
PETROGÉNESIS Y METALOGENIA DE UN TESTIGO DE CORTEZA OCEÁNICA (2.06-1.1 Ga) ACRECIDA AL MARGEN CONTINENTAL SUDAMERICANO, AFLORANTE EN EL SISTEMA ACREACIONARIO ANDINO – GREENSTONE BELT DE PATAZ - LA LIBERTAD, SECTOR NORESTE DE LOS ANDES CENTRALES PERUANOS

JORGE PAREDES PACHECO¹

¹ Minera Aurífera Retamas S. A. –Trinidad Moran 821, Lince, Lima, Peru

KEY WORDS : Acrecion-Collage, Cratón Arqueano, Ciclo de divergencia-convergencia, Escudo Arqueano-Proterozoico, Greenstone Belt, Geocronología, Geotectónica, Grenville, Gondwana, Laurasia, Laurentia, Metamorfismo, Metasomatismo, Rodinia, Shear Zones, Sistema Acrecionario Andino, Ofiolitas, Terranes, Sutura, Subducción-Obduccion, Vulcanismo Oceanico.

ABSTRACTO

El actual flanco oriental del sistema acrecionario andino de los Andes Centrales peruanos, esta conformado por dos frentes de acrecion : el frente norte, entre la deflexión de Huancabamba (05° S) y la falla de Huaytapallana (12°S), constituido por un fragmento de corteza oceánica intensamente deformada y metamorfizada con registros geocronologicos del Neoproterozoico (Macfarlane *et al.* 1999) acrecida al margen occidental del escudo arqueano-paleoproterozoico Sudamericano; y, a partir de la latitud de 12° S hacia el Sur, el frente de acrecion del sistema acrecionario andino esta conformado por el terrane "Puna" del Paleozoico Inferior (Dazael, 1994), de características geotectónicas del ciclo "Iapetus" con faunas de graptolites del Llanvirn; ambos orogenos conforman un sistema de correspondencia de acrecion del sistema acrecionario andino al margen continental arqueano-proterozoico, representado dos periodos independientes de generacion geotectónica de divergencia-convergencia espaciados en tiempo de 700 Ma, entre el Neoproterozoico (1.1 Ga- Macfarlane *et al.* 1999) y los registros paleontologicos revelados para el terrane Puna con graptolites del Llanvirn (450 Ma), esta correspondencia estructural del frente de acrecion es un tema de investigación geotectónica referente a la evolucion del sistema acrecionario andino de los ultimos 250 Ma, de una herencia paleotectonica de fracturamiento y amalgamacion de los supercontinentes Rodinia, Laurentia y Gondwana y la correspondiente evolucion de las cinturas móviles Grenville, Puna y Andina. El presente estudio esta centrado al frente de acrecion septentrional conformado por un fragmento de corteza oceánica de procedencia Grenvilliana, de registros geocronologicos del Neoproterozoico al Paleozoico (2.03-2.06-1.6-1.1-0-0.33-0.27 Ga, Macfarlane *et al.* 1999), limitado longitudinalmente por la cizalla Trapiche a la altura de la deflexion de Huancabamba en el norte, y la cizalla de Huaytapallana a la altura de Huancayo en el Sur, accidentes transversales al sistema orogenico andino; que marcan una correspondencia estructural hacia el escudo arqueano-proterozoico, definidos por las deflexiones del sistema andino. La interpretación geotectónica de estos fenómenos geotectonicos indujeron a un análisis global sobre el origen de las rocas Proterozoicas y de su carácter metalogenico, que sustenten las mineralizaciones auríferas con las cuales estan relacionadas, consideradas como una zona productiva de minerales preciosos tradicional. Los datos geotectonicos y geocronologicos indican que el fragmento de corteza oceánica acrecido al margen continental Sudamericano de Pataz, hace parte de la evolucion del ciclo Grenville (1.4-1.0 Ga); actaslmente conformando el basamento del sistema acrecionario andino del sector norte de los Andes Centrales, del cual no quedan evidencias geotectónicas que permitan establecer un historial paleotectonico de divergencia-convergencia, coherente con el estilo aloctono, el quimismo, la mineralogía, el alto grado de metamorfismo y la foliacion polifásica de su estructura intima, tipica de los Greenstone Belts (de Wit & Ashwall, 1997); recurriendo a la contraparte occidental Grenville en el continente Norteamericano, donde las evidencias del frente de acrecion al cratón arqueano "Superior", son de características petrotectonicas similares a la contraparte de corteza oceánica acrecida al margen continental Sudamericano. Por otra parte, se efectua una revisión de la evolucion y crecimiento del cratón Sudamericano desde el arqueano (3.5 Ga), correspondiente a los nucleos Sao Francisco- y Amazónico Central, incluyendo a las provincias proterozoicas que los rodean, conformadas de núcleos graníticos y cinturas móviles correlables con los periodos de acrecion equivalentes a los registros geocronologicos establecidos por Macfarlane *et al.* 1999, para las rocas que conforman la subprovincia de Pataz. Proceso de acrecion y collage, individualizado por sus caracteres litológicos volcano-sedimentarios, de un metamorfismo oceánico serpentina-albito-clorito-actinotita-cuarzo, de facies "esquistos verdes" (Winkler, 1978), que evolucionaria a las facies granuliticas, en un contexto petrotectonico-litologico que caracterizan a los Greenstone Belts (de Wit & Ashwall, 1997), con la presencia de raíces ultramaficas procedentes de un manto Proterozoico (ofiolitas), con contenidos de minerales preciosos tipicos de los Greenstone Belt, con engrosamiento precursor de de corteza oceanica con despegue del manto superior del tipo "Duplex"; para constituir un orógeno de corteza

oceánica de raíces profundas, huésped de un magmatismo de una firma geoquímica del tipo “M” (Pitcher, 1983; Babarin, 1990; Cobbing, 2000), donde destacan las granodioritas como intrusivos predominantes, que es una diferencia sustancial con los granitoides de los Greenstones Belt Arqueanos, de la serie TTG (diorito-tonalito-granodiorítico), en cuerpos lenticulares (sills), emplazados en los huéspedes petrolitológicos aloctonos del Greenstone Belt; que representan magmas magnesianos con contenidos máximos de MgO (27% al 30%); que no forman batolitos, generados por la fusión del material basáltico en las raíces de terranes corticales pre-existentes; datados de 2.03 – 2.06 Ga por Macfarlaren *et al.* 1999; asimismo, la ausencia de “komatiites”, es otra característica litológica fundamental para los Greenstones Proterozoicos, debido a los cambios fundamentales del manto generador, entre el Arqueano y el Proterozoico. La asociación Greenstone-granitoides representa una fase de remobilización y entrapamiento de fluidos de procedencia mixta, donde la mineralización representa una evolución coherente con el proceso metamórfico de alto grado y metasomatismo tardío, que es la característica magmático-estructural del distrito aurífero de Parcoy-Buldibuyo, y de la subprovincia de Pataz, evidenciando una riqueza de las mineralizaciones del tipo “Lode Gold Deposits”, evidenciadas en las labores subterráneas en la mina “Gigante” de MARSÁ, donde se constataría una sucesión de “napas” de metabasaltos anfibolíticos y granulíticos superpuestos, conteniendo los sills intrusivos y los niveles mineralizados concordantes, verificando in situ el contacto basal del Greenstone Belt local, constituido de metabasaltos granulíticos intruidos por un plutón granítico pegmatítico de alta presión del tipo “A” (Pitcher, 1983; Babarin, 1990 y Cobbing 1990; 2000); aflorante de la zona de Alaska a Buldibuyo, de texturas “rapakivi” típicas de los granitos antiguos, de un alto fracturamiento en la boveda de contacto, con piroxenolitos de granulitas en la masa granítica y texturas “migling” con los metabasaltos, texturas generadas por la incompatibilidad magmática, texturas enmascaradas por una recristalización de los metabasaltos a facies corneanas/hornfels. Los frentes de la exploración hacia el flanco Oeste del Greenstone de Parcoy en la mina “Gigante”, evidencia una relación estructural aloctona del Greenstone, sobre un basamento conformado de lutitas y molasas Paleozoicas (Carbonífero - Permiano); accidente de más de 60 km (falla Mishito-La Paccha-Huaylillas-Tayabamba); respecto al pronunciamiento metalogénico, las mineralizaciones en huéspedes de rocas verdes y metasomatosis tardías de la suprovincia de Pataz, representan una anomalía metalogénica del proceso andino, por la disconformidad en tiempo entre la acreción Proterozoica (1.1 Ga) y la tectogénesis andina (0.65-0.012 Ma), hiato de tiempo de 1.0 Ga de historia de la Tierra.

