DOMINIOS LITOLÓGICOS DEL MACIZO DE AREQUIPA, SUR DEL PERÚ

Paul Torres

INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, E-mail: ptorres@ingemmet.gob.pe
Universidad Nacional de Ingeniería-UNI, Escuela de Geología, Av. Tupac Amaru 210, Lima-Perú.

INTRODUCCIÓN

El basamento Precámbrico de la costa sur del Perú, fue denominado por primera vez como gneis de Charcani (Jenks, 1948) el cual aflora en la ciudad de Arequipa, luego fue denominado como Complejo Basal de la Costa (Bellido & Narváez, 1960) para describir secuencias de gneises y esquistos asociados con intrusivos de granitos rojos y dioritas gneisicas que afloran en el área de Atico, y por último Cobbing & Pitcher (1972) acuñaron el nombre del macizo de Arequipa para los gneises de la costa sur y Cordillera Occidental del Perú. El macizo de Arequipa es el basamento principal de la parte norte de los Andes Centrales, estando compuesto por rocas metamórficas que muestran una evolución magmática y metamórfica policíclica en el Proterozoico, lo cual hace difícil su estudio e interpretación geológica. Existen muchos vacíos en el conocimiento del macizo de Arequipa, por ejemplo, no existe una clara diferenciación litológica de las rocas metamórficas, es así que muchos autores toman al macizo, como un "complejo" indiferenciado. En este trabajo se presenta una nueva cartografía, que es basada en trabajos de campo, diferenciando dominios litológicos en el macizo de Arequipa.

DOMINIOS LITOLÓGICOS

Se hace el estudio de los afloramientos metamórficos por dominios, dividiendo el cinturón orogénico-metamórfico del macizo de Arequipa en dos: I) Área de la Costa y II) Cordillera Occidental (Fig. 1).

I) ÁREA DE LA COSTA

ZONA DE PUNTA GRANDE

Ubicada en el Dto. Ica, ~48Km. al SO de la ciudad de Ica, en la bahía Independencia. Está compuesta principalmente por gneises rosados hasta grises verdosos, gradando incluso a migmatitas, complementándose con esquistos, anfibolitas y calcosilicatos. En la parte Norte se pueden observar gneises con bandeamientos rosados de ortosa y cuarzo, y en la parte Sur (morro Quemado) los gneises están asociados a esquistos, anfibolitas y calcosilicatos. Los esquistos son mayormente cuarzo-feldespáticos y micáceos, existiendo toda una transición entre los esquistos y los gneises expuestos en la parte norte. A ~7km. al Este de Punta Grande a lo largo de los cerros Palo Vento y Tunge, aflora un ortogneis bandeado de protolito tonalítico. (Fernandez, 1993).

ZONA DE MONTE GRANDE-ULLUJAYA

Ubicada en el Dto. Ica, al margen izquierdo del río Ica, ~442000/8362000. Está conformado por esquistos cuarzo-feldespáticos y micáceos, alternados con esquistos sericíticos-cloritosos, y anfibolitas grises verdosas; todo el conjunto se encuentra intensamente replegado, mostrando núcleos de cuarzo-feldespato; donde parte de los afloramientos están cortados por diques aplíticos. En los afloramientos de Pampa La Avería (margen izquierda del río Ica) y los adyacentes a la línea de costa (Monte Grande), las secciones esquistosas anteriores, gradan progresivamente a paragneises rosados y grises, fuertemente foliados, en agregados cristalinos con la apariencia de augen gneis (Montoya *et al*., 1993).

