

Capítulo 17

Magmatismo en cuencas de retroarco

Introducción

Las cuencas de retro-arco (CRA) o marginales son cuencas semi-aisladas o series de cuencas ubicadas detrás de los sistemas de arcos de islas. Generalmente se acepta que estas tienen características extensionales y se producen por procesos de extensión del fondo oceánico, similares a los que tienen lugar en las dorsales medio-oceánicas. El origen extensional está avalado por el alto flujo calórico característico de estas cuencas y las series de lineaciones magnéticas, similares a las observadas en las cuencas oceánicas.

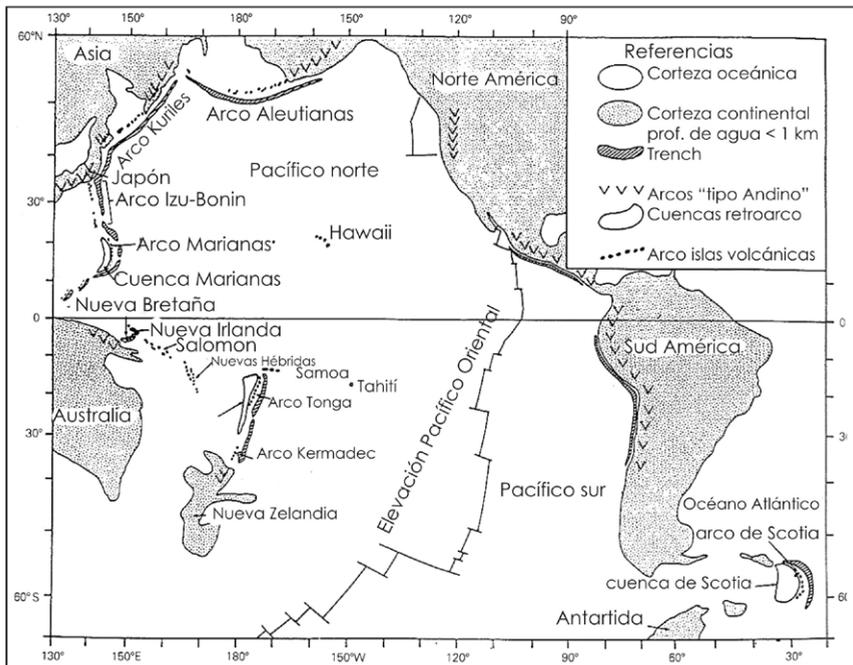


Fig. 17-1. Principales cuencas de retro-arco del Atlántico y Pacífico (modificado de Wilson 1991).

La Fig. 17-1 muestra las principales cuencas de retro-arco activas de los océanos Atlántico y Pacífico. La Tabla 17-1 muestra la duración de la distensión y la apertura total de cuencas de retro-arco activas.

Arco	Cuenca de retro-arco Asociada	Edad de inicio de la apertura (MA)	Velocidad de Apertura ($\text{cm}\cdot\text{año}^{-1}$)
Nueva Bretaña	Mar de Bismarck	3,5	13,2
Nuevas Hébridas	Plateau Fiji	10	7,0
Tonga	Cuenca Lau	6	7,6
Marianas	Cuenca Marianas	6-7	4,3
Andaman	Mar de Andaman	13	3,7
Sándwich del Sur	Mar de Scotia Oriental	8	5-7

Tabla 17-1. Listado de CRA, con las edades y velocidades de apertura.

Las CRA corresponden esencialmente a un fenómeno oceánico, aunque el régimen tectónico extensional tiene lugar en el lado continental, del frente volcánico en un margen continental activo. Asimismo aquí se genera nueva corteza oceánica. Por ejemplo rocas volcánicas alcalinas son erupcionadas al este de la cordillera de los Andes, debido a este fenómeno tectónico.

