

BASE DE DATOS NACIONAL DE GEOQUÍMICA PARA ROCAS ÍGNEAS DEL PERÚ

Mirian Mamani, Victor Carlotto, Alan Santos, Juan Rodriguez, Eber Cueva, Lisenia Chavez, Cristina Cereceda, Rildo Rodríguez, Lourdes Cacya, Sandra Choquehuanca.

INGEMMET, Av. Canadá 1470. Apartado 889-Lima 41. e-mail: mmamani@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

La importancia de la subducción y el magmatismo asociado con el arco magmático, han sido ampliamente estudiados para entender la evolución geológica de los Andes y sus recursos de minerales. Las rocas ígneas del Fanerozoico han sido divididos en tres: (1) aquellas rocas formadas entre el Ordovícico y el Cretácico superior en el Costa Peruana (Pitcher et al., 1995; Boyle et al., 1990; Soler, 1993; Mukasa et al., 1990; Polliand et al., 2005; Rios, 2004), (2) aquellas asociadas con los volcanes del Cenozoico y que afloran en la Cordillera Occidental y Altiplano Occidental (Wastenev, 1990; Kaneoka & Guevara; 1974; Klinck et al., 1986) y (3) aquellas asociadas al magmatismo desde el Ordovícico al Mio-Plioceno que afloran en el Altiplano Oriental y Cordillera Oriental del Perú (Clark et al., 1990; Kontak et al., 1990; Sandeman et al., 1995; Carlier et al., 2005).

Trabajos recientes como el de Mamani et al. (2010) en el sur, Bissig et al. (2008) en el centro, Navarro et al. (2010) en el norte, Winter (2008) en el noroeste, Polliand et al. (2005) en la costa y Miskovick et al. (2009) en el este del Perú han contribuido en ordenar los grupos de rocas magmáticas en base a dataciones radiométricas (>2000 dataciones, Fig. 1 ver weblink de Geocronología del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) y variaciones geoquímicas (> 5000 muestras analizadas, Fig. 1) en tiempo y espacio de las rocas ígneas. Es a partir de estos trabajos que los geólogos de la Dirección de Geología Regional del INGEMMET han empezando a estudiar en detalle los diferentes arcos magmáticos desde el Ordovícico y su relación con los ensamblajes metálicos como Au-Ag-Cu-Mo-Sn-Zn-Pb y energéticos como U y elementos de tierras raras.

Por muchas décadas se ha estudiado las rocas ígneas en el Perú, por ejemplo, Pitcher et al. (1995) resaltaron la segmentación de los batolitos, el mapeo de las superunidades intrusivas, y las diferentes fuentes de magma de estos segmentos y unidades. Muchos estudios locales, incluyendo tesis de grados, master, doctorados y boletines de los cuadrángulos del INGEMMET, han resaltado la relación entre rocas ígneas y depósitos de minerales. Estas relaciones sugieren que muchos yacimientos que representan diversos tipo de asociaciones metálicas y energéticas, están espacialmente, temporalmente y probablemente genéticamente relacionados a los procesos de los arcos magmáticos (Clark et al., 1990; de Haller et al., 2006; Cobeñas, 2008; Casaverde et al., 2004; Hennig, 2005; Longo, 2005; Winter, 2008; Bendezú, 2007, Bissig & Tosdal, 2009).

A pesar de la abundancia e importancia de las rocas ígneas en el Perú, un Banco de datos de geoquímica disponible de estas rocas no ha sido compilado ni sintetizado anteriormente. Por esta razón, la base de datos nacional de Geoquímica para rocas ígneas fue establecido por el INGEMMET en el marco del Proyecto GR16: "Integración, Estandarización y Apoyo Técnico a Instituciones" en coordinación con los todos los proyectos de la Dirección de Geología Regional. En este contexto la construcción del Banco de datos de geoquímica consiste en analizar, coleccionar, organizar, desarrollar los procesamientos matemáticos e interpretar los resultados de los análisis químicos de elementos mayores-elementos traza e isótopos de las rocas ígneas del territorio peruano.

El objetivo primordial de este esfuerzo es una evaluación de los arcos magmáticos frontales y arcos magmáticos de trasarco y la identificación de asociaciones genéticas entre las unidades-superunidades magmáticas cartografiadas al detalle, ocurrencias metálicas y elementos energéticos en el Perú.