INTRODUCCIÓN

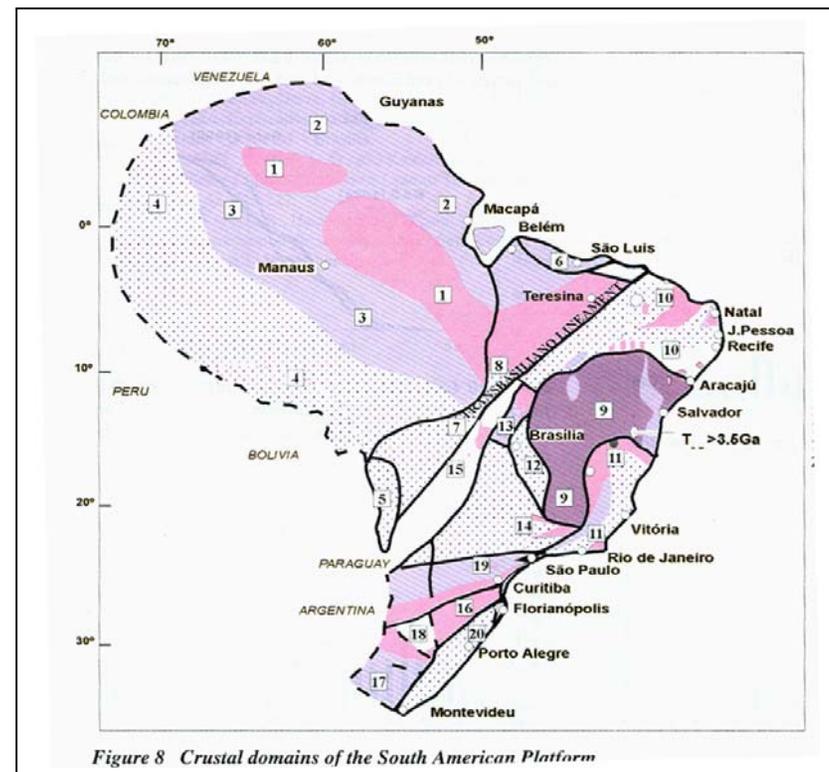
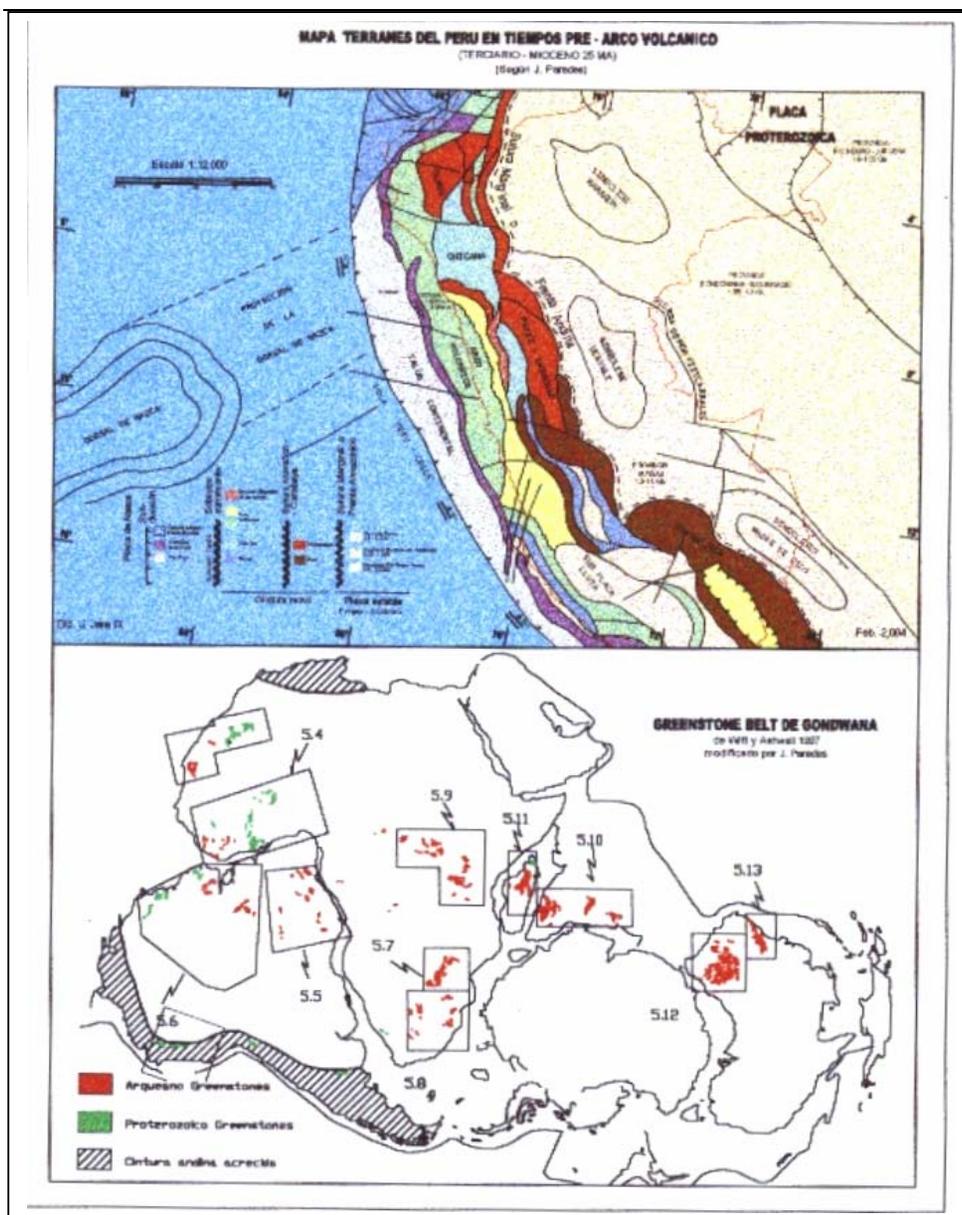
Las exploraciones de minerales preciosos emprendidas en rocas verdes antiguas, aflorantes en el frente oriental del sistema acrecionario andino (Cordillera Oriental del sector Norte), tienen un significado de controversia entre dos filosofías de exploración, una global que considera el origen y evolución de la corteza terrestre y, la otra conservadora, que forma parte del status geológico de los últimos 50 años. Sin embargo, la información de campo, los avances de la geofísica, geoquímica y geología regional, habren una vía accesible a la interpretación de la naturaleza física y química de la corteza de la Tierra Precambriana, y de los procesos que la modifican en más de 2.5 Ga de historial geotectónico. Este reto, resulta controversial para los geólogos de exploración en rocas antiguas, obligados a aplicar nuevas metodologías de exploración, de consecuencias geotectónicas impredecibles que no serían factibles sin la introducción de los procesos de acreción con subducción-obducción-collage como resultado de un ciclo de divergencia-convergencia de placas, fenómeno que involucra al sistema acrecionario andino, que postulen diagnósticos de metasomatosis y shear zones como receptores de las mineralizaciones.

LA LITOSFERA ARQUEANA (3.6-2.5 Ga) - PROTEROZOICA (2.5-1.0 Ga); EL NUCLEO ARQUEANO : SAO FRANCISCO-CENTRAL AMAZÓNICO; ACRECIÓN Y COLLAGE DE LAS PROVINCIAS PROTEROZOICAS DEL ESCUDO SUDAMERICANO - EL CRATÓN SUPERIOR

La transición del escudo arqueano-proterozoico sudamericano al dominio andino oriental, no ha sido analizada en términos geotectónicos, en base a los modelos de acreción y collage que caracterizan a los sistemas orogénicos a la escala mundial. Los núcleos Arqueanos que conforman el escudo o plataforma Sudamericana a considerar en la reconstrucción del sistema Grenville son: el cratón Sao Francisco, y el cratón Amazónico Central que sostienen la margen oriental de los sistemas Proterozoicos, ubicados en territorio brasileño, donde se ubican las rocas más viejas del escudo Sudamericano, como son los granitoides de Sete Volta y Boa Vista, del Bloque Gaviao dentro Cratón Sao Francisco, con rangos de edad de 3.7Ga, según el modelo TDM en isótopos de Sm-Nd, en el Sureste de la plataforma Sudamericana. (Cordani & Sato, 2000); dichos autores evacuarían un esquema paleotectónico indicando un fracturamiento de la corteza arqueana en tiempos 3.3 Ga, con entrapamiento de la corteza entre 3.1

a 2.7Ga, que es el periodo principal de crecimiento de la corteza amazonica por el arribo de material "juvenil", procedimiento analogo a todos los escudos arqueanos de la Tierra. Respecto a la contraparte occidental Grenville ubicado en Norteamérica, el craton Superior (3.3 a 2.55 Ga), el margen occidental Grenville esta directamente sostenido por el bloque de corteza arqueana Superior conformado de corteza cratonizada y de cintururas de greenstones, que es el cartón arqueano mas grande y mas antiguo de la Tierra, con registros geocronologicos de 3.6 Ga. Al respecto, solo el 34% de corteza seria formada en el arqueano, acrecentada hacia el 80 % de corteza integral en el Paleoproterozoico, y la evolucion y crecimiento de la corteza alcanzaria al final del Neoproterozoico el 98%. El Craton Sao Francisco de 3.35-3.0 Ga; rodeado de secuencias de greenstones, se da un especial énfasis al Cuadrilatero Ferrifero de Minas Gerais, por la presencia de secuencias de greenstones al margen continental del tipo BIF; estos núcleos Arqueanos estan rodeados por los lineamientos Transamazonianos en greenstones por remobilizacion de corteza pre-existente y emplazamiento de material juvenil; responsables de remobilizacion de la corteza con metamorfismo, migmatizacion y emplazamiento de plutones felsicos; El Cratón Amazónico Central (Cordani & Sato 2002), corresponde a una plataforma estable de edad mayor de >2.3Ga, de rocas graníticas, greenstones y granulitas, relacionadas a shear zones, conformando una importante parte central de la plataforma Sudamericana (Cordani & Britto Neves 1982; Teixeira *et al.*, 1989); unidad tectonica estabilizada, y rodeada por varias cintururas móviles de edad Paleo a Mesoproterozoicas.

