

MEMORIA

MAPA METALOGENÉTICO DEL ORO EN EL PERÚ 2010

Jorge Acosta, Jorge Quispe, 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, jquispec@gmail.com rrivera@ingemmet.gob.pe
mvalencia@ingemmet.gob.pe, hchirif@ingemmet.gob.pe, dhuanacuni@ingemmet.gob.pe,
irodriguez@ingemmet.gob.pe, evillarreal@ingemmet.gob.pe, dpaico@ingemmet.gob.pe,
asantisteban@ingemmet.gob.pe

1. INTRODUCCIÓN

El mapa metalogenético del oro es una representación segmentada a partir del mapa metalogenético del Perú presentado por Quispe et al 2007, 2008a y 2008b. Este mapa presenta sólo las 12 franjas que contienen tipos de operaciones y proyectos mineros de oro. Además, esta nueva versión 2010 presenta el mapa con nuevos datos de proyectos mineros e información de producción, reservas y recursos por franjas metalogenéticas y tipo de yacimiento. La recopilación de producción de oro se ha tomado de series históricas de Anuarios mineros del Ministerio de Fomento, El Perú Minero de Mario Samamé Boggio y Ministerio de Energía y Minas, e informes inéditos hasta diciembre del 2008.

2. FRANJAS METALOGENÉTICAS DE ORO

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.

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 de la misma edad en su eje axial (Carlotto *et al.*, 2004). Entre los sistemas de fallas reconocidas como permo-triásicas se puede mencionar a Cerro de Pasco-Ayacucho,

Satipo-Pangoa-San Francisco, Abancay-Andahuaylas-Totos-Licapa, Puyentimari, Tamburco-Patacancha y Urcos-Sicuani-Ayaviri.

Otros sistemas de fallas de igual categoría son los que se extienden a lo largo del Batolito de Pataz, relacionados con la tectónica eoherciniana, así como, los sistemas de fallas Punre-Canchis-Magistral y Cordillera Blanca, en el Norte del Perú. En el sector central occidental destacan los sistemas de fallas Chonta, Churín-San Mateo, Tapacocha y Conchao-Cocachacra. Mientras que en el sur del Perú se tienen a los sistemas de fallas Ica-Islay-Ilo, Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condorama-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo.

De esta manera, a partir de los datos tomados de Quispe et al. 2008a, se han modificado y actualizado la información de 12 franjas metalogenéticas del oro:

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. Las rocas hospedantes están conformadas por pizarras y esquistos del Paleozoico inferior. Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetillas y mantos lenticulares de cuarzo-oro, controladas principalmente por fallas inversas NO-SE. Entre los principales depósitos se pueden mencionar a Ananea, La Rinconada, Capac Orcoco y Untuca. Según las últimas investigaciones (Haeblerlin, 2002; Chew et al., 2005; Cardona 2006), esta franja se extendería hasta el Norte (6°), debido a que el denominado Complejo Marañón (6° - $10^{\circ}30'$), según sus historias de sedimentación y metamorfismo, se puede subdividir en tres unidades geológicas: Ordovícico inferior, Ordovícico superior-Silúrico y Carbonífero. Las edades Precámbricas sólo 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. La mineralización se encuentra asociada con granitoides calcoalcalinos del Carbonífero, pertenecientes al Batolito de Pataz, que intruyen a rocas metamórficas del Paleozoico inferior. Las estructuras mineralizadas se encuentran en zonas de cizalla NO-SE, aparentemente desarrolladas a partir de la tectónica eoherciniana. Las estructuras mineralizadas presentan geometrías de vetas y mantos. 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 pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn y depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Pérmico

Se extiende en el flanco Oeste de la Cordillera Oriental del Perú central, al norte de la deflexión de Abancay. Tiene una dirección NO-SE y está controlada 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 con una edad de mineralización estimada en 255.5 Ma (Clark et al., 1990).

