COMBUSTIBLES SÓLIDOS (ASFALTITA)

Peter R. Cobbold[1], Gilles Ruffet[1] Leslie Leith[2], Helge Løseth[2], Nuno Rodrigues[2], Olivier Galland[3] y Héctor A. Leanza[4]

1. Géosciences-Rennes, CNRS et Université de Rennes, Francia peter.cobbold@univ-rennes1.fr 2. Statoil Research Centre, Trondheim, Noruega. 3. Physics of Geological Processes, University of Oslo, Noruega. 4. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires - CONICET

RESUMEN

Donde la Cordillera incide en Cuenca Neuquina, afloran centenares de vetas de hidrocarburo sólido (asfaltita). Muchas han sido objetos de trabajos mineros. De común acuerdo, la asfaltita es producto de maduración de lutitas, ricas en materia orgánica, en particular de la Fm. Vaca Muerta, de edad Jurásica tardía. En la provincia del Neuquén, las vetas son mayormente filones subverticales, rectilíneos y continuos, que cortan las estructuras regionales, así como todos los estratos, del Jurásico al Paleoceno. De los filones, casi todos yacen a menos de 50 km del volcán Tromen, aunque dos están cerca del Auca Mahuida. En ambos volcanes, los productos son del Plioceno tardío al Pleistoceno. A escala regional, los filones de asfaltita siguen la dirección actual de compresión tectónica (ENE), pero localmente irradian desde los volcanes. Los espesores son máximas donde la roja de caja es más resistente a la fractura. Muchos filones yacen cerca de fallas reactivadas del basamento, en particular al pié del Tromen. Ahí la asfaltita es de alto grado, pero en otros lugares es de grado menor. También cerca de las fallas, los filones de asfaltita alimentan costras calcáreas. En algunos filones o en sus rocas de caja, hay minerales de origen hidrotermal. En algunos casos, contienen fragmentos de lutitas de la Fm. Vaca Muerta y se deduce una expulsión de la roca madre. Finalmente, algunos filones bifurcan hacia la superficie actual. Sacamos en conclusión que los cuerpos intrusivos de asfaltita en la provincia del Neuquén se formaron durante la actividad volcánica del Plioceno tardío al Pleistoceno.

Palabras clave: Asfaltita, vetas radiales, volcanes, Tromen, hidrotermalismo, Pleistoceno

ABSTRACT

Solid fuels (Asphaltite).- Where the Neuquén Basin abuts the Andes, hundreds of veins of solid hydrocarbon (asphaltite) crop out. Many of these veins were mined in the past. By consensus, the bitumen has resulted from maturation of organic-rich shale, especially the Vaca Muerta Fm. of late Jurassic age. To explain the maturation, recent authors have invoked regional subsidence, whereas early investigators invoked magmatic activity. In Neuquén Province, the veins are mostly sub-vertical dykes. They tend to be straight and continuous, crosscutting regional structures and all strata, from Jurassic to Palaeocene. Almost all of the dykes lie within 50 km of Tromen volcano, although two are close to Auca Mahuida. On both volcanoes, volcanic products are of late Pliocene to Pleistocene age. Although regionally the bitumen dykes track the current direction of tectonic compression (ENE), locally they radiate outward from the volcanoes. The thicknesses are greatest where the host rocks are the most resistant to fracturing. Many of the dykes occur near reactivated basement faults, especially at the foot of Tromen. Here the bitumen is high-grade, whereas elsewhere it tends to be lower-grade. Also near basement faults, bitumen dykes pass upward into surface caprocks of hydrothermal calcrete. Some dykes or their wallrocks contain hydrothermal minerals. A few contain fragments of Vaca Muerta shale. We infer forceful expulsion of source rock. Finally, some dykes splay upward near the current land surface. We conclude that the bitumen dykes of Neuquén province formed during Pliocene to Pleistocene volcanic activity.

Key words: Asphaltite, radial dykes, volcanoes, Tromen, hydrothermalism, Pleistocene

INTRODUCCIÓN

Donde la Cordillera de los Andes incide en la Cuenca Neuquina, afloran centenares de manifestaciones de asfaltita, que es una forma de hidrocarburo sólido (Figs. 1 y 2, Tabla 1). A primera vista, el material se asemeja a un carbón vegetal. Sin embargo, suele ser más bituminoso y disponerse en vetas discordantes a la estratificación. A medida que aumenta el porcentaje de carbón molecular (Tabla 1), la asfaltita se clasifica como gilsonita, grahamita o impsonita (Abraham 1960). Los primeros pobladores de las provincias de Mendoza y del Neuquén tropezaron con este «carbón» y lo aprovecharon como combustible, para uso doméstico. De los geólogos precursores, que estudiaron las vetas, se destacan Groeber (1923) y Rassmuss (1923). Éstos reconocieron que la asfaltita (o rafaelita), al igual que el petróleo, provienen de la acción del calor sobre esquistos bituminosos de edad mesozoica.

