

El Pliocè del Pla de Barcelona

Josep Maria Salvany^{1*}, Julio Aguirre², Pere Valero³

Resum

S'ha estudiat el Pliocè del subsol del Pla de Barcelona a partir dels testimonis i registre fòssil (foraminífers) de 106 sondatges geotècnics realitzats per a la construcció de diferents infraestructures recents de la ciutat. Les columnes litològiques d'aquests sondatges permeten distingir dues àrees sedimentàries pliocenes diferents, que es varen anar omplint simultàniament de dipòsits detrítics marins durant la transgressió zancleana: Barcelona-Besòs i Llobregat. A la primera, el Pliocè forma una sèrie dominantment sorrenca al subsol de Barcelona, que canvia lateralment a margues amb abundants intercalacions de sorra cap al Besòs. En conjunt s'identifiquen tres unitats litològiques: P1 de sorres i graves basals, P-2 de margues grises i sorres amb abundants restes fòssils i estructures de bioturbació, i P-3 de sorres ocre amb graves. A l'àrea del Llobregat, la unitat basal pliocena no s'ha pogut identificar per insuficient longitud dels sondatges estudiats. La sèrie pliocena observada està principalment formada per les margues de la unitat P-2, amb poques intercalacions de sorra. La unitat superior P3 està poc desenvolupada i està principalment composta per llims ocre amb nivells subordinats de sorra amb grava. En conjunt, la sèrie pliocena cobreix una abrupta superfície erosiva excavada en els materials miocens, originada per la caiguda del nivell marí durant el Messinià. A la vegada, el sostre de la sèrie és tallada també per una superfície erosiva prequaternària, la qual ha escapat la part superior de la sèrie que roman desconeguda. El registre fòssil de la unitat P2 és ric en espècies de foraminífers bentònics i planctònics, però no s'identifiquen les espècies clau per a una datació conclouent. Permeten, no obstant això, atribuir la part inferior-mitjana de la sèrie (unitats P1-P2) al Pliocè inferior basal. La unitat P3 no s'ha pogut datar per manca de registres fòssils.

Paraules clau: Pliocè, Pla de Barcelona, sondatges, litofàcies, foraminífers.

Abstract: Pliocene of Pla de Barcelona

The Pliocene of the subsoil of the Barcelona plain has been studied based on cores and the fossil record (foraminifera) from 106 geotechnical excavations carried out for the construction of different recent infrastructures in the city. The lithological columns of these boreholes allow us to distinguish two different Pliocene sedimentary areas, which were simultaneously filled with marine detrital deposits during the Zanclean transgression: Barcelona-Besòs and Llobregat. In the former, the Pliocene forms a predominantly sandy series in the Barcelona subsoil, which changes laterally to marls with abundant sandy intercalations towards the Besòs. Three lithological units can be identified: P1 of basal sands and gravels, P-2 of grey marls and sands with abundant fossil remains and bioturbation structures, and P-3 of ochre sands with gravels. In the Llobregat area, it has not been possible to identify the Pliocene basal unit due to the insufficient length of the boreholes studied. The Pliocene series observed consists mainly of the marls of unit P-2, with few sandy intercalations. The upper unit P3 is poorly developed and consists mainly of ochre siltstones with subordinate levels of gravelly sand. Overall, the Pliocene series covers an abrupt erosional surface, excavated in Miocene materials, originating from the lowering of the sea level during the Messinian. At the same time, the top of the series is also cut by a pre-Quaternary erosional surface that has removed the upper part of the series and remains unknown. The fossil record of unit P2 is rich in benthic and planktonic foraminiferal species, but the key species are not identified by conclusive dating. They allow, however, to attribute the lower-middle part of the series (units P1-P2) to the lower basal Pliocene. Unit P3 could not be dated due to the lack of fossil records.

Keywords: Pliocene, Pla de Barcelona, boreholes, lithofacies, foraminifera.

1 Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya. Carrer Jordi Girona 1-3, 08034 Barcelona

2 Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada. Avenida Fuentenueva s/n, 18002 Granada

3 Geotec262. Carrer València 3, 08015 Barcelona

*josepm.salvany@upc.edu

1. Introducció

A la zona litoral central de Catalunya, el Pliocè està ben representat en diversos afloraments del Baix Llobregat i en el subsol del Pla de Barcelona i dels deltes del Llobregat i del Besòs. Els afloraments del Baix Llobregat han estat estudiats des d'antic per diferents autors i es coneixen bé, principalment des del punt de vista paleontològic (Almera, 1891 i 1894, Valenciano i Sanz, 1967, Civis, 1972, 1977a, 1977b, 1979, Valle i Civis, 1977, Vicente Castells, 1978, Rodés i Bach, 1978, Gibert, 1995, Gibert i Martinell, 1992, 1993, 1995, Corregidor et al., 1997, Martinell i Marquina, 1981, Martinell, 1988, Sanz de Siria, 1994, García Fernández, 2000). No passa el mateix amb el Pliocè del Pla de Barcelona i els deltes pel fet que el seu coneixement ha estat condicionat a la més recent disponibilitat d'informació de subsol encara poc estudiada des del punt de vista geològic.