ZONA DE PUERTO CABALLAS-SAN JUAN-LOMAS-LAS PEÑUELAS

Ubicada en el Dpto. Ica, ~53Km. al SO de Nazca, en lo alrededores de la bahía de San Juan. Esta representada por esquistos, calizas dolomíticas, diamictitas, cuarcitas, gneises, migmatitas y granitos. Los gneises se encuentran atravesados por diques máficos, de por lo menos dos generaciones de emplazamiento, los diques mas antiguos tuvieron su emplazamiento en las fases de la gneisificación, debido a que fueron parcialmente asimilados y deformados mecánicamente junto con el gneis

granítico, formándose parcialmente anfibolitas en los contactos, además los gneises contienen diques de pegmatita, compuestos en unos casos por la asociación ortosa-biotita-cuarzo y en otros ortosa-muscovita-cuarzo. Las migmatitas se encuentran en los sectores transicionales entre gneises-granitos gneisoides, además en Lomas aflora un granito milonítico.

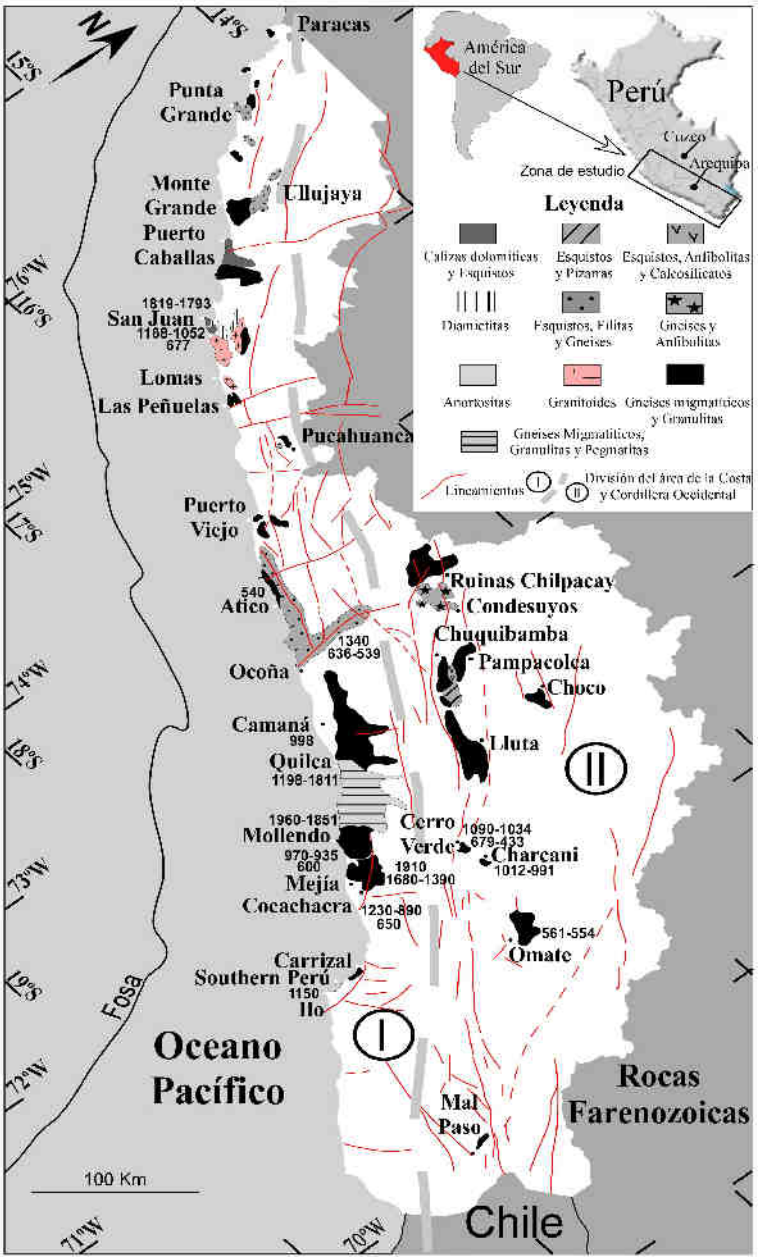

Figura 1 Mapa de dominios litológicos Proterozoicos del macizo de Arequipa, basado en trabajos de campo inédito y completado con los mapas de INGEMMET a escala 1:100 000. Números son rangos de edades en Ma, tomadas de autores mencionados en texto (Modificado de Torres *et al*., 2008a).