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

Se localiza a lo largo de la Cordillera de la Costa, 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 son fallas regionales transcurrentes NO-SE que han controlado la mineralización por varios cientos de kilómetros (Acosta & Santisteban, 2007), como la Falla Treinta Libras en Marcona (Injoque J., 2002). Los depósitos más importantes que constituyen esta franja son Marcona con mineralización de hierro ($154 \pm 4 - 160 \pm 4$ Ma; 164-150 Ma, Injoque et al., 1988; Vidal et al. 1990), Mina Justa con mineralización de Cu ($164 \pm 4 - 150 \pm 4$ Ma, Moody et al. 2003) y Rosa Maria con vetas de Cu-Au (~160-145 Ma, Clark et al., 1990). La edad de mineralización de esta franja se encuentra entre 164 y 145 Ma (Acosta, 2006a,b; Acosta et al., 2008).

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

Se extiende en el noroeste del Perú, dentro del dominio tectónico Olmos-Loja y está limitada por fallas regionales N-S, mayormente inversas. Las rocas huésped están conformadas por secuencias carbonatadas y volcánicas del Jurásico. La mineralización de Cu-Au, se relaciona con stocks intrusivos del Jurásico superior, con edades absolutas alrededor de 153 Ma. Los depósitos más conocidos se encuentran en Ecuador, destacando: Nambija, Napintza, Cumay, Guaysini y Frutos del Norte.

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

Se sitúa 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; Rodriguez et al., 2008). La mineralización se encuentra hospedada en rocas volcánicas submarinas del Jurásico medio al Albiano, con composiciones que varían de basaltos a riolitas y una 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 dos 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 segmentada en dos partes: Trujillo-Mala-Paracas-Ocoña y Locumba-Sama. Entre Trujillo y Ocoña ($8^{\circ} - 15^{\circ}30'$) los principales controles de mineralización son las fallas NO-SE de la cuenca Casma y del sistema Ica-Islay-Ilo, así como fallas menores NE-SO, relacionado a un magmatismo entre ~110 y 95 Ma. En este segmento destacan los depósitos Raul-Condastable (116.5-113 Ma: De Haller et al., 2002), Eliana (115 ± 5 y 113 ± 3 Ma: Vidal et al., 1990), Monterrosas (97-107 Ma: Vidal et al., 1990) Hierro Acarí ($<109 \pm 4$ Ma; Atkin et al (1985) in Vidal et al., 1990) Entre Locumba y Sama ($17^{\circ} - 18^{\circ}$), los controles estructurales están constituidos por la prolongación del sistema NO-SE Ica-Islay-Ilo y fallas menores NE-SO. Los depósitos más importantes de este segmento son Licón, Santiago, Valparaíso donde se infiere una edad de 105-100 Ma (Clark et al., 1990), también se encuentran Cerro pelado y Hierro Morrito. La edad de mineralización de esta franja varía entre 117 y 100 Ma (Acosta, J., 2006a,b;

Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

IX. Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos de Cretácico superior

Se extiende discontinuamente en tres áreas: Trujillo (Cerro Ballena; 9°30'-10°), Canta (Lomada-Caracol-Lajas; 11°-11°30') y Saramarca-Nazca-Ocoña (14°30'-17°). Las estructuras mineralizadas de cuarzo-oro-sulfuros se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa. En las áreas de Trujillo 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. 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. Entre los principales depósitos de esta franja se puede mencionar a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga (Acosta, J., 2006a,b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

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, orientadas en la dirección NE-SO y hospedadas en rocas volcánicas del Albiano-Cenomaniano. Los depósitos de Au-Ag que constituyen esta franja, se les asocia con granitoides del Cretácico superior-Paleoceno del área (Injoque et al., 2000; Ríos, 2004). Entre los depósitos más representativos se puede mencionar a Bolsa del Diablo, Potrero, Suyo y Pilares.

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

Presenta dos segmentos, uno al Norte en la región Ancash (9°-10°) y otro al sur, entre las regiones de Huancavelica y Ayacucho (14°-15°). 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. Al sur, las vetas están controladas por el sistema de fallas Cincha-Lluta y se tienen a los depósitos El Encanto, Zorro Plateado, Jatun Pata, Melchorita, entre otros.

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 y otros; algunos de ellos relacionados con centros volcánicos, como es el caso de Uromalqui (Salpo), San Pedro e Urillao-Ruhos (Rivera et al., 2004). 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 (Quispe, 2006; Acosta & Santisteban 2007; Acosta et al., 2008). Las edades de mineralización se estiman entre 31 y 25 Ma.

