

Contenidos de materia orgánica de formaciones evaporíticas peninsulares*

Organic matter contents in the evaporitic formations of Iberian Peninsula

A. Permanyer, F. Ortí, M. Inglés, L. Rosell y J. M^o Salvany

Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. Facultad de Geología, 08028 Barcelona. Universidad de Barcelona.

ABSTRACT

More than two hundred lutitic samples belonging to several marine and non-marine evaporitic formations (Triassic to Upper Miocene) in the Iberian Peninsula were studied by the Rock Eval pyrolysis method and gas chromatography in order to document their potential interest as source rocks for hydrocarbons. In general, all samples which are stratigraphically located close to or inter-layered within sulfate or chloride (halite) layers show negative values. By contrast, some lutitic sequences displaying typical pre-evaporitic conditions in the marine Tertiary (Eocene, Messinian) basins give positive values.

Key words: *Organic matter, evaporites, Spain.*

Geogaceta, 10 (1991), 48-52.

Introducción

Los ambientes evaporíticos actuales se caracterizan por su alta productividad orgánica, en general poco diversificada y tendente al carácter monoespecífico. En las formaciones antiguas es frecuente la existencia de rocas-madre de hidrocarburos asociadas a las evaporitas y este hecho, junto con el comportamiento de los cuerpos halíticos como roca selladora, confiere al conjunto de las formaciones evaporíticas un incuestionable interés petrolero.

Por su peculiar historia geológica, la Península Ibérica es muy rica en formaciones evaporíticas pertenecientes al Ciclo Alpino, tanto marinas como continentales. En el presente artículo se ofrecen los resultados más relevantes de un estudio general sobre contenidos y tipos de materia orgánica en un amplio y representativo grupo de dichas formaciones, de las cuales se ha obtenido previamente un conocimiento composicional, sedimentológico y diagenético (Ortí *et al.*, 1987).

Metodología

Se ha realizado un estudio por pirólisis Rock Eval (Espitalié *et al.*, 1977; Espitalié *et al.*, 1985-86) sobre un total de 228 rocas lutíticas intercaladas o relacionadas con capas de sulfatos o cloruros, procedentes de muestreos sistemáticos de series estratigráficas escogidas (Tabla 1). Los resultados correspondientes a las lutitas con un contenido en carbono orgánico total (TOC) igual o superior a 0,5% en peso se presentan en la Tabla 2 y fig. 1. De ellas, y en función de los parámetros S₁, S₂ e índice de hidrógeno (HI), se ha seleccionado 15 para análisis por cromatografía de gases de los hidrocarburos (HC) saturados, previa extracción con CH₂ Cl₂. Complementariamente han sido realizados estudios mineralógicos y geoquímicos de las propias lutitas de los niveles muestreados.

Resultados y discusión

Del conjunto de 103 muestras ana-

lizadas correspondientes a formaciones evaporíticas de origen continental, sólo unas pocas pertenecientes a las cuencas del Tajo y las Minas de Hellín (Tabla 2) han presentado el mínimo en TOC antes referido, aunque ninguna de ellas ha resultado de interés potencial como roca-madre. Ello refleja, en general, la baja capacidad de los ambientes evaporíticos del Terciario continental (cuerpos lacustres muy someros y sabkhas; Ortí, 1988; Ortí *et al.*, 1989) como productores o preservadores de materia orgánica transformable en hidrocarburos. Se ha detectado tan sólo un nivel interesante en el Terciario de la cuenca del Tajo (muestra 1.198, sondeo 3-605 de ENUSA) con un potencial genético de 15 kg/ton correspondiente a materia orgánica de medios lacustres, aunque muy inmadura. En la serie yesífera de las Minas de Hellín, donde es conocida la existencia de algún nivel de pizarra bituminosa, los resultados han sido también negativos. A pesar de la existencia muy puntual de otras formaciones evaporíticas lacustres que

Tabla 1.—Localización estratigráfica y regional de las 228 muestras estudiadas por pirólisis de Rock Eval.

Table 1.—Stratigraphical and regional location of the 228 samples studied by Rock-Eval pyrolysis.