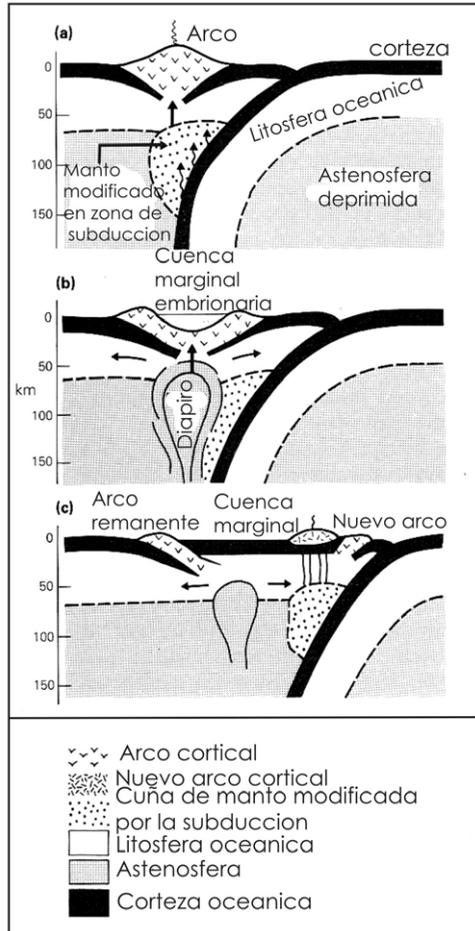


Fig. 17-2. Modelos de desarrollo de cuencas de retro-arco.

- a- Magmatismo de arco de islas normal.
- b- Diapiro astenosférico ascendente.
- c- Ruptura del viejo arco por distensión.

Todas las áreas de CRA que presentan extensión se relacionan con zonas de alto ángulo de subducción y pareciera la extensión del retro-arco se produjera sólo donde la litosfera subductada es mas vieja que 80 Ma y en consecuencia mas fría y densa.

La extensión del fondo marino en las CRA es claramente diferente de las dorsales medio oceánicas, por que aquí la distensión está relacionada con la subducción. Asimismo los modelos petrogenéticos de formación de magmas tienen diferencias fundamentales entre ambos ambientes, en términos de composiciones de las fuentes, profundidades, grados de fusión parcial y rol de los volátiles. El ambiente tectónico de la distensión de retro-arco,

involucra a los fluidos de la loza subductada, dependiendo específicamente de la geometría de la subducción, que producen basaltos con caracteres geoquímicos transicionales a basaltos de arco.

Los magmas basálticos erupcionados en CRA, varían desde toleítas bajas en K, cuyos elementos mayores son similares a los MORB, variando a basaltos subalcalinos con contenidos ligeramente más altos en álcalis. Asimismo, los elementos trazas difieren marcadamente entre ambos ambientes, como consecuencia de estar involucrados los fluidos de la zona de subducción en la petrogénesis de los basaltos de retro-arco. Por otra parte, junto a los basaltos se agregan un grupo inusual de andesitas altas en MgO, llamadas boninitas, que suelen también aparecer asociadas a secuencias de ante-arco en regiones de arco de islas. Muchos complejos ofiolíticos, se reconocen como el piso de una CRA obductada, más que debido a emplazamiento tectónico de fragmentos de corteza oceánica verdadera.

Petrografía de las rocas volcánicas

Como ejemplo típico de basaltos de retro-arco se toman las descripciones del Mar de Scotia Oriental. Los basaltos son ligeramente porfíricos, con fenocristales de olivino y plagioclasa y micro-fenocristales de plagioclasa, olivino, clinopiroxeno-Ca, cromita y titanomagnetita, que ha menudo se desarrollan en una masa vítrea. Mineralógicamente son similares a los basaltos de dorsal medio-oceánica y las texturas son típicas de basaltos enfriados en ambiente submarino. Las boninitas son lavas vítreas con olivino, ortopiroxeno y clinopiroxeno, con ausencia de feldespatos.

Composición química de los magmas

Elementos mayores: Las muestras dragadas del Mar de Scotia Oriental, tienen contenidos de $\text{SiO}_2 = 49\text{-}54\%$ e incluye basaltos bastante primitivos con $\text{MgO} = 7\text{-}8\%$. La Tabla 17-1 presenta las composiciones de algunos basaltos primitivos y toleíticos del arco de las Sándwich del Sur, en comparación con los MORB del Atlántico Sur.