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 porfíricos 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 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, Uchuchacua, Huarón, Yauricocha y otros. Igualmente, generan vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, similares a Yauliyacu-Casapalca, Morococho, Mina Solitaria y San Cristóbal, este último con una edad ~6 Ma (Noble & McKee, 1999).

XXI. Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas.

Se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. En el Norte (5°-9°30'), está 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'), sus principales controles son fallas NO-SE de los sistemas Conchao-Cocachacra y Chonta, N-S del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho y La Oroya-Huancavelica y E-O del sistema Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa. En el sector Sur, la franja está controlada por fallas NO-SE de los sistemas Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condorama-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Esta franja agrupa a depósitos de Au-

Ag (Pb-Zn-Cu) tipo alta, baja e intermedia sulfuración. Según sus edades de mineralización, se les puede sub-dividir en dos épocas metalogénicas de 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., 2004). Hacia el Sur (14° - 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 metalogénica de 12-8 Ma, en el norte del Perú se encuentran depósitos de Au-Ag del distrito minero de Yanacocha, Tantahuatay y La Zanja, así como, las 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 mineralización del distrito de Colquijirca (el primer pulso corresponde a un evento de superposición epitermal). Entre los paralelos 12° y $13^{\circ}30'$, 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 en la 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:

XXIA.- Franja de epitermales de Au y Ag hospedados en rocas sedimentarias del Cretácico

En el norte del Perú ($\sim 7^{\circ}30'$), existen yacimientos epitermales de alta sulfuración hospedados en secuencias silicoclásticas del Cretácico inferior del Grupo Goyllarisquizga y tienen una edad de mineralización entre 17 y 14 Ma. Los depósitos más importantes son Alto Chicama (Lagunas Norte), La Virgen, Santa Rosa, Rosario de Belén y Shahuindo.

XXIB.- Franja de depósitos polimetálicos con superposición epitermal.

En el centro del Perú ($10^{\circ}30'$ - 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 ($14^{\circ}30'$), las rocas hospedantes están formadas por el Gpo. Tacaza de edad miocénica y la mineralización corresponde a vetas de Pb-Ag-Cu, Pb-Cu-Ag y Cu-Pb-Ag. Las principales ocurrencias son Pepita, Carmencito, C^o Huarajuy y Don Felipe. Más al Sur, (16° y 17° S) la mineralización se encuentra entre dos corredores formados por los sistemas de fallas Incapuquio, Condorama-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Las rocas hospedantes pertenecen al Gpo Tacaza, Gpo. Maure y calizas de la Fm. 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 (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta 2008).

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 actividad magmática Mio-Pliocena. Sus controles estructurales son fallas NO-SE de los sistemas de fallas Chonta, Abancay-Condorama-Caylloma y Cincha-LLuta, así como, fallas menores E-O. Las edades de mineralización de esta franja se registran entre 7 y 1 Ma, constituida principalmente por epitermales de Au-Ag de alta sulfuración, con excepción del depósito de Ag-Au Arcata de baja sulfuración (5.4 Ma, Candiotti et al., 1990) y del depósito de Pb-Zn-Ag de Recuperada de intermedia sulfuración (6.4 Ma, Noble & McKee, 1999). Los epitermales de Au-Ag de alta sulfuración que se distribuyen en esta franja son Tucari, Santa Rosa, Pucamarca, Pico Machay, Corihuarmi, Huamanrazo, Ccarhuaraso, Palla Palla, Baños del Indio y otros (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

3. PRODUCCIÓN TOTAL DE ORO EN EL PERÚ

La recopilación de series históricas de oro muestran que la producción ha sido 2 833 toneladas (91 millones de onzas), la cual incluye la épocas precolonial, colonial y republicana. Solo en la época republicana, entre 1901-2008, la producción acumulada de oro ha llegado a 2 477 toneladas (80 millones de onzas), como se puede apreciar en la Figura 1.