Suprayaciendo a los gneises y migmatitas se tiene una secuencia metasedimentaria de origen glaciar Precámbrica (Caldas 1978, 1979; Loewy *et al*., 2004; Chew *et al*., 2007b), denominado formación Chiquerío (diamictitas) y la formación San Juan (calizas dolomíticas con horizontes de mármol gris oscuro, con fósiles de estromatolitos? típicos del Precámbrico superior [Injoque & Romero, 1986]). Los esquistos han sido reconocido en la pampa las Galgas, en el sector de San Fernando, donde infrayacen a la formación San Juan (Caldas, 1978). Además en las Peñuelas, estos esquistos cloritosos

intensamente replegados con núcleo de cuarzo lechoso, se encuentran cabalgados por ortogneises pertenecientes a un metamorfismo regional más profundo y antiguo que los esquistos, que constituyen la fase mas joven del metamorfismo regional (Caldas, 1978).

ZONA DE PUCAHUANCA-PUERTO VIEJO

Ubicada en el Dpto. Arequipa. En pampa Redonda ~2Km. al sur de Puerto Viejo (carretera Panamericana sur, caleta de Puerto Viejo ~605000/8231000), se presenta un afloramiento de gneises bandeados, gneises migmatiticos y milonitas. El bandeamiento del gneis esta compuesto por franjas rosadas de cuarzo-ortosa. En Pucahuanca (Qda. Quegua ~604000/8298000) se presenta una intercalación entre cuarcitas, paragneises y anfibolitas; y cercanos a ellos, afloramientos de esquistos. Los paragneises son de color gris, bandeado de cuarzo-ortosa-plagioclasa. Las anfibolitas son de colores gris oscuro, esquistoso compuesto por horblenda y biotitas. En el cerro Pampa Redonda los esquistos son grises, con abundante biotita titanífera, estaurolita y en menor cantidad zircones de textura granular, presentándose en forma lenticular. Asociado a los esquistos están pequeños intrusivos gneisificados, además milonitas de color gris claro con abundante muscovita, ortosa, y cuarzo. El contenido en los esquistos, de minerales de alta temperatura tales como silimanita, estaurolita, asociados a cuarzo, feldespato y plagioclasa, indica que se trata de rocas de metamorfismo regional de alto grado. Cerca de la zona se encuentran dos stocks de gabro con una edad aun no determinada, que intruyen a gneises y presentan una foliación similar a los gneises. Los gabros podrían estar relacionados a la última fase de metamorfismo regional que dio lugar a dichas rocas metamórficas? (Olchauski, 1980) necesitando profundizar en la investigación.

ZONA DE ATICO-OCOÑA

Ubicada en el margen costero del Dpto. Arequipa. La zona de Atico (con una extensión de ~40Km paralelo al margen costero, ubicada ~646000/8207000), está compuesta por paragneises, migmatitas y esquistos. El paragneis que aflora a lo largo del litoral (Fig.1) es de color gris verdoso, hasta gris claro y a veces rosáceo, ligeramente foliado a bandeado (Bellido & Narváez, 1960).