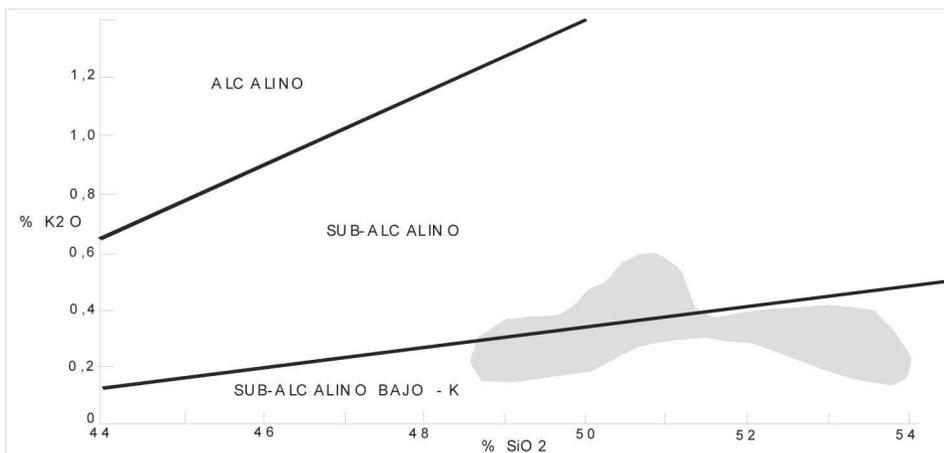


Fig. 17-3. Diagrama K_2O vs. SiO_2 , zona en gris corresponde a basaltos de retro-arco del Mar de Scotia oriental.

La Fig. 17-3 proyecta las relaciones entre %K₂O vs. % SiO₂ de los basaltos del Mar de Scotia Oriental, mostrando caracteres subalcalinos bajos en K a sub-alcalinos, similares a las toleitas MORB. Mientras que la Fig. 17-4 muestra que el “índice de alcalinidad” (A.I.) vs. Al₂O₃% se aproxima a los basaltos primitivos con MgO > 7%, que distingue los basaltos toleíticos de los basaltos de arco de alta alúmina. Como el contenido de SiO₂ es bastante restringido, no se usa como índice y en su lugar se aplica el Zr (ppm) vs. MgO%, el que revela un espectro de tipos de basaltos primitivos, con contenidos de MgO > 7%, que podría generarse por fusión parcial progresivamente mayor de una fuente homogénea, como indica el incremento de tierras raras.

Las boninitas son altas en SiO₂ (>55%), en MgO (>9%) y en elementos compatibles (Ni = 70-450 ppm; Cr = 200-1800 ppm); a su vez tienen muy bajo contenido de TiO₂ (<0,3 %). Meijer (1980) sugiere que el magma boninitico corresponde a una serie particular, porque estas rocas se asocian con contenidos de MgO = 4 – 25%, a consecuencia de la baja presión de fraccionamiento del ortopiroxeno. Los caracteres geoquímicos indican que las boninitas derivarían de una fuente mantélica fuertemente deprimida bajo condiciones anhidras, en condiciones inusuales.

Elementos trazas: los basaltos del Mar de Scotia Oriental y de las Islas Sándwich del Sur están deprimidos en elementos trazas, en comparación con el enriquecimiento que muestran los MORB del Atlántico Sur. Comparando los MORB-N, los basaltos de retro-arco muestran enriquecimiento de los cationes LIL: K, Rb, Ba, Sr. Mientras que en los MORB-E, sólo el K y Sr se enriquecen. En la Tabla 17-3 se realizan algunas comparaciones entre los basaltos de cuenca de retro-arco del Mar de Scotia Oriental, los MORB y las toleitas de islas oceánicas.