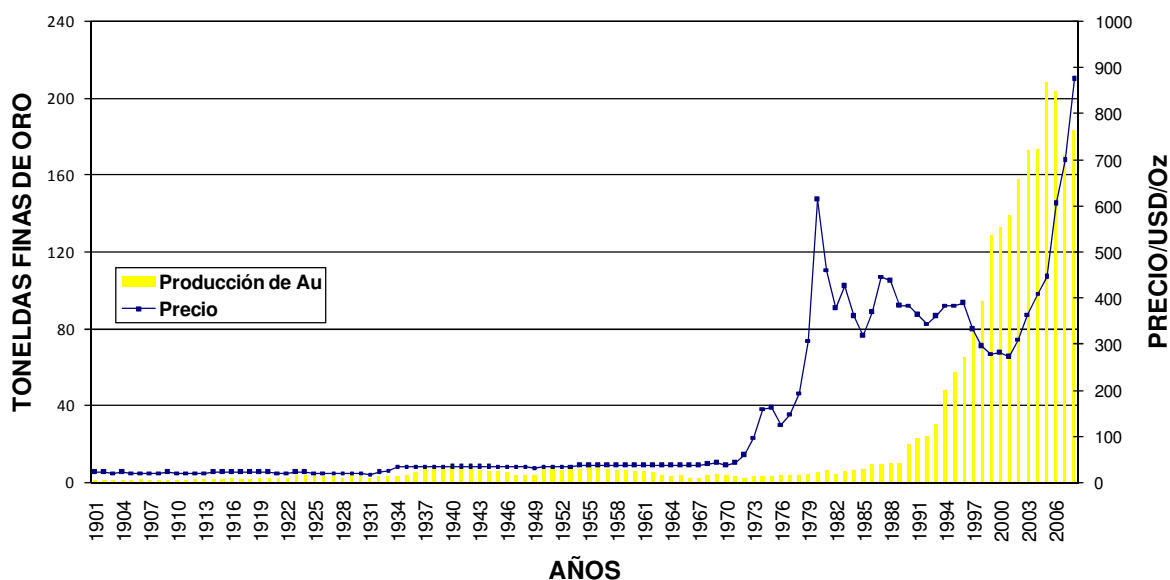


Figura 1. Producción histórica (1901-2008) y variación del precio internacional del oro.

4. PRODUCCIÓN DE ORO POR FRANJAS METALOGENÉTICAS

Conocida la producción histórica total del oro se puede ver cómo está distribuida en las franjas metalogenéticas (Figura 2). Notamos que la mayor producción proviene de franja XXI del Mioceno, 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).

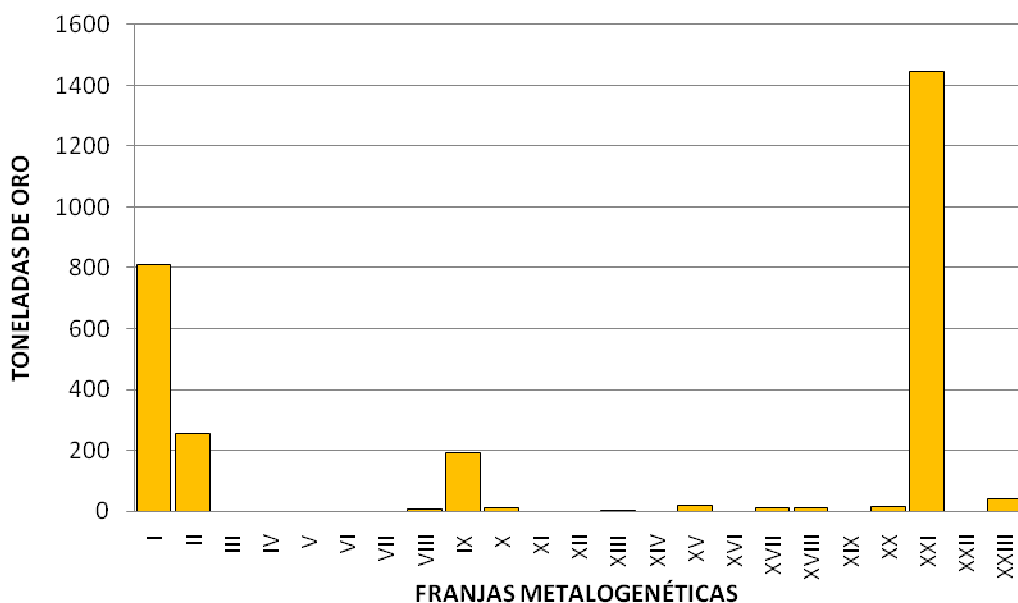


Figura 2. Producción de oro por franjas metalogenéticas.