En la zona de Ocoña (con una extensión ~36Km. paralelo al margen costero, ubicada ~702000/8182000). Las rocas más antiguas están constituidas por esquistos, filitas, gneises y migmatitas. Los esquistos con transiciones a gneises se presentan a lo largo del litoral, estando una buena parte de estas rocas expuestas en la quebrada Ocoña, asociados a esquistos micáceos, cloritosos y horbléndicos en la parte inferior, pasando progresivamente a filitas verdosas en la parte superior del afloramiento; los esquistos se encuentran en muchos lugares milonitizados. Dentro de los gneises se han diferenciado paragneises (de gran exposición en la quebrada Los Pescadores y principalmente en la quebrada Ocoña) y ortogneises. El origen sedimentario de estos gneises y esquistos ha sido inferido de las observaciones de campo: Entre Mollebamba y Quinchin (~6Km. al norte de Ocoña); dentro de la secuencia esquistosa se han encontrado cuarcitas de grosor variado, cuyos estratos subsisten con sus formas regulares. En la margen derecha del río Ocoña, ~ 2km río arriba de la carretera Panamericana, se aprecia entre capas de filitas verdosas algo talcosas, capas de cuarcitas perfectamente ínterestratificadas, indicando que los protolitos fueron probablemente lutitas y areniscas. Además a 2 km. del puente de Ocoña, hacia el sur en la margen derecha, se han observado horizontes areno-arcillosos y calcáreos, que gradualmente van desapareciendo hasta conformar esquistos típicos (Mendivil & Castillo, 1960).

ZONA DE CAMANÁ-QUILCA-MOLLENDO-COCACHACRA

Ubicada en el Dpto. Arequipa, con una extensión ~106Km. paralelo al margen costero. La zona de Camaná (~744347/8160719) y Mollendo (~817457/8115234) está conformada por gneises, gneises migmatiticos, granulitas, migmatitas y pegmatitas. Los replegamientos son abundantes en los gneises; a escala centimétrica presentan bandas rosadas claras con cuarzo-feldespato (leucosomas) y bandas oscuras con silimanita-ortopiroxeno-(± óxidos) (mesosomas), teniendo como ensamble mineralógico característico ortopiroxeno-silimanita-cuarzo-(± granate-feldespato-K), indicando rocas con metamorfismo de ultra-alta-temperatura (Martignole & Martelat., 2003). En Cocachacra (~28Km al SE de Mollendo) en el cerro Yamayo, el gneis presenta: albita fuertemente sericitizada, muscovita, clorita, titanita, zircon, pigeonita, además de magnetita y pirita.

Pegmatitas de Qquilca. Este tipo de depósito se presenta fundamentalmente como mantos, así como diques, lentes, venillas y masas irregulares, teniendo como roca hospedante a los gneises migmatíticos y granulitas. Los minerales esenciales de las pegmatitas son ortosa, cuarzo y muscovita; accesoriamente se distinguen hematita cristalizada de color negro hasta de 5cm de sección (se presenta en forma de venas), también biotita y flogopita, esta última generalmente en el contacto con el gneis. La ortosa es de color rosado o blanco, ocurre en cristales de hasta unos 15cm de sección y constituye alrededor del 70% del depósito. La mica (muscovita) se halla en paquetes hexagonales planares de hasta 30cm de sección, el cuarzo es blanco lechoso a hialino y con algunas manchas de óxido de hierro. El emplazamiento de las pegmatitas en forma de mantos, se da en los planos de foliación, los que presentan una dirección mayor entre N340-N20 (N-S) y una menor, entre N40-N60 (NE-SO).

ZONA DE CARRIZAL-SOUTHERN PERU-ILO

Ubicada en el Dpto. Moquegua (Ilo: ~252093/8047421). En la zona de Carrizal, ~20Km. al Norte del Puerto de Ilo (Pocota), el gneis se encuentra finamente bandeado, las bandas oscuras consisten principalmente de hornblenda y las bandas claras de feldespato y cuarzo. Según la foliación se notan lentes irregulares pegmatita rosada de composición granítica, con dimensiones de hasta 1 a 2m. de largo y 50cm. de ancho. La foliación tiene rumbo NW con buzamientos que varían de 30-45º SW (Bellido & Guevara, 1963). Cerca a la planta de fundición Southern Peru (Carrizal), afloramientos de anortositas (95% de plagioclasa tipo Labradorita sódica) muestran formas de "*rafts y boudins*" de varias decenas de metros, con texturas cataclástica a milonítica. Las anortositas están encajados dentro de los gneises con inclinación SW o también dentro de granito porfirítico milonitizado, así también leuconorita recristalizada y norita en capas de escala centimétrica, están localmente intercaladas con las anortositas (Martignole *et al*., 2005).

