

Curso de actualización de la Asociación Geológica Argentina

Magmatismo de zonas de subducción: principios y conceptos básicos

Docentes

Fennell, Lucas (IDEAN-CONICET-UBA)

Litvak, Vanesa (IDEAN-CONICET-UBA)

Otamendi, Juan (ICBIA-CONICET-UNRC)

Introducción y fundamentos

Las zonas de subducción son la expresión compleja de un margen convergente desarrollado entre dos placas tectónicas. Hoy, sobre el planeta Tierra, las zonas de subducción se extienden unos 55000 kilómetros y constituyen un rasgo de primer orden de la tectónica de placas, rasgo que diferencia a la Tierra del resto de los planetas del sistema Solar. Una zona de subducción de unos 4200 km de largo (hoy y continental) que ha estado activa, con intermitencias, durante todo el Fanerozoico (540 millones de años) constituye el elemento geodinámico de mayor impacto en la historia geológica del territorio de la República Argentina.

A escala global, las zonas de subducción son un tema central de la Ciencias de la Tierra por numerosas razones, entre las más relevantes: 1) son el hogar de algunos de los depósitos minerales más voluminosos del planeta Tierra; 2) están relacionadas con los terremotos más catastróficos; 3) sobre su superficie emergen los volcanes que son peligrosos pero sublimes; 4) después del Arqueano, la corteza continental del planeta Tierra se construyó (> 80%) y, también se recicla, en relación con la geodinámica de las zonas de subducción.

Este curso de actualización, que fue pensado para un tiempo no pandémico y un espacio compartido, fue adaptado a la coyuntura de estos días, conociendo las contingencias que se pueden suscitar en su desarrollo. El curso se establece desde la perspectiva del magmatismo y se aborda desde una aproximación de actualización sobre el estado actual del conocimiento. Pone un énfasis particular en tratar el caso del magmatismo a lo largo de los Andes de Sudamérica. El curso contempla la participación activa de los alumnos, cuyas lecturas, presentaciones y discusiones ocuparán entre 25% y 50% del tiempo de cada tema.

Método de enseñanza

Carga horaria total: 60 horas. 40 horas de clases en línea y 20 horas para la elaboración de los seminarios.

El curso abordará un tema del programa cada semana. El curso se desarrollará en 2 clases semanales, cada clase se desarrollará en 2 horas y media, aproximadamente. La primera clase de cada semana será una presentación teórica, durante la misma se compartirán 3 o 4 artículos clásicos

sobre el tema en desarrollo y, apelando a la predisposición voluntaria de los alumnos, los artículos serán presentados por alumnos y discutidos por todos en un tiempo de 30 minutos durante la segunda clase semanal.

Los docentes entregarán un archivo pdf con una síntesis de la clase brindada.

Aprobación de los seminarios: los alumnos interesados en certificar el curso en modalidad aprobado, deberán presentar, al menos, el análisis que surgirá de la lectura crítica de uno de los temas entregados por los docentes.

Programa del curso

Tema 1. Fusión del manto, sistemas peridotítico y piroxenítico.

Resultados experimentales. Reacciones y composiciones de fases durante la fusión del manto primitivo. Fuente peridotítica primitiva, fuente peridotítica deprimida y fuente piroxenítica. Criterios para distinguir la composición predominante de un magma basáltico.

Tema 2. Modelos de la estructura térmica-mecánica de las zonas de subducción.

Estructura térmica de la placa oceánica, la cuña mantélica y su interfase. Modelado de la zona de Wadati-Benioff y la determinación del acople entre placas. Parámetros de las zonas de subducción que gobiernan la profundidad de generación de fundidos y posición del arco. Influencia de los parámetros de subducción en la geoquímica de los magmas y su relación con el espesor de la placa superior. Variables que condicionan el régimen tectónico y su impacto en el espesor de la placa superior y magmatismo en las zonas de subducción.

Tema 3. Temperatura del manto y condiciones de fusión en el manto del sub-arco.