Origen soluciones	Edad	Area	Formación/series	Nº muestras	
MARINO	TRIASICO	Muschelkalk	Maestrazgo	Sondeo Bobalar 1	7
		Keuper	Valencia, Cataluña	6 series	28
	CRETACICO sup.		Maestrazgo	Organo Montoro	5
	EOCENO	Luteciense	Pirineo	Fm. Vallfogona	41
		"	Pirineo	F. Beuda	6
		Priaboniense	Dep. central Catal.	Fm. Igualada	7
	MIOCENO inf.		Catalánides	Vilobí	9
MIOCENO sup.	Messiniense	Béticas	Ser. y sond. Lorca	28	
CONTINENTAL	PALEOCENO	Cuenca Ebro	Prepirineo	Tremp	8
	OLIGOCENO	"	Sector navarro	Fm. Falces	8
	OLIGOCENO/ EOCENO	"	Catalánides	3 series	11
	MIOCENO inf.	"	Sector central	F. Zaragoza	35
	"	Cuenca Tajo	Zona sur	Sondeos ENUSA	30
	MIOCENO sup.	Cuenca Hellín	Albacete	Las Minas	5

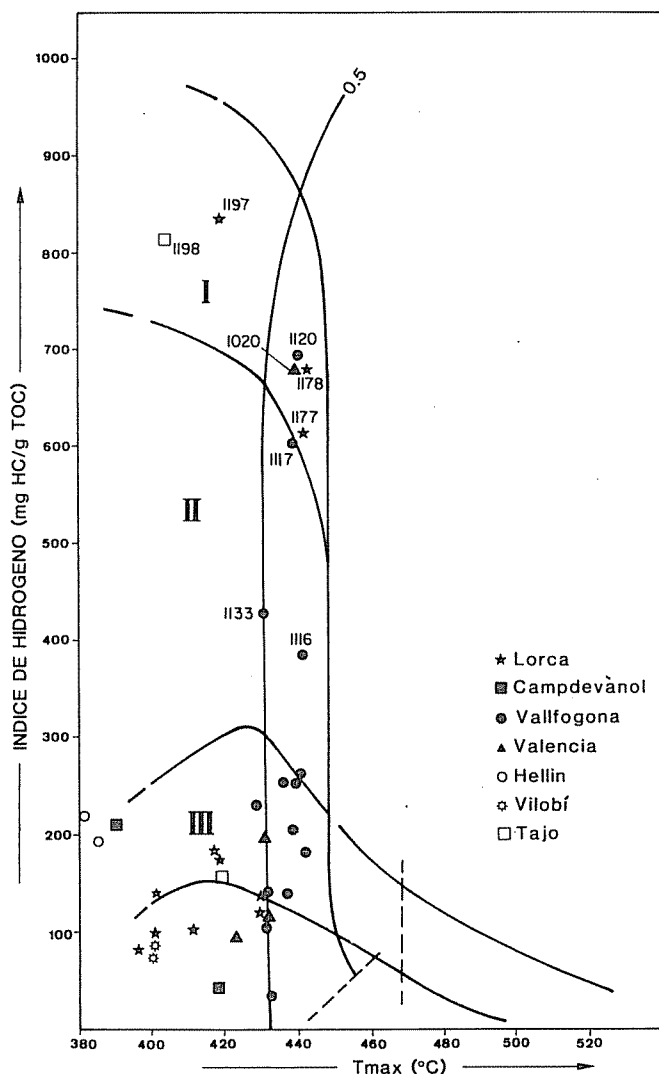


Fig. 1.—Situación de las muestras de la Tabla 2 en el diagrama HI-Tmáx.

Fig. 1.—Location of samples in Table 2 in the HI-Tmáx. diagram.

intercalan pizarras bituminosas, como la de Libros (Teruel; Anadón *et al.*, 1989), globalmente el conjunto de las formaciones evaporíticas continentales del Terciario peninsular parece resultar desfavorable desde el punto de vista de potencial genético.

Respecto a las 127 muestras marinas estudiadas, hay que destacar el escaso interés de las formaciones mesozoicas y miocenas, en general, y el interés desigual de las eocenas. De las muestras triásicas cabe señalar tan sólo un horizonte del Keuper del perfil de Bugarra (prov. de Valencia; muestra 1.020; Ortí, 1974) que presenta un claro potencial (17 kg/ton) petrolífero. En este caso, el índice de hidrógeno (HI=676) sugiere una procedencia marina de la materia orgánica original, con ausencia de aportes terrígenos orgánicos, estando de acuerdo este último hecho con la distribución cromatográfica de los hidrocarburos saturados (fig. 2). Por otro lado, llama la atención el valor alto de la temperatura máxima ($T_{máx.}=440^{\circ}\text{C}$), correspondiente ya a la zona de generación de petróleo, indicando un grado de madurez relativamente elevado, que no se corresponde con el bajo índice de producción ($PI=0,06$).