II) CORDILLERA OCCIDENTAL

ZONA DE RUINAS CHILPACAY-CONDESUYOS

Ubicado en el Dpto. Arequipa, en el margen del río Ocoya (Ruinas de Chilpacay: ~705000/8276000). Está constituida principalmente por gneises, granitos gneisicos, diques de composición básica a intermedia, así como por pequeños cuerpos tabulares de pegmatita granatífera. Los gneises presentan un tono gris oscuro con bandas claras y oscuras que tienen aproximadamente de 0.5 a 2cm., mineralógicamente están compuestos por ortosa, plagioclasa, biotita, muscovita, clorita, sericita, esfena y zircón, donde la composición de los leucosomas es granítico. En el cerro Ahuiñay, ~6Km. al Este de Ruinas Chilpacay (~713000/8275000), gradan a anfibolitas, a veces asociados con diques de pegmatitas, y en las inmediaciones del caserío de Quiñaja, ~2Km. al Oeste de Ruinas Chilpacay, se observa diques de pegmatita con abundante contenido de granate, que alcanzan hasta 1cm. de diámetro cerca del contacto con los intrusivos (Pecho, 1983).

ZONA DE CHUQUIBAMBA-PAMPACOLCA

Ubicado en el Dpto. Arequipa (Chuquibamba: ~751000/8248000 y Pampacolca: ~760000/8261500). Está conformado por gneises, migmatitas, granulitas, granitos gneisoides, esquistos, anfibolitas y metasedimentos y además por el Grupo Ongoro del Paleozoico inferior (Caldas, 1993). Los metasedimentos son de grano fino, y de coloración gris verdosa, asociados a anfibolitas y migmatitas, sin un contacto bien marcado con los gneises. En los cerros de Gandolfo en Cocachacra (~13Km. al Sur de Pampacolca), afloran paragneises de color gris verdoso, las bandas en su mayoría son de color verde llegando hasta 2cm. de ancho, las bandas claras contienen cuarzo-plagioclasa-ortosa. Al norte del río Arma, entre Yachangillo y Huaranguitoyoc (~720000/8284000), afloran una gran diversidad litológica constituida por gneises, anfibolitas, granulitas, granitos gneisoides y migmatitas. La mayor parte de los gneises son cortados por numerosos diques y pequeñas intrusiones de granito y pegmatitas. Por ultimo en Pacaychacra afloran gneises, esquistos y calizas.

Grupo Ongoro. Está constituido por una secuencia compuesta por rocas de metamorfismo regional de bajo grado, que afloran en los cerros Ongoro (~766000/8243000), descansando en discordancia angular sobre metasedimentos. Por meteorización adopta una tonalidad amarilla y se diferencia de los metasedimentos y gneises, porque estos son gris oscuro. Litológicamente, el Grupo Ongoro esta constituido por pizarras negras intercaladas con esquistos gris claros a verdes, y el grosor de estas

rocas sobrepasa los 1000m. (Olchauski & Dávila, 1994), presentando dos miembros: (1) El miembro inferior esta compuesto por metasedimentos, consistentes en esquistos biotíticos y sericíticos que alternan con hornfels grises oscuros, de grano fino. Entre los hornfels oscuros destacan lentes delgados de caliza en parte marmolizadas y otras silicificadas. Los niveles inferiores de esta unidad están constituidos por hornfels provenientes de rocas calcáreas areniscosas que se presentan en capas lustrosas, alternando con lechos de chert y lutitas pizarrosas. (2) El miembro superior, de la parte inferior consiste de esquistos, que en la margen occidental de la quebrada de Ongoro, se encuentra discordante sobre el miembro inferior. La parte superior del miembro superior, consiste de pizarras negras, que están intercalados con capas delgadas de calizas concreciónales. En la Hacienda Buenos Aires y la Quebrada San Francisco, las pizarras gradan a un esquisto sericítico gris claro, intercalados con cuarcitas y limos muy finos. El grupo Ongoro ha sufrido varias fases de plegamientos y se asume que pertenece al Paleozoico inferior (Caldas, 1993), pero sin argumentos claros pudiendo pertenecer también al Precámbrico tardío?, por lo que se pone a discusión su edad de deposición y metamorfismo (Torres *et al*., en prep.).

