N-S (Acosta et al., 2008). Los depósitos más relevantes son Tía María y La Llave, con edades de mineralización entre 166 y 155 Ma.

V. Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Jurásico medio–superior

Se sitúa a lo largo de la zona costera, en el dominio del Complejo Basal de la Costa del Precámbrico. Su principal control estructural es el sistema de fallas NO-SE Ica-Islay-Ilo, que constituyen el corredor del mismo nombre (Acosta et al., 2008). Los depósitos más importantes de esta franja son Marcona, Mina Justa y Rosa María, con edades de mineralización entre 165 y 160 Ma.

VI. Franja de pórfidos y *skarns* de Cu-Au del Jurásico superior

Se extiende por el noroeste del Perú, dentro del dominio tectónico Olmos-Loja y está limitada por fallas regionales N-S, mayormente de carácter inverso. Las rocas huésped están conformadas por secuencias carbonatadas y volcánicas del Jurásico. La mineralización de Cu-Au se relaciona a *stocks* intrusivos del Jurásico superior, con edades absolutas de 153 Ma. Los depósitos más conocidos se encuentran en Ecuador, entre los que destacan: Nambija, Napintza, Cumay, Guaysini y Frutos del Norte; en territorio peruano se ubican los proyectos El Tambo, Huaquillas y Hualatán.

VII. Franja de sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au del Jurásico superior-Albiano

Se ubica en el noroeste del Perú, en el sector sur occidental de la cuenca Lancones, en un contexto de *rift* (Tegart et al., 2000; Ríos, 2004; Rodríguez et al., 2008). La mineralización se encuentra hospedada en rocas volcánicas submarinas del Jurásico medio al Albiano, cuyas composiciones varían de basaltos a riolitas con afinidad geoquímica toleítica (Ríos, 2004). La mineralización se relaciona con la actividad magmática dacítica. Los principales controles estructurales regionales son fallas NNE-SSO y ONO-ESE. El principal depósito es Tambogrande, con edades de mineralización de 165 ± 17 (Re/Os, pirita, Ryan Mathur en Ríos, 2004) y 104 ± 2 Ma (U/Pb, Winter et al., 2002).

VIII. Franja de depósitos de Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico inferior

Esta franja se encuentra dividida en dos segmentos: Trujillo-Mala-Paracas-Ocoña (TMPO) y Locumba-Sama (LS). Entre Trujillo y Ocoña (8° - $15^{\circ}30'$) los depósitos metálicos están relacionados con la actividad magmática de la cuenca Casma, en el sector Trujillo-Mala-

Paracas (~112 y 100 Ma) y volcánica de la Formación Chocolate en el sector Paracas-Nazca (~115 y 112 Ma).

Los principales controles de mineralización son fallas NO-SE de la cuenca Casma y del sistema Ica-Islay-Ilo, así como fallas menores NE-SO. En este segmento destacan los depósitos Tanguche, Raúl-Condestable, Monterrosas, Eliana, Acarí, entre otros. Entre Locumba y Sama (17°-18°), los depósitos IOGG se encuentran relacionados con la actividad magmática de ~124 Ma, además de intrusiones de gabros y monzodioritas de edades ~112 Ma. Sus controles estructurales son definidos por la extensión del sistema NO-SE Ica-Islay-Ilo y fallas menores NE-SO. Los depósitos más importantes de este segmento son Licona y Hierro Morrito. En general, los eventos de mineralización que constituyen esta franja se registran entre 115 y 100 Ma (Acosta et al. 2008).

IX. Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico superior

Se extiende discontinuamente en cuatro áreas: Huarmey (9°30'-10°), Canta (11°-11°30'), sector de Huancavelica - Ayacucho (14°-15°) y Saramarca-Nazca-Ocoña (14°30'-17°). Las estructuras mineralizadas llevan cuarzo-oro-sulfuros y se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa.

En las áreas de Huarmey y Canta los controles estructurales son las fallas secundarias NO-SE, N-S y NE-SO de los sistemas de fallas regionales NO-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. El depósito que destaca en Huarmey es Cerro Ballena y en Canta los depósitos Lomada, Caracol y Lajas. En el sector Huancavelica - Ayacucho las vetas están controladas por el sistema de fallas Cincha-Lluta y se encuentran los depósitos El Encanto, Zorro Plateado, Jatun Pata, Melchorita, entre otros. Más al sur, en Saramarca-Nazca-Ocoña, las estructuras mineralizadas están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que constituyen el corredor Nazca-Ocoña (Acosta et al. 2008). Entre los principales depósitos de esta zona sur se pueden mencionar a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga.

X. Franja de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior

Se extiende discontinuamente desde la cuenca Lancones hasta el sur del Perú. En la cuenca Lancones, los depósitos que constituyen esta franja están controlados por fallas con orientaciones NE-SO. La mineralización de Cu-Mo está relacionada con granitoides del Cretácico superior (~75 Ma), donde destacan los depósitos Horquetas, Curi-Lagartos, Chancadora, Cascajo Blanco y otros. Igualmente, dentro de la cuenca Lancones se pueden identificar algunos skarnoides de Fe, ubicados en el contacto de los granitoides cretácicos con rocas calcáreas del Albiano-Cenomaniano de la Formación La Bocana. En el centro y sur del Perú, la mineralización está relacionada con intrusivos graníticos del Cretácico superior del Batolito de la Costa y controlada por fallas NO-SE de los sistemas Conchao-Cocachacra, Cincha-Lluta e Incapuquio, así como por fallas menores con orientación N-S (Acosta et al. 2008). Los principales depósitos que constituyen esta franja son Marcahui, Durazno, Puquio, Cuco, Aguas Verdes (*skarn* relacionado con los intrusivos del Cretácico superior), Lara, Tibillos, Zafranal y Angostura. Sus edades de mineralización se registran entre 80 y 68 Ma.