Para aprovechar sistemáticamente la asfaltita, entre los años 1930 y 1940 se organizaron compañías mineras, que se beneficiaron de capitales y técnicos alemanes. Durante la segunda guerra mundial, cuando mermaron las importaciones de carbón vegetal, la asfaltita se utilizó como combustible en los ferrocarriles y para la industria del acero. Además se la apreciaba por el alto contenido en vanadio de las cenizas (Meyerhoff 1948; Fester & Cruellas 1949). Entre los años 1940 y 1950, la producción nacional de combustibles sólidos alcanzó un apogeo, bajo la dirección de Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF), y se llevaron a cabo numerosos estudios geológico-mineros. Desgraciadamente, los resultados quedaron como informes inéditos, que luego desaparecieron, al clausurarse YCF. En buena hora, Borrello (1956) alcanzó a sintetizar gran parte de estos trabajos, en un compendio de 665 páginas.

Si la producción de asfaltita disminuyó, fue en parte porque la reemplazaba el petróleo líquido, pero además

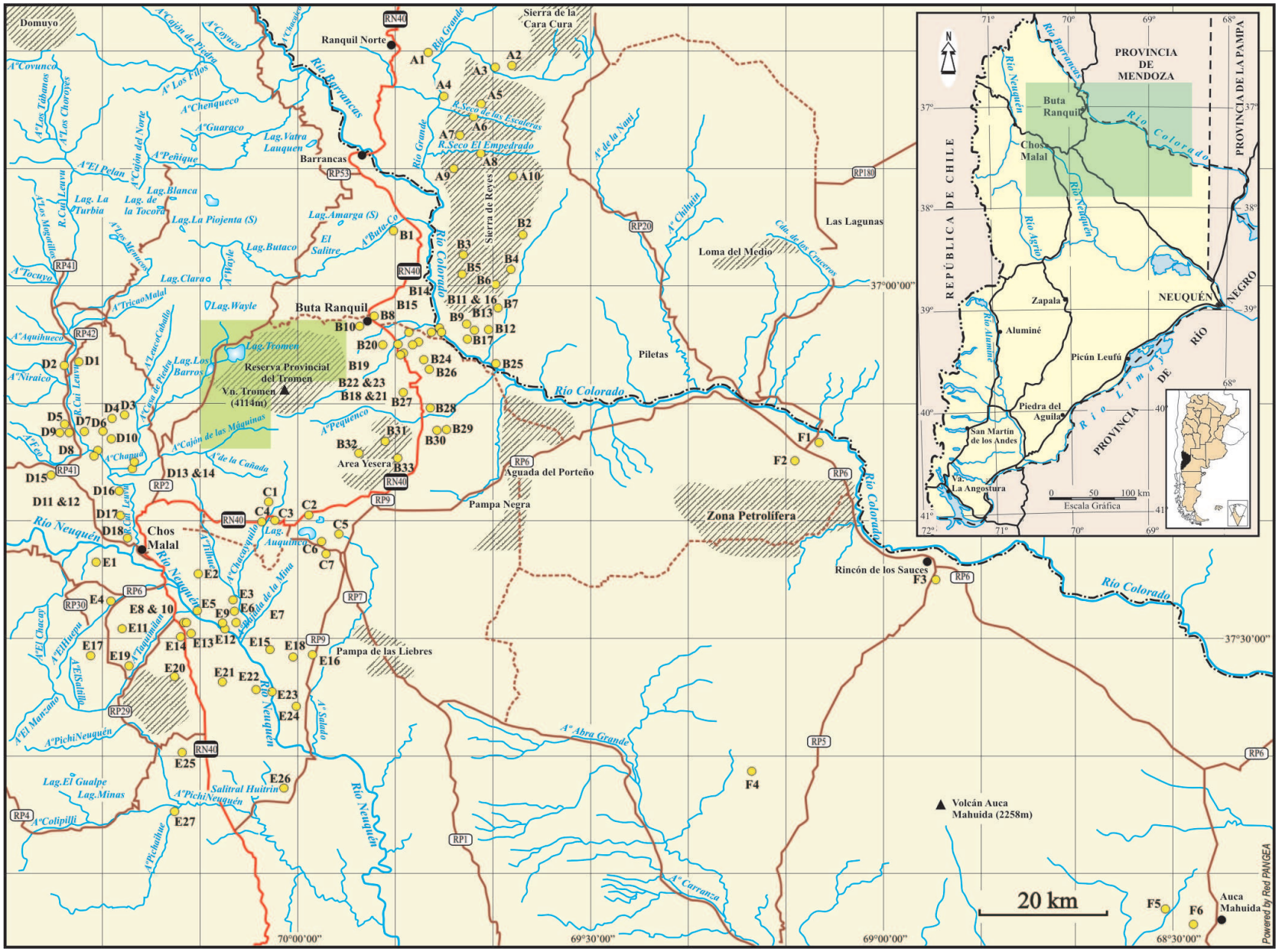

Figura 1: Principales manifestaciones de asfaltita, provincia del Neuquén y extremo sur de Mendoza. Los números se refieren a la lista (Tabla 1). En su gran mayoría, las manifestaciones yacen alrededor del volcán Tromen, a menos de 50 km del cráter. Otras se encuentran a lo largo del río Colorado o al SE del volcán Auca Mahuida.

Figura 2: Ubicación y rumbo de las principales vetas de asfaltita (en amarillo) alrededor del volcán Tromen, provincias del Neuquén y Mendoza. En su mayoría, las vetas son subverticales y se concentran en zonas elípticas (A y E), a lo largo de fallas del basamento (líneas blancas). Algunas vetas son concordantes (puntos amarillos). La orientación de las vetas se aprecia mejor a través de sus trayectorias (líneas azules). El rumbo es mayormente NE, pero se vuelve radial al Tromen, al aproximársele. Las vetas llevan números independientes en cada zona (según lista, Tabla 1). Véase también las manifestaciones volcánicas: centros efusivos (puntos), diques (líneas) o aguas termales (cuadrados). Estas manifestaciones son principalmente post-pliocenas (en anaranjado), aunque también las hay pre-pliocenas (en rosado). Para facilitar la ubicación, la imagen de fondo es de GoogleEarth, por lo que las líneas de latitud y de longitud son casi rectas y ortogonales.