%	Mar de Scotia		Sándwich del Sur	MORB Atlántico Sur		Islas Bonin (Japón)	Arco de islas
	1	2		Enriquecido	Deprimido	Boninita	Andesita
SiO ₂	50,36	53,84	51,03	51,22	50,40	59,69	58,58
TiO ₂	1,46	0,61	0,82	1,62	1,26	0,29	0,72
Al ₂ O ₃	16,36	14,51	15,76	15,87	17,20	14,44	17,52
Fe ₂ O ₃	9,07	9,24	11,76	10,66	10,24	9,15	7,10
MnO	0,16	0,17	0,21	0,17	0,17	0,23	0,14
MgO	7,36	7,71	6,30	7,51	7,72	5,71	3,43
CaO	10,84	10,80	10,72	11,04	11,98	8,38	7,55
Na ₂ O	3,39	1,79	2,40	2,69	2,51	2,28	3,11
K ₂ O	0,43	0,24	0,18	0,38	0,08	0,51	0,92
P ₂ O ₅	0,20	0,08	0,13	0,18	0,10	0,07	0,19
Ppm							
Cr	270	295	100	229	267	208	40
Ni	64	42	14	127	127	--	7
Rb	6	4	3	8	2	11,1	21
Ba	77	55	57	74	20	27,9	200
Sr	212	123	133	151	117	85,7	204
Zr	130	40	29	117	91	30	91
Hf	2,9	0,98	--	--	--	0,88	--
Nb	8	1	1	7,2	2	--	--
Ta	1,1	0,36	--	--	--	--	--
Zn	68	71	79	74	67	--	--
Ga	15	12	--	--	--	--	--
La	7,83	--	1,59	6,87	2,63	1,13	6,24
Ce	19,0	6,45	4,99	21,4	9,1	2,69	16,76
Nd	13,1	4,55	4,39	13,5	7,7	1,95	10,37
Sm	3,94	1,46	1,62	4,69	2,77	0,623	3,0
Eu	1,44	0,56	0,69	1,59	1,24	0,231	0,77
Gd	4,87	1,99	2,36	6,8	4,5	--	--
Dy	5,24	3,38	2,88	6,4	--	--	--
Er	3,20	1,58	1,91	--	--	--	--
Yb	3,02	1,59	1,84	3,60	3,19	0,894	2,99
Y	30	14	18	37	34	0,149	--

Tabla 17-1. Análisis de basaltos del Mar de Scotia Oriental, Sándwich del Sur y MORB del Atlántico Sur. Así como boninita de Bonin y andesita de arco de islas

Los basaltos de CRA muestran afinidad con los de intra-placa y su petrogénesis es más compleja y pudiendo involucrar una fuente mantélica MORB deprimida, o de OIB, además de componentes de la zona de subducción.

Relaciones	Mar de Scotia Oriental- basaltos Cuenca retro-arco	MORB		Toleitas Islas oceánicas
		Tipo-N deprimido	Tipo-P enriquecido	
K/Rb	400 - 800	1046	414	400
K/Ba	40 - 60	109	34	25 - 40
Rb/Sr	0,025 - 0,04	0,0079	0,043	0,01 - 0,05
Zr/Rb	16 - 54	37	6	6 - 15

Tabla 17-2. Comparación entre basaltos de cuenca retro-arco, MORB y Toleitas de islas oceánicas.

Isótopos radiogénicos: los basaltos de CRA se caracterizan por bajas relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, que las rocas volcánicas asociadas a los arcos de islas y se considera que reflejan el rol de los fluidos enriquecidos en estos isótopos en la loza subductada y que genera estos magmas.