En esta primera fase ponemos a disposición de los usuarios la química de elementos mayores y elementos traza de las rocas ígneas desde el Ordovícico al Triásico y rocas que constituyen los arcos magmáticos que denominados (Fig. 1): Chocolate-Allincapac (190-170 Ma), Río Grande (170-130 Ma), Casma (130-105 Ma), Lancones-Ilo (105-90 Ma), Paltashaco-Incahuasi (90-75 Ma), Tantarà-Toquepala (75-55 Ma), Llama-Challaviento (55-42 Ma), Pativilca-Anta (42-30 Ma), Calamarca-Tacaza (30-24 Ma), Calipuy-Palca-Sillapaca-Huaylillas (24-10 Ma), Negritos-Barroso inferior (10-3 Ma), Barroso superior (3-1 Ma), Arco Frontal (<1 Ma). Las características principales de estos arcos magmáticos están descritos en Mamani et al. (2010) este mismo congreso.

La química de elementos mayores-elementos traza e isótopos con sus respectivas interpretaciones regionales serán presentados más adelante, y las interpretaciones mas detalladas serán publicados en los Boletines

Especiales de la Dirección de Geología Regional. Por lo pronto, la data con los valores de elementos mayores se puede visualizar en el Sistema de Información Geológica y Catastro Minero (GEOCATMIN) del INGEMMET. Las referencias citadas en este resumen se hallan en el weblink de INGEMMET/Dirección de Geología Regional/Geocronología.

MÉTODOS DE LA COMPILACIÓN DE LA DATA

La data ha sido compilada de los reportes publicados por INGEMMET, de manuscritos publicados en revistas científicas nacionales e internacionales, de tesis de grado-master-doctorado. Para que una muestra sea incluida en la base de datos, requería un código de muestra y locación. La data publicada se presenta sin modificaciones y con la recalculation de los óxidos. La data fue compilada usando Microsoft Excel y la base de datos se llama “geoquimica_peru.xls” incluye dos tablas. La tabla llamada “data” contiene toda la data geoquímica compilada y la tabla llamada “referencias” contiene la lista de las referencias mencionadas en la tabla data.

CAMPOS IMPORTANTES DE LA DATA

Los campos de la data presentados y descritos representan aquellas consideradas las más importantes concernientes a la evolución tectónica, petrológica y metalogenética del magmatismo en el Perú.

El dato para cada uno de estos campos constituye una columna, o un conjunto de columnas relacionadas. La data de estas columnas puede ser clasificada e interpretada de acuerdo a las preguntas con relación a la historia, desarrollo, e implicancias de la actividad magmática en el Perú.

La proyección está dada en Coordenadas Geográficas XY, datum: WGS84, zona: 18 sur. Las celdas en blanco en la base de datos indican que no hay data disponible para la columna correspondiente. Los registros cuantificados para algunos elementos como los que incluyen los símbolos <1 no fueron almacenados en la celda correspondiente.

Elementos Mayores

SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ y H₂O, LOI

Los diferentes autores de trabajos relacionados a geoquímica de rocas ígneas reportan los análisis de los elementos mayores y volátiles en roca total y publican la data en diferentes formatos. Además, sus datos fueron producidos por diferentes procesos analíticos.

Hay muchas formas de reportar el contenido de hierro, ya sea como ferroso (FeO) o férrico (Fe₂O₃), en muchos casos estos valores no representen el valor magmático, debido a que las rocas han podido sufrir alteración. Por lo tanto, el contenido de hierro total fue recalculado como óxido ferroso y denotado como FeOtot.

Para el manejo geológico de la data de elementos mayores, se ha tomado en cuenta, que muchas de las rocas han podido sufrir alteraciones hidrotermales. Este proceso afecta la concentración de volátiles y ocasiona un incremento en sus contenidos. Por lo tanto, para conocer la abundancia de los principales óxidos de las rocas, se ha recalculado los análisis químicos de los óxidos al 100% sin volátiles (H₂O, LOI). Los datos resultantes están en el segundo grupo de elementos mayores. Todos estos datos están reportados como peso total.