De las muestras miocenas los únicos resultados positivos se refieren a la serie messiniense de la cuenca de Lorca, en la cual son conocidos niveles de pizarras bituminosas (IGME, 1982). Del conjunto de muestras analizadas (Tabla 2), pertenecientes al perfil de la Serrata (Geel, 1976-78;

Tabla 2.—Análisis de Rock Eval de muestras lutíticas asociadas a evaporitas, con valor en TOC superior o muy próximo a 0,5% en peso. Leyenda: S₁: hidrocarburos libres (mg HC/g roca); S₂: hidrocarburos potenciales (mg HC/g roca); PI: índice de producción (S₁/S₁+S₂); TOC: carbono orgánico total (en % peso); HI: índice de hidrógeno (mg HC/g TOC); OI: índice de oxígeno (mg CO₂/g TOC); T máx.: temperatura máxima de pirólisis, en ° C.

Table 2.—Results of Rock-Eval pyrolysis on lutitic samples associated with evaporites and showing TOC values over or very close to 0,5% in weight. Legend: S₁: free hydrocarbons (mgHC/rock); S₂: genetic petroleum potencial (mg HC/g rock); PI: production index (S₁/S₁+S₂); TOC: total organic carbon (in % weight); HI: hydrogen index (mg HC/g TOC); OI: oxygen index (mg CO₂/g TOC); T max.: maximum temperature of pyrolysis, in °C.

SERIES MARINAS

Edad	Serie	Nº muestra	S ₁	S ₂	PI	TOC	HI	OI	T máx.
TRIAS superior (Keuper)	Macastre	1.003	0,06	1,42	0,04	0,74	191	150	431
	"	1.007	0,21	0,50	0,30	0,55	90	105	423
	"	1.009	0,10	0,54	0,16	0,50	108	80	431
EOCENO medio (Luteciense)	Bugarra	1.020	1,12	16,98	0,06	2,51	676	16	440
	Campdevàdol	1.021	0,21	1,64	0,11	0,77	212	88	390
	"	1.022	0,01	0,25	0,04	0,56	44	101	417
	Vallfogona 1	1.039	0,11	1,27	0,08	0,55	230	14	428
	"	1.040	0,05	0,81	0,06	0,72	112	58	436
	"	1.041	0,08	0,70	0,10	0,51	137	7	432
	"	1.044	0,04	0,19	0,10	0,54	35	3	433
	"	1.052	0,15	0,94	0,14	0,70	134	17	437
	Vallfogona 2	1.113	0,55	1,89	0,23	0,75	252	90	439
	"	1.115	0,72	1,92	0,27	0,75	256	36	440
	"	1.116	2,12	4,71	0,31	1,24	379	35	441
	"	1.117	0,78	23,54	0,03	3,87	608	22	438
	"	1.118	0,05	0,93	0,05	0,52	178	78	442
	"	1.120	1,12	16,98	0,06	2,51	676	16	440
	"	1.127	0,15	1,58	0,09	0,61	259	34	436
"	1.128	0,05	1,24	0,04	0,61	203	29	438	
"	1.133	0,57	3,92	0,13	0,92	426	33	430	
MIOCENO infer.	Vilobí	1.083	0,42	2,29	0,16	2,56	89	145	402
"	"	1.084	0,17	0,16	0,33	0,48	75	164	400
MIOCENO super. (Messiniense)	Lorca, sondeo	1.034	0,02	0,64	0,03	0,53	120	264	429
	"	1.036	0,27	1,49	0,15	1,07	139	227	430
	Lorca 1	1.176	0,28	0,39	0,42	0,46	84	567	396
	"	1.177	0,62	10,13	0,06	1,64	617	100	442
	"	1.178	1,04	12,90	0,07	1,91	675	115	442
	"	1.182	0,22	2,60	0,08	1,51	172	123	418
	"	1.183	0,38	3,02	0,11	1,69	178	143	417
	"	1.184	0,27	1,47	0,16	1,54	95	248	411
	"	1.185	0,34	1,56	0,18	1,52	102	265	411
	"	1.186	0,57	2,56	0,18	1,93	132	211	403
"	1.197	16,39	183,45	0,08	22,09	830	14	418	

SERIES CONTINENTALES

MIOCENO inf.	C. Tajo, sondeos	1.198	1,37	15,25	0,08	1,88	811	22	414
		1.215	0,20	8,79	0,02	5,52	159	24	419
MIOCENO sup. (Tortonense)	Minas de Hellín	1.170	0,83	1,79	0,32	0,95	188	157	385
		1.173	0,27	0,15	0,64	0,37	40	224	377