XI. Franja de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno

Está constituida por dos sub-provincias, una en la parte central de la cuenca Lancones en el noroeste del Perú, y la otra ubicada en el flanco oeste de la Cordillera Occidental entre La Libertad e Ica (9°-13°). Los depósitos de la cuenca Lancones están hospedados en los niveles volcánicos félsicos calcoalcalinos (Ríos, 2004) de las secuencias volcano-sedimentarias del Albiano-Cenomaniano. En este sector son conocidos los depósitos El Papayo, Cerro Colorado y Potrobayo, cuyos controles estructurales son fallas menores con orientaciones NE-SO, E-O y NNE-SSO, que constituyen la zona de deformación de la deflexión de Huancabamba. Entre la Libertad e Ica, Romero (2007) diferencia secuencias volcánicas calcoalcalinas del Cretácico-Paleoceno, anteriormente atribuidas como Grupo Casma, pero ahora denominada Cuenca Maastrichtiano-Daniano, tipo marginal de tras arco (Romero et al., 2008). Esta cuenca alberga depósitos tipo sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu (tipo kuroko), cuyos controles regionales de mineralización son fallas NO-SE del sistema Tapacocha y Conchao-Cocachacra. Los depósitos más relevantes son María Teresa, Aurora Augusta, Leonila-Graciela (Perubar), Cerro Lindo, Palmas y Balducho. Las edades de mineralización tienen un intervalo de 68 a 62 Ma.

XII. Franja de epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno

Se localiza en el sector central de la cuenca Lancones, en el noroeste del Perú. Las estructuras mineralizadas son vetas de cuarzo-oro, de orientación NE-SO, hospedadas en rocas volcánicas del Albiano-Cenomaniano. Los depósitos de Au-Ag que constituyen esta franja, están asociados a granitoides del Cretácico superior-Paleoceno (Injoque et al., 2000; Ríos, 2004). Entre los depósitos más representativos destacan Bolsa del Diablo, Potrero, Suyu y Pilares.

XIII. Franja de pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Paleoceno-Eoceno

Se extiende en el flanco oeste de la Cordillera Occidental del sur del Perú y agrupa a los depósitos de Cu-Mo de mayor tonelaje en dicho sector. Los intrusivos relacionados con la mineralización presentan composiciones dioríticas, granodioríticas y monzoníticas, cuyo emplazamiento se encuentra controlado por el sistema de fallas Incapuquio (NO-SE). Esta franja registra dos épocas metalogenéticas con mineralización de Cu-Mo (Acosta et al., 2008). La primera del Paleoceno (62 y 55 Ma), representada por los depósitos de Cerro Verde y Toquepala. La segunda época es del Eoceno (54 y 52 Ma), caracterizada por los depósitos de Cuajone y Quellaveco. Distalmente a los sistemas porfiríticos de Cu-Mo y en secuencias sedimentarias, se tienen estructuras mineralizadas de Cu-Pb-Zn, con geometrías de vetas y cuerpos, similares a Ataspaca.

XIV. Franja de depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusiones del Eoceno

Se presenta en el Norte en la región Ancash (9°-10°). Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetas de cuarzo-oro-sulfuros, con orientaciones son N-S, E-O y NO-SE.

Las vetas están relacionadas con stocks tonalíticos y granodioríticos del Eoceno, emplazados en el límite Oeste del dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental y el Batolito de la Costa. Al Norte, el principal control estructural es el sistema de fallas Conchao-Cocachacra, donde destacan los depósitos La Cantera, Virahuanca, Tres Minas y Chuncas.

XV. Franja de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno

Se ubica entre la Cordillera Occidental y el Altiplano de las regiones de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno. La mineralización está relacionada con granitoides dioríticos a granodioríticos del Batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno, emplazados en condiciones transpresionales (Carlotto, 1999; Perelló et al., 2003) y controlados, por los sistemas de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, Cusco-Lagunillas-Mañazo, Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa y Abancay-Condorama-Caylloma. La mineralización Cu-Mo (Au) está relacionada con intrusivos intermedios a ácidos, asimismo en el contacto con secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano se desarrollan cuerpos de *skarn* de Cu-Zn. Los intrusivos más básicos están relacionados con las mineralizaciones de Fe-Cu-Au, que se presentan a manera de cuerpos, en el contacto con secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano, además de vetas principalmente de Au-Cu en los intrusivos.

Los depósitos más representativos de esta franja son Tintaya, Kananga, Las Bambas, Cotabambas, Morosayhuas, Antapacay, Haqira, Los Chancas, Antillas, Trapiche, entre otros. Las edades de mineralización están registradas entre 42 y 30 Ma. Es importante mencionar que en el dominio del sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, se tienen cuencas continentales sin-orogénicas (Carlotto et al., 2005), con mineralización de Cu tipo "Red Bed" alojada en capas rojas del Eoceno-Oligoceno del Grupo San Jerónimo y relacionada con el Batolito Andahuaylas-Yauri (Loza, 2004). Los depósitos más importantes de este tipo se ubican en las localidades de Tambomachay, Ushpa, Tipon y Anta.

XVI. Franja de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno

Se sitúa a lo largo de la Zona Subandina del centro y norte del Perú. Las rocas huéspedes de la mineralización de Pb-Zn, están constituidas por secuencias dolomíticas del Triásico superior-Jurásico inferior del Grupo Pucará. Esta franja está controlada por el sistema de fallas NO-SE Satipo-Pangoa-San Francisco y cabalgamientos que ponen en contacto la Cordillera Oriental sobre la Zona Subandina. En este sector se encuentran los depósitos San Vicente, Piñón, Sillapata, Huacrash-Aynamayo, Puntayacu, Pichita Caluga, Cascas, Ninabamba, Raymondi Sur, Tambo María, Pampa Seca, San Roque, Bolívar, Soloco y Bongará. Al oeste de la franja, también es posible encontrar depósitos MVT de Pb-Zn,

pero a diferencia de la franja principal se encuentran distribuidos puntualmente en anticlinales cerrados que desaparecen debajo de rocas más jóvenes. En este sector se tienen a los depósitos Ulcumayo y Shalipayco. La edad de mineralización de estos depósitos se asume como eocena o miocena, relacionada con las épocas de mayor deformación que afectaron a esta zona, durante la evolución andina (Mégard, 1987; Carlotto et al., 2005).