Elementos Traza

Li, Sc, V, Co, Ni, Cr, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Nb, Zr, Mo, Cs, Cd, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Pb, Th, U, Au, Sn, In, Ag, Ge, As, Bi, Tl, Be, Ga, S, Sb, B.

Todos los elementos traza están dados en partes por millón (ppm). Los elementos Li, Sc, V, Co, Ni, Cr, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Nb, Zr, Mo, Cs, Cd, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Pb, Th, U son los que más datos tienen y también están considerados los más importantes para responder a las preguntas de petrología, tectónica y metalogenia.

Los protocolos analíticos y precisión de medida varían ligeramente según los autores. Afortunadamente, muchos de los autores documentan estos parámetros y los métodos de medición, si se tiene preguntas al respecto se debe revisar los textos de las referencias.

Para facilitar la comparación de los elementos mayores y elementos traza de las rocas ígneas desde el Ordovícico según el arco magmático o trasarco magmático recomendamos usar diferentes diagramas binarios standard de geoquímica, así: 1) para determinar el tipo de magmatismo los diagramas de Na₂O+K₂O vs. SiO₂, K₂O vs. SiO₂, SiO₂ vs. Fe*O/MgO. 2) para determinar la cristalización fraccionada o

mezcla de los magmas usar los diagramas de SiO_2 vs. los óxidos de los análisis de elementos mayores. 3) para determinar el índice de alcalinidad usar los diagramas de $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ vs. SiO_2 . 4) para el índice de saturación de aluminio usar las razones moleculares de $\text{Al}/(\text{Na}+\text{K})$ vs. $\text{Al}/(\text{Ca}+\text{Na}+\text{K})$.

Los diagramas para la discriminación tectónica usando los elementos traza que recomendamos son: como primer paso elaborar el diagrama “spidor” o perfil de la concentración de los elementos traza según el orden de compatibilidad, también se puede usar los diagramas Zr/TiO_2 vs. Nb/Y , Ta vs. Y . Finalmente, dependiendo de la pregunta sobre petrología, tectónica o metalogenia realizar diagramas binarios con los diferentes elementos mayores o elementos traza.

quim_Ref

Indica la forma corta de citar la referencia de la data química, la referencia completa se halla en una hoja de cálculo adicional llamada “referencias”. Muchos de los datos fueron recopilados de trabajos ya publicados, en muchos casos los estudios son de superunidades magmáticas específicas, por lo tanto muchas muestras corresponden a una sola referencia. En los trabajos antiguos solo se publican elementos mayores, a partir del año 1996 se empieza a publicar para una muestra análisis de elementos mayores, elementos traza o incluso isótopos. En las referencias se incluye data publicada y no publicada por el INGEMMET y en este caso la referencia se indica INGEMMET seguido del código del proyecto e.g., GR1, GR4, etc.

edad_Ma y columnas relacionadas

La edad de las rocas ígneas en las diferentes áreas de estudio han tenido mucho interés y varias dataciones han sido determinadas. Las columnas relacionadas a la edad en millones de años (Ma) están descritas y ordenadas como en la base de datos nacional de Geocronología del INGEMMET (ver Mamani et al., 2010 este mismo congreso).

edad_inc

Esta columna contiene data incierta en Millones de años (Ma), aunque algunas edades están asociadas a las edades radiométricas reportadas en edad_Ma.

edad_geol

Esta columna contiene la estimación de la edad geológica para las rocas ígneas del Perú en base al cartografiado geológico o dataciones radiométricas.

uni_arc y columnas relacionadas

En esta columna se describe la nomenclatura estratigráfica formal o informal que los autores asocian a sus muestras con análisis geoquímicos. Esta columna se actualiza según los avances de cartografiado de los mapas geológicos a escala 1/50 000, y se está estandarizando según el arco magmático o trasarco magmático correspondiente. En caso se tenga información mas detallada e.g., evento volcánico, unidad-superunidad intrusiva de la muestra, esta información se ordena en la columna denominada **centro**.

tipo de roca

Aquí se describe el tipo de roca ígnea analizada.

emplazamiento

Esta columna es de mucha importancia para la interpretación de la data, aquí se describe el tipo de emplazamiento ígneo, de donde se tomó la muestra.