No.	Nombre	Visitada o no	Facilidad de acceso	Coordenadas Latitud S	Coordenadas Longitud O	Rumbo veta (°)	Espesor max. (m)	Roca de caja (unidad)	Carbono % (max)	Producción x 103 tons	Reservas x 103 tons
	ZONA A										
A1	La Omatina	3	3	36°40'11"	69°46'36"	f. capa	0,10	Neuquén	53		
A2	Piedras Azules	2		36°41'14"	69°38'01"	010	0,10	Agrio			
A3	Agua de la Tosca	1	2	**36°41'25.0"**	**69°39'48.5"**	010	0,01	Agrio			
A4	La Costa	2		36°43'55"	69°45'00"	020		Neuquén			
A5	Bardas Bayas	2		36°44'31"	69°41'10"	025	0,70	Agrio	84		
A6	Rio Seco de las Escaleras	2		36°45'35"	69°42'01"	020	0,40	Agrio	46		
A7	Rio Seco de los Baños	2		36°47'10"	69°43'22"	f. capa		Agrio			
A8	Cerro Mayal - Rio Seco	2		36°48'45"	69°41'15"	010	2,00	Agrio			
A9	Aguada del Chivato	2		36°50'00"	69°44'01"	020	0,10	Agrio			
A10	Isabel	1	4	**36°50'43.3"**	**69°37'55.0"**	080	4,00	Agrio	52	0,5	1
	ZONA B										
B1	Butacó	1	2	**36°55'21.7"**	**69°50'10.6"**	f. capa	0,50	Agrio	50		
B2	Ciénaga Grande	2		36°55'41"	69°37'00"	060	0,30	Agrio			
B3	Don Josué	2	4	36°57'24"	69°43'01"	065	0,10	Auquinco			
B4	Agua de las Rosillas	2		36°58'36"	69°38'13"	075	0,25	Agrio			
B5	Don Paco	2	4	36°59'00"	69°43'07"	063	0,10	La Manga			
B6	Agua Grande	2		36°59'53"	69°39'45"	075	0,25	Agrio			
B7	Agua de la Salinita	1	3	**37°01'54.5"**	**69°39'27.0"**	020	1,00	Agrio			
B8	Buta Ranquil Norte	3		37°02'42"	69°51'42"	f. capa	0,20	Agrio			
B9	La Bombilla	1	3	**37°03'12.7"**	**69°42'39.9"**	063	0,40	Mulichinco	55		
B10	Buta Ranquil Oeste	1	1	**37°03'26.9"**	**69°53'40.1"**	145	0,50	Agrio			
B11	Cable Beta Norte	1	3	**37°03'34.7"**	**69°45'22.1"**	060	0,95	Mulichinco	55		15
B12	Mina de nombre desconocido	1	3	**37°03'44.4"**	**69°40'24.6"**	060	0,30	Mulichinco			
B13	Alamito	2		37°03'45"	69°41'51"	060	0,10	Mulichinco			
B14	Ranquil Vega	1	2	**37°03'54.8"**	**69°46'19.2"**	063	0,30	Mulichinco	30		
B15	Arroyo Chacaycó	3		37°03'56"	69°48'37"	063	0,40	Mulichinco			
B16	Cable Beta Sur	1	3	**37°03'59.6"**	**69°45'16.7"**	055	0,85	Mulichinco			
B17	Señal Borde del Colorado	1	3	**37°04'30.0"**	**69°42'35.9"**	075	0,50	Mulichinco			
B18	Agua del Pato	1	2	**37°04'46.0"**	**69°47'36.6"**	073	0,35	Mulichinco			
B19	Rio Seco del Chañar	2		37°05'00"	69°49'45"	063	0,30	Mulichinco			
B20	Buta Ranquil Sur	3		37°05'01"	69°51'15"	030	0,50	Mulichinco	37		
B21	Rio Seco Santa Elena	2		37°05'01"	69°48'14"	065	0,20	Huitrín			
B22	Cañadón Polcurá	1	1	**37°05'48.5"**	**69°49'10.8"**	065	0,65	Mulichinco			
B23	Cerro Bayo	1	1	**37°05'55.0"**	**69°49'25.0"**	065	0,40	Mulichinco			
B24	La Mona	1	2	**37°06'18.6"**	**69°47'04.2"**	063	0,50	Agriio			
B25	Rincón de Correa	2		37°06'39"	69°39'42"	060		Neuquén			
B26	Bajada de Campos	1	2	**37°07'04.8"**	**69°46'28.9"**	063	0,50	Huitrín			