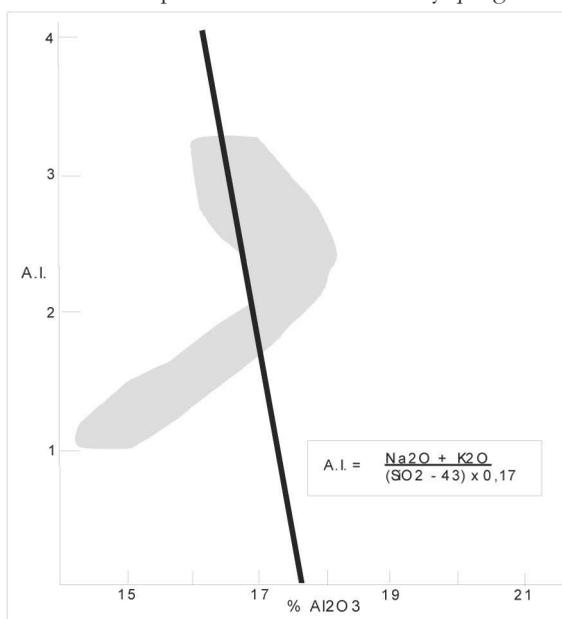


Fig. 17-4. Diagrama Índice Alcalino (A.I.) versus Al_2O_3 , de basaltos de la cuenca de retroarco del Mar de Scotia Oriental (zona gris).

En el arco de la islas Sándwich del Sur las relaciones son de 0,70376 – 0,70423; mientras que en el Mar de Scotia Oriental es de 0,70281 – 0,70336. Los pocos datos combinados de las relaciones $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ se presentan en la Fig. 17-4 comparando los basaltos de las islas Sándwich del Sur, con los de islas oceánicas, arcos de islas oceánicas y MORB. La utilización de los isótopos $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, muestran en la Fig. 17-5 los campos correspondientes a los basaltos de las islas Sandwichs del Sur y el arco de las Marianas, comparados con los MORB.

Modelo petrogenético

Los modelos de evolución del sistema arco de islas – cuenca de retro-arco, se basa

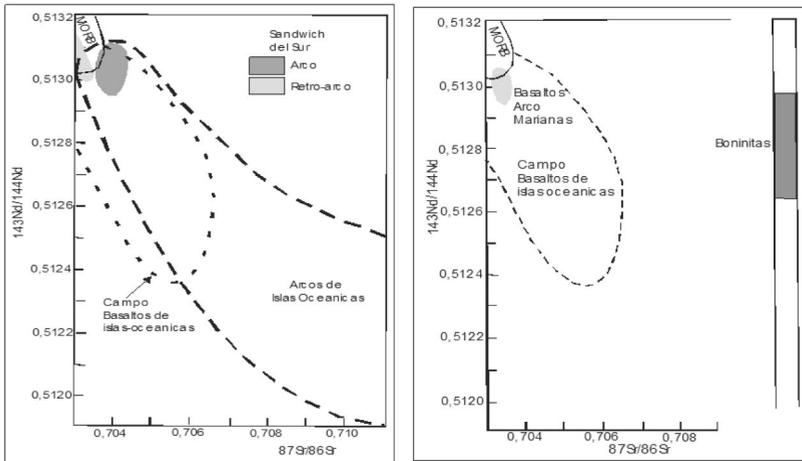


Fig. 17-5. A) Diagrama $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ con las composiciones de los basaltos de arcos de islas de la Sándwich del Sur, que se asocian a cuencas marginales. B) Variaciones isotópicas del Nd de boninitas del ante-arco de las Marianas e islas de Bonin, en comparación con los basaltos del arco de las Marianas.

esencialmente en el modelo de Karig (1971) de las regiones de Tonga-Lau y Marianas y Oeste de Filipinas. La Fig. 17-2 muestra secciones esquemáticas del desarrollo de la CRA. En a) se muestra el típico ambiente tectónico de arco de islas oceánicas que puede haberse desarrollado antes del desarrollo de la CRA. Los fundidos parciales y fluidos ascienden desde la litosfera oceánica subductada metasomatizada y de la cuña de manto astenosférica, que funden parcialmente para producir el arco de basaltos. En b) se produce el rift con un desarrollo embrionario de cuenca de trans-arco, que se genera por el ascenso diapírico de manto astenosférico profundo por debajo del eje del arco, el cual funde parcialmente a consecuencia de la descompresión adiabática, para producir los basaltos de retro-arco. El arco volcánico cesa aproximadamente, cuando comienza la apertura del retro-arco. Eventualmente la corteza del arco se rompe c) en dos bloques y se desarrolla una verdadera CRA.