XVII. Franja epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno

Se localiza en la Cordillera Occidental del Perú central (9°-14°). Esta franja se caracteriza por ser una de las más complejas, debido a que se encuentran depósitos metálicos de diversos tipos, como pórfidos de Cu-Mo, *skarns* de Pb-Zn-Cu, epitermales de Au-Ag y polimetálicos Pb-Zn (Ag) relacionados con intrusiones. Dichos depósitos se relacionan con tres eventos magmáticos, registrados en los periodos 39-33 Ma (Eoceno), 31-25 Ma (Oligoceno) y 20-10 Ma (Mioceno). La distribución espacial y temporal de dichos depósitos está controlada por las reactivaciones de las fallas NO-SE y N-S de los sistemas La Oroya-Huancavelica y Cerro de Pasco-Ayacucho. El depósito más antiguo conocido hasta la fecha es el epitermal de Au-Ag de Quicay, con una edad de mineralización en el rango de 37 y 35 Ma (Noble y McKee, 1999). Quicay se relaciona con la actividad magmática del Oligoceno, manifestada principalmente por el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composiciones variables entre dioritas y granodioritas. Asimismo se tienen depósitos tipo pórfido de Cu-Mo, como Pariajirca y *skarns* de Pb-Zn-Cu, en el contacto con secuencias carbonatadas del Triásico superior-Jurásico inferior del Grupo Pucará, es el caso de los depósitos El Porvenir (Milpo), Atacocha, Raulito, Rondoní, Patashmina y Huancamina, así como, el pórfido-*skarn* de Vinchos.

De igual forma las intrusiones oligocénicas están relacionadas con vetas de Pb-Zn-Cu, como Machcán y otras más. Según los reportes de edades radiométricas K/Ar de Soler y Bonhome (1988), la época metalogenética para los depósitos de Pb-Zn-Cu se encontraría entre 29 y 26 Ma. Por otro lado, las intrusiones miocénicas ~20 Ma se asocian con las mineralizaciones de Pb-Zn-Cu, es el caso de los depósitos Anita, Asunción, Chanchamina y otros del Perú central.

XVIII. Franja de epitermales de Au-Ag del Oligoceno

Se extiende entre en el flanco oeste del dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. Esta franja se encuentra sub-dividida en dos segmentos. Por el norte se encuentra el segmento Otuzco-San Pablo-Porculla (7°-8°30') y por el sur Huaytará-Tantará-Tupe (12°30'-14°30'). Los controles de mineralización son fallas con orientaciones preferenciales NO-SE y E-O. Al norte se encuentran los depósitos Salpo, San Pedro, Paredones, Coshuro, Lucero, Los Pircos, Mishahuanca, entre otros; algunos de ellos relacionados con centros volcánicos, como el caso de Uromalqui (Salpo), San Pedro e Urillao-Ruhos (Rivera et al., 2005). Al sur destacan los depósitos Antapite, Pampa Andino y Ticrapo. En ambos segmentos las estructuras mineralizadas presentan

geometrías de vetas con contenido de Au-Ag tipo epitermal de baja sulfuración. Las edades de mineralización se estiman entre 31 y 25 Ma.

XIX. Franja de depósitos de Sn-Cu-W relacionados con intrusivos del Oligoceno-Mioceno y epitermales de Ag-Pb-Zn (Au)

Se encuentra al extremo suroeste de la Cordillera Oriental y en la cuenca Putina, en el sur del Perú. Está limitada por el sistema de fallas NO-SE Urcos-Sicuaní-Ayaviri y el sistema de fallas que controlan el sector oeste de la cuenca Putina. La mineralización Sn-Cu-W está relacionada con *stocks* peraluminosos "tipo S", que varían de monzogranitos a granodioritas (Kontak y Clark, 2002), con fuerte alteración clorítica (Mlynarczyk et al., 2003). Las rocas intrusivas del área constituyen la extensión de granitoides de la Cordillera Real de Bolivia, con edades de emplazamiento del Oligoceno y Mioceno. Los *stocks* intrusivos cortan a pizarras, esquistos y cuarcitas del Ordovícico. El principal depósito del Perú es San Rafael, pero destacan otros menores como Palca 11 y Santo Domingo. Las edades de mineralización están entre 25 y 22 Ma, pero hacia el lado boliviano, en el depósito Cerro Rico de Potosí, se registra una edad más joven próxima a 14 Ma (Zartman y Cunningham, 1995). Igualmente, asociado a eventos volcánicos de 25-14 Ma, se tienen epitermales de Ag-Pb-Zn (Au) de intermedia a baja sulfuración y vetas Sb. El depósito más representativo es Corani.

XX. Franja de pórfidos de Cu-Mo (Au), *skarns* de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno

Se ubica en la Cordillera Occidental del norte y centro del Perú (5°-12°). Esta franja está controlada por el sistema de fallas y cabalgamientos NO-SE de los sistemas Chonta y Punre-Canchis-Magistral, este último conforma la faja corrida y plegada del Marañón (MTFB). En el norte del Perú, las fallas van cambiando a ONO-ESE y finalmente N-S, al aproximarse a la deflexión de Huancabamba. Esta franja presenta tres eventos magmáticos relacionados con la mineralización, estimados en 22-20 Ma, 18-13 Ma y 10-5 Ma. Los eventos magmáticos están manifestados por el emplazamiento de *stocks* intrusivos calcoalcalinos dioríticos a granodioríticos. El primer evento de 22-20 Ma se asocia con los depósitos tipo pórfido de Cu-Mo de Michiquillay y Aurora Patricia. El segundo evento de 18-13 Ma contiene mineralizaciones tipo pórfido de Cu-Mo y Cu-Au, que algunas veces desarrolla *skarns* y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, en el contacto con rocas carbonatadas del Cretácico, como Chungar, Iscay Cruz y otros depósitos. Los pórfidos de Cu-Mo (18-13 Ma) están relacionados con intrusiones intermedias a ácidas, tal como El Galeno, La Granja, Cañariaco, Parón y Magistral; mientras que los pórfidos de Cu-Au están asociados con intrusiones básicas a intermedias, como es el caso de Minas Conga (El Perol y Chailhualgón) y Cerro Corona.

Otros sistemas porfiríticos similares a los anteriores se exponen puntualmente en sectores erosionados del dominio volcánico miocénico (franja XXI), donde se puede mencionar a los depósitos de Chamis, Colpayoc, Cascabamba, San José, La Arena, Alto Dorado,

Pashpap, Los Latinos, así como al depósito en la transición pórfido-epitermal El Toro y al *skarn* de Pb-Zn-Cu, El Extraño.

El tercer evento magmático de 10-5 Ma genera depósitos tipo pórfido Cu-Mo (Au), como Río Blanco al norte, Toromocho y Puy Puy al centro. Los intrusivos de 10-5 Ma son controlados por el dominio de las fallas del sistema Chonta, Churín-San Mateo y de la MTFB, en contacto con rocas calcáreas del Cretácico (9°-12°30'), presentan *skarns* y cuerpos de reemplazamiento de Cu-Zn y Pb-Zn-Ag, como Antamina, Huanzalá, Pachapaqui, Raura, Ucchuchacua, Huarón, Yauricocha y otros. Dichos intrusivos también generan vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, similares a Yauliyacu-Casapalca, Morococha, Mina Solitaria y San Cristóbal, este último con una edad ~6 Ma (Noble y McKee, 1999).