Respecto a las Provincias Paleo-Meso-Proterozoicas que integran el escudo Sudamericano, rodeado los núcleos arqueanos, estas han sido individualizadas por Cordani & Sato, 2002; Colombo *et al.* 2002; Linares, 2002, y de Wit & Ashwall 1997; en una progresión de Este a Oeste, desde las margenes de las nucleos arqueanos hasta el limite acrecionario andino las cuales son : la provincia Maroni-Itacauinas de 2.2-1.95 Ga, que rodea el margen Este del núcleo Amazónico Central; truncada por las cintururas móviles de Rio Negro-Juruena (1.75 a 1.55 Ga); donde el greenstone belt del Rio Itapicuru (2.11-2.09 Ga) de Rio das Velhas (Machado y Carneiro, 1992; Carneiro *et al.* 1993), describen edades de 3.3 Ga en circones heredados en riolitas, el cual tiene un significativo valor economico, dominando dos periodos mayores crecimiento y acrecion; este material cortical ha sido determinado en los circones heredados para los granitoides Grenville de la subprovincia de Pataz de 2.03-2.06 Ga (Macfarlane *et al.* 1999), con los cuales se asocia su origen y colindancia distal como material removilizado, según Cordani & Sato 2,000; y en referencia a las dataciones grenvillianas del macizo de Arequipa de 2.0 Ga, de gneises granulíticos primigenios, y una fase metamorfica tardia datada de 1.6Ga (Westfalen, 1998); son indicativos de periodos de fracturamiento y amalgamacion y mezcla de corteza continental con magmas derivados del manto con contenidos de mineralizaciones auríferas que caracterizan al Greenstone de la subprovincia de Pataz y al Macizo de Arequipa, ocurridos a los macizos Paleoproterozoicos, el cual formaba parte; asi como su proyección norteamericana Grenville, anterior a la fase de convergencia y acrecion del material oceanico del terrane "Puna" en el Paleozoico Inferior. La provincia Ventuani-Tapajos al Oeste del Cratón Amazonico Central de 1.95–1.8 Ga, representa al ciclo orogenico Transamazonico, como el principal periodo de formación de corteza proterozoica, por la acrecion de material juvenil; esta superprovincia se interpreta con el modelo geotectónico de subducción de una placa de litosfera oceánica, con formación de arcos magmaticos sucesivos, y acrecion de las masas continentales adyacentes, donde los greenstones estan compuestos de rocas sedimentarias volcánicas o granitoides, a travez del cratón Central Amazonico. La provincia de Rio Negro-Juruena de 1.8-1.55Ga y la provincia Rondonia-San Ignacio de 1.5–1.3Ga, igualmente rodean al núcleo Central Amazónico, acrecidas por terranes en el sector norte; y en el sector sureste con el Cratón Sao Francisco, compuesto de granitoides y gneises, terranes migmatiticos y granulitas. Representantes de la provincia Rondonia afloran en Bolivia, el Grupo Meneches (Litherland *et al.* 1979), y el Grupo Ascensión, compuestos de metavolcanicos y metasedimentos de una edad de metamorfismo 1.34Ga (Litherland *et al.* 1986); y en los andes septentrionales de Colombia, las granulitas Garzón de 1.8, vendrian a ser las extensiones occidentales de la provincia Rio Negro-Juruena (1.8-1.55 Ga); asimismo la edad de 1.6 Ga determinada para el metamorfismo tardio del Macizo de Arequipa se correlaciona con la provincia Rio Negro-Juruena; por otra parte los afloramientos de orthogneises de las Sierras de Shira en el rio Ucayali, en territorio amazonico peruano, adyacente al frente de acrecion Grenville, correlacionarian con los granitoides Rondonia, asi como los orthogneises que conforman el basamento de las cuencas subandinas : Maranon, Ucayali, el Acre y Madre de Dios, en territorio amazonico peruano-brasilero, de características petrotectonicas similares con los granitoides Rondonia, con registros geocronologicos en el núcleo antiguo de la region de Alto Jauru de 1.45 – 1.3 Ga. La provincia Sunsas de 1.25-1.0 Ga, de edad Grenvilliana, expuesta en el extremo suroeste del escudo Sudamericano; representa la provincia que conforma el escudo Neoproterozoico mas proxima al sistema acrecionario andino; que consiste de rocas generadas por la erosion de una corteza continental mas antigua, con deposición, deformación y metamorfismo precoz de un antiguo basamento entre 1.3 a 1.1Ga (Litherland *et al.* 1986); episodio metamorfico contemporáneo con las granulitas de Pataz de 1.1 Ga.



El Supercontinente Gondwana y la distribución de yacimientos de oro (de Witt & Ashwal, 1997)-modificado por J. Paredes, 2005

EL GREENSTONE BELT NEO-PROTEROZOICO DE PATAZ Y EL FRENTE DE ACRECION, LA SUB-PROVINCIA DE CORTEZA OCEÁNICA DE PATAZ, TECTONOESTRATIGRAFIA (Au)

La cartografía detallada del distrito de Parcoy y sus ampliaciones regionales a lo largo del valle del río Marañón, han permitido distinguir una megaestructura oceánica del tipo "Greenstone Belt", conformada de siete litofácies metamórficas oceánicas hídras de fácies "esquistos verdes", con migración de Na-Ca-Mg, que no representan una sucesión estratigráfica definida, por el carácter aloctono de los constituyentes litológicos, donde no se ha podido establecer la relación basal de este conjunto metamórfico, que es un argumento a favor de un aloctonismo activado por la sucesión de acreciones del sistema andino. Conformando un orógeno oceánico anisotrópico, aloctono, (litoferoclastos), discordante, acrecido y obducido sobre la corteza continental arqueana-paleoproterozoica del cratón occidental Sudamericano, conformando un conjunto metavolcánico-plutónico con un quimismo de tendencia deprimida dominante, de un historial complejo desde su proveniencia del manto superior Proterozoico, según las evidencias observadas en el terreno y en todos los Greenstone Belts a la escala mundial.

Limites y distribución del orógeno oceánico Proterozoico.- Regionalmente, esta unidad petrogenética alargada de corteza oceánica está delimitada por dos sistemas de suturas regionales de rumbo andino: al Oeste está delimitada por la sutura "Marañón", donde el Greenstone Belt se encuentra restringido a una zona de imbricación -Wilson *et al*, 1964- conformada de napas aloctonas de terrenos andinos sobre el Greenstone Belt, relación tectónica evidente en tramos, o intuida regionalmente, que denominamos la "sutura Maraño", como evidencia de la existencia de una evolución acrecionaria de las diferentes unidades tectogenéticas que conforman el sistema acrecionario andino; asimismo, el sistema adyacente del Greenstone de la sutura Maraño, conforma un sistema de fallamiento conjugado vertical, con desplazamiento horizontal en bloques -Wilson *et al.*, 1964, que controla el drenaje del río Maraño; al Este constituye el frente de acreción contra el escudo arqueano-paleoproterozoico brasileño; donde la "sutura marginal de acreción" se encuentra enmascarada por el cabalgamiento activo del orógeno andino sobre la plataforma continental Gondwana, sin el cual la corteza oceánica neoproterozoica no estaría expuesta en superficie; al Norte hacia los Andes Septentrionales o Ecuatorianos, por intermedio de la sutura transversal "Muerto-Pananga-Trapiche", en los 5°10' LS, donde el Greenstone conforma un cimóide hacia el Oeste, desplazándose hasta cerca de la línea de la costa actual, conformando el terrano "Olmos"- Megard *et Mourier*, 1998, de naturaleza litológica y edad pre-orodovícica "Iapetus", descrita anteriormente como la deflexión de Huancabamba, que corresponde al desplazamiento sinistral de la sutura activa "Muerto-Pananga-Trapiche"- Dumont, 1990; Zevallos, 1950; Paredes, 1968-; y, al sur, el GB Proterozoico, con todas sus características petrogenéticas metamórficas, está truncado por la sutura activa de "Huaytapallana" (Paredes, 1972), al Este de Huancayo, en los 11°40' LS; evidenciando un accidente tectónico activo y de contacto con los terrenos deformados por el terrano "Puna", del paleozoico inferior-Dazael, 1987. Los límites norte y sur del GB, están relacionados a cizallas activas de desplazamientos horizontales sinestrales, que es una característica tectónica de los Andes Centrales, que explican los cambios de orientación del rumbo orogénico andino (deflexiones). Otra característica de las suturas transversales delimitantes del orógeno oceánico proterozoico, son el rumbo paralelo N 120° E que guardan las cizallas, con los alineamientos de las unidades metamórficas del escudo Arqueano-Proterozoico, guardando un paralelismo estructural con el escudo - Cordani *et al.*, 2000; Sato *et al.*, 2000. La provincia de Pataz se ubica en la zona central del Greenstone Belt (6° a 11° 40' LS). La extensión transversal-longitudinal del Greenstone es de 100x700 km, donde los mecanismos de sobrescurrimientos vergentes al Este enmascaran la sutura acrecional. La distribución longitudinal de las ofiolíticas son un indicio para delucidar la petrogénesis del conjunto mafico/ultramafico y además la constatación de la sutura de acreción de la subprovincia de Pataz. La subprovincia de Pataz está situada de 5° a 11°40' LS; y la continuación Sur del frente de colisión está representado por el terrano "Puna".