A grans trets, el Pliocè del subsol del Pla de Barcelona, com també els afloraments del Baix Llobregat, és format per tres unitats litològiques principals: una unitat detrítica basal, unes margues grises inferiors riques en fòssils marins (fàcies del Plasencià) i uns llims i sorres ocre superiors (fàcies de l'Astià). Aquestes unitats estan molt desigualment representades a les diferents parts de la ciutat, amb importants variacions de potència i canvis laterals de fàcies, i amb una estratigrafia de detall que encara no es coneix bé. Són materials, a més, difícils de diferenciar dels del Miocè, doncs presenten característiques litològiques similars. Això ha fet que sovint, en molts estudis geològics i geotècnics de la ciutat, s'hagi considerat el Miocè i el Pliocè conjuntament com una mateixa unitat referida al "Terciari".

En un estudi anterior dels autors (Salvany i Aguirre, 2020) es descriuen els dipòsits neògens i quaternaris del Pla de Barcelona travessats per la línia de l'AVE, a partir dels sondatges que es varen fer per a la construcció d'aquesta infraestructura. En aquell estudi es fa una descripció relativament detallada de la sèrie pliocena i es presenten noves dades micropaleontològiques (foraminífers) que permeten datar part d'aquesta sèrie en el subsol del Pla de Barcelona. També es fan algunes consideracions sedimentàries limitades a la perspectiva lineal del traçat de l'AVE. Com a continuació d'aquell estudi, en aquesta ocasió es pretén oferir una visió específica i més àmplia del Pliocè del Pla de Barcelona a partir de la informació litològica i paleontològica obtinguda de l'anàlisi de diversos sondatges de diferents obres subterrànies de la ciutat realitzades a les darreres dècades.

2. Antecedents

L'existència de dipòsits pliocens al Pla de Barcelona es coneix des de final segle XIX pels estudis d'Almera (1891, 1894), a partir dels afloraments de la zona sud de Barcelona i de les poblacions veïnes d'Esplugues i l'Hospitalet del Llobregat (Fig. 1). Els estudis de García Faria (1893) i Rubio i Kindelán (1909) descriuen per primera vegada els dipòsits pliocens del subsol de la ciutat. En el primer d'aquests estudis es descriuen els materials travessats per 27 pous per a la construcció d'una xarxa de clavegueram, d'entre 6 i 27,4 m de longitud, que principalment tallen el Quaternari del Pla de Barcelona però que en part també penetren alguns metres en el Pliocè, sense aportar gaire informació sobre les seves característiques. A l'estudi de Rubio i Kindelán es descriuen 17 sondatges amb finalitats hidrogeològiques, excavats al Pla de Barcelona i també al Delta del Besòs, d'entre 25,3 i 173,6 m de longitud, amb una més detallada descripció litològica dels materials travessats, fins i tot amb algunes dades paleontològiques. En aquest estudi, per sota del Quaternari s'identifiquen materials atribuïts al Pliocè de fins 140 m de potència a la Sagrera, sense arribar a la seva base. En menor mesura, també s'identifiquen materials del Miocè en els sondatges més propers a Montjuïc.

Els estudis de Carandell (1921) i Bataller (1922) fan referència al Pliocè explicant que, durant aquest període, el Pla de Barcelona i el Baix Llobregat varen estar inundats pel mar, i que Montjuïc va constituir una illa que gradualment es va unir a la costa mitjançant la formació d'una barra de sorra o tómbol que hauria separat la zona marina de Barcelona de la que actualment ocupa el Delta del Llobregat.

En els estudis posteriors de Llopis Lladó (1942, 1946) i Solé Sabarís (1963) sobre el Quaternari de Barcelona també es fa referència al Pliocè a partir d'observacions en afloraments i excavacions, però no aporten gaire més informació litològica que els autors anteriors. S'explica, no obstant i això que, en alguns indrets, els materials pliocens, i també quaternaris, es mostren deformats per la tectònica.