En la Figura 3 se muestra un ranking de las operaciones mineras con mayor producción de oro a partir de la época republicana hasta diciembre del 2008. Se puede notar que Yanacocha y los lavaderos (Madre de Dios, Cuzco y Puno) han producido en conjunto más de 1 500 toneladas de oro. Mientras que Pierina y Alto Chicama más de 100 toneladas cada una. Otras operaciones mineras ubicadas en la franja Nasca-Ocoña, así como Orcopampa, Retamas Parcoy, Ares, Poderosa y Santa Rosa han producido cerca de 100 toneladas cada una.

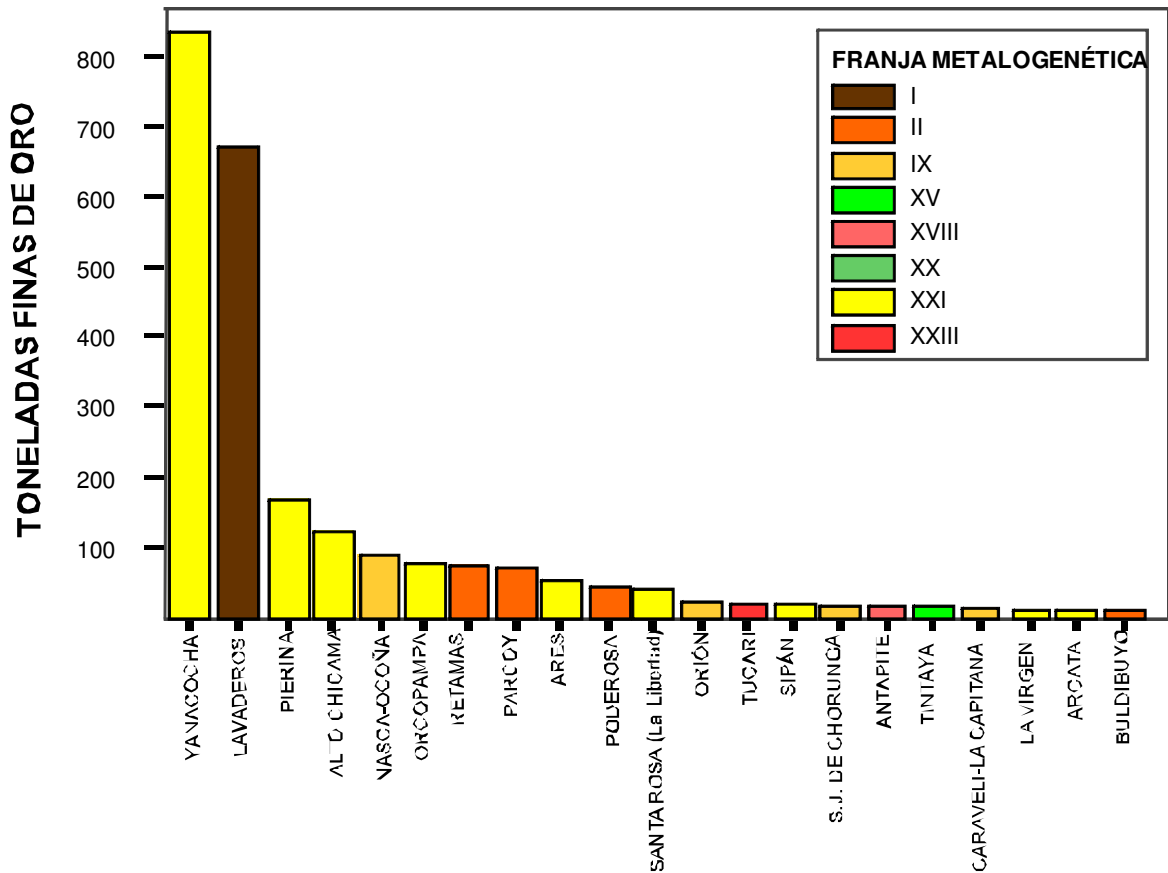


Figura 3. Ranking de las operaciones mineras con mayor producción de oro en la época republicana (1900-2008) y franjas metalogenéticas donde se encuentran.