B27	La Hedionda	3		37°09'07"	69°49'11"	063	0,60	Huitrín			
B28	Puesto Escalona	1	2	**37°10'25.4"**	**69°46'25.8**	060	0,40	Mulichinco			
B29	Rio Seco del Alamo	2		37°12'15"	69°44'47"	060	0,20	Mulichinco			
B30	Ciénaga de las Yeseras	3		37°12'18"	69°45'44"	060	0,40	Mulichinco			
B31	Tromen	1	2	**37°13'14.0"**	**69°51'01.6"**	050	3,80	Tordillo	51	12,3	25
B32	Cerro Negro del Tromen	2		37°14'15"	69°53'45"	050	1,40	Auquinco	36		
B33	La Riqueza	1	1	**37°14'39.3"**	**69°49'43.8"**	015	3,00	Auquinco	77		

Tabla 1. Continua en la siguiente página.

hubo una serie de catástrofes mineras, debidas al carácter explosivo del hollín. Así terminaron cuatro minas neuquinas y sus campamentos o pueblos aledaños (Santa Marta en junio de 1943, La Esperanza en junio de 1944, La Escondida en agosto de 1947, y San Eduardo en marzo de 1951). Al abandonarse los trabajos, sobrevivieron trincheras, pozos, socavones, maquinarias, escombros, terraplenes, tanques de agua, casas, y caminos de acceso. Hoy estos vestigios se reconocen *in situ* (Fig. 3), pero también en imágenes de satélite. Si bien cada año se degradan los restos por la acción de la intemperie y el acceso a ellos se vuelve más difícil, afortunadamente aumenta la resolución de las imágenes.

Últimamente y durante varias campañas, hemos visitado buen número de vestigios mineros y hemos estudiado las vetas de asfaltita y sus rocas de caja. En el año 2009, volvieron a la luz muchos informes inéditos de YCF. Al consultarlos detenidamente, hemos podido localizar otras manifestaciones. Para completar el trabajo geológico e histórico, hacemos un llamado general al público interesado, a través de esta obra.

MANIFESTACIONES DE ASFALTITA

En la Cuenca Neuquina, existen abundantes relaciones de proximidad entre las manifestaciones de asfaltita y cuerpos magmáticos diversos (volcanes, lavas o filones) (Groeber 1923; Rassmuss 1923; Piscione 1947; Borrello 1956). En la provincia de Mendoza, son numerosas las vetas concordantes a la estratificación (filones capa). En cambio, en la provincia del Neuquén, los filones son principalmente discordantes, verticales o subverticales (Fig. 2). Tienen buena continuidad en el rumbo, atravesando las estructuras de la Faja Plegada, estructuras que se formaron entre el Aptiano y el presente (Cobbold & Rossello 2003). También los filones cortan todas las secuencias estratigráficas, desde el Jurásico hasta el Paleoceno. Los filones de asfaltita de Agua de la Tosca (A3, Tabla 1) también cortan cuerpos andesíticos, que hemos datado como de edad miocena. En cambio, ningún filón de asfaltita pareciera cortar los últimos derrames basálticos de edad cuaternaria (Fig. 3A).