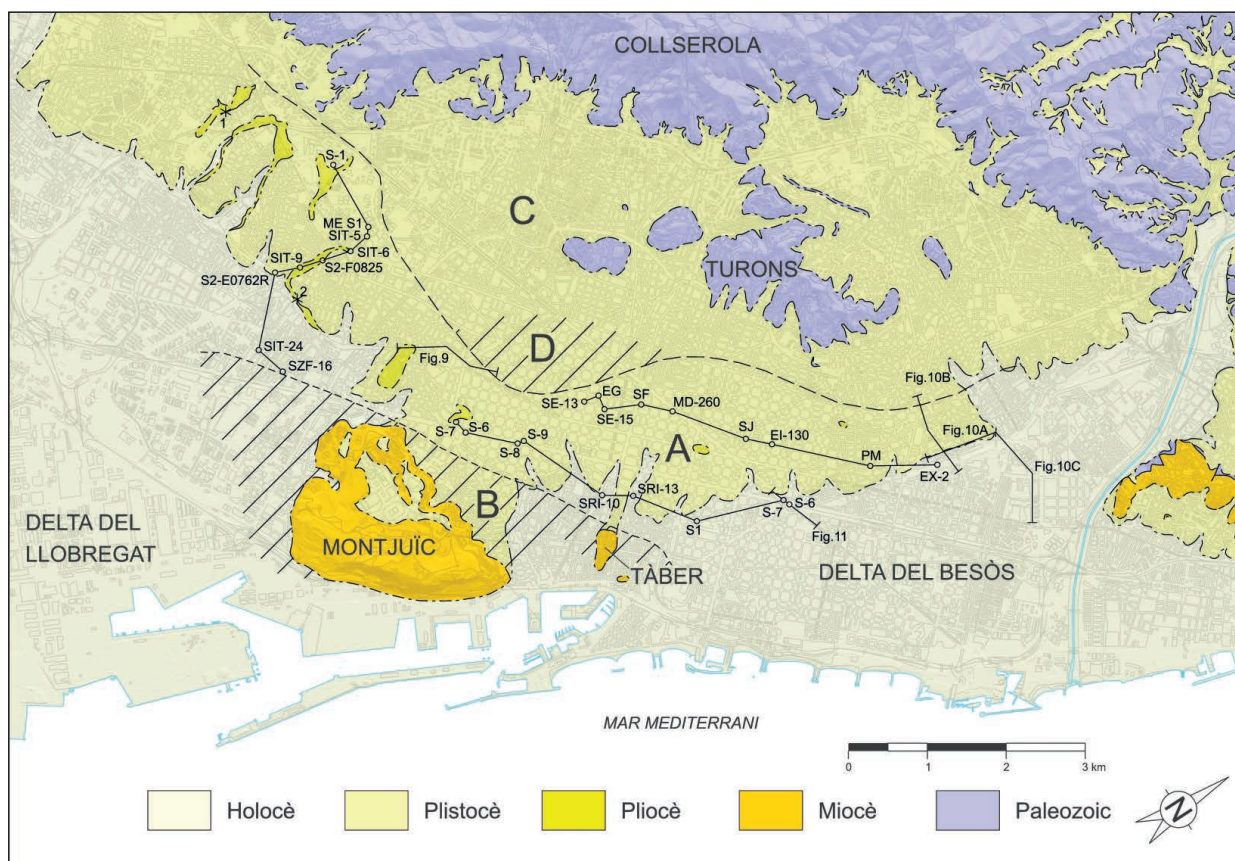


Figura 1. Mapa geològic simplificat de l'àrea de Barcelona amb la localització dels sondatges i talls representats a les Figures 6 a 11. Els punts 1 i 2 corresponen a la situació dels afloraments del Torrent d'Esplugues i la Torrassa representats a la Figura 2.

A partir de la dècada de 1960 i fins a la de 1990 es realitzen diversos estudis paleontològics sobre el Pliocè de l'àrea de Barcelona. Són de destacar els d'Alborch et al. (1980), que descriuen els foraminífers de les margues pliocenes de diversos sondatges pròxims a la Plaça de Cerdà, i els de Gillet i Vicente (1961), Vicente Castells (1966, 1979, 1986, 1990), Vicente i Fernández (1993) i Fernández i Vicente (1994), que principalment estudien la paleoflora de diferents afloraments i excavacions de la ciutat de Barcelona. Cal destacar l'estudi de Vicente (1986), en el qual es fa una síntesi del Pliocè del Pla de Barcelona a partir de les dades estratigràfiques i paleontològiques d'un total de 32 indrets de la ciutat descrits en estudis anteriors.

A les darreres dècades, la construcció de les línies L9, L10 i de l'AVE, l'ampliació de la L5 i els projectes d'ampliació de les línies L2, L3, L6 i L8, han aportat abundant informació del subsol de Barcelona i de les poblacions veïnes. Part de la informació sobre el Pliocè travessat pels sondatges geotècnics d'aquestes obres ha estat presentada, entre d'altres, en els estudis de Gàmez (2007), Gàmez et al. (2009), Parcerisa et al. (2008), Riba i Colombo (2009) i Salvany i Aguirre (2020).

3. Afloraments

Fins a les primeres dècades del segle XX, bona part del Pla de Barcelona era zones de conreu travessades per una densa xarxa de rieres que penetraven fins algunes desenes de metres en els dipòsits quaternaris i arribaven a exhumar part dels materials neògens o paleozoics subjacents. A la zona sud del Pla de Barcelona, algunes d'aquestes rieres arribaven a penetrar fins a alguns metres de profunditat en el Pliocè però, a mesura que ha anat creixent l'àrea metropolitana de Barcelona, aquests afloraments han anat sent coberts i actualment ja gairebé han desaparegut del tot. Amb data del present estudi, només queda part dels afloraments del Torrent d'Esplugues (Figs. 2a, 2b) i de la Torrassa (Fig. 2c). També han desaparegut totalment els afloraments propers a la muntanya de Montjuïc (Plaça d'Espanya, Hostafrancs). El Pliocè aflora encara a diferents trams dels antics torrents d'Esplugues i de Can Clota, i també en alguns trams

Geologia de la ciutat de Barcelona

de l'escarpament que delimita el marge sud del Pla de Barcelona, així com en diversos barrancs de la zona d'enllaç del Pla de Barcelona amb Collserola. Des de Sant Feliu del Llobregat cap al NO, el Pliocè encara es pot reconèixer bastant bé en el fons de diversos barrancs que travessen zones encara poc construïdes (Fig. 2d).

El tall del Torrent d'Esplugues va constituir un dels millors afloraments de Pliocè del Pla de Barcelona. El Pliocè aflorava de manera contínua al llarg de vora 2 km, per sota del Pleistocè. El contacte entre aquestes dues unitats es podia veure com una superfície erosiva molt irregular (Llopis Lladó, 1942). A la part que encara es conserva d'aquest aflorament, el Pliocè el formen llims sorrencs ocres que contenen abundants nòduls i concrecions carbonatades (Fig. 2a). Associat al contacte entre les dues unitats hi ha una crosta carbonatada d'uns 50 cm de gruix força contínua.