También podemos ver que la producción de oro procede principalmente de yacimientos epitermales de alta sulfuración, depósitos tipo placer y orogénicos. El resto se encuentra en yacimientos epitermales de baja sulfuración, depósitos relacionados al Batolito de la Costa y depósitos skarn (Figura 4).

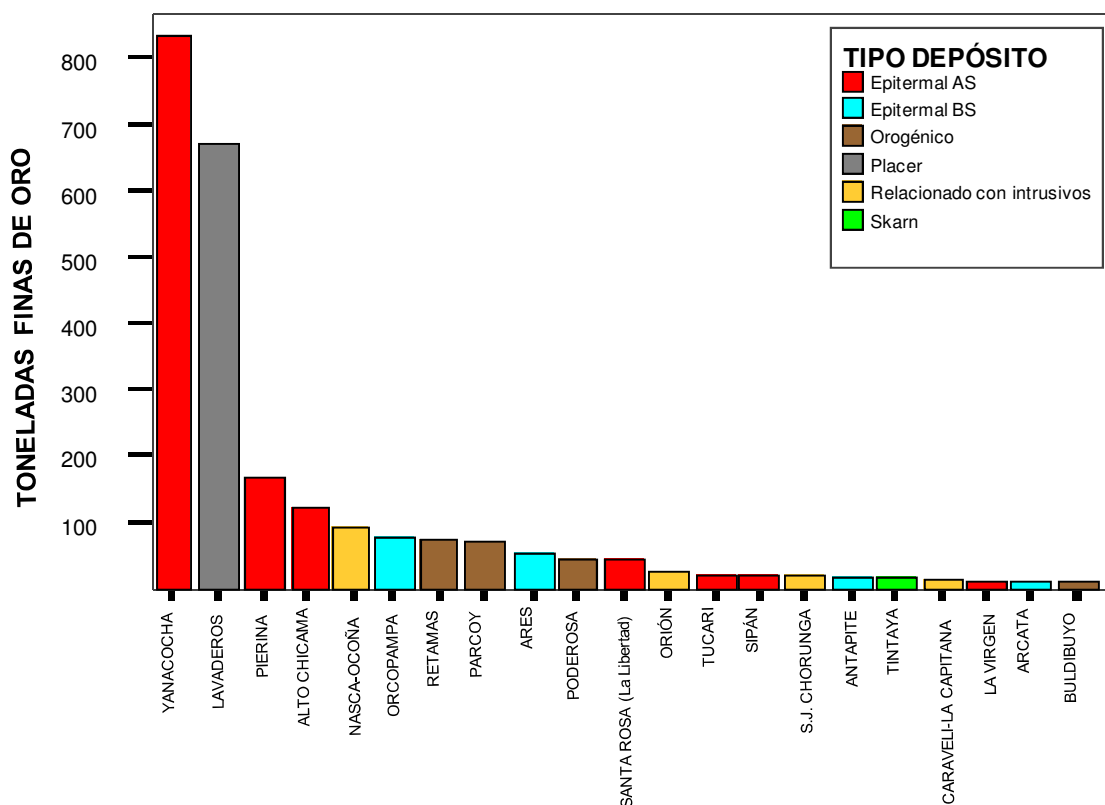


Figura 4. Ranking de las operaciones mineras con mayor producción de oro en la época republicana (1900-2008) y tipo de yacimiento.

5. RESERVAS Y RECURSOS DE ORO POR FRANJAS METALOGENÉTICAS

Se ha estimado en las franjas metalogenéticas que las reservas y recursos totales de oro ascienden a 4 030 toneladas (130 millones de onzas) (Figura 5).

Cerca de la mitad de reservas y recursos de oro (2 000 toneladas) se encuentran en depósitos epitermales de alta sulfuración en la franja XXI, representada por los depósitos Yanacocha, Alto Chicama, Aija, Tantahuatay, Cerro Corona, Arasi, La Arena, entre otros (Figura 6).