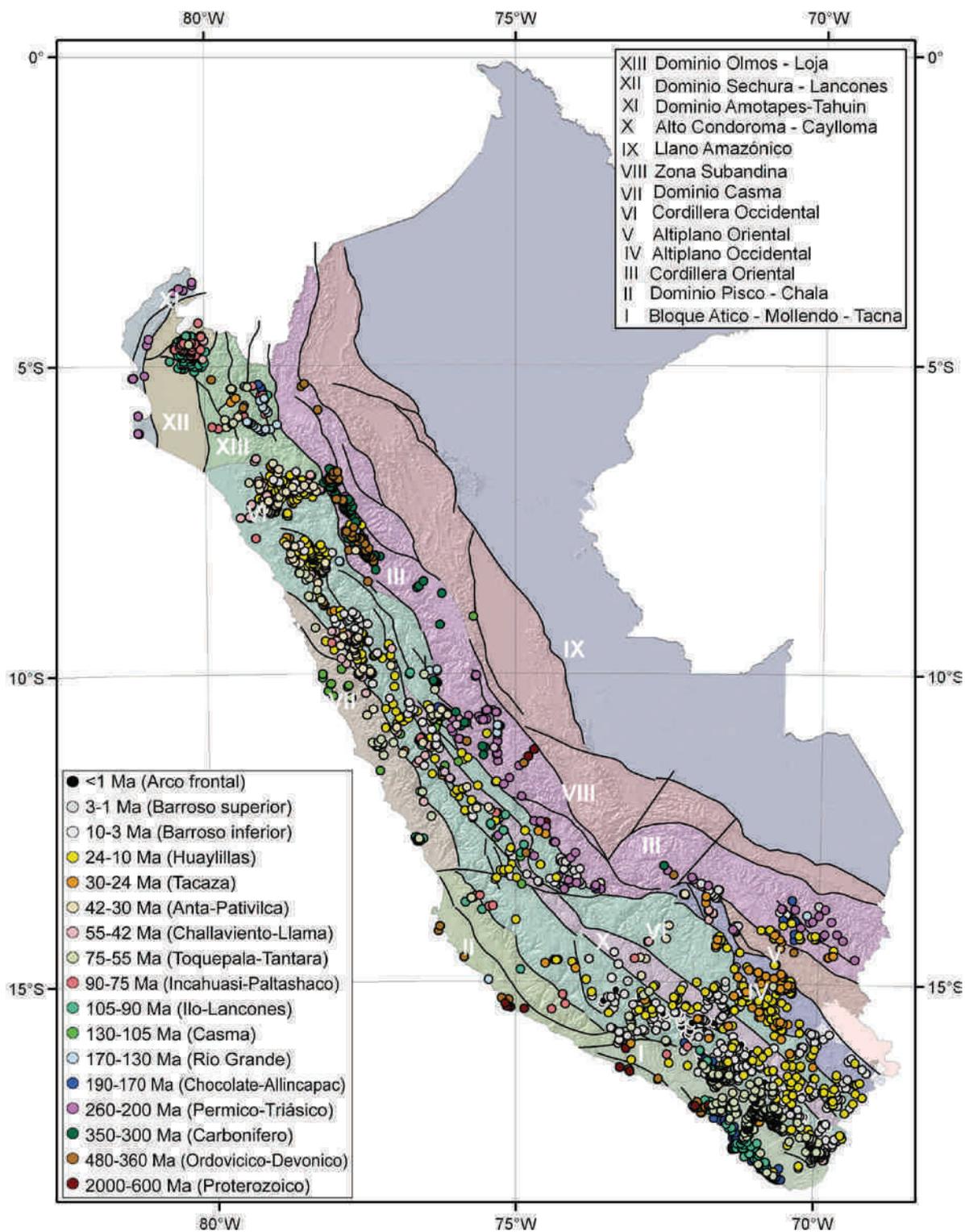


Figura 1. Mapa con la distribución espacial de los análisis geoquímicos para las rocas ígneas del territorio peruano. La distribución de la data esta en base a los arcos magmáticos y su respectivos trasarcos. Los Dominios Geotectónicos en base a Carlotto et al. (2010) este congreso.