Temperatura potencial. Temperatura ambiente del manto y temperatura de exceso. ¿Qué es conceptualmente *Mantle Adibat*? Bases termodinámicas para la termometría conceptuales de olivino-fundido. Bases para estimar la termobarometría en función de la concentración de SiO_2 en un fundido que coexiste con olivino y ortopiroxeno. Termometría de la fuente en zonas de subducción. Relación entre la estructura térmica de la cuña astenosférica y el flujo magmático en zonas de subducción.

Tema 4. Modelado petrológico de elementos traza aplicado a zonas de subducción.

Introducción general sobre el comportamiento de elemento traza durante la fusión parcial. Ecuaciones que modelan los procesos de fusión parcial en equilibrio. Coeficiente de partición. Modelado petrológico para la fusión de la cuña astenosférica (manto deprimido). Modelos empíricos para cuantificar la componente de subducción. Uso de elementos traza para diferenciar entre deshidratación y fusión de sedimentos. Elementos traza críticos para distinguir la adición de masa por deshidratación de corteza oceánica subducida.

Tema 5. Solubilidad de agua en magmas y fluidos en zonas de subducción.

Solubilidad de agua en un líquido silicático. El modelo de Burnham. Contenido de agua máximo y mínimo de un magma usando el sistema haplogranítico. Solubilidad de agua en un sistema basáltico. Implicancias en los sistemas petrológicos hidratados. Controles químicos en los fluidos de zonas de subducción. Composición de los fluidos en zonas de subducción.

Tema 6. Composición de magmas primarios en arcos magmáticos y su evolución por diferenciación petrológica.

Distintas propuestas para diferenciar las series tholeiítica y calco-alcalina. El índice tholeiítico. Relación entre agua y el índice tholeiítico. Variables que controlan en la diferenciación tholeiítica o calco-alcalina. Las compilaciones globales de la composición de magmas primarios en zonas de subducción. Los grandes grupos de magmas primarios. Diferencias petrogenéticas en el manto que explican las diferencias entre magmas primarios. Diferenciación de los magmas primarios por cristalización fraccionada según los resultados experimentales. Estructura de la corteza como control de la diferenciación en frentes volcánicos.

Tema 7. Ejemplos de zonas de subducción activas del margen Pacífico Oriental

Zonas de subducción en América del Norte: los casos de las Aleutianas y Cascadia. Zonas de subducción en América Central y norte de América del Sur: casos de México y Zona Volcánica Norte. Zonas de subducción del centro y sur de América del Sur: casos de la Zona Volcánica Central y Zona Volcánica Sur.

Tema 8. Ejemplo de magmatismo andino

Inicio del ciclo Andino. Evolución cenozoica: Magmatismo del Altiplano-Puna: engrosamiento cortical y delaminación. Segmento de subducción horizontal Pampeano: colisión de una dorsal asísmica e influencia en la evolución geoquímica de los magmas, expansión del arco, asimilación cortical y erosión de antearco. Segmento de subducción somera de Payenia: expansión del magmatismo de arco hacia el retroarco asociado a cambios en la geometría de la losa, variaciones geoquímicas de los magmas. Andes Centrales del Sur a Andes Nordpatagónicos: influencia de la colisión de una dorsal sísmica, signatura de arco, aporte de fundidos enriquecidos, interrupción, reinicio y evolución del arco magmático.

Cronograma

Ocho semanas, comenzado el 21 de septiembre; existe la posibilidad de incluir una novena semana para hacer dos talleres dónde se discutan e integren algunos temas que aparezcan como de interés particular.