L'aflorament de la Torrassa es troba en el front del graó del Pla de Barcelona, dins del Parc de la Torrassa (Fig. 2c). Tot i que és un aflorament de pèssima qualitat, permet identificar clarament els llims sorrencs ocres de la part superior del Pliocè, per sota de les argiles rogenques del Pleistocè. Probablement aquest aflorament desapareixerà aviat quan es completin les obres d'enjardinament d'aquest Parc.



Figura 2. Afloraments pliocèns del marge SO del Pla de Barcelona, descrits a l'apartat 3: a) Parc dels Torrents (Esplugues de Llobregat). S'observen els llims ocres de la unitat P-3 amb abundants nòduls de carbonat i, per sobre, les graves rogenques del Pleistocè. b) camp d'esports Salt del Pi (Esplugues de Llobregat). S'observen les sorres i els llims ben estratificats de la unitat pliocèna P-3. c) Parc de la Torrassa (l'Hospitalet de Llobregat). S'observen els llims grisos de la unitat pliocèna P-2. d) Can Miano (Sant Feliu del Llobregat, foto de Xavier Castelltort). S'observen els llims ocres amb intercalacions sorrenques de la unitat pliocèna P-3 i, per sobre, mitjançant un contacte erosiu molt net, les graves rogenques del Pleistocè.

L'aflorament del Mont Tàber (Fig. 1) ha estat cobert per construccions des dels inicis de la ciutat a l'època romana i, per tant, no l'ha pogut estudiar cap geòleg en detall. En alguns estudis, aquest aflorament s'ha atribuït al Pliocè i, en d'altres, al Miocè. Malauradament, és una zona sense informació de sondatges. El jaciment paleontològic de la Plaça de la Catedral, format per restes vegetals i de fauna marina entre margues grises i verdoses, ha estat atribuït al Pliocè per Vicente (1990). Tot i acceptant aquesta atribució (les restes fòssils no són determinants), tot sembla indicar que el Mont Tàber i zones perifèriques cobertes pel Quaternari serien una prolongació del Miocè de Montjuïc, i que aquest jaciment seria un recobriment pliocè adossat al marge NO del Mont Tàber.

4. Material estudiat

A la Taula 1 hi ha una relació dels sondatges estudiats. Són sondatges geotècnics realitzats amb recuperació contínua de testimoni, de fins 70 m de longitud. Una part d'aquests sondatges han estat testificats i mostrejats directament pels autors. La informació utilitzada dels altres sondatges ha estat facilitada per les empreses que els han fet. En el primer cas, la testificació s'ha fet a ull nu amb un mateix criteri sedimentològic, tenint en compte les característiques texturals i composicionals dels materials travessats, així com les estructures sedimentàries i restes fòssils que s'hi han pogut reconèixer. També s'han estudiat algunes mostres de sorra i de gres al microscopi òptic (làmina prima), i s'han fet algunes difraccions de raig-x de la fracció argila (agregats orientats) de llims i de margues. Les descripcions realitzades per les empreses són d'un grau de detall molt variable però, en general, suficients pels propòsits del present estudi.

TAULA 1. Relació dels sondatges representats a les figures del present estudi. S'indiquen amb asterisc (*) els sondatges testificats i mostrejats pels autors.