MINERALIZACIÓN PRIMARIA, FUENTES DE PROCEDENCIA, PERMANENCIA DEL ORO Y EL RECICLAGE DEL ORO, COLISIÓN -DEFORMACIÓN, METAMORFISMO, GEOCROLOGIA

Tectonoestratigrafía de las unidades petrotectónicas y litológicas del Greenstone Belt de Pataz.- Las litofacies sedimentarias y volcánicas diferenciadas se agrupan en dos ensamblajes mayores de litologías paraderivadas a orthoderivadas, las cuales son repetitivas y discordantes, donde no se reconocen volcánicos del tipo komatiítico, que son ausentes en los sistemas de Greenstones Proterozoicos (Condie, 1997). Las litologías orthoderivadas conforman extensos afloramientos de metabasaltos con almohadillas, deformados (pillow lavas), e intrusiones básicas-ultra-básicas de meta-gabros en cúmulos (estratificados), deformados y fracturados con relleno de sulfuros (Au), y meta-peridotitas

ricas en olivinos normativos (fosferita/fayalidita); representados por las serpentinitas-talcos-metagnimbritas y de un complejo ultrabásico de la zona sur de harzburgitas, dunitas, metagabros con sulfuros de Ni (Pentlantitas de Sinchao-Huanuco), Co-Au (anomalías de Co – Au de la Hoja de Huanuco), y cromita refractaria (podiforme), de la mina San Felipe (Tarma). Conformando un ensamble caótico de litofacies magmáticas efusivas e intrusivas procedentes de una cuenca marginal Proterozoica, con formación de un “arco de islas” confinado, subducción y aparición de un arco magmático de una firma geoquímica del tipo “M”, según el modelo de Cobbing, 2000. Las diferentes unidades metavolcánicas diferenciadas, del distrito aurífero de Parcoy-Buldibuyo y sus extensiones a través de la subprovincia de Pataz, las cuales igualmente serían corroboradas en las labores subterráneas de la mina El Gigante de MARSA, ubicada entre los niveles de 4,085 a 2,750 m de altura, dando una idea relativa de la potencialidad del Greenstone Belt local, donde resalta una sucesión de napas metamórficas de alto grado y de sus relaciones con el plutón granítico anorogénico paleozoico (granito rosado de Buldibuyo), clasificado como del tipo “A” por su situación geotectónica y composición. Este contacto granulita/granito, representa una historia de divergencia entre la fase metamórfica Proterozoica tardía, y una fase de ascensión de magmas post-metamorfismo Paleozoica, que es una relación relevante en la reconstrucción del historial evolutivo del sistema acrecionario andino inicial. Igualmente, en los frentes de exploración subterránea atravesando el Greenstone local entre los valles Bambamarca y Mishito, se constataría el contacto estructural de la base Greenstone al Este, contra una secuencia paleozoica de bajo grado al Oeste, de lutitas negras posiblemente ordovicianas, donde se emplazaría un rift continental en el carbonífero-permiano, con relleno de facies detríticas groseras (moladas) del carbonífero (Fm. Ambo), y moladas permianas de la formación Mitu (red bed y andesitas). El aporte más importante del punto de vista económico, sería la presencia de una zona de xenolitos de granulitas intermedio y texturas del tipo “migling” en las apófisis en cajas granulítico/anfibolíticas de la napa inferior del Greenstone local, y los campos de diques pegmatíticos cortando verticalmente al Greenstone Belt (vetas profundas “Garfios”). La sucesión de napas de alto grado (granulitas), infrayacen a las napas de facies anfibolíticas, de un marcado interés económico, por contener mantos masivos de sulfuros, con mineralización aurífera de geometría sub-horizontal, con una vergencia de 10° a 30° al Este, de potencia métrica (de 11 Gr/Tc), constituidos de ensambles cuarzo-sericita-pirita-oro grueso del tipo “Lode Gold Deposits”; con una progresión de alteración metasomática a propilitica de las cajas huespedes, relleno sistemas de falla-fractura del tipo shear zones, en escalones de 300 a 400 m de deslizamiento de fracturas distensionales transversales sinestrales, en corredores tensionales del tipo shear-zone “en echelon”, donde los valores altos de la mineralización yacen en las inflexiones dilatacionales transversales del dispositivo de cizalla; exponiendo un relieve de piso oceánico típico, de paleo-calderas, domos y estratovolcanes semi-erosionados (volcánicos Lavasen) y fragmentos peridotitos procedentes del manto expuestos en 4,000 m de altitud. Esta unidad basal del sistema orogénico andino sería descrita como “Complejo Marañón” por Wilson y Reyes, (1964); Bellido, (1967); Wilson *et al.*, 1967; Schreiber, 1989; Schreiber *et al.*, (1990), y Macfarlane (1997), y Macfarlane *et al.*, (1999); que en la leyenda de la Carta Metalogénica del Perú, por Bellido & Paredes, (1967), sería descrita como el geoanticlinal del Marañón del sistema orogénico andino, según las concepciones geológicas anteriores a la moción de placas, extendidas a las rocas precambrianas. Se han reconocido diferencias sustanciales en la litología y en los ensambles litológicos tanto en las sucesiones volcánicas como intrusivas, dejando establecido una naturaleza mafico/ultramáfica de sus componentes extrusivos/intrusivos, perturbados por una intensa deformación polifásica y un metamorfismo de alto grado de facies granulítica (gneises oscuros), donde se diferencia las sucesiones litológicas en estructuras aloctonas sin ninguna correlación estratigráfica típicas de los Greenstone Belts.

Deformación de colisión profunda con despegue del manto tipo Duplex; metamorfismo de alto grado; mineralogía metamórfica y aloctonismo plurifásico.- Así como en algunas localidades de la subprovincia Grenville Occidental, esta se encuentra sobrecabalgada sobre la Provincia Superior de Norteamérica, la relación geotectónica de la subprovincia oceánica Grenville de Pataz, se presenta como un cabalgamiento activo sobre la plataforma continental amazónica, activada por la abertura del océano Atlántico (220 Ma), que en el Mioceno tendría una tasa de cabalgamiento importante con desequilibrios isostáticos en el frente acrecionario andino oriental, con la surrección del sistema acrecionario andino a 4,000 m de altura (superficie de Puna), y generación de un magmatismo extrusivo telescopado shoshonítico contaminado en oro, consecuencia de la subsidencia de la contraparte convergente con la placa oceánica de Nazca, que es la fuente de la metalogénica del sistema acrecionario andino Meso-Cenozoico. El estilo estructural de sistemas de napas aloctonas, son una característica predominante del Greenstone de Pataz, condicionado por un basamento oceánico precursor de un ordenamiento compresional del tipo “Duplex”, generado por un acortamiento acelerado de la corteza oceánica con despegue del manto, en tiempos de la colisión al margen proterozoico con subducción y obducción. En las labores subterráneas de la mina “Gigante” se ha verificado un segmento metamórfico superior, concordante con el primero conformado de una asociación de anfibolitas y esquistos verdes (actinotita-

sericita-clorita), y un sill de TTG, formando un complejo metamórfico intrusivo, homoclinal, vergente al Este con 15 a 30 grados de inclinación, con constituyen el relieve de gran parte del flanco oriental del sistema acrecionario andino. Este miembro superior localmente esta cubierto por una napa de esquistos sericiticos y pizarras negras intercalados con niveles de material volcánico mafico, donde se instalarian las calderas volcánicas definidas como la unidad volcánica Lavasen, constituyendo un paisaje volcanico oceanico, muy bien preservado de la erosion, observado en detalle en la transecta Pataz-Gran Pajaten.

LA ASOCIACIÓN GREENSTONE-GRANITOIDES, VULCANISMO OCEANICO-OFIOLITAS, EL MAGMATISMO TIPO “M”, LA SERIE TTG, SIGNIFICADO GEOTECTÓNICO, MINERALOGIA

Se han identificado tres pulsos magmáticos mayores de alta temperatura, que según los cálculos normativos definen dos episodios magmáticos mayores del punto de vista geoquímico : (a) un primer pulso del tipo “M” –Cobbing, 2000- correspondiente al proceso de subducción intra placas oceánicas del arco de Islas, de una geometría en forma de sills, emplazados en la corteza oceánica deformada (estructuras placolíticas), de composición intermedia -TTG -(trondjemita-tonalita-granodiorita), donde la asociación biotita-feldespatos alcalinos-cuarzo, indican un producto de cristalización fraccionada a partir de magmas basálticos primitivos del manto Proterozoico. Algunos componentes litológicos asimilarían material sialico en sus contactos ascendentes, confirmado por estudios petrológicos de las tonalitas con xenolitos microdioríticos, entrampados en las filitas y metabasaltos, y los cuerpos de metadiorito-gabroides del GB, plutones diorito–gabros en cúmulos-dunitas-hazburgitas-peridotitas serpentinizadas. Microscópicamente la textura de los ensambles mas ácidos es granular, indicando temperaturas de intrusión de los magmas de aproximadamente 800°C. Algunos componentes sienito-cuarcíferos (Abra de Alaska), presentan texturas cataclásticas, con uraltización de los piroxenos. Este episodio magmatico es propio de la refusión de material mantelico de una componente primitiva basalto-diorito-gabroides del “arco de Islas” paleoproterozoico; y, de los procesos subsecuentes de la subducción-obducción-acreción al margen continental Pangaea arqueano-neoproterozoico. El análisis petrográfico del magmatismo tipo “M”, muestran contenidos de 35% a 17% de cuarzo, un alto porcentaje de plagioclasas de 77% a 35%, y un contenido de máficos del 17% al 4%. Los individuos cristalográficos de los placolíticos de granodiorita se encuentran fracturados por los efectos tensionales post-enfriamiento y están alterados desde el inicio por la oceanización de fácies de “esquistos verdes” (clorita-epidota-sericita), que afectarían a los placolitos y contexto metavolcánico sometido a un ambiente oceánico pre-acreción. Los magmas tipo “M” son portadores de mineralizaciones Cu-Au del tipo porfidos, así como del tipo Kuroko; y, representan una fuente primaria de las mineralizaciones de oro del GB de Pataz. Paleotectonicamente, existe un hiatus de información de 600 Ma entre finales del Proterozoico al Ordovícico Medio, que es una laguna de conocimientos de la evolución de la acreción del margen continental, que corresponde en tiempo a dos ciclos de Wilson completos, lapso de tiempo donde los efectos globales de divergencia y convergencia dejarían sus huellas, tanto en la evolución del magmatismo y como en las mineralizaciones primarias entrampadas en el GB. Dichos fenómenos globales controlarían la interacción de los parámetros fisicoquímicos de los protolitos metavolcánicos y las proto-mineralizaciones contenidas del GB. Las removilizaciones y/o reconcentraciones de la mineralizaciones congénitas detectadas en el Gb, demuestran los efectos de un metamorfismo de alto grado de deformación profunda del Greestone Belt. Al tratar de ordenar la evolución del magmatismo del punto de vista geotectónico, queda establecido la presencia de dos episodios evolutivos de fusión de corteza oceánico y de corteza continental, activados por la sucesión de la acreción del sistema andino: el magmatismo oceánico “Tipo M”, que representan los granitoides relacionados con los arcos magmáticos de ambiente oceánico primitivo del GB derivados del manto, que produjeron los placolitos de TTG (trondjemita-tonalita-granodiorita), intercalados con los niveles de metabasaltos y la mineralización de oro removilizada, que encajan en la sucesión de distribución de mineralizaciones auríferas en el tiempo, de los distritos auríferos de mundo : caso Pataz-cratón Sao Francisco en Brasil- las provincias Slave y Superior del Canadá- Witwatersrand-Zimbabwe en el África-La India- el craton Yilgary en Australia, donde el oro primitivo es un aporte por emanaciones del manto superior, que apareciera en la superficie terrestre a partir de 3.0 Ga, dando lugar a acumulaciones recicladas de oro en el tiempo, como es el caso de la ramificación cimoidal del greenstone belt del orógeno oriental hacia el Oeste, que constituye el distrito aurífero de Cajamarca en el Mioceno; por otra parte, el magmatismo post-acrecion “Tipo A”, documentado por los granitoides de Pataz, de características geoquímica de los granitoides cordilleranos, con generación de plutones post-orogénicos emplazados en el complejo metamórfico (esquistos verdes-batolito de Pataz); relacionado a ambientes volcánicos contaminados del permo-triasico (volcánicos Mitu), derivado de la fusión parcial de corteza mixta océano-continental, post-colision del margen continental proto-pacífico Paleozoico, datados por métodos K/Ar y U/Pb entre 505 a 330 Ma; y, un arco volcánico adyacente al margen continental proterozoico (?) denominados como “Volcánicos Lavasen”, constituyendo la única cintura volcánica erosionada del orógeno andino oriental, datados como infra-pérmicos –Sánchez, 1998-, el emplazamiento del magmatismo en un régimen de convergencia. Los muestreos que reportan edades mas antiguas