ZONA DE CHOCO

Ubicado en el Dpto. Arequipa (~808000/8276000). Denominado localmente complejo metamórfico Majes-Colca, esta constituido por gneises dioríticos, tonalíticos y anfibolitas, infrayaciendo a los esquistos y pizarras del grupo Ongoro. En Huatiapa y quebrada Santa Rosa, afloran gneises dioríticos. En este sector, los gneises se encuentran cubiertos discordantemente por metasedimentos del grupo Ongoro. Estas unidades litológicas se extienden hacia Chuquibamba, donde gradan a anfibolitas de grano medio a fino y están asociadas a metatonalitas y migmatitas. El gneis expuesto en el sector Choco-río Colca es un ortogneis granitico gris verde con grandes ojos de material cuarzo-feldespático. En Ajpi los gneises se encuentran intruidos por un granito rosado compuesto por ortosa, plagioclasa, cuarzo, biotita y escaza hornblenda; dicho intrusivo se le considera parte integrante del complejo metamórfico? (Caldas, 1993).

ZONA DE LLUTA

Ubicado en el Dpto. Arequipa, ~4Km. al sur de Lluta (~819558/8227140). Están compuestos por gneises cuarzo-feldespáticos y anfibolitas. Los gneises contienen: cuarzo, microclina, pertita, plagioclasas, anfíbol y biotita; los accesorios incluyen esfena, circón, magnetita, clorita, epidota, apatito y granate (Vargas, 1970).

ZONA DE CHARCANI-CERRO VERDE

El gneis de Charcani (Jenks, 1948), aflora en el cañón de Chili, en la localidad de Charcani (~237668/8200140), ciudad de Arequipa. Se le encuentra bastante restringida en las inmediaciones de la hidroeléctrica de Charcani, al pie del volcán Misti, próximo a la localidad de Mollebaya, a lo largo del río del mismo nombre. El afloramiento de Charcani corresponde a un gneis típico de inyección granítica (Jenks, 1948), constituido por feldespato, cuarzo y biotita, con una foliación marcada, que en algunos sectores son cortados por diques aplíticos, de anchos variables con abundante cuarzo, feldespato y en menor proporción hornblenda. En Cerro Verde el gneis presenta abundantes venas de pegmatita de composición granítica.

ZONA DE MAL PASO

En la quebrada Chero, aproximadamente en el km. 60 de la carretera Tacna-Tarata, aflora una faja angosta de gneises, que propiamente dicho es un ortogneis. Las laminaciones tienen un ancho de 1 a 5 mm. y están compuestas de hornblenda con mica y feldespato con cuarzo. En algunos afloramientos del gneis se encuentran vetas o pequeños diques de pegmatita compuesta por ortosa, muscovita y cuarzo. Las pegmatitas están restringidas al gneis (Wilson *et al*., 1962).

CONCLUSIONES

La cartografía de los afloramientos del macizo de Arequipa pone en evidencia diversos tipos de litologías metamórficas, las cuales muestran los grados de metamorfismo, donde el gneis migmatitico

es el de mayor distribución en todo el macizo. Además, se pone a discusión la edad de deposición-metamorfismo del Grupo Ongoro, pudiendo pertenecer al Neoproterozoico superior?