En su gran mayoría, los filones de asfaltita yacen alrededor del volcán Tromen, a menos de 50 km de su cráter (Fig.

No.	Nombre	Visitada o no	Facilidad de acceso	Coordenadas Latitud S	Coordenadas Longitud O	Rumbo veta (°)	Espesor max. (m)	Roca de caja (unidad)	Carbono % (max)	Producción x 103 tons	Reservas x 103 tons
	ZONA C										
C1	Cerro Tilhué	2		37°18'25"	70°03'00"		0,40	Mulichinco			
C2	Laguna Auquinco (La Salvada)	1	1	**37°19'32.7"**	**69°58'53.8"**	120	1,00	Tordillo			
C3	Alto Arroyo Chacaicó Este	1	1	**37°19'49.7"**	**70° 2'36.3"**	015	0,30	Mulichinco			
C4	Alto Arroyo Chacaicó Oeste	2		37°20'04"	70°03'42"	010	0,15	Mulichinco	47		
C5	La Salvada SE	1	2	**37°21'07"**	**69°55'45"**	120	1,00	Tordillo			
C6	Curacó	1	1	**37°21'49"**	**69°57'35"**	135	8,00	Tordillo	86	27,6	200
C7	Puerta Curacó	1	2	**37°22'46.5"**	**69°57'05.2"**	010	5,00	Tordillo			
	ZONA D										
D1	Tricao Malal	**1**	2	**37°06'28"**	**70°22'27"**	075	0,90	Agrio	50		
D2	Alto Curileuvú	2		37°06'47"	70°23'52"	075	0,02	Agrio			
D3	Arroyo Leuto Caballo	2		37°10'59"	70°17'45"	040	0,50	Avilé			
D4	Cerro Negro	2		37°11'20"	70°19'00"	000	0,30	Agrio			
D5	Cerro Cañañán Norte	2		37°11'47"	70°23'48"	040	0,03	Avilé			
D6	Curi Mahuida Norte	2		37°12'23"	70°19'56"	170	0,10	Mulichinco			
D7	Curi Mahuida Oeste	2		37°12'26"	70°21'51"	060	0,35	Agrio			
D8	Cerro Cañañán Sur	2		37°12'31"	70°23'22"	060	0,03	Avilé			
D9	Arroyo Menucos	2		37°12'32"	70°24'22"	060	0,05	Avilé			
D10	Curi Mahuida Sur	2		37°13'03"	70°19'04"	020	0,15	Mulichinco			
D11	Chacay Melehué	3		37°14'00"	70°20'30"	040	0,10	Avilé			
D12	Las Máquinas	3		37°14'26"	70°20'55"	070	2,00	Avilé	47		
D13	Arroyo Chapúa Oeste	2		37°15'01"	70°16'42"	020	0,05	Avilé			
D14	Arroyo Chapúa Sur	2		37°15'35"	70°16'57"	020	0,10	Mulichinco			
D15	La Parva	**1**	1	**37°16'06.9"**	**70°25'16.3"**	070	0,80	Avilé	43		1
D16	Los Maitenes	2		37°17'27"	70°18'14"	000	0,10	Vaca Muerta	64		
D17	La Tricahuera	2		37°19'34"	70°18'08"	020	0,70	Mulichinco			
D18	Curileuvú	3		37°21'30"	70°17'27"	065	0,10	Avilé	69		
	ZONA E										
E1	Rahueco	2		37°23'32"'	70°20'38"	050	0,03	Agrio			
E2	Loma Alta	2		37°24'32"	70°10'10"	056	0,10	Mulichinco			
E3	Junta Arroyos Chacaicó y Blanco	3	3	*37°26'43"*	*70°06'34"*	020	0,30	Agrio			
E4	Arroyo Truquicó	2		37°26'51"	70°19'03"	040	0,05	Avilé			
E5	Costa Neuquén Oeste	2	4	37°27'40"	70°10'20"	010	0,30	Mulichinco			
E6	Flanco Oriental Ant. El Porvenir	2	3	37°27'41"	70°06'30"	010	0,30	Mulichinco			
E7	Arroyo Tilhué Inferior	2	4	37°28'42"	70°06'18"	025	0,15	Mulichinco			
E8	La Esperanza	1	1	**37°28'42.2"**	**70°11'38.8"**	020	2,00	Avilé	69	21	10
E9	El Porvenir	1	4	**37°28'42.2"**	**70°07'42.4"**	020	1,90	Mulichinco	74		
E10	San Daniel	1	1	**37°28'46.7"**	**70°12'00.6"**	020		Avilé			
E11	Cerro Pitrén	1	3	**37°29'10.2"**	**70°17'56.9"**	035	1,90	Mulichinco			
E12	Costa Neuquén Este	2	4	37°29'12"	70°07'27"	020	0,15	Mulichinco			