En segundo lugar se encuentra la franja XX, la cual aloja 1 000 toneladas de oro en los depósitos Minas Conga, Sinchao, La Granja, Michiquillay, El Galeno, Parón, Hualgayoc, Hilorico, San Luis y Antares. En esta franja, los recursos de oro se encuentran principalmente en depósitos tipo pórfido Au-Cu y Cu-Mo-Au.

El resto de los recursos de oro se encuentra como subproducto en las franjas XV, I, VI y XXIII.

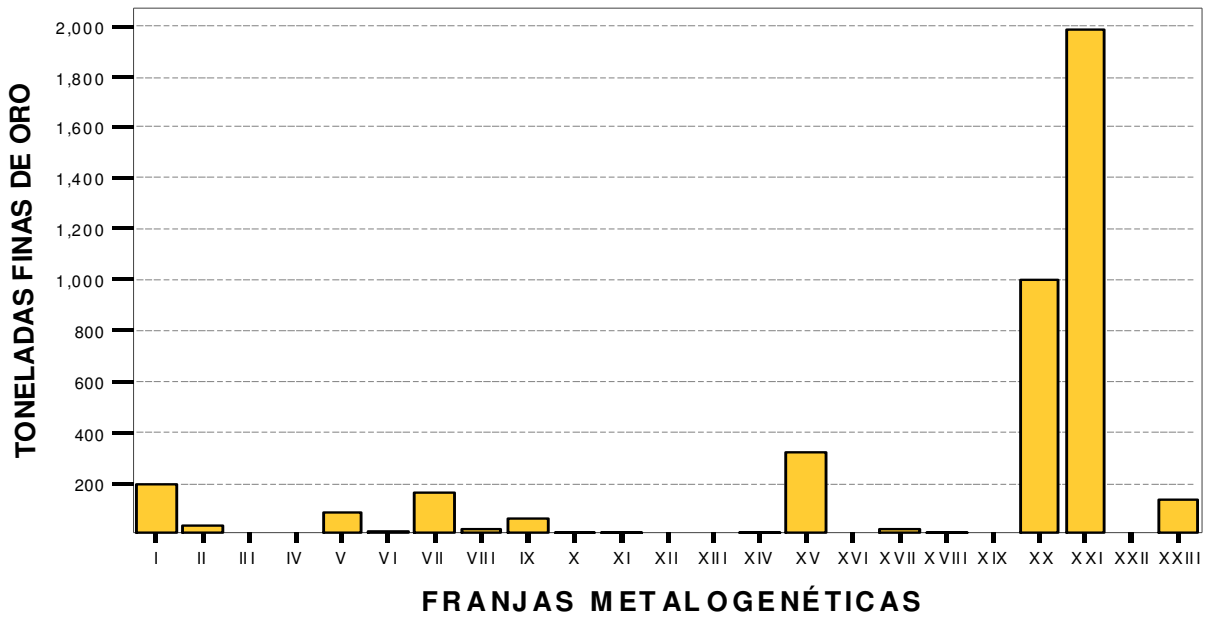


Figura 5. Reservas y recursos de oro que se encuentran en las franjas metalogénicas.