corresponden a procesos derivados de un material pre-greenstone del paleo-proterozoico, que es el caso de las muestras que dieron edades de 1.6 y 1.4 Ga, que derivarían de material de 2.0 Ga, por adición del 35 % al 55 % del material derivado de un manto diferenciado en las dorsales medio-oceánicas coetáneos con la orogenia Grenville- Canadá.

Geoquímica de magmas Proterozoicos–Paleozoicos, geocronología y análisis isotópicos Pb.- La evolución sing-meta-epigenética del oro Proterozoico, geoquímica de magmas, los isótopos Sm/Nd, y las estructuras distensionales del tipo shear zones como trampas del proceso metasomático de deposición del oro, que son una metodología accesible aplicable a la exploración de minerales preciosos en ambientes volcánicos precambrianos. Según Condie, (1986), las distinciones entre los Greenstone Arqueanos de los Proterozoicos son: (a) las rocas volcánicas komatiitas son desconocidas o ausentes en las sucesiones Proterozoicas; (b) las rocas volcanoclasticas, y en particular las rocas felsicas volcánicas son mas ricas en potasio y son mas abundantes en las sucesiones del Proterozoico; (c) las graywackes son proporcionalmente mas importantes en la mayoría de las sucesiones Proterozoicas; y, (d) los chert y BIF pueden ser menos comunes en las sucesiones.

Referente al análisis de la información isotópica y las determinaciones geocronológicas publicadas para contexto de rocas verdes precambrianas; es una necesidad emprender una revisión de las metodologías utilizadas que faciliten la interpretación de las dataciones en terminos de los eventos geotectónicos precambrianos. Las dataciones de Macfarlane, *et al.*, (1999), por el metodo FTM en Sm/Nb, en rocas del Greenstone, revelarían una sucesión de edades de 2.03 a 2.06 Ga, de 1.4 a 1.6 Ga, y de 1.1 Ga en circones heredados en granodioritas por el metodo Pb/U, identificando nuevos derivados del manto en la corteza (1.1 Ga) y, en otros casos pueden representar la presencia de una vieja corteza retrabajada (2.03-2.06 Ga), con un retrometamorfismo (1.6 –1.4 Ga), cuyo retrabajo se refiere a los periodos terminales de la deformación, metamorfismo y mezcla parcial de “mixing model”, que afectarían a la vieja corteza, como relictos de edad Grenville para la subprovincia de Patag; Por otra parte, la relación Greenstone Belt-Placolitos, es una asociación litológica que debe explicarse correctamente dentro del dispositivo de acreción Proterozoica, que expliquen el significado de los relictos de isótopos de Sm/Nb en circones datados de 1.119 +/- 0.108 Ga por Macfarlane *et al.*, (1999). De esta manera, las dataciones K/Ar no son recomendables por la homogenización del argón, causado por la intrusión del plutón granítico de Buldibuyo de 275-223 Ma.

MAGMATISMO DEL TIPO “A” –CARBONIFERO-PERMICO ASOCIADO AL GREENSTONE BELT - METASOMATISMO Y ALTERACION DE LA MINERALIZACION SINGENETICA .-

Una fase magmática felsica ácida/calcoalcalina, post-orogénica y post-mineralización singenética, discordante con el contexto metamórfico Neoproterozoico del tipo “A”, emplazada en niveles altos de la corteza con levantamiento y erosión activa; emplazamiento por procesos de “magmatic-stopping”, produciendo una relación mixta granito-ofiolitas observada en el sector Alaska-Buldibuyo. El plutón de granito-rosado de Buldibuyo-Alaska, por su ligera densidad “flotaría” hacia niveles subsuperficiales con sus raíces del Greenstone Belt, donde la relación granito-paleozoicos/ofiolitas-proterozoicas dejan aparecer los efectos de una relación de incompatibilidad de magmas y temperatura, con removilización en circuito cerrado de los fluidos mineralizantes con el aporte de fluidos y volátiles juveniles de los magmas tardíos. El basculamiento isostático de Sur a Norte producido por el ajuste de densidades entre la corteza oceánica primitiva versus el plutón calco-alcalino paleozoico, se evidencia entre Buldibuyo – Alaska-Pomachay; con la aparición de las estructuras del tipo “mingling”, en los contactos con los metavolcánicos máficos del GB, que demuestra la inmiscibilidad de los magmas oceánicos con los continentales; macroscopicamente el granito de Buldibuyo, presenta texturas “rapakivi”, propias de los granitos antiguos (proterozoicos-paleozoicos), identificados en San Ramon-La Merced- 12° LS, que representan un estado subsuperficial del emplazamiento magmático subvolcánico del tipo “I”, penecontemporáneo con la molasas (red-bed + andesitas) del pérmico superior-triásico inferior (Gr. Mitu). La situación marginal y composición del granito de Buldibuyo-Alaska-Pomachay, demuestran un origen contaminado de naturaleza simática, causado por el dispositivo de subducción y acreción al margen continental post-orogénico, acrecido por el terrane de rocas verdes proterozoicas anteriormente acrecidas a la margen continental. El contacto con los componentes básicos –ultrabásicos del Greenstone Belt con texturas de inmiscibilidad tipo mingling, descritas localmente como texturas pseudo-porfíricas, con cristalización del feldespato-K dentro de la masa diorítica –grabroide o meta volcánica (meta basaltos) de fácies granulítica-anfibolítica no fusionada e instruida del GB, observados en los niveles basales de la mina “Gigante”, donde la bóveda del contacto superior del plutón granítico se presenta por intermedio de un nivel de xenolitos de naturaleza básico-ultra básica en la masa granítica, cruzados por diques pegmatíticos discordantes (sub.-verticales), representando un contacto piroxenolítico del plutón granítico, causado por el empuje sinorogénico de su emplazamiento. Al microscopio, el granito esta

compuesto por ensamblajes ortosa-hornablenda-biotita-cuarzo; la corrosión de los cristales de ortosa demuestra la existencia de un efecto de baja temperatura para la asociación mineralógica típica de los niveles altos de la corteza (sub-volcánica), en la etapa final del emplazamiento del tipo magmatic-stopping, causado por la diferenciación del magma desde las fuentes profundas hacia las fácies ácidas sub.-superficiales; y, una atenuación del arco magmático carbonífero, con emplazamiento de una actividad volcánica superficial andesita-riolítica; conformada de domos, calderas, estrato-volcanes con zonas brechazas y relleno de las fracturas con oro libre, asociadas lateralmente con la deposición de molasas con floras mississipianas, identificadas en la carretera de Alaska a Buldibuyo (zona de Asia) y en el contacto de la falla milonítica Cachicas-San Francisco-Alaska-Buldibuyo, con conglomerado basales suprayaciendo tanto al granito como a un cuerpo ultramáficos del Greenstone Belt.