Tabla 1. Características de las principales manifestaciones de asfaltita, provincias del Neuquén y extremo S de Mendoza. Cada manifestación lleva un número, que lo identifica dentro de su zona (A a G). Los nombres los hemos extraído, en lo posible, del compendio de Borrello (1956), o de informes inéditos de Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF). Distinguimos (tercera columna) las vetas que hemos visitado (1), las que no intentamos visitar (2), y las que no pudimos localizar *in situ* (3). Por su facilidad de acceso (cuarta columna) hemos distinguido: las que están a menos de veinte minutos a pié de una ruta principal (1), las que se alcanzan solamente por vías secundarias (2), las que requieren además varios kilómetros a pié (3), y las que requieren un día entero a pié o a caballo (4). Las coordenadas geográficas las hemos obtenido, por medida GPS *in situ* (números gruesos), o comparando informes de YCF con imágenes de satélite (números delgados). Los valores de carbono total son de Borrello (1956) o de informes de YCF más recientes. Los valores de producción y de reservas son de Borrello (1956).

2). Otros pocos afloran al SE del volcán Auca Mahuida o a lo largo de la faja volcánica y tectónica del río Colorado (Fig. 1). En base a edades argón-argón, se atribuyen los productos de los dos volcanes principales al Plioceno superior o al Pleistoceno inferior (Rossello *et al.* 2002; Galland e*t al*. 2007).

Alrededor del Tromen, los filones tienen rumbo preferencial NE-SO (Fig. 2), paralelo o casi paralelo a la dirección actual de convergencia de las placas en el margen pacífico y a las direcciones de esfuerzo horizontal máximo, que se deducen de la orientación de fracturas de pozos petroleros (Guzmán *et al.* 2007). Sin embargo, al aproximarse al Tromen, los filones adoptan direcciones más radiales (Cobbold *et al*. 2008). Este fenómeno se nota principalmente en los sectores SE y S del volcán (Zonas D y E de la Fig. 2). También de orientación radial, pero en el Auca Mahuida, se reconocen dos filones al SE de este volcán. A medida que se alejan del Tromen, los filones se van adelgazando y en algunos casos bifurcando. Sin embargo, los espesores máximos (hasta 10 m, excepcionalmente) se registran cuando la roca de caja es muy resistente a la fractura, lo que es el caso de las arenitas de las Fms. Tordillo, Avilé o Mulichinco, o del Grupo Neuquén (Tabla 1). También con la distancia del Tromen, la madurez térmica de la asfaltita diminuye, aunque presenta altos valores al pié del edificio, a lo largo de fallas inversas del basamento (Fig. 2). De hecho, fueron los filones más espesos y más maduros los que alimentaron, antes de 1956, las minas de Cable Beta Norte (Fig. 3A), Tromen, Curacó (Fig. 3B), Tilhué, La Esperanza, Santa Marta, Cerro Curacó, San Eduardo (Fig. 3C) y Auca Mahuida (Tabla 1).

Dentro de algunos filones localizados por encima o debajo de la Fm. Vaca Muerta se registran fragmentos de lutitas de esa unidad (Fig. 3B). De estas observaciones y de datos de geoquímica orgánica (Carey *et al.* 1993; Parnell & Carey 1995), se deduce que la Fm. Vaca Muerta es la roca madre principal y que en ella se generó una sobrepresión de fluidos. Sin embargo, también hay evidencias de alimentación de las vetas a partir de lutitas de la Fm. Agrio.