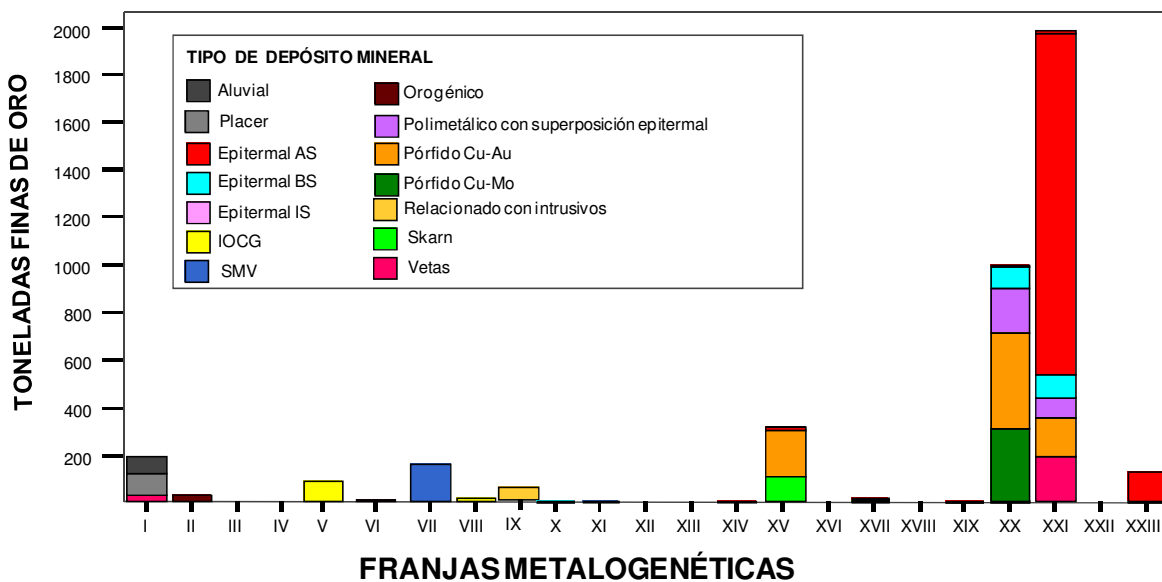


Figura 6. Reservas y recursos de oro que se encuentran en las franjas metalogénicas por tipo de depósito.

CONCLUSIONES

La producción total histórica de oro ha sido 2 833 toneladas (91 millones de onzas).

La mayor producción de oro proviene de los depósitos epitermales de alta sulfuración de la franja XXI del Mioceno, la cual ha producido más de 1 400 toneladas de oro (> 45 millones de onzas).

El 50% de las reservas y recursos de oro se encuentran en depósitos epitermales de la franja XXI (2 000 toneladas).

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, J., QUISPE, J., SANTISTEBAN, A. & ACOSTA, H. 2008. Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: latitudes 14°s - 18°s. CD Resúmenes extendidos XIV Congreso Peruano de Geología, C28.
- ACOSTA J., & SANTISTEBAN A., 2007. Estudio de los arcos magmáticos del Mesozoico y Cenozoico del sur del Perú. Informe Técnico interno DRME. INGEMMET. Pags. 21.
- ACOSTA J., 2006a. Características metalogenéticas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú. Informe Técnico interno DGEPM. INGEMMET. Pags. 26.
- ACOSTA J., 2006b. Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú (Latitudes 14° - 16°S) Informe Técnico interno. Pags. 20.
- 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., OVTCHAROVA, 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 metalogenético 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., LANDRINGE, J., ARENAS, M., FRANCE, L., MC-BRIDE, S., WOODMAN, P., WASTERNEYS, H., SANDEMAN, H. & DOUGLAS, D. 1990. Geologic and geochronologic constraints 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 University, 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.
- MEGARD, 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., MACHARÉ, J., CHIRIF, H., ACOSTA, J., ROMERO, D., RIVERA, R., RODRIGUEZ, I., SANTISTEBAN, A., VILLARREAL, E., HUANACUNI, D., & LOAYZA, E. 2008a. Mapa de distribución de depósitos de oro en el Perú. Publicación interna INGEMMET.
- QUISPE, J., CARLOTTO, V., ACOSTA, J., MACHARÉ, J., CHIRIF, H., RIVERA, R., ROMERO, D., HUANACUNI, D. & RODRÍGUEZ, R. 2008b. Mapa Metalogenético del Perú 2008b. CD Resúmenes del XIV Congreso peruano de Geología. Código C-27.
- QUISPE, J., CARLOTTO, J., MACHARÉ, J. & CHIRIF, H. 2007. INGEMMET prepara nuevo mapa metalogenético. *MINERÍA* No 353, año LIV, pp 4-10.
- QUISPE J., 2006. "Características estructurales e isótopos de Plomo de las mineralizaciones auríferas de la Franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú)" Tesis de Maestría. Red DESIR-ALFA. p. 88.
- QUISPE J., 2004. Petrografía, geoquímica e implicancias metalogenéticas de los volcánicos cenozoicos del sureste del Perú: zona de Mazo Cruz (Puno)" Tesis Pregrado – UNI. Pags 59.
- 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 N° 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., Rodríguez, 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.