Evolucion de la mineralizacion sin-epigenetica del oro.- Se refiere a los estados evolutivos de la mineralización sin-epigenética del oro de la provincia de Patáz, ordenada con la información de campo: (a) la presencia de niveles de ritmitas con pirita framboidal y arsenopirita finas como protolitos primarios depositados en los lodos marinos singenéticos; y gabros con diseminación de sulfuros de Fe y Oro son elementos probatorios de un origen primario de la mineralización aurífera. (b) deformación íntima del orógeno oceánico con metamorfismo de alto grado de los encajonantes volcano-sedimentarios y de las mineralizaciones singenéticas del GB; por aumento de la presión - T_p , con regeneración de los componentes cristalográficos y sus paragenesis minerales primarias, con migración de los fluidos contenidos en los basaltos marinos y pelitas hacia un ambiente estructural protegido y cerrado; ocasionado la liberación del oro encapsulado singenético y su reconcentración de una nueva generación de meta sulfuros auríferos removilizados en las bandas permeables del contexto metamórfico; que en la zona de mina San Andrés corresponde a la interfase anfíbolita-granulita anhidra y estéril, en lentes concordantes con esquistosidad (S1-S2), con una distribución en mantos mineralizados de pirita-pirrotita-arsenopirita-oro, que alcanzan algunas decenas de metros de potencia, y de una extensión sub.-horizontal de 300 a 400 m, y verticalmente de 800m, desde el nivel 4085 hasta el nivel 3200, con las cajas-piso extremadamente fracturadas y alteradas, con relleno de cuarzo lechoso y diseminación de oro en los huéspedes de la caja-piso; estando la caja-techo completamente estéril; conformando una formación económica de rocas verdes proterozoicas + mineralización de más de 200 km de extensión longitudinal en el flanco occidental del orógeno oriental andino, donde se ubican las principales explotaciones del distrito; (c) deposición del oro mesotermal por retromorfosis de las paragenesis metamórficas del GB, asociado al metasomatismo de contacto (retrometamorfismo); con alteración de las facies permeables de los niveles meta-mineralizados, nuevamente alterados por la presión de los fluidos juveniles (epigenetismo), con remobilización y deposición del oro asociado a las paragenesis de sulfuros de minerales base (Pb-Zn); de relleno de las microfracturas en los cristales rotos de galena y esfalerita por descenso de la presión tectogénica; que posteriormente se transformarían en estructuras del tipo stock-work, con relleno de sulfuros en las periferias de los plutones tardíos; con liberación del oro, por rompimiento de los cristales de sulfuros encapsulados de los protolitos epigenizados del GB; (d) una fase de deformación tardía por el levantamiento y erosión del orógeno proterozoico, que afecta los placolitos granodioríticos, con rotura de cristales y migración de los reservorios de gran permeabilidad, con reconcentración de las soluciones auríferas y plata asociada (electrum), que produjo una superficie de erosión o "superficie de Puna"; y, (e) rellenos tardíos en las zonas de gran permeabilidad, como son los cinturones de cizallas (shear zones auríferos), que afectan los niveles de mineralizaciones singenéticas, con lavado del cuarzo y conservación de cuarzo sacaroideo, pepitización del oro libre, por la circulación del agua meteórica en niveles superficiales de la corteza, por el levantamiento y erosión del orógeno en tiempos miocenos que afectarían a la superficie de Puna en general. La interpretación termodinámica alternante de los diferentes estados de generación de los fluidos sing-epigenéticos-meteoricos, estos demuestran las condiciones de gran inestabilidad termodinámica para los fluidos mineralizantes de sulfuros oro/plata-cobre/plomo/zinc-níquel-cromo, presentes en el orógeno oceánico del flanco oriental del sistema acrecionario andino. Las mineralizaciones entrampadas en las series metapelíticas de Alaska-San Francisco, donde los complejos ultrabásicos aloctonos aparecen carcomidos por los plutones de naturaleza granítica, demuestran una relación discordante de sus componentes, observadas en el contacto de las peridotitas del GB, con los granitos rozados de Buldibuyo; además los huéspedes metamórficos y metasomáticos, están alterados con carbonatación de los feldespatos y minerales máficos (biotita-hornablenda) en sericitas, clorita, actinotita, y epidotos, son indicios de una alteración polifásica intensa.

LA SUB-PROVINCIA DE PATAZ, LOS “LODE GOLD DEPOSITS” ASOCIADOS, MODELIZACION, CONTROLES ESTRUCTURALES, LOS SHEAR ZONES ACTIVOS.

Un fragmento inferior, conformado de rocas granulíticas, de alto grado de metamorfismo, donde se reconocen las paragenesis de orthopiroxenos + granates; constituyendo un cuerpo masivo de color negrusco, que por su alta temperatura y composición representan facies anhidras de sus componentes minerales, que perderían sus contenidos volátiles durante el metamorfismo de alta pT, y consecuentemente los fluidos extraerían todo el oro de origen sinéctico contenido y concentrarlo en trampas de los niveles superiores más estables, de facies greenstones a anfibolitas, favorables a la recepción de células hidrotermales. Este complejo granulítico está asociado en su base con intrusiones graníticas felsicas, emplazadas a gran presión, por las características del contacto, con brechamiento y amplias zonas de xenolitos de granulitas, en contactos inmisibles por incompatibilidad de los magmas maficos-felsicos, de diferentes ubicaciones modales, con estructuras del tipo mingling (seudo-oporfidos con fenos de feldespato potásico entrecrecidos en la masa granulítica negrusca), cortados por diques discordantes de pegmatitas, identificados en superficie (zona de Alaska), como una fase tardía del magmatismo felsico. Este nivel inferior está limitado al Oeste por la falla Mishito-Huinchos-La Paccha, accidente que pone en contacto al masivo granulítico, con las capas rojas del permico superior (Fm Mitu).

EL DISTRITO PARCOY-BULDIBUYO: MINA GIGANTE, ESTILO ESTRUCTURAL, LOS SHEAR ZONES Y ORIENTACIONES DE LA EXPLORACIÓN.

Tectonoestratigrafía del distrito de Parcoy-Buldibuyo.- Del punto de vista estructural, en la mina “Gigante” la secuencia de rocas verdes está conformada por la siguiente sucesión de napas aloctonas : (a) un contacto basal con el basamento granítico paleozoico, (b) de un sill de granodiorita basal, con cristales rotos, que tienen un significado de deformación de fractura, de potencia 150 -200 m; y, (c). una secuencia de rocas verdes, de 200 m de potencia donde se emplazan los mantos concordantes con los sills; afectando las paragenesis de sulfuros con oro de procedencia mantelica, por metasomático según las evidencias establecidas en el terreno y en cinturas similares. Las napas basales son repetitivas y pueden presentar mineralizaciones económicas, geomórficamente discordantes en rumbo e inclinación con las estructuras superiores, como es el caso de la estructura “Valeria” descubierta a 300 metros por debajo de los niveles más profundos de la estructura “Esperanza”. El comportamiento estructural versus magmatismo es una consecuencia mixta de los Greenstone Belts, donde el magmatismo sería reactivado en varios pulsos, imposible de correlacionarse en una sucesión magmática por representar un complejo de napas aloctonas donde los intrusivos se presentan en tramos o segmentos sin una posesión espacial y estructural consecuente, complicada por los sobrescurrimientos andinos y la estructuración distensiva de las cizallas, con una secuencia de relleno de las fracturas abiertas (fracturas de tensión), en las fases tardías de la mineralización.

La zona cartografiada revela la presencia de dos sills de granodioritas de potencias aproximadas de 100 metros, dentro de los cuales se encierran los principales pulsos mineralizantes del distrito (mantos); el pulso siguiente, está constituido por el ascenso de los fluidos con la mineralización aurífera, la cual se emplazaría en las zonas de mayor permeabilidad, que son las zonas intermedias entre los sills, mantos concordantes con la geometría de los sills en cajas de rocas verdes; alteración hidrotermal de las cajas huéspedes con carbonatación masiva (sericitas, cloritas actinotitas, epidotos, etc); la circulación hidrotermal asciende por las fracturas tardías, de segundo y tercer orden, que son estructuras distensivas, causadas por la reactivación del sistema de cizalla; la napa de rocas verdes, del distrito de Parcoy está conformada de ofiolitas-granitos, y una secuencia repetitiva de rocas volcánicas, y/o cuerpos masivos dioríticos, gabros y peridotitas, con importante contenido de sulfuros con oro libre en los gabros basales de la zona alta de Cachicas (minas La Suerte), encima del sill de granodiorita, y en la zona del abra de Alaska, donde los gabros están intensamente fracturados, con relleno mineral en las fracturas del tipo stockworks.

Los Shear Zones y la presentación actual de las mineralizaciones.- El estilo de la mineralización del distrito aurífero de Parcoy, corresponde a sistemas de cizallas activas (shear-zones de Patáz-Parcoy-Buldibuyo), conformando corredores delimitados por fallas longitudinales de rumbo NNO a SSE (ver mapa esquemático adjunto), donde la deformación tensional es transversal al rumbo de la cizalla, y los núcleos magmáticos se emplazarían cada 2.5 km de espaciamiento horizontal en el rumbo de la cizalla, con núcleos activos del magmatismo y mineralización, en las zonas de gran permeabilidad, como son las fracturas tensionales, emplazadas cada 2.5 km de distanciamiento. De norte a sur se han individualizado en el distrito aurífero de Parcoy siete (7) núcleos de importancia económica, o sistemas de fracturas donde la permeabilidad condujo el ascenso y emplazamiento de los sills intrusivos y de la mineralización. La edad de estas estructuras magmáticas no se puede establecerse por registros cronológicos simples de laboratorio, por corresponder a un proceso múltiple de zonas estructuralmente activas, con levantamiento y erosión intermitente. La cartografía de las cizallas del distrito de Parcoy (shear -zone), han individualizado estructuras tangenciales o napas de 17.5 km de largo, por un ancho variable de 1.5 a 2.5 km, entre las fallas Mishito -La Paccha al Oeste y Parcoy-Alaska al Este. Los esfuerzos locales dentro del corredor interno de la cizalla, se establece una deformación del tipo fractura-dúctil; es decir, que la masa de rocas verdes del corredor estructural interno, estaría sometido a esfuerzos de compresión y tensión; y, que gracias a este estilo, los vectores de esfuerzos se distribuyen en el plano horizontal, produciéndose dos tipos de estructuras simultáneas: fallas cerradas de compresión (fallas inversas y/o pliegues cónicos); y, fracturas tensionales, perpendiculares a las fracturas de compresión. Las fracturas tensionales son espacios vacíos, permeables y profundas, afectan al basamento, que facilitarían el ascenso de material ígneo profundo en un primer estado; y siendo la deformación dentro de la cizalla constante en pulsos; a cada pulso le corresponde un periodo de reactivación, ascenso y circulación de los fluidos desde sus fuentes del nivel mesotermal; al respecto, Macfarlane et al., 1999, establecería una diferencia de tiempo entre la formación de los granitoides y la mineralización de 30 a 35 Ma; que significa, que el plutón una vez emplazado, enfriado y fracturado por sistemas de cizalla o shear zones - o fallas en échelon- oblicuos y sinestrales; y la circulación del flujo de fluidos portadores de las mineralizaciones.