Sondatge	Test	Any de la perforació	Realització	Obra	Localització	Longitud (m)	X (UTM31N)	Y (UTM31N)	Cota (m)
Marge NO del Pla de Barcelona (Fig. 6)									
SE-13		2001	?	AVE	c. Mallorca / c. Aribau	42,00	429528	4582386	33,00
EG	*	2010	?	AVE	c/ Enric Granados	51,00	429538	4582569	37,19
SE-15		2001	?	AVE	c/ Mallorca / c. Balmes	60,00	429746	4582552	34,50
S-F	*	2009	?	AVE	c/ Provença / la Pedrera	42,00	429957	4582965	37,89
MD-260	*	2010	?	AVE	c/ Provença / Diagonal	54,00?	430219	4583231	36,99
S-J	*	2009	?	AVE	c/ Mallorca / S. Família	42,00	431044	4583839	30,07
EI-130	*	2009	?	AVE	c. Mallorca / c. Padilla	60,00	431254	4584071	28,71
PM	*	2009	?	AVE	Passatge Mallet	36,00	432180	4584980	18,50
EX2	*	2010	?	AVE	Estació de la Sagrera	63,00	432630	4585687	15,13
Marge SE del Pla de Barcelona (Fig. 7)									
S-7	*	2002	Geotec-262	Centre com. Les Arenes	Plaça d'Espanya	41,20	428897	4580912	29,10
S-6	*	2017	Applus+	Ampliació L8, FGC	Gran Via / c. Llançà	35,00	429042	4580912	25,50
S-8	*	2017	Applus+	Ampliació L8, FGC	Gran Via / c. Viladomat	40,00	429512	4581374	18,40
S-9	*	2017	Applus+	Ampliació L8, FGC	Gran Via / c. Urgell	40,00	429541	4581457	18,40
SRI-10	*	2009	Geotec-262	Túnel maniobres FGC	Plaça de Catalunya	66,00	430692	4581988	15,00
SRI-13	*	2009	Geotec-262	Túnel maniobres FGC	Plaça Urquinaona	55,00	430846	4582249	16,83
S-1		2009	CECAM	Intercanviador Arc Triomf	Avda. Vilanova	42,00	431483	4582597	7,00
S-7	*	2012	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça Glòries	45,00	431990	4583804	13,90
S-6	*	2012	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça Glòries	50,00	432090	4583906	13,80
Marge SO del Pla de Barcelona (Fig. 8)									
S-1	*	2016	Bosch&Ventayol	Laboratori geofísica UB	Poliesportiu UB	33,00	425290	4581350	75,00
ME-S1	*	?	Geotec-262	L9	Mini Estadi FCB	49,00	426189	4581280	50,50
SIT-5		2002	Geotec-262	L9	c. Cardenal Reig	66,80	426283	4581220	49,25
SIT-6		2002	Geotec-262	L9	Tr. les Corts / c. Danubi	70,10	426312	4580935	44,71
S2-F0825L15IN	*	?	?	L9	c. Estruc	60,00	426220	4580570	47,30
SIT-9		2002	Geotec-262	L9	c. Vallparada	60,00	426151	4580291	33,00
S2-E0762R09IN	*	?	?	L9	Estació metro la Torrassa	51,00	426044	4579984	24,30
SIT-24		2002	Geotec-262	L9	c. Aprestadora / c. Rosell	60,40	426733	4579266	7,00
SZF-16	*	2011	Bosch&Ventayol	L9	c. Bacardí	51,00	427126	4579396	7,76
Estació de Sants (Fig. 9)									
S-H		2002	SERGEYCO	AVE	Plaça de Sants	25,00	427679	4580729	30,40
S-19		2004	GEOCISA	AVE	Plaça de Sants	20,50	427739	4580819	31,60
S-4		2006	GEOCISA	Estació de Sants	c. Badalona / c. C. Bell-lloc	36,00	427932	4581195	31,00
S-2		2006	GEOCISA	Estació de Sants	c. Viriat	34,60	428057	4581313	31,00
S-2	*	2012	?	AVE	Plaça Països Catalans	30,00	428305	4581379	20,00
S-3	*	2012	?	AVE	Plaça Països Catalans	20,00	428332	4581383	20,00
SP-1		2005	RSE	AVE	c. Provença / c. Tarragona	20,00	428373	4581400	31,00
SP-2		2005	RSE	AVE	c. Provença / c. Llançà	20,70	428414	4581468	32,50
SP-3		2005	RSE	AVE	c. Provença / c. Vilamarí	20,00	428499	4581553	32,00
Estació de la Sagrera (Fig. 10a)									
S-7									
Pz-7I		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	40,00	432483	4585667	15,42
Pz-2I		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	41,00	432519	4585696	15,18
Pz-3I		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	40,00	432548	4585806	15,17
Pz-9I		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	40,20	432512	4585868	15,13
Pz-10I	*	2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	41,20	432513	4585868	22,08
S-14		2007	CECAM	AVE	Estació de la Sagrera	70,00	432597	4586079	18,00
PZ-6I		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	40,20	432605	4586101	15,88
SM-85		2000	RSE	L9	c. Sagrera	35,10	432596	4586210	22,66
SPC-9		2002	GEOS	L9	Estació de la Sagrera	35,00	432423	4585777	19,56
SM-86		2000	RSE	L9	c. Sagrera	34,90	432671	4586368	23,30
SG-6		2003	RSE	L9	Estació de la Sagrera	43,00	432679	4586391	23,70
SG-3		2003	RSE	L9	Estació de la Sagrera	40,20	432687	4586503	23,30