Hacia arriba, algunos filones bifurcan al aproximarse a la superficie actual, englobando elementos de un paleosuelo reciente (Fig. 3D). En otros casos, al llegar al paleosuelo o a la superficie actual, los filones de asfaltita

Figura 3: Ejemplos de vetas aflorantes. **A)**. Localidad B11 (Cable Beta Norte), Febrero de 2007. En esta vista hacia el SO se distingue al fondo el volcán Tromen (4.114 m). En primera plana, la trinchera es de la antigua mina Cable Beta Norte. Las rocas de caja son arenitas de la Fm. Mulichinco. Sobre el borde del río Colorado se ven los escombros bituminosos de la mina, done antes atravesaba un cable carril. La veta, de casi 1 m de ancho, tiene rumbo hacia el volcán. Atravesando el río Colorado, desaparece bajo coladas basálticas cuaternarias (negras). Vuelve a aparecer la misma veta en la Mina Ranquil Vega, al pie de las bardas bayas. Se aprecia la orientación típicamente radial de la veta, en relación al Tromen. **B)**. Localidad C6 (Curacó), Febrero de 2007. En esta vista hacia el NO se aprecian los antiguos trabajos de la Mina Curacó. Las rocas de caja son arenitas de la Fm. Tordillo. La veta tiene hasta 8 m de espesor. Está compuesta en parte de asfaltita, que ha sido trabajada, y en parte de una brecha tectónica, compuesta de fragmentos de lutitas de la Fm. Vaca Muerta, con sus característicos nódulos. El geólogo está examinando una delgada veta de asfaltita pura, que a su vez corta los fragmentos de la brecha. Entre estos fragmentos hay estrías tectónicas, casi horizontales, indicando movimientos de rumbo. Se deduce que el material brechoso ha caído o ha sido expulsado dentro de la veta, a lo largo de una falla reactivada. **C)**. Localidad E18 (San Eduardo), Febrero de 2008. Esta vista es hacia el NNE, a lo largo de la Veta San Eduardo, de la antigua mina del mismo nombre. Las rocas de caja son arenitas del Mb. Avilé de la Fm. Agrio, que buzan a 48° hacia el observador. La veta, de hasta 2 m de espesor, corta toda la secuencia. Fue trabajada en profundidad hasta el año 1951. El geólogo está parado en los escombros de la mina. **D)**. Localidad F1 (Toribia), Febrero de 2008. Esta vista hacia 250° es perpendicular a una frente de trabajo de la actual Mina Toribia. En la base se asoma una veta de asfaltita, casi vertical, de unos 6 m de ancho. La roca de caja consiste en arenitas continentales del Grupo Neuquén, casi horizontales. A ambos lados de la veta, la roca de caja se ha vuelto pálida y verdosa, por reducción de óxidos férricos en ferrosos. Hacia arriba, la veta se ramifica, formando apófisis con forma en U. Al llegar a un paleosuelo, estas ramificaciones se adelgazan y desaparecen. Entre ellas, las capas superficiales han caído, rellenando el espacio que se produjo al abrirse la veta en profundidad. Se deduce que la veta se ha formado en equilibrio con una superficie libre, que fue muy cercana a la actual. A escasos metros de esta veta, aflora una serie de conos basálticos, de edad cuaternaria. El alineamiento de conos es paralelo a la veta de asfaltita, lo que sugiere una relación muy estrecha en el tiempo y el espacio.

alimentan amplias costras calcáreas. Además de asfaltita, algunos filones o sus rocas de caja contienen minerales de origen típicamente hidrotermal (por ejemplo, cuarzo en cristales bipiramidales, calcedonia, calcita, baritina, galena, blenda, o sulfuros de cobre). Por lo tanto, no cabe duda que existen relaciones estrechas entre la formación de las vetas y un hidrotermalismo de afinidad volcánica.

Aún hoy en día, sobrevive actividad minera esporádica, por ejemplo en las minas de Curacó, Riqueza y Toribia (Fig. 3D). La asfaltita se aprovecha en pinturas y barnices, o como aditivo liviano para el lodo de las perforaciones petroleras.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Basándose en relaciones de proximidad y en análisis geoquímicos, tanto Groeber (1923) y Rassmuss (1923), como Fester & Cruellas (1949) y Borrello (1956), consideraban que la generación de asfaltita en Cuenca Neuquina se debía a la acción de un magmatismo andino sobre esquistos bituminosos de edad jurásica o cretácica. Fester & Cruellas (1949) pensaban que el agua en estado hipercrítico actuaba como medio de transmisión térmica. De acuerdo a criterios estratigráficos, Borrello (1956) preconizaba, para la formación de la asfaltita, una edad reciente (Plioceno o Pleistoceno).