XXI Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno

XXI-A. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas volcánicas

Se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. En el norte (5°-9°30') esta franja es controlada por fallas NO-SE que van cambiando a ONO-ESE al aproximarse a la deflexión de Cajamarca, para luego pasar a N-S, conforme se aproximan a la deflexión de Huancabamba. En el sector centro-norte (10°-13°30'), los principales controles estructurales son: fallas NO-SE, correspondientes a los sistemas Conchao-Cocachacra y Chonta; fallas N-S del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho y La Oroya-Huancavelica; y fallas E-O del sistema Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa.

En el sector sur, la franja está controlada por fallas NO-SE correspondientes a los sistemas Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condorama-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Esta franja agrupa a depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) de alta, baja e intermedia sulfuración. Según las edades de mineralización, esta franja puede ser subdividida en dos épocas metalogenéticas (18-13 Ma y 12-8 Ma). Entre los depósitos que se encuentran hospedados en rocas volcánicas se encuentran Quiruvilca, Pierina, Tamboraque y Santa Rita. Algunos de los depósitos están relacionados con centros volcánicos, como es el caso de Quesquenda (Alto Chicama), Quiruvilca, Alto Dorado, Matala, Macón y Alto Cruz-Ticas (Rivera et al., 2005).

Entre las latitudes 14° y 16° se encuentran depósitos de Au-Ag de alta sulfuración como Chipmo (Orcopampa), Poracota y posiblemente Arasi. Asimismo destaca la presencia de epitermales de Au-Ag (Pb-Zn) de baja sulfuración, similares a Calera, Caylloma y Selene.

En la época metalogenética de 12-8 Ma, en el norte del Perú se encuentran los depósitos de Au-Ag del distrito minero de Yanacocha, Tantahuatay y La Zanja, así como, vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Cu (Ag, Au). En el Perú central, se tiene el segundo pulso de mineralización de Pb-Zn (Ag) de Cerro de Pasco (12.4-10.9 Ma, Baungartner et al., 2006) y la mineralización del distrito de Colquijirca (el primer pulso corresponde a un evento de superposición epitermal).

Entre los paralelos 12° y 13°30' sur, en el dominio de las fallas NO-SE del sistema La Oroya-Huancavelica, destaca la presencia de epitermales de Au-Ag en rocas carbonatadas del Triásico-Jurásico del Grupo Pucará, como Tucumachay. Mientras que en el sector de influencia de las fallas NO-SE del sistema Chonta y de la falla N-S Huancayo-Julcani, se tienen epitermales de Pb-Zn-Ag de alta a intermedia sulfuración como Julcani, Palomo, San Genaro, Huachocolpa, Caudalosa Grande, Caudalosa Chica y otros. Más al sur (14°-16°), se encuentran principalmente epitermales de Au-Ag de baja sulfuración, como Ares, Shila y Paula. Dentro de esta franja epitermal del mioceno tenemos yacimientos alojados en rocas cretácicas y depósitos polimetálicos con superposición epitermal, los que a continuación se presentan:

XXI-B. Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias

Esta franja se ubica al norte del Perú (~7°30'), la cual alberga yacimientos epitermales de alta sulfuración hospedados en secuencias silicoclásticas del Cretácico inferior del Grupo Goyllarisquizga, con una edad de mineralización de 17 a 14 Ma. Los depósitos más importantes son Alto Chicama (Lagunas Norte), La Virgen, Santa Rosa, Rosario de Belén y Shahuindo.

XXI-C. Depósitos polimetálicos con superposición epitermal

En el centro del Perú (10°30'-11°), las fallas N-S del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho controlan a la cuenca eocena Pocobamba (Ángeles, 1999), y esta a su vez a los centros volcánicos de Cerro de Pasco y Colquijirca. De esta manera, entre 18 y 13 Ma se desarrolla el primer pulso de mineralización Pb-Zn-Ag con superposición epitermal en el distrito de Cerro de Pasco (14.5-14.1 Ma, Baungartner et al., 2006).

En el sur (14°30'), las rocas hospedantes están formadas por el Grupo Tacaza de edad miocénica, y la mineralización corresponde a vetas de Pb-Ag-Cu, Pb-Cu-Ag y Cu-Pb-Ag, siendo las principales ocurrencias Pepita, Carmencita, Cerro Huarajuy y Don Felipe. Más al sur (16° y 17°S) la mineralización se encuentra entre dos corredores estructurales formados por los sistemas de fallas Incapuquio, Condorama-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Las rocas hospedantes pertenecen a los grupos Tacaza y Maure y las calizas de la Formación Ayavacas. La mineralización es de tipo Cu-Pb-Zn y los yacimientos más importantes son Tacaza, Santa Bárbara, Berenguela, Mina los Rosales, Quello Quello y San Antonio de Esquilache. La edad de mineralización está asociada a intrusivos de edades comprendidas entre 22 y 19 Ma.

XXII. Franja de depósitos de W-Mo-Cu relacionados con intrusivos del Mioceno superior

Se ubica en la Cordillera Occidental del centro-norte del Perú (8°-10°). La mineralización de Cu-W se asocia con granitoides de la Cordillera Blanca, cuyo emplazamiento se encuentra controlado por fallas NO-SE y N-S del sistema de la Cordillera Blanca. Los depósitos más representativos son Pasto Bueno, Mundo Nuevo, Nueva California,

Lacabamba y Señor de la Soledad. Las estructuras mineralizadas presentan principalmente geometrías de vetas con contenidos variables de cuarzo-hubnerita-ferberita-cobres grises. Las edades de mineralización se registran entre 9 y 6 Ma.