Geologia de la ciutat de Barcelona

Sondatge	Test	Any de la perforació	Realització	Obra	Localització	Longitud (m)	X (UTM31N)	Y (UTM31N)	Cota (m)
Estació de la Sagrera (Fig. 10b)									
SB-2		?	?	L9		45,00	431742	4585947	36,10
SE-AVPC-1		2007	Aragonesa Sond.	L9	c. Felip II - Concep. Arenal	55,00	431857	4585934	33,57
SM-80		2000	RSE	L9	c. Felip II - Avda. Meridiana	45,10	431921	4585898	31,90
SBG-5		2005	RSE	L9	c. Felip II	40,00	432047	4585928	28,09
SBG-6		2005	RSE	L9	c. Felip II	42,00	432066	4585904	27,48
SM-81b		2000	RSE	L9	c. Hondures	41,60	432147	4585860	24,93
SPC-2		2002	GEOS	L9		39,13	432160	4585840	24,80
SBG-4		2005	RSE	L9	c. Hondures	40,00	432177	4585794	25,64
SM-82		2000	RSE	L9	c. Hondures	41,30	432247	4585783	23,00
SBG-3		2005	RSE	L9	c. Ciutat d'Elx	40,00	432290	4585805	22,49
SPC-9		2002	GEOS	L9		35,00	432423	4585777	19,56
S4C0254R08IN		2008	GGP	L9		42,00	432444	4585789	19,53
SPC-7		2002	GEOS	L9		37,10	432472	4585769	14,90
Pz-3I		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	40,00	432548	4585806	15,17
S-6		2006	GPO	AVE	Estació de la Sagrera	40,50	432599	4585799	15,70
EX3	*	2010	GEOCISA	AVE	Estació de la Sagrera	60,30	432649	4585791	15,93
Pz-3D		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	40,20	432687	4585831	14,45
Pz-6D		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	40,20	432793	4585847	12,69
Pz-9D		2010	LOSAN	AVE	Estació de la Sagrera	60,00	432874	4585874	13,22
Via Trajana (Fig. 10c)									
SG-3		2003	RSE	L9	Estació de la Sagrera	40,20	432687	4586503	23,30
SBG-9		2005	RSE	L9	Via Trajana	32,00	432767	4586571	23,17
SG-7		2003	RSE	L9	Via Trajana	43,00	432821	4586630	24,50
SBG-8		2005	RSE	L9	Via Trajana	30,00	432937	4586638	19,95
SBG-7		2005	RSE	L9	Via Trajana	26,00	433013	4586623	16,59
S4C0132R12IN		2006	RSE	L9	Via Trajana	27,00	433047	4586639	15,90
S4C0129L10IN		2006	RSE	L9	Via Trajana	25,50	433076	4586611	15,90
SG-8		2003	RSE	L9	Via Trajana	42,50	433139	4586632	14,40
SG-12		2003	RSE	L9	Via Trajana	46,80	433175	4586635	13,20
SG-24		2003	RSE	L9	Via Trajana	29,00	433247	4586639	12,08
SG-11		2003	RSE	L9	Via Trajana	53,00	433279	4586633	11,40
TS-PA-1(35)R		2004	RSE	L9	Via Trajana	35,00	433309	4586653	11,50
S-4		2002	Bosch&Ventayol	L4	Via Trajana	25,10	433372	4586618	14,40
S-9		1994	?	?	Avda. del Ferrocarril	40,00	433464	4586626	10,00
S-14		1997	Bosch&Ventayol	?	Avda. del Ferrocarril	30,00	432596	4586078	10,80
S-20		1998	Bosch&Ventayol	?	Avda. del Ferrocarril	28,80	433650	4586541	10,50
S-23		1999	Bosch&Ventayol	?	Avda. del Ferrocarril	30,00	433650	4586541	10,40
S-8		1995	Bosch&Ventayol	?	Avda. del Ferrocarril	35,00	433710	4586535	9,20
S-12		1995	Bosch&Ventayol	?	Avda. del Ferrocarril	27,80	433796	4586472	9,00
Plaça de les Glòries (Fig. 11)									
S-2	*	2013	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	39,00	431869	4583739	13,30
S-3		2011	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	15,00	431874	4583755	14,00
S-1	*	2013	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	30,00	431915	4583758	13,40
S-7	*	2013	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	45,00	431990	4583804	13,90
S-3	*	2013	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	30,00	431999	4583829	14,70
S-4	*	2013	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	51,00	432055	4583866	14,80
S-5	*	2013	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	25,00	432062	4583890	14,65
S-6	*	2013	Bosch&Ventayol	Túnel Glòries	Plaça de les Glòries	50,40	432089	4583905	13,80
S2R		2008	LOSAN	Torre Ona	Avda. Diagonal	45,00	432199	4583945	10,80
S3R		2008	LOSAN	Torre Ona	Avda. Diagonal	45,00	432234	4583943	8,90
S4R		2008	LOSAN	Torre Ona	Avda. Diagonal	45,00	432247	4583957	9,00
S5R		2008	LOSAN	Torre Ona	Avda. Diagonal	45,00	432277	4583968	9,00
SS-5		1992	Geotecnia	Zona Comercial Glòries	Avda. Diagonal	60,00	432323	4583975	-4,63
S-21		1992	Geotecnia	Zona Comercial Glòries	Avda. Diagonal	30,00	432361	4583985	-1,20
SS-9		1992	Geotecnia	Zona Comercial Glòries	Avda. Diagonal	70,00	432391	4583994	-4,85
S-20		1992	Geotecnia	Zona Comercial Glòries	Avda. Diagonal	30,00	432436	4584004	-3,46
SS-10		1992	Geotecnia	Zona Comercial Glòries	Avda. Diagonal	60,00	432460	4584013	-4,83
SS-12		1992	Geotecnia	Zona Comercial Glòries	Avda. Diagonal	60,00	432500	4584033	-3,41
SS-13		1992	Geotecnia	Zona Comercial Glòries	Avda. Diagonal	76,00	432534	4584054	-3,30

Per analitzar el contingut micropaleontològic i intentar precisar l'edat dels sediments estudiats segons les associacions de foraminífers planctònics s'han analitzat 22 mostres agafades de diferents testimonis atribuïts al Pliocè (Fig. 6, 7, 8, Taula 2). També s'ha fet una anàlisi quantitativa de les associacions de foraminífers bentònics, la qual ha permès fer consideracions sobre l'ambient de deposició. Un cop garbellades les mostres s'ha estudiat la fracció per sobre de 0,124 mm. Per a la majoria de mostres ha estat possible calcular la relació entre foraminífers planctònics i bentònics (P/B), obtinguda com a percentatge $(P/B = (P/P+B) \cdot 100)$. Aquest valor pot utilitzar-se com una aproximació per estimar paleobatimetries (vegeu revisió recent feta per Pérez Asensio, 2021).

5. Litofàcies

Els materials pliocens del Pla de Barcelona són sediments detrítics inconsolidats amb representació de tot l'espectre granulomètric, des de graves centimètriques fins a margues i argiles. També hi ha alguns nivells consolidats de gres i de carbonats.