AGRADECIMIENTOS

El autor esta muy agradecido al Ing. Rildo Rodríguez (INGEMMET) por las recomendaciones en la elaboración del mapa, y al Dr. Víctor Carlotto (INGEMMET) por la revisión, sugerencias y sobretodo por el apoyo a este trabajo.

REFERENCIAS

Bellido, E., & Narváez, S. 1960. Geología del cuadrángulo de Atico, hoja 33-o. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 2, p. 59.

Bellido, E., & Guevara, C. 1963. Geología de los cuadrángulos de Punta del Bombón y Clemesí, hojas 35-s y 35-t. *Comisión de la carta geológica nacional. Boletín*, n. 5, p. 92.

Caldas, J. 1978. Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca, hojas 31-m, 31-n, 32-n. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 30, p. 78.

Caldas, J. 1979. Evidencias de una glaciación Precámbrica en la costa sur del Perú. *Segundo Congreso Geológico Chileno*, Arica. p. J-29 a J-38.

Caldas, J. 1993. Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 46, p. 62.

Cobbing, E., & Pitcher, W. 1972. Plate tectonics and the Peruvian Andes, *Nature* 246, p. 51-53.

Chew, D., Kirkland C., Schaltgger U., Goodhue R. 2007b. Neoproterozoic glaciation in the Proto-Andes: Tectonic implications and global correlation. *Geology*, v.35; n.12; p. 1095-1098.

Fernández, M. 1993. Geología de los cuadrángulos de Pisco, Guadalupe, Punta Grande, Ica y Córdova. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 47, p. 62.

Guevara, C. 1969. Geología del cuadrángulo de Characato. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 23, p. 204.

Injoque, J., & Romero, L. 1986. Estromatolitos (?) en la Formación San Juan, San Juan de Marcona. Evidencia de estructuras fósiles Precámbricas en el Perú. *De Re Metallica*. Enero-Febrero.

Jenks, W. 1948. Geología de la hoja de Arequipa al 200,000. Geología de la carta nacional del Perú. *Instituto Geológico del Perú. Boletín,* n. 9, p. 204.

Loewy, S., Connelly J., and Dalziel, I. 2004. An orphaned basement block: The Arequipa-Antofalla basement of the central Andean margin of South America. *GSA Bulletin*, v. 116, p. 171-187.

Martignole, J. & Martelat, J. 2003. Regional-scale Grenvillian-age UHT metamorphism in the Mollendo-Camaná block (basement of the Peruvian Andes), *J. metamorphic Geol*., V. 21, p. 99-120.

Martignole, J., Stevenson R., and Martelat J., 2005. A Grenvillian anorthosite-mangerite-charnockite-granite suite in the basement of the Andes: The Ilo AMCG suite (southern Peru), *6th International Symposium on Andean Geodynamics ISAG*, Barcelona, Extend Abstracts: p. 481-484.

Mendívil, S. & Castillo, W. 1960. Geología del cuadrángulo de Ocoña, hoja 33-p. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, vol. 3, p. 52.

Montoya, M., Garcia, W., y Caldas, J. 1993. Geología de los Cuadrángulos de Lomitas, Palpa, Nazca y Puquio. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, vol. 53, p. 100.

Olchauski, E. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Jaqui, Cora Cora, Chala y Chaparra, hojas 31-ñ, 31-o, 32-ñ, 32-o. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 34, p. 69.

Olchauski, E., y Dávila, D. 1994. Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 50, p. 52.

Pecho, V. 1983. Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí. *INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, vol. 37, p. 125.

Torres, P., Alván, A., & Acosta., H. 2008a. The Proterozoic basement of the Arequipa massif, southern Peru: Lithologic domains and tectonics. *7th International Symposium on Andean Geodynamics ISAG*, Niza, Extend Abstracts: p. 549-552.

Vargas, L. 1970. Geología del cuadrángulo de Arequipa. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, vol. 24, p. 64.

Wilson, J., y Garcia, W. 1962. Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca, hojas 36-v y 36-x. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, n. 4, p. 82.