XXIII. Franja de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno

Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental del centro-sur del Perú (12°30'-18°). La mineralización de Au-Ag está relacionada con la actividad magmática Mio-Pliocena. Sus controles estructurales son fallas NO-SE de los sistemas de fallas Chonta, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cincha-Lluta, así como fallas menores E-O. Las edades de mineralización de esta franja se registran entre 7 y 1 Ma, y está constituida principalmente por depósitos epitermales de Au-Ag de alta sulfuración, a excepción del depósito de baja sulfuración de Ag-Au Arcata (5.4 Ma, Candiotti et al., 1990) y del depósito de Pb-Zn-Ag Recuperada de intermedia sulfuración (6.4 Ma, Noble y McKee, 1999). Los epitermales de Au-Ag de alta sulfuración que se distribuyen en esta franja son Tucari, Santa Rosa, Pucamarca, Pico Machay, Corihuarmi, Huamanraza, Ccarhuaraso, Palla Palla, Baños del Indio y otros.

Cuencas hidrográficas favorables para depósitos de Au tipo placer y aluvial

Estas cuencas se extienden principalmente en el llano amazónico y en parte de la Cordillera Oriental. Las más importantes son Madre de Dios, Alto Huallaga y Santiago-Bajo Marañón.

3. PRODUCCIÓN DE ORO, PLATA Y COBRE EN LAS FRANJAS METALOGÉNÉTICAS

Estudios preliminares de las series históricas de producción de oro plata y cobre, tomadas de anuarios mineros del Ministerio de Fomento, *El Perú Minero* de Mario Samamé Boggio y el Ministerio de Energía y Minas, e informes inéditos, muestran que la producción histórica de oro ha sido 2,833 toneladas (91 millones de onzas), la cual incluye la época preincaica, colonial y republicana. Mientras que la producción de plata llegó a 154,317 toneladas (4,961 millones de onzas), incluyendo la época colonial y republicana. Sin embargo, desde la época republicana la producción de cobre ha alcanzado 22'751,635 toneladas.

Esta producción metálica corresponde a datos tomados de las épocas preincaica, colonial y republicana (entre 1901 y 2008).

A partir de la producción histórica total del oro, la plata y el cobre, podemos ver cómo está distribuida en las franjas metalogénéticas (Figuras 3.1, 3.2 y 3.3).

Para el caso del oro, notamos que la mayor producción proviene de franja XXI del Mioceno (Figura 3.1), la cual ha producido más de 1,400 toneladas (> 45 millones de onzas). La otra parte de la producción proviene de las franjas I y II del Paleozoico (Cordillera Oriental y el Batolito Pataz - Buldibuyo respectivamente) y la franja IX del Cretácico (Nazca-Ocoña: Batolito de la Costa), que en conjunto han producido más de 1,200 toneladas de oro (> 38 millones de onzas).

Al igual que el oro, la mayor producción de plata se encuentra en la franja XXI, sin embargo, también está presente en la franja XX del Mioceno (Figura 3.2), donde ambas superan las 110,000 toneladas (> 3,500 millones de onzas). Otra parte de la producción ha provenido de la franja del XVII del Eoceno-Mioceno, la cual ha producido cerca de 30,000 toneladas (~1,000 millones de onzas). El resto de la producción se encuentra distribuida en las franjas III, XI, XIII, XV, XVIII y XXIII, que en conjunto alcanzan 14,000 toneladas aproximadamente (> 450 millones de onzas).

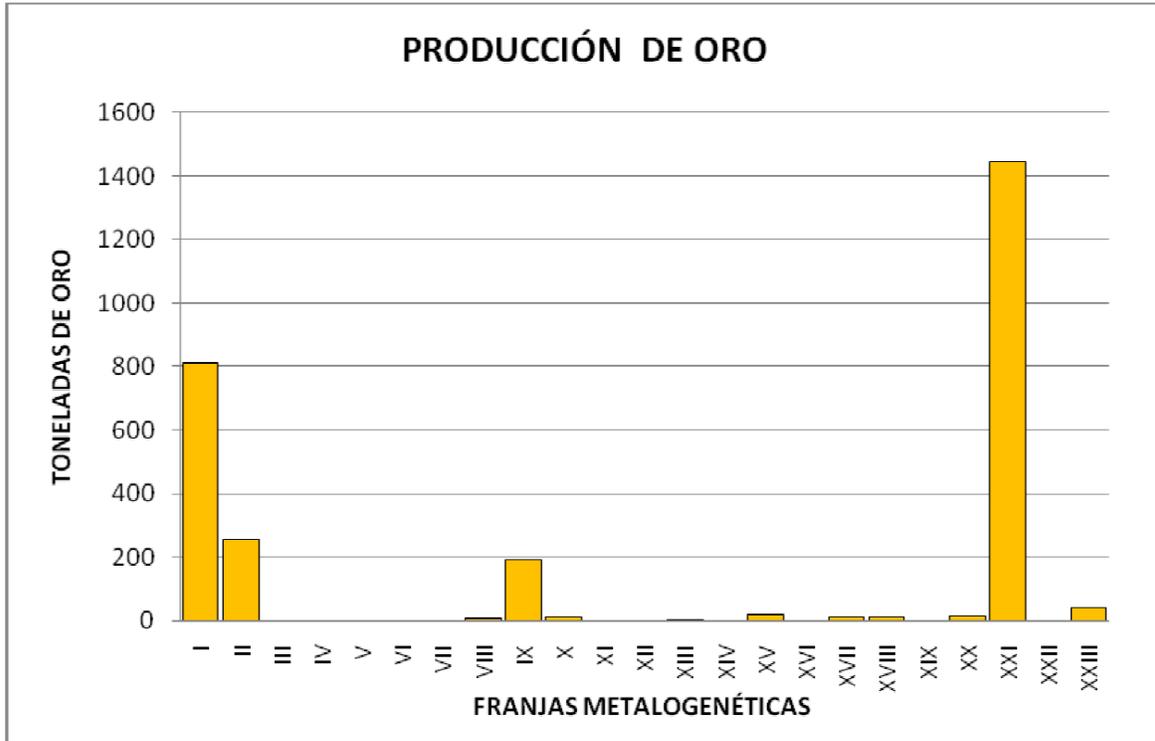


Figura 3.1. Producción de oro por franjas metalogénicas.

La producción de cobre está distribuida principalmente en las franjas III, XIII, XV, XX y XXI (Figura 3.3). Sin embargo, la mayor producción proviene de la franja XIII del Paleoceno-Eoceno, representada por las minas Toquepala, Cuajone y Cerro Verde, que pasa los 13 millones de toneladas de cobre. La franja XX del Mioceno es la segunda con mayor producción, la cual ha generado más de 3 millones de toneladas, principalmente del yacimiento Antamina. Otra parte de la producción de cobre, que con cerca de 6 millones de toneladas, viene de las franjas II, XV y XXI, donde se encuentran las minas Cobriza, Tintaya y Cerro de Pasco, respectivamente.