- *Graves*: normalment són petites graves de mida inferior a 1 cm, però també n'hi ha de centimètriques (Fig. 3a, 3b). En tots els casos sempre es tracta de graves quarsítiques, blanques o grises, molt ben rodades. Ocasionalment, també poden ser de fragments d'altres tipus de roques metamòrfiques. Es presenten sempre disperses entre sorra gruixuda, i menys freqüentment entre sediments més fins.
- *Sorra*: inclou totes les mides granulomètriques, formant capes generalment amb un bon grau de selecció. Les capes de sorra gruixuda donen colors blancs a ocre, i són relativament netes en matriu fina (Fig. 3c). Solen englobar grànuls i petites graves d'alguns mil·límetres. Les capes de sorra mitjana i fina són més impures i tenen colors dominantment ocre o gris verdosos, amb freqüents taques ocre o ataronjades. Sovint contenen fòssils marins i estructures de bioturbació (Fig. 3d). Les mostres de sorra analitzades en làmina prima permeten diferenciar tres microfàcies: (1) sorres de tipus arcòsic, compostes dominantment per quars i quantitats menors de feldespat i miques. Els grans de quars són monocristal·lins, tenen formes anguloses i solen presentar extinció ondulant. Els feldespat són dominantment sòdics, i es presenten normalment bastant alterats. També n'hi ha de plagiòclasi i de microclina, tot i que menys. Les miques són majoritàriament de biotita, però també hi ha moscovites. De manera subordinada, també hi ha en proporcions molt variables minerals opacs (pirita, òxids de Fe), minerals pesants i algun fragment esporàdic de roca metamòrfica. Hi ha matriu filossilicatada relativament abundant, especialment a les sorres de mida de gra més fina. (2) sorres de tipus litarenita. Són similars al cas anterior, però amb una abundància relativament superior de fragments de roca. Aquests fragments tenen formes arrodonides



Figura 3. Litofàcies representatives del Pliocè del Pla de Barcelona: a) nivell amb petites graves metamòrfiques en el sondatge S-1 del poliesportiu de la UB, a 28 m de profunditat. b) graves silícies ben rodades amb abundant matriu de sorra gruixuda, en el sondatge S-7 de la Plaça de les Glòries, a 32,3 m de profunditat. c) sorra gruixuda amb grànuls i petites graves quarsítiques, al sondatge S-10 de la línia L8, a 31,5 m de profunditat. d) sorra fina llimosa amb taques ocre, al sondatge PA-134 de l'AVE, al Carrer de Padilla, a 38,8 m de profunditat. e) gres amb fragments de closques de bivalves, al sondatge S-6 de la L8, a 11 m de profunditat. f) llim amb làmines centimètriques de sorra, al sondatge S-3 de la Plaça de les Glòries, a 29 m de profunditat. g) llim ocre laminat, al sondatge S-2B de l'AVE a la Torrassa, a una profunditat de 26,8 m de profunditat (unitat P3, Llobregat). Secció dels testimonis = 6 cm.



Figura 4. Estructures sedimentàries representatives del Pliocè del Pla de Barcelona:

- a) Marga gris laminada (ripples) al sondatge S-937 de l'AVE a la Torrassa, a 31,5 m de profunditat (unitat P2, Llobregat).
- b) Seccions de burrows en margues del sondatge PA-260 de l'AVE, al Carrer del Bruc, a una profunditat de 66 m (unitat P2, Besòs).
- c) Burrows en un nivell de llim del sondatge EI-130, del Carrer de Padilla, a 15 m de profunditat.
- d) Burrow en un nivell d'argila del sondatge S-3 de la L8, a la cruïlla dels carrers de Llançà i Diputació, a 5 m de profunditat (unitat P3c).
- e) Burrow en un nivell de marga del sondatge S-2 de la Plaça de les Glòries, a 33,5 m de profunditat.
- f) Fragments de matèria orgànica en un nivell de sorra fina al sondatge S-8 de la L8 de la Gran Via, a una profunditat de 38,7 m. Secció dels testimonis = 6 cm.

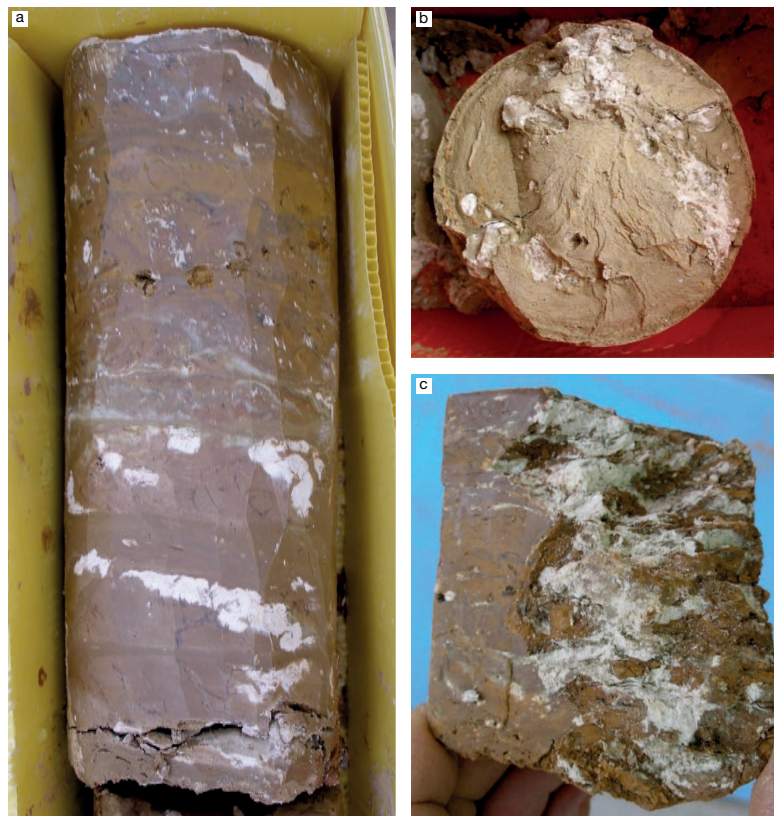


Figura 5. Litofàcies representatives del Pliocè del Pla de Barcelona:

- a) argila beige amb làmines carbonatades (blanc) en el sondatge S-937 de l'AVE, a la Torrassa, a 19 m de profunditat (unitat P3, Llobregat).
- b) llim ocre amb nòdols de carbonat al sondatge PA-134 de l'AVE, al Carrer de Padilla, a 11,9 m de profunditat.
- c) llim ocre carbonatat al sondatge SR-47 de l'AVE, a la Torrassa, a 26,8 m de profunditat (unitat P3, Llobregat). Secció dels testimonis = 6 cm.

i són principalment quarsítics, però també n'hi ha de pissarra i corniana. La matriu és també relativament abundant i filosilicatada. (3) sorres bioclàstiques, amb fragments de roca més o menys abundants. Els bioclastos són principalment fragments de bivalves, però també de gasteròpodes, equinoderms (pues d'eriçó), foraminífers i d'altres sense identificar.

- *Gres*: forma capes primes, normalment de 5 a 30 cm de potència, intercalades entre capes més potents de sorra. Estan fortament cimentades. Sovint són rics en bioclastos (Fig. 3e). Són generalment de mida de gra de sorra gruixuda. En làmina prima s'observa que el ciment és de calcita, amb textura esparítica o microesparítica.
- *Llim*: forma capes de fins a uns pocs metres de gruix, intercalats en capes de sorra més potents, o bé trams individuals de fins algunes desenes de metres de potència. En el primer cas, són llims de color gris verdós que contenen quantitats variables de sorra, dispersa en el llim o bé formant làmines mil·limètriques o centimètriques (Fig. 3f). En el segon cas, són llims ocres molt purs, normalment laminats (Fig. 3g).
- *Marga*: forma trams molt potents i uniformes de color gris fosc, amb intercalacions de sorres margoses generalment fines, però també de gra mitjà o gruixut. Són massives però sovint també estan laminades, amb ripples (Fig. 4a) i amb estructures de bioturbació. La bioturbació la formen traces de sorra de color ocre o ataronjat que destaquen sobre el color gris de la marga (Figs. 4b, 4c, 4d, 4e). També hi ha nivells rics en fragments de matèria orgànica de color negre (Fig. 4f). Són margues riques en fòssils (bivalves, gasteròpodes, escafòpodes, coralls, etc.) i microfòssils (foraminífers) marins.
- *Argila*: forma nivells generalment inferiors a mig metre de potència, de color beige, molt plàstics, massius o laminats (Fig. 5a). A les mostres de llim i marga analitzades per difracció de raig-X s'observa que el mineral dominant és sempre la illita (entre el 30 i 70% de la mostra), amb quantitats variables de caolinita, esmectita i altres silicats com el quars, l'albita i la microclina; així com calcita, la qual abunda a les mostres de marga.
- *Carbonats*: són un producte d'alteració (paleoedafització) del sostre de la sèrie pliocena que afecta principalment als materials més fins (llims, argila, sorra fina) en grau variable. Aquesta alteració penetra fins alguns metres a la sèrie pliocena per sota de la superfície erosiva prequaternària. Es presenta en forma d'agregats nodulars o bé de masses irregulars, de color blanc i composició calcítica (Fig. 5b, 5c).

6. Litoestratigrafia

La distribució dels materials pliocens del subsol del Pla de Barcelona permet diferenciar quatre zones (Fig. 1):

- *Zona A*: correspon a la part central del Pla de Barcelona i s'estén des del Delta del Besòs fins al Delta del Llobregat. En aquesta zona per sota del Quaternari tots els sondatges estudiats travessen el Pliocè. Sovint els sondatges finalitzen abans d'arribar a la base d'aquesta unitat sense poder conèixer el desenvolupament complet de la sèrie. En altres casos s'arriba fins a la base del Pliocè i els materials subjacents que generalment són miocens, però també poden ser paleozoics.
- *Zona B*: correspon a la franja costanera del Pla de Barcelona, des de la Zona Franca fins al Parc de la Ciutadella. En aquesta zona no hi ha Pliocè. Per sota del Quaternari, els sondatges tallen el Miocè amb fàcies similars a les que afloren a Montjuïc, i ocasionalment també a les fàcies continentals del Miocè inferior o el Paleozoic (Salvany, 2013, Filbà et al., 2016). És el que nomenarem massís de Montjuïc, del qual la muntanya de Montjuïc constitueix la seva part més elevada on afloren els seus materials. El contacte entre aquest massís i l'anterior zona és relativament lineal, amb una orientació NE-SO. A l'estudi de Llopis-Lladó (1942) s'interpreta aquest contacte com una falla normal que hauria enfonsat el bloc del NO respecte al del SE.