Bibliografía básica

- Baker, M.B., Stolper, E.M., 1994. Determining the composition of high-pressure mantle melts using diamond aggregates. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 2811-2827.
- England, P., Engdahl, R., Thatcher, W., 2004. Systematic variation in the depths of slabs beneath arc volcanoes. *Geophysical Journal International* 156, 377-408.
- Holtz, F., Johannes, W., Tamic, N., Behrens, H., 2001. Maximum and minimum water contents of granitic melts generated in the crust: a reevaluation and implications. *Lithos* 56, 1-14.
- Jicha, B.R., Kay, S., 2018. Quantifying arc migration and the role of forearc subduction erosion in the central Aleutians. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 360, 84-99.
- Kay, S.M., Coira, B.L., 2009. Shallowing and steepening subduction zones, continental lithospheric loss, magmatism, and crustal flow under the Central Andean Altiplano-Puna Plateau. In:

- Kay, S.M., Ramos, V.A., Dickinson, W.R. (Eds.), Backbone of the Americas: Shallow Subduction, Plateau Uplift, and Ridge and Terrane Collision. Geological Society of America Memoir, pp. 204.
- Kay, S.M., Mpodozis, C., 2002. Magmatism as a probe to the Neogene shallowing of the Nazca plate beneath the modern Chilean flat-slab. *Journal of South American Earth Sciences* 15, 39–57.
- Lallemand, S., Heuret, A., Boutelier, D., 2005. On the relationships between slab dip, back-arc stress, upper plate absolute motion, and crustal nature in subduction zones. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 6, Q09006. doi:10.1029/2005GC000917.
- Lambart, S., Laporte, D., Schiano, P., 2009. An experimental study of pyroxenite partial melts at 1 and 1.5 GPa: Implications for the major-element composition of Mid-Ocean Ridge Basalts. *Earth and Planetary Science Letters* 288, 335-347.
- Lee, C.-T.A., Luffi, P., Plank, T., Dalton, H.A., Leeman, W.P., 2009. Constraints on the depths and temperatures of basaltic magma generation on Earth and other terrestrial planets using new thermobarometers for mafic magmas. *Earth and Planetary Science Letters* 279, 20-33.
- Litvak, V.D., Fernández Paz, L., Iannelli, S., Poma, S., Folguera, A., 2019. Cenozoic arc-related magmatism in the Southern Central and North Patagonian Andes. En: *Andean Tectonics*, Horton B. Folguera A (Eds), Chapter 21, 573-607.
- Manning, C.E., 2004. The chemistry of subduction-zone fluids. *Earth and Planetary Science Letters* 223, 1-16.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science* 274, 321-355.
- Müntener, O., Ulmer, P., 2018. Arc crust formation and differentiation constrained by experimental petrology. *American Journal of Science* 318, 64-89.
- Oliveros, V., Moreno-Yaeger, P., Flore, L. 2020. Pre-pliocene Andean Magmatism in Chile. *Geoscience Canada* 47, 65-82.
- Plank, T., Langmuir, C.H., 1998. The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle. *Chemical geology* 145, 325-394.
- Ramos, V.A., 2010. The tectonic regime along the Andes: Present-day and Mesozoic regimes. *Geological Journal* 45, 2-25.
- Rollinson, H.R., 1993. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical.
- Schmidt, M.W., Jagoutz, O., 2017. The global systematics of primitive arc melts. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 18, 2817-2854.
- Stern, R.J., 2002. Subduction zones. *Reviews of Geophysics* 40, 3-1.
- Tatsumi Y., Eggins, S., 1995. Subduction Zone Magmatism. *Frontiers in Earth Sciences*.
- Turner, S.J., Langmuir, C.H., 2015. The global chemical systematics of arc front stratovolcanoes: Evaluating the role of crustal processes. *Earth and Planetary Science Letters* 422, 182-193.
- Zimmer, M.M., Plank, T., Hauri, E.H., Yogodzinski, G.M., Stelling, P., Larsen, J., Singer, B., Jicha, B., Mandeville, C., Nye, C.J., 2006. The Role of Water in Generating the Calc-alkaline Trend: New Volatile Data for Aleutian Magmas and a New Tholeiitic Index. *Journal of Petrology* 51, 2411-2444.