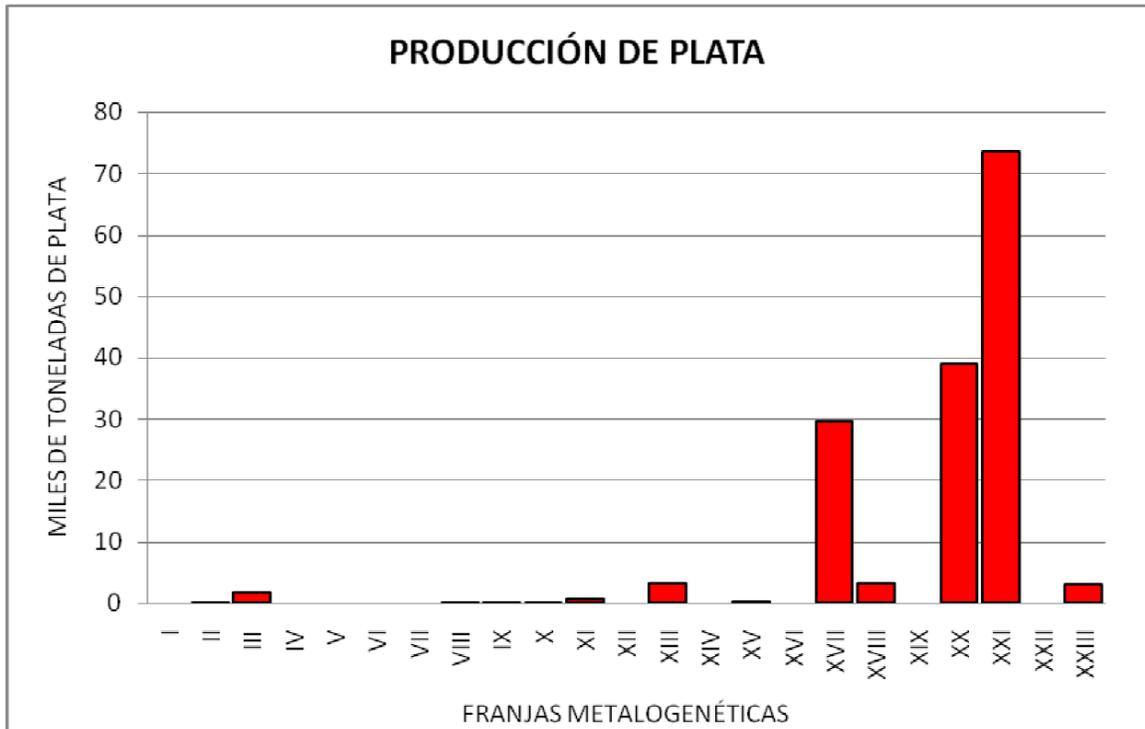


Figura 3.2 Producción de plata por franjas metalogénicas.

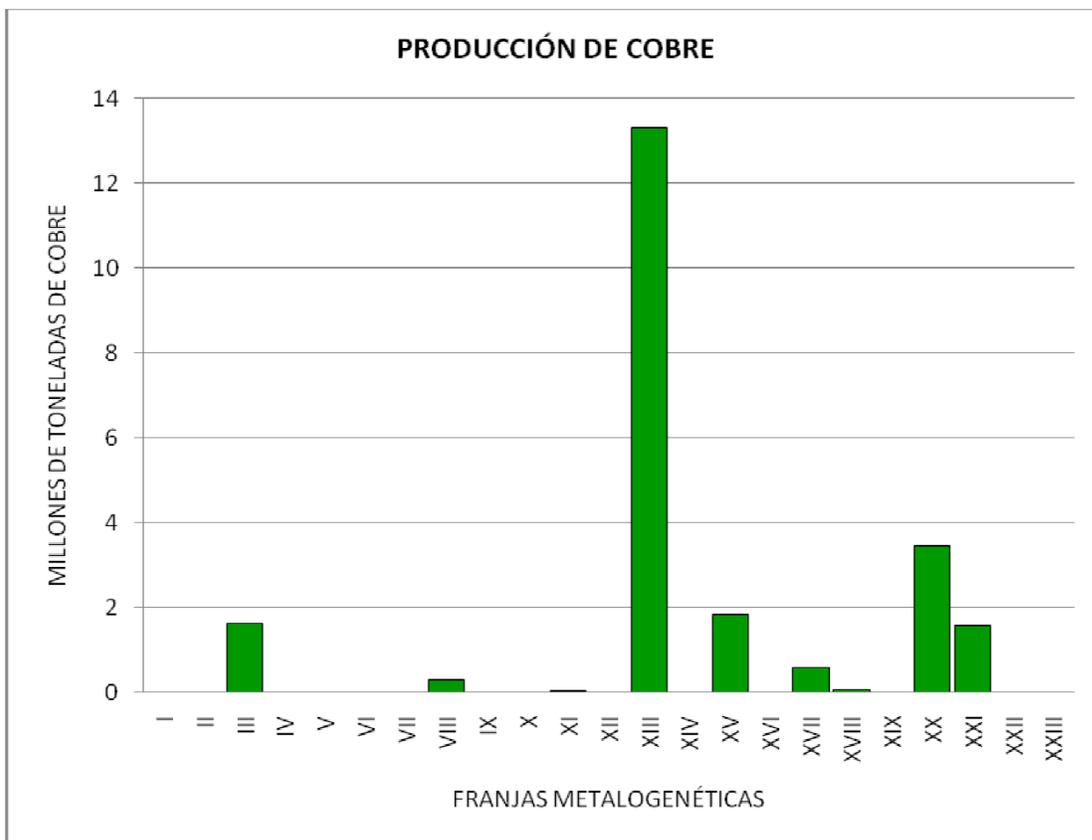


Figura 3.3 Producción de cobre por franjas metalogénicas.