Más tarde, Carey *et al*. (1993) y Parnell & Carey (1995) privilegiaron un modelo, más en vigor en nuestra época, de maduración de la roca madre (que sería la Fm. Vaca Muerta) por conducción térmica, durante la subsidencia regional de Cuenca Neuquina. Como la roca madre alcanzó su madurez en el Cretácico Superior o Terciario Inferior, de esta edad también sería la génesis de las asfaltitas. Siempre de acuerdo a este modelo y teniendo en cuenta el rumbo preferencial marcado (NE-SO) de las vetas en provincia del Neuquén, Cobbold *et al.* (1999) atribuyeron su formación al Eoceno. Sin embargo, últimamente, en base a los datos que hemos presentado, nos hemos convencido que los geólogos precursores tenían toda la razón, al darles importancia al magmatismo y a una edad más reciente de formación de las asfaltitas.

Sacamos en conclusión que las vetas de asfaltita en provincia del Neuquén tienen estrecha relación con el vulcanismo y se formaron probablemente en el Plioceno superior o Pleistoceno inferior. Más que una maduración por conducción térmica, a partir de cuerpos magmáticos intrusivos, preferimos la idea de una advección de calor por transporte de fluidos hidrotermales, a través de fracturas.

Agradecimientos

De tantas personas que nos han ayudado, agradecemos especialmente a Eberhardt Rupert Gessler Panten, cuyo padre Ernesto fue gerente de la mina Curacó; Nora Vázquez, de la Municipalidad de Buta Ranquil; José Daniel González, de Ranquil Vega; y María Laura Pardo Duró, del SEGEMAR en Buenos Aires.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Abraham, H. 1960. Asphalts and allied substances (6th Edition, in 5 volumes). Vol. 1. Historical review and natural raw materials. Van Nostrand, New York, 325 pp.

Borrello, A.V. 1956. Recursos minerales de la República Argentina. III. Combustibles sólidos minerales. Revista del Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales y Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Ciencias Geológicas, 5: 1-665.

Carey, P.F., Parnell, J. & Prozzi, C.R. 1993. Tectonics and pore-fluid pressure controls upon the formation of solid bitumen veins in the Neuquén Basin, South-West Argentina. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas, 1: 401-406.

Cobbold, P.R., Diraison, M. & Rossello, E.A. 1999. Bitumen veins and Eocene transpression, Neuquén Basin, Argentina. Tectonophysics 314: 423-442.

Cobbold, P.R. & Rossello, E.A. 2003. Aptian to recent compressional deformation, foothills of the Neuquén Basin, Argentina. Marine and Petroleum Geology, 20: 429-443.

Cobbold, P.R., Ruffet, G., Rodrigues, N., Leith, T.L., Løseth, H. & Galland, O. 2008. Radial patterns of bitumen dykes around Tromen and Auca Mahuida volcanoes, Neuquén Basin, Argentina: evidence for abnormally rapid generation of hydrocarbons in Quaternary times. 33ª International Geological Congress, Oslo, 6-14 August, Abstract.

Fester, G.A. & Cruellas, J. 1949. Las asfaltitas y sus relaciones con el petróleo. Sociedad Geológica del Perú, Volúmen Jubilar, Parte 2, Fascículo 2: 1-12.

Galland, O., Hallot, E., Cobbold, P.R., Ruffet, G. & Bremond d'Ars, J. de. 2007. Volcanism in a compressional Andean setting: A structural and geochronological study of Tromen volcano (Neuquén province, Argentina). Tectonics, 26, TC4010, doi 10.1029/2006TC002011.

Groeber, P. 1923. Origen del petróleo de Barrancas. Deducciones que sugiere su estudio. Boletín de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Serie F (Informes Preliminares y Comunicaciones) 6 (1): 3-14.

Guzmán, C., Cristallini, E. & Bottesi, G. 2007. Contemporary stress orientations in the Andean retroarc between 34° and 39° S from borehole breakout analysis. Tectonics 26, TC3016.

Meyerhoff, H.A. 1948. The occurrence and mining of solid bitumens in western Argentina. Transactions of the American Institute of Mining Engineers, 181: 403-412.

Parnell, J. & Carey, P.F. 1995. Emplacement of bitumen (asphaltite) veins in the Neuquén Basin, Argentina. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin 79: 1798-1816.

Piscione, C.A.S. 1947. Asfaltitas y pirobitumen asfáltico. Revista de la Sociedad Geológica Argentina, 2: 65-87.

Rassmuss, J. 1923. Breves apuntes geológicos sobre la parte del territorio del Neuquén entre Auca Mahuida y El Tromen. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, Serie F (Informes Preliminares y Comunicaciones), Boletín 6 (1): 15-20.

Rossello, E.A., Cobbold, P.R., Diraison, M. & Arnaud, N. 2002. Auca Mahuida (Neuquén Basin, Argentina): a Quaternary shield volcano on a hydrocarbon-producing substrate. 5º International Symposium on Andean Geodynamics, Toulouse, Extended abstracts, Editions IRD: 549-552.