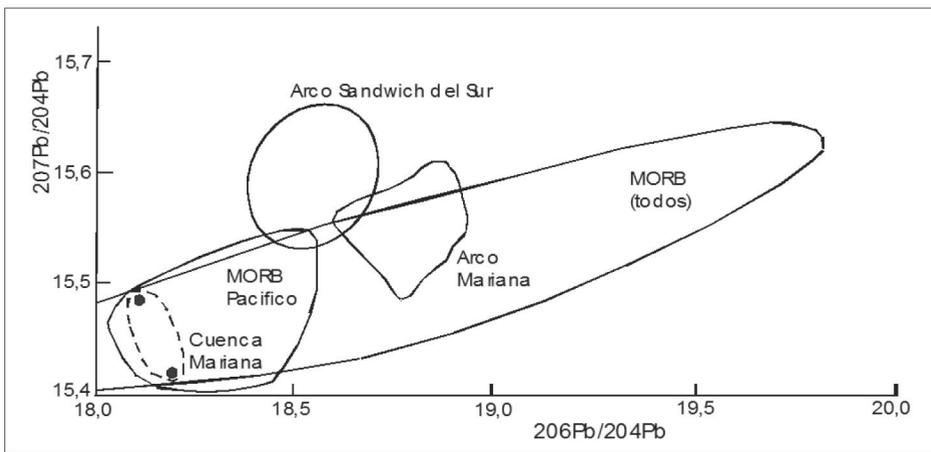


Fig. 17-6. Las relaciones de isótopos de Pb muestran las variaciones de los basaltos del arco y cuenca de Mariana, Sándwich del Sur y MORB.

El bloque desarrollado desde el trench se hunde y forma un nuevo arco, mientras que el trench migra hacia el océano como una cuenca extendida. La fusión parcial y la tectónica extensional están relacionadas a la descompresión adiabática de ascenso de manto lherzolítico por debajo del eje del arco. Como alternativa, se supone que la corteza oceánica subductada y componentes del manto litosférico pueden segregarse en profundidad desde una eclogita, harzburgitas boyantes, que en su ascenso producen la distensión del retro-arco.

En resumen, se observa que hay más variables involucradas en la fuente que produce los basaltos de retro-arco, que en la fuente que produce los basaltos de las dorsales medio-oceánicas. Siendo muy significativos los fluidos derivados de la placa oceánica que se subducta.

En base a los elementos químicos mayores los basaltos de cuencas de trans-arco caen dentro del espectro de los MORB-E, aunque estos no son usados como discriminantes entre los OIB y MORB. La geoquímica de los elementos trazas de los basaltos de retro-arco es compleja, mostrando caracteres tanto de MORB como de Arco. En general la influencia de los fluidos en la zona de subducción debe ser mayor durante estadios tempranos de apertura de la cuenca y disminuye cuando la cuenca se extiende. En el Mar de Scotia en el centro de distensión los basaltos son más ricos en volátiles que los MORB-N, existiendo la posibilidad que la deshidratación de la loza subductada pueda haber contribuido con alta presión de agua a la fusión parcial. Esto es consistente con los elementos trazas, que indican una fuente mantélica modificada durante la subducción, en la generación del magma. Componentes potenciales a la región de retro-arco incluyen peridotitas de la litosfera oceánica, junto con lherzolitas relativamente fértiles de diapiros de manto astenosférico que ascienden.

Estudios experimentales sobre el origen de las boninitas confirman que se puede producir una fusión parcial hidratada (>30%) desde una peridotita a profundidades de 30 – 60 km, con composiciones de alto SiO₂ y MgO, dejando un residuo refractario de olivino y ortopiroxeno.

Lecturas Seleccionadas

- Karig, D.E. 1971. Origin and development of marginal basins in the western Pacific. *J. Geophys. Res.* 76: 2542-2561.
- Meijer, A. 1980. Primitive arc volcanism and a boninite series: examples from western Pacific island arcs. In: *Tectonics and geological evolution of Southeast Asia seas and islands*. D.F. Hayes (ed.), 269-282. *Am. Geophys. Union Monogr.* 23. durante la generación del magma en la zona de colisión de placas oceánicas.