Ortí y Rosell, 1990a) y al sondeo nº 4 (IGME, *op. cit.*), la mayoría se encuentran muy alteradas y con altos valores del OI, lo que impide realizar una interpretación fiable. No obstante, las muestras mejor preservadas (1.177 y 1.178) proporcionan una indicación sobre el origen marino (tipo II) de su materia orgánica (fig. 1), presentando un potencial genético elevado (S₂=12 kg/ton) y una T máx.=442° C. Este parámetro de madurez resulta muy elevado si se compara con el resto de

muestras menos ricas, o bien con las muestras pertenecientes a los propios niveles bituminosos, que presentan un elevado potencial genético pero con un grado de evolución muy bajo (muestra 1.197; T máx.=418° C; S₂=184 kg/ton). Esta anomalía en los valores de T máx. se interpreta como una perturbación analítica provocada por la presencia de una matriz mineral rica en sulfatos (esto mismo puede ocurrir en la muestra 1.020 antes comentada). En general, puede decirse

que el perfil estudiado en la cuenca de Lorca presenta buenos niveles de roca madre de hidrocarburos pero muy inmaduros, acorde con la edad y evolución geológica de esta formación messiniense.

Los mejores resultados corresponden a las muestras lutíticas de la Fm. Vallfogona, potente serie marina turbidítica depositada inmediatamente antes de la Fm. Yesos de Beuda (Luteciense; Ortí y Rosell, 1990b), que presenta algunos niveles catalogables

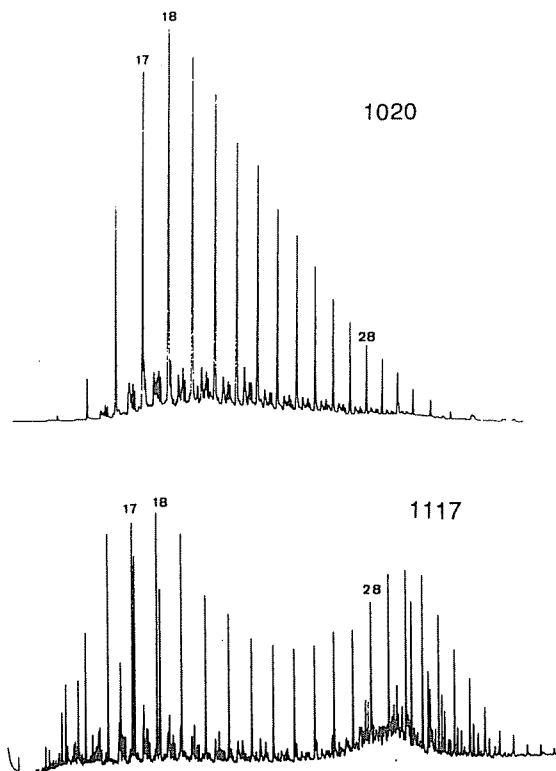


Fig. 2.—Perfiles cromatográficos de los hidrocarburos saturados correspondientes a las muestras 1.020 (Trias superior) y 1.117 (Luteciense) (17, 18, 28: número de átomos de C). En la muestra 1.020 se observa una clara dominancia de los hidrocarburos de 16 a 22 átomos de C, típica de aportes orgánicos de origen algal. La muestra 1.117 presenta dos campos de dominancia: el primero con hidrocarburos de 16 a 19 átomos de C (aportes algales) y el segundo en el que dominan los hidrocarburos entre 28 y 32 átomos de C (medio hipersalino).

Fig. 2.—Chromatographic profiles of saturated hydrocarbons corresponding to sample 1020 (Upper Trias) and 117 (Lutetian) 17, 18, 28: number of C atoms). In sample 1020 a predominance of hydrocarbons with 16 to 22 C atoms is observed which is typical of algal origin. Sample 1117 shows two predominant areas: one with hydrocarbons made up of 16 to 19 C atoms (algal provenance) and the other with hydrocarbons formed by 28 and 32 C atoms (hypersaline environment).