VIII.- MARCO METALOGENICO

La historia de la corteza terrestre en tiempos Arqueanos (3.7-2.5 Ga), es un periodo de tiempo que representa un intervalo de la evolución termal de la Tierra, que incluye cambios en la producción de calor radiogénico, donde la naturaleza, el vigor y estilo de la convección del manto Arqueano, sería un control de evolución metalogénica por la alta temperatura del manto, que al final del periodo Arqueano se transformaría en un régimen de tectonismo y magmatismo, donde dominaría progresivamente el proceso de tectónica de placas, periodo de transición por enfriamiento del manto, que se transformaría a un régimen conductivo termal. Los Greenstone Belts contienen depósitos auríferos análogos al proceso químico de los depósitos ferruginosos, los depósitos de oro ocurren en terrenos acrecidos según las interpretaciones de la evolución y distribución de los Greenstone Belts, demostrados en los distritos auríferos de Albitibi en la Provincia Superior del Canadá, donde el Greenstone tiene un espectro de mineralización aurífera de diferente tipo, similar a la provincia del Bloque Pilbara del Oeste de Australia, que muestran una intensa mineralización aurífera polivalente. Estas analogías con la cintura de rocas verdes del actual sistema acrecionario andino del sector norte de los Andes Centrales, representan la presencia de un "terrano tecnoestratigráfico" en términos de tectónica de placas; donde la relación greenstone belt-magmatismo tiene un significado de interacción manto-litósfera, tanto en edad como en el proceso de acreción.; por otra parte, las fácies orto-derivadas que sustentan el proceso generatriz de las soluciones mineralizantes del Greenstone Belt, van desde la formación de un arco de islas activo en el margen continental Proterozoico, hasta la convergencia con el margen continental Sudamericano, con cerraje compresivo y subducción-obducción, con granulitización y fusión parcial concomitante, constituyendo una unidad metalogénica especializada en mineralizaciones Au-Cu-Ni-Cr, distribuida longitudinalmente de norte a sur en la cintura de rocas verdes del flanco oriental del sistema acrecionario andino.

DISCUSIÓN

La gestión de exploración en ambientes volcánicos precambrianos no sería factible sin la aplicación de la evolución geotectónica de acreción-subducción-obducción, resultado de un ciclo de divergencia-convergencia: (a) el ordenamiento de la evolución geotectónica del Greenstone Belt aflorante en el flanco oriental del sistema orogénico andino, de los andes centrales del sector norperuano, esta en correspondencia con el proceso de colisión-acrección al margen continental Arqueano-Paleoproterozoico, concordante con la evolución del proceso de acrección Grenville del Canadá, de edad neoproterozoica,

con el cual guarda íntimas características geotectónicas; (b) la presencia de la fase magmática del “tipo M”, esta sustentada por las litologías de sus elementos constitutivos del Greenstone, indicativos de la presencia de corteza oceánica de naturaleza básica-ultrabásicas; y, una fase magmática coetánea con la formación del arco de islas, y de un dispositivo de subducción post-arco, que sería anexado al margen continental como un substratum eventual en las convergencias sucesivas; y una acción comprensiva tangencial con producción de napas aloctonas; (c) la información geocronológica debe considerar el historial de levantamientos y erosión de la asociación de rocas verdes/granitoides, con fuga del argón; por otra parte, la llegada de un magmatismo del Tipo “A”, en el Carbonífero, con alteración y metasomatismo del contenido de los volátiles en general (Pitcher, 1983; Babarin, 1990; Cobbing 1990); homogenizarían los contenidos de argón en los plutones pliocénicos de composición bimodal del tipo “M”; consecuencia de procesos petrogenéticos, geoquímicos y de isótopos de procedencia profunda de la corteza, con la consistencia de las mineralizaciones meta somáticas tardías: pirita- pirrotita-arsenopirita-galena-esfalerita-calcopirita y oro libre, acompañadas de alteración cuarzo-siderita y halos de carbonato y talco-siderita para las ofiolitas; (d) la génesis y evolución de las mineralizaciones auríferas en vetas y mantos; la presencia de huéspedes metamórficos de rocas verdes proterozoicas, y los granitoides TTG, son tres elementos petrogenéticas del modelo metalogénico que proponemos. Los granitoides TTG emplazados en los niveles permeables en las facies de alto grado (interfase anfibolita-granulita); de una marcada restricción de la alteración cuarzo-sericita-pirita- en halos alrededor de las vetas o mantos, que sugiere que los plutones intrusivos deberían encontrarse en un estado de enfriamiento previo a la actividad hidrotermal, con el flujo de los fluidos controlados por las fracturas en un estado sólido del plutón; o según Schreiber, 1990, el Pb de las vetas serían proveídos por el magmatismo paleozoico con un monto límite de Pb contribuidos por el aporte de las rocas verdes con circulación de fluidos como abastecedores de la mineralización; fluidos isotópicamente equilibrados con las rocas graníticas las cuales fueron canalizados dentro del sistema de shear zones; (e) existe un severo control estructural con la incidencia de shear-zones activos, de potencia decámetrica, de facies sacaroides (cuarzo-pirita-pepitas de oro), en una zonación subhorizontal en “echelon” de aproximadamente 300m de espaciamiento, relacionados a las estructuras longitudinales; un segundo escenario invoca un componente magmático de los stocks granofiros de cuarzo-monzonita del distrito, donde el oro se depositaría por fenómenos de subducción/obducción de terrenos oceánicos provenientes de centros de expansión oceánica en cuencas ante- o tras-arco proterozoicas, donde el oro y otros metales provendrían de emanaciones del manto; (f) la escala de alteración es del rango de carbonatación a gran escala, y en las vetas las alteraciones de las cajas se incrementarían en sílica, y siderita, ankerita, dolomita, calcita o magnesita en las rocas de caja. Otras alteraciones de origen hidrotermal son los flujos de CO₂ y K, S y H₂O, y cambiarían los ensambles originales del proceso metamórfico y consecuentemente de los sulfuros primitivos; (g) los depósitos de oro varían de forma, de tabulares (mantos) a campos de vetas de cuarzo epigenético, y mineralógicamente, los minerales son sulfuros dominantes de hierro: pirita o pirrotita; la arsenopirita es el siguiente sulfuro dominante, que incluye galena, esfalerita, calcopirita, molibdenita, estibina y algunos telurios. La ganga está dominada por el cuarzo y minerales silicatados: turmalina, clorita, sericita y albita.

Metalogénicamente, el complejo máfico-ultramáfico desde su origen representa un metalotecto potencial de Pt-Ni-Cr-Au por su procedencia mantelica proterozoica, enriquecido en sulfuros metálicos; y, su concentración económica es dependiente de los procesos residuales por acción de los fluidos metamórficos-magmáticos-meteoricos que afectarían al Greenstone de Pataz en un historial de 0.9 Ga; reflejado por la evolución de la mineralización aurífera de singenética a metamórfico-metasomática características de la subprovincia metamórfica de Pataz, es una unidad productora de oro filoneo de mediana minería, siendo el distrito Pataz-Parcoy-Buldibuyo una cintura mineralizada de más de 200 km de longitud, donde destacan las explotaciones siguientes: La Poderosa (2.842 TM); C.M. Horizonte (2.781 TM); y, San Andrés-MARSA (5.181 TM); según la información estadística del MEM-2004; alcanzado la producción anual de oro del Perú en 2004 los 172.545 TM de oro fino; conservando la gran minería (a tajo abierto) el 64.01% del total de la producción, frente al 36.67.% de la mediana minería subterránea, correspondiendo a la provincia aurífera de Pataz el 7.11% del total. Al respecto, los Greenstones arqueanos/proterozoicos producen el 70% de oro fino a la escala mundial (Maartan de Wit & Lewis Ashwal, 1997), estando la producción mundial de oro en el orden de 2,470 TM para el año 2004, conservando Sudáfrica el primer lugar con 373 TM, donde el Perú avanzaría al sexto lugar con una producción de 172 TM, según el Mineral Commodity Summaries, January (2005) del U.S. Geological Survey.