CONCLUSIONES

- La producción total histórica de oro ha sido 2,833 toneladas (91 millones de onzas), mientras que la producción de plata llegó a 154 ,317 toneladas (4,961 millones de onzas), sin embargo, la producción de cobre ha alcanzado 22´751,635 toneladas.
- La mayor producción de oro y plata proviene de la franja XXI del Mioceno, la cual ha producido más de 1,400 toneladas de oro (> 45 millones de onzas) y 70,000 toneladas de plata (> 2,250 millones de onzas).
- Para el caso del cobre, la mayor producción proviene de la franja XIII del Paleoceno-Eoceno, representada por las minas Toquepala, Cuajone y Cerro Verde, que pasa los 13 millones de toneladas de cobre.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Quispe, J., Santiesteban, A. & Acosta, H. 2008. Épocas metalogénicas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del Sur del Perú: latitudes 14°s - 18°s. Resúmenes extendidos XIV Congreso Peruano de Geología.
- Ángeles, C. 1999. Los sedimentos cenozoicos de Cerro de Pasco: estratigrafía, sedimentación y tectónica. Volumen Jubilar No 5, Sociedad Geológica del Perú, pp. 103-118.
- Baumgartner, R., Fontboté, L., Alvarez, H., Page, L., Otcharova, M., Spikings, R. & Vennemann, T. 2006. Geochronological, Fluid Inclusion and Isotopic Constraints in the Cerro de Pasco District, Peru. Resúmenes XIII Congreso Peruano de Geología.
- Bendezú, R., Fonboté, L. & Cosca, M. 2003. Relative Age of Cordilleran Base Metal Lode and Replacement Deposits, and High Sulfidation Au-(Ag) Epithermal Mineralization in the Colquijirca Mining District, Central Peru. *Mineralium Deposita*, Vol. 38, pp. 683-694.
- Bellido, E. & De Montreuil, L. 1972. Aspectos generales de la metalogenia del Perú. Servicio de Geología y Minería. Boletín. Serie B: Geología Económica, n. 1, 149 p., 1972.
- Bissig, T., Ullrich, T., Tosdal, R. & Ebert, S. 2004. The Late Eocene to Late Miocene Magmatic arc of Central Peru: New Ar-Ar Age Constraints from Yauricocha To Cerro de Pasco. Resúmenes XII Congreso de Geología, Sociedad Geológica del Perú.
- Canchaya, S. & Aranda, A. 2001. Geología económica y mapa metalogénico del Perú: relación de minas y prospectos mineros. *Ingemmet*, 32 p.
- Candiotti, H., Noble, D.C. & McKee, E. 1990. Geologic setting and epithermal silver veins of the Arcata district, southern Peru. *Economic Geology*, vol. 85, pp. 1473-1490.
- Cardona, A. 2006. Reconhecimento da evolução tectônica da proto-margem andina do centro-norte peruano, baseada em dados geoquímicos e isotópicos do embasamento da cordilheira oriental na região de Huánuco-La Unión. Universidade de São Paulo Instituto de Geociências. Tese de doutoramento, pp. 198.
- Cardozo, M. 2002. Los Andes Peruanos: Geología y Potencial Minero. Ministerio Energía y Minas del Perú. Presentación ppt. 31 pp.
- Carlotto, V., Carlier, G., Jaillard, E., Sempere, T. & Mascle, G., 1999. Sedimentary and structural evolution of the Eocene-Oligocene Capas Rojas basin: Evidence for a late Eocene lithospheric delamination event in the southern Peruvian Altiplano. IV International Symposium on Andean Geodynamics, Göttingen, pp. 141-146
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Díaz-Martínez, E., Sempere, T., Hermoza, W., Cerpa, L. & Acosta, H., 2000. La Formación Ene de la región de Cusco y su importancia en la exploración de yacimientos de hidrocarburos. X Congreso Peruano de Geología, Lima, CD-ROM file GH1.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Carlier, G., Díaz-Martínez, E., Cerpa, L., Valderrama, P., Robles, T., 2004. Evolución tectónica y sedimentaria de la Cuenca Mitu (Pérmico – Triásico) de la región de Abancay – Cusco – Sicuani (Sur del Perú). XII Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú 2004, Resúmenes Extendidos pp. 412-415.
- Carlotto, V., Jaillard, E., Carlier, G., Cárdenas, J., Cerpa, L., Flores, T., Latorre, O. & Ibarra, I. 2005. Sociedad Geológica del Perú, Volumen especial N°6 “Alberto Giesecke Matto”, pp. 103-126

- Chew, D., Schaltegger, U., Kosler, J., Fontignie, D., Spikings, R., Miskovic, A., 2005. Evolution of the Gondwanan margin of the northern Andes. *3rd Swiss Geoscience Meeting*, Zürich.
- Clark, A., Farrar, E., Kontak, D., Landrigne, J., Arenas, M., France, L., Mc-Bride, S., Woodman, P., Wasterneys, H., Sandeman, H. & Douglas, D. 1990. Geologic and geochronologic constrains on the metallogenic evolution of the andes of southeastern Peru. *Economic Geologic*. Vol., 85; pp. 1520-1583.
- Dalmayrac, B., Laubacher, G. & Marocco, R., 1980. Caractères généraux de l'évolution géologique des Andes péruviennes. *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, Paris, v. 122, pp. 501.
- Davies, C. 2002. Tectonic, magmatic and metallogenic evolution of the Cajamarca mining district, northern Peru. Unpub PhD. Thesis, James Cook Univeristy, Australia.
- De las Casas, F. y Ponzoni, E., 1969. Mapa metalogénico del Perú, escala 1/1'000,000. Soc. Nac. Min. Petrol., Lima.
- Haeberlin, 2002. Geological and Structural Setting, Age, and Geochemistry of the Orogenic Gold Deposits at the Pataz Province, Eastern Andean Cordillera, Peru. Unpublished PhD theses. Université de Genève. Online version.
- Injoque, J., Rios, A.; Martínez, J.; Serrano, M.; Torres, J. y Vargas, Ch. 2000. Geología de los Volcánicos del Cretáceo Medio, Cuenca Lancones, Tambogrande – Las Lomas, Piura. X Congreso Peruano de Geología. Resúmenes, pp. 231.
- Jacay, J., Sempere, T., Carlier, G. & Carlotto, V., 1999. Late Paleozoic - Early Mesozoic plutonism and related rifting in the Eastern Cordillera of Perú. IV International Symposium on Andean Geodynamics, Göttingen, pp. 358-363.
- Kontak, D.J., Clark, A.H., Farrar, E. & Strong, D.F., 1985. The rift associated Permo-Triassic magmatism of the Eastern Cordillera: a precursor to the Andean orogeny. *In: W.S. Pitcher, M.P. Atherton, J. Cobbing & R.D. Beckinsale (Editors), Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*. Blackie, Glasgow, & Halsted Press, New York, p. 36-44.
- Kontak, D.J. & Clark, A.H. 2002. Genesis of the giant, Bonanza San Rafael lode tin deposit, Peru: origin and significance of pervasive alteration. *Economic Geology*, vol. 97, pp. 1741-1777.
- Laubacher, G., 1978. Géologie de la Cordillère Orientale et de l'Altiplano au nord et nord-ouest du lac Titicaca (Pérou). *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, v. 95, pp. 217.
- Loza, M. 2004. Los yacimientos estratoligados de cobre de las capas rojas de Cusco y Sicuani (Eoceno-Oligoceno) sedimentología, tectónica y metalogenia. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo, pp. 56.
- Mégard, F. 1973. Etude géologique d'une transversale des Andes au niveau du Pérou central. Thèse d'Etat, Université de Montpellier, pp. 263.
- Mégard, F., 1987. Cordilleran Andes and marginal Andes: a review of Andean geology north of the Arica elbow (18°S). *In Circum-Pacific orogenic belts and evolution of the Pacific océano basin*, J.H.W. Monger & J. Francheteau (eds.), American Geophysical Union, Geodynamic Series, v. 18, p. 71-95.
- Mlynarczyk, M., Sherlock, R. & Williams-Jones, A. 2003. San Rafael, Peru: geology and structure of the worlds richest tin lode. *Mineralium Deposita*, 38, pp. 555-567.
- Noble, D.C., Silberman, M.L., Mégard, F. & Bowman, H.R., 1978. Comendite (peralkaline rhyolites) in the Mitu Group, central Perú: Evidence of Permian-Triassic crustal extension in the Central Andes. *U.S. Geological Survey Journal of Research*, v. 6, pp. 453-457.
- Noble, D. C. & McKee, E. 1999. The Miocene metallogenic belt of central and northern Peru. *In Skinner, B. J., ed., Geology and Mineral Deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologists, especial publication 7, pp. 155-193.
- Noble, D. C. (2004) Space-time relationships of some Porphyry Cu-Au, epithermal Au, and other magmatic related mineral deposits in northern Peru. *Society of Economic Geology, Special Publication N° 11*, pp. 313-318.
- Norman, D.I & Landis, G.P. 1983. Source of mineralizing components in hydrothermal ore fluids as evidence by $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and stable isotope data from the Pasto Bueno deposits, Peru. *Economic Geology*, vol. 78, pp. 451-465.
- Perelló, J., Carlotto, V., Zaraté, A., Ramos, P., Passo, H., Neyra, C. & Caballero, A. (2003).- Porphyry style alteration and mineralization of the middle Eocene to Oligocene Andahuaylas-Yauri belt. Cuzco region, Peru. *Economic Geology*. Vol., 98, pp. 1578-1605. Quispe, J., Carlotto, V., Acosta, J., Macharé, J., Chirif, H., Rivera, R., Romero, D., Huanacuni, D. &

- Rodríguez, R. 2008. Mapa Metalogénico 2008. Resúmenes extendidos XIV Congreso Peruano de Geología.
- Polliand, M., Schaltegger, U., Frank, M. y Fontbote, L., 2005. Formation of Intra-arc volcanosedimentary basins in the western flank of the central Peruvian Andes during Late Cretaceous oblique subduction: field evidence and constraints from U-Pb ages and Hf isotopes. *Int. J. Herat Sci. (Geol. Rundsch)* (2005) 94: pp. 231 – 242.
- Ponzoni, E. (1980) Metalogenia del Perú. Inst. Geol. Min. Met., Lima, 68 p. Ríos, A. 2004. Estudio del Metalotecto Lancones y su Potencial por Yacimientos Volcanogénicos de Sulfuros Masivos (VMS) - (Piura – Perú). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, pp. 224.
- Rivera, M., Monje, R. & Navarro, P. 2004. Nuevos datos sobre el volcanismo Cenozoico (Grupo Calipuy) en el norte del Perú: Departamentos La Libertad y Ancash. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, pp. 7-21.
- Rodríguez, I., Quispe, J., Sánchez, V., Villarreal, E. & Jaimes, F. 2008. Metalogenia de la cuenca Lancones: noroeste del Perú-Sur de Ecuador. Resúmenes extendidos XIV Congreso Peruano de Geología.
- Romero, D. 2007. La cuenca Cretácico superior-Paleoceno del Perú central: un metalotecto para la exploración de SMV, Ejemplo Mina Maria Teresa. Tesis de maestría Programa ALFA, pp. 100. Romero, D., Carlotto, V., Tassinari., C. & Quispe, J. 2008. Los depósitos de la cuenca Maastrichtiano-Daniano: relación con los yacimientos tipo sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu; Perú central. Resúmenes extendidos XIV Congreso Peruano de Geología.
- Rosas, S. & Fontboté, L., 1995. Evolución sedimentológica del Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior) en un perfil SW-NE en el centro del Perú. *Sociedad Geológica del Perú*, vol. jubilar A. Benavides, pp. 279-309.
- Rosas, S., Fontboté, L. & Morche, W., 1997. Vulcanismo de tipo intraplaca en los carbonatos del Grupo Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior, Perú central) y su relación con el vulcanismo del Grupo Mitu (Pérmico superior-Triásico). IX Congreso Peruano de Geología, pp. 393-396.
- Soler, P. & Bonhomme, M. 1988.- Oligocene magmatic and associated mineralization in the polymetallic belt of central Peru. *Economic Geology*. Vol. 83, pp. 657-663.
- Tegart, P., Allen, G. & Carstensen, A. 2000. Regional setting, stratigraphy, alteration and mineralization of the Tambo Grande VMS district, Piura Department, northern Peru. *Geological Association of Canada*, pp. 375- 405.
- Vidal, C., 1987. Kuroko-type deposits in the middle Cretaceous in the marginal basin of central Peru. *Geological Society of America Bulletin* vol 82 Nº 6 pp. 1409-1430. Winter, L., Tosdal, R., Franklin, J. & Tegard, P. 2002. A Step in the Formation of the Huancabamba Deflection in the Andes of Peru and Ecuador. *Abstracts whit Programs – Geological Society of America*. 34; 6, pp. 437.
- 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).
- Zartman, R.E & Cunningham, C.G. 1995. U-Th-Pb zircon dating of the 13.8 Ma dacite volcanic dome at Cerro Rico de Potosí, Bolivia: *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 133, pp. 227-237.