como buenas rocas-madre de hidrocarburos. Así, los resultados obtenidos para las muestras 1.117 y 1.120 (Tabla 2) e incluso las 1.116 y 1.133 (serie Vallfogona 2, en Sant Jaume de Frontanyà; Van Eeckhout *et al.*, 1991; Permanyer *et al.*, 1991), denotan potenciales genéticos entre 4 y 24 kg/ton, con índices de hidrógeno que alcanzan valores superiores a 600 (fig. 1). Los resultados de la pirólisis, junto con los perfiles cromatográficos obtenidos (fig. 2), permiten afirmar que en estos niveles la materia orgánica está representada por un aporte de origen marino y por otro aporte correspondiente a ambientes sedimentarios de tipo hipersalino, estando ello de acuerdo con la evolución sedimentaria de la cuenca eocena surpirenaica durante el Luteciense. La presencia de algunos niveles con un grado de madurez importante ($T_{m\acute{a}x.}=440^{\circ}$ C), junto con

índices de producción elevados (muestra 1.116; $PI=0,31$) son indicativos de la existencia de hidrocarburos ya generados, los cuales podrían ocasionalmente haber migrado a otros niveles o formaciones.

Todos estos resultados sobre las series marinas, aunque muy generales, indican el interés potencial preferente de las series pre-evaporíticas frente a las propiamente evaporíticas, hecho ya conocido en la literatura (Busson, 1988). Los casos de las series de Lorca y Vallfogona sugieren que las cuencas o surcos marinos con estratificación estable de aguas y con fondos hipersalinos, estructurados previamente a las crisis de salinidad principales, representan momentos y situaciones de acumulación y preservación de materia orgánica de origen planctónico susceptible de evolucionar a hidrocarburos. Por el contrario, todas las

muestras lutíticas estudiadas dentro de las series sulfatadas o cloruradas han resultado desfavorables. En este sentido, parece deseable un estudio particular sobre el conjunto de las cuencas evaporíticas messinienses de las Cordilleras Béticas. Respecto al Trías evaporítico, depositado en una diversidad de cubetas extensas y someras con alimentación oceánica, parece conveniente el completar la exploración en algunos dominios geográficos (Cordilleras Béticas, cuenca Cántabro-navarra, etc.) no abarcados en nuestro estudio.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto Francés del Petróleo y en particular a Mr. J. Espitalié, por las facilidades otorgadas en la realización de las pirólisis de Rock Eval.

Trabajo realizado en el marco del proyecto DGICYT PB86-0049

Referencias

- Anadón, P.; Cabrera, L.; Julià, R.; Roca, E and Rosell, L. (1989): *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 70: 7-28.
- Busson, G. (1988): *Rev. Inst. Français Pétrole*, 43 (2): 181-215.
- Espitalié, J.; Madec, M.; Menning, J. L. & Leplant, P. (1977): *Offshore Techn. Conf.* paper 2.935.
- Espitalié, J.; Deroo, G. et Marquis, F. (1985-86): *Rev. Inst. Français Pétrole*, 40: 563-580, 40: 755-784, 40: 7-89.
- Geel, T. (1976-78): *Mem. Soc. Geol. Italiana*, 26: 369-385.
- IGME (1982): *Ampliación de la investigación de pizarras bituminosas en la zona de Lorca (Murcia) (Fase II). Inscriptio- nes Lorca 134 (Murcia) y Lorca Bis (155) (Murcia)*: 116 p.
- Ortí, F. (1974): *Estudios Geol.*, 30: 7-46.
- Ortí, F. (1988): *II Congr. Geol. España, vol. Simposios*: 509-518. Granada. S. G. E.
- Ortí, F.; Pueyo, J. J.; Inglés, M.; Rosell, L.; Pierre, C. y Utrilla, R. (1987): *Mem. final proyecto CAICYT 2.153-83-B*, 388 p. (inédito).
- Ortí, F.; Salvany, J. M^a; Rosell, L. e Inglés, M. (1989): *Geogaceta*, 6: 103-104. Madrid.
- Ortí, F. y Rosell, L. (1990a): En: *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y Cadenas periféricas, y de la zona de Levante* (Eds. F. Ortí y J. M^a Salvany): 297-298. Univ. Barcelona-ENRESA.
- Ortí, F. y Rosell L. (1990b): En: *Formacio-*

nes evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas, y de la zona de Levante (Eds. F. Ortí y J. M^a Salvany): 81-88. Univ. de Barcelona-ENRESA. Permanyer, A.; Van Eeck Hout, J. A. and

Inglés, M. (1991): Abstract *3rd Conference and Technical Exhibition of EAPG*, Florence, Italy, 26-30 may 1991. Van Eeckhout, J. A.; Permanyer, A. y Busquets, P. (1991): *Com. I Congre. Gr.*

Esp. Terc., CONGET'91, Vic, 18-20 marzo 1991.

*Recibido el 31 de enero de 1991
Aceptado el 1 de marzo de 1991*