Bibliographic:

- Almeida de, 1971 – Geochronological division of the Precambrian of South America: Rev. Brs. Geocien., v. 1, No 1.
- Almeida de, Melcher, Cordani, Kawashita. 1968 – Radiometric age determinations from Northern Brasil. Soc. Bras. Geología, v. 17, No 1.
- Almeida de, Amaral, Cordani, Kawashita, 1973 - The Precambrian evolution of the South American Cratonic margin, south of Amazon Riveer, in Ocean Basin aand Margin. V. 1 The South Atlantic Alaan E. Nairn Francis G. Stehli – Plenum press – New York, London p. 411-446.
- Audebaud, Capdevila, Dalmayrac, Debelmas, Laubacher, Lefevre, Marocco, Martinez, Mattauer, Megard, Paredes, Tomasi, 1973 – Les traits geologiques essentiels del Andes Centrales (Perou-Bolivia). Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn. , v. XV, fasc. 1-2, p. 73-114.
- Arguelles & Vidal, 1982 – Geologia de las zonas auríferas de Gigante y Alaska: Convención de Ingenieros de Minas, 16th, Lima, p. 1-11.
- Balarezo, Kossmehl, Cross and Steiner, 1977 – Estudios preliminar de la zona aurífera de Parcoy-Buldibuyo: Hannover, F.R.G. Bundesanst. Geowiss. Rohstoffe, Cooperación Minera peruano-Alemana, unpub. rept. 55p.
- Balhburg, H; Carlotto, V.; Cardenas, J.; Westervos, E.; Ollantayambo formation: a mixed pyroclastic epiclastic sucesion of probable ordovician age.
- Balhburg, H. & Zimmermann, U.; 2002;The geochemistry and provenance de Ordovician sandtones and turbites in the Argentina Puna: implications for the plate Tectonic evolution of the early Paleozoic Margin of Gondwana in the Southern Central Andes.
- Bard, Dalmayrac, Marocco, Megard, 1974 – Extensión et caracteres des roches metamorphiques precambriennes du Perou. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 278, serie D, p. 3035-3038.
- Bellido E., Narváez., 1960 – Geología del cuadrángulo de Atico. Bol. Com. Carta Ggeol. Nac., v. VI, No 1, 3-18.
- Bonnemaision, Chr. Rech.Min., Nª 482, (1986), Les shear zones auríferes
- Cerron, F. Chacaltana, C. (2002), Presencia de rocas ordovicianas en el altiplano (SE del Peru), con registro del genero Diplograptus M'Coy (Graptolithina).
- Cobbing, Ozard, Snelling, 1977 – Reconnaissance geochronology of the crystalline basement rocks of the Coastal Cordillera of Southern Peru. Geol. Soc. Amer. Bull., v. 88, p. 241-246.
- Cobbing, J. (1999), Magmatismo relacionados a la Subducción, Londres.
- Colombo, Tassinari, y Macambira, 1999 – Geochronological provinces of the Amazonian Craton. Episodes, Journal of International Geosciences. USA
- Condie 1989 – Plate Tectonics & Crustal Evolution Third Edition, pergamon Press. Toronto.
- Cordani, Melcher, Almeida de, 1968 – Outline of the Precambrian geochronology of South America. Can. J. Earth. Sci., v. 5, p. 629-632.
- Cordani, Kei Sato 1999 – Crustal Evolution of the South American Platform, based in Nd isotopic systematic on granitoid rocks. Episodes, Journal of International Geosciences. USA.
- Dall Salda, Daziel, Cingolani, and Varela, 1992 – Did the Taconic Appalachians continue into southern South America ?, Geology, v. 20, p. 1059-1062.
- Dalmayrac, 1970 – Mise en evidence d'une chaine ante-ordovicienne et probablement precambrienne dans la Cordillere Orientale du Perou Central (reegion de Huannuco). C. R. Acad. Sci., t. 270, p. 1088-1091.
- Dalmayrac, B. (1972), La Cordillera Oriental del Sector Norte, ORSTOM-1972, Francia.
- Dalmayrac, Lancelot, Leyreloup, 1977 – 2,000 M.A. granulites in the Late Precambrian metamorphic basement along the southern Peruvian coast. Sciences.
- Dalziel I. W. D., 1994, Precambrian Scothand as a Laurentia-Gondwana link : The origin and significance of cratonic promontories. Geology.
- Dazael, Forsythe, 1983 Andean Evolution and the Terrane Concept, Tectonostraphic Terranes, pacific Southeast Quaadraant.
- Dumont, Lamotte, Kahn, 1990 – Wetland and upland forest ecosystems in Peruvian Amazonia: Plant species diversity in the light of some geological and botanical evidence, Forest Ecology and Management. 33/34 125-139. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam.
- Duque-Caro 1984 – Major Structural Elements and Evolution of Northwestern Colombia, The Geol. Soc. Ame. Mem. 162.
- Ferreira, Almeida de, Edison, Suszczynski, Derze. – Mapa Tectonico de Brasil. Ministerio das Minas e Energía. Dpto. Nac. da Producao mineral, Río de Janeiro.
- Grandin, Guillon, 1974 – Mineralización asociada a los sills ultrabasicos de la Cordillera Oriental., Área: Chinchao-Puente Duran, rapport S.G.M. Lima.
- Grandin, guillon, 1975 – Aforamientos de rocas ultrabásicas en el Precámbrico de la Cordillera Oriental. Area de Huancapallac (Huánuco). Raport S.G.M. Lima.
- Groves, Philips, Ho, Houston and Stana, 1987 – Craton scale distribution of Archean green gold deposits: Predictive capacity of the metamorphic model, Econ. Geol., v. 82, p. 2045-2058.
- Lancelot, Daalmayrac, Leyreloup, 1976 – Radiochronological preliminary results of the Peruvian precambrian granulites. E.C.O.G. Amsterdam.
- Lemon, Cranswick, 1956 – Graptolites from Huacar, Peru. Publ. Mus. Hist. Nat. Javier Prado, No 5, 30 p., Lima.
- Laurent & Pardo, 1975 – Ensayo de interpretación del basamento del Nororiente peruano: Soc. geol. Perú, v. 74, p 25-48.
- Lumbers, S.B., Heaman, L.M., Vertolli, V.-M., and Wu, T. W. 1991, Nature and timing of Middle Proterozoic magmatismo in the Central Metasedimentary Belt, Grenville Province, Ontario. In GAC Special Paper 38, p. 243-276.
- Macfarlane, Marcet, LeHuray, Petersen, 1990 – Lead isotope Provinces of the Central Andes Inferred from Ores and Crustal Rocks, Econ. Geol. Vol. 85, pp. 1857-1880.
- Macfarlane, Tosdal, Richard, Vidal, y Paredes, Geologic and Isotopic Constraints on the Age and Origin of Auriferous Quartz Veins in the Parcoy Mining Distrit, Pataz, Perú.
- Megard, Paredes y Caldas, 1982 – Geología del cuadrángulo de Tarma, Bol. 69, INGEMMET, Lima.
- Megard, Dalmayrac, Laubacher, Marocco, Martinez, Paredes, Tomaasi, 1971 – La chaine hercynienne au Perou et en Bolivie. Prrmier Resultats. Cah. ORSTOM, Ser. Geol. III, (1), p. 5-44. 1 carte h.t., Paris.
- Megard y Paredes, 1968 – Fallas y Flexuras : el ejemplo de la fallas Toran y Jaraba y la fflexura de Pucahuuara. Bol. Teec. Asoc. Geólogos del Perú. No 2, p. 75-81.
- Megard, Ortiz y Paredes, 1967 – Geología del cuadrángulo de Huancayo, Bol. ... exCarta Geol. Nac. Lima
- Miyashiro, 1973 – Metamorphism and metamorphic belts. George Allen and Unwin, London.
- Mourier, Megard, Roperch, Mitouard and Farfan, 1988 – An accreted continental terrane in northwestern Peru. Earth Planet. Sci. Lett. 88, p. 182-192.
- Newell, Chronic et Roberts, 1953 – Upper Palleozoic of Peru. Geol. Soc. Amer., Memoir 58, 276 p., 44 pl.
- Paredes, 1964 – Estratigrafía Paleozoica de la costa del departamento de Arequipa, Tesis, UNSA.

-
- Paredes, 1972, - Geología de los Cuadrángulos de Jauja -Cordillera Oriental, a la escala 1/100,000, ex-Carta Geológica del Perú.
 - Paredes, J. 1972 - Geología del cuadrángulo de Jauja, ex-Carta Geol. Nac. Bol ..., Lima.
 - Paredes, 2000 – La Asociación Greenstone Belt-Granitoides, inf. Interno, Marsa.
 - Schreiber, Fontbote and Lochmann, 1990 – Geology Setting, Paragénesis, and Physicochemistry of Gold Quartz Veins Hosted by Plutonic Rocks in the Pataz region, Economic Geology, Vol. 85, pp. 1328-1347.
 - Sengor, A. M. C. Y Natalin, B. (1994). Suduccion accrecion y continental growth through time : a new approach. P. 341. In Geological Society of America abstracts with programs, annual meeting issue, pp. 1-528.
 - Steinmann, 1929 – Geologie von Peru, Heidelberg, 448 p, Karl Winter ed.
 - Stewart, Everden, Sneilling, 1974 – Age determinations from Andean Peru: A reconnaissance survey. Geol. Soc. Amer. Bull., 85, p. 1107-1116.
 - Los putos.....
 - Vidal, C., Paredes, Macfarlane, Andrew W., Tosdal, Richard, M. (1995). Geología y metalogenia del Distrito Minero de Parcoy, Provincia Aurífera de Pataz, La Libertad.
 - Wilson, Reyes, 1964 – Geología del cuadrángulo de Pataz. Bol. Com. Carta Geol. Nac., 9, 91 p, 1 carta y 1 pl. h.t., Lima.
 - Wilson, reyes, Garayar, 1967 – Geología de los cuadrángulos de Mollebambaba, Tayabamba, apomsbsmbs, y Huari. Bol. Srv. Geol. Min., 16, 95 p., 1 carta y 1 pl. h.t.
 - Winkler, 1974 – Petrogénesis of metamorphic rocks third edition. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. New York.
 - Winkler, Sen, 1973 – Nomenclature of granulite and other high grade metamorphic rocks. Neue Jb. Miner. Mh. 9. pp. 393-402.
 - Wasteneys, Hardolph A., Jack Satterly : Geocronology of the Arequipa Massif, Peru; Correlations with Laurentia; Geochronology Laboratory, Royal Ontario Museum, 100 Queen's Park, Toronto, m5S 2C6.
 - Wasteneys, H.A., Crark, A. H., Langridge, R. J. and Farrar, E, 1993, Granulite-facies metamorphism in the Arequipa Massif, southern Peru: Grenvillian, not Early Proterozoic in age. GAC/MAC Program.
 - Wit de & Ashwal, (1997), Los Greenstones belt a la escala Mundial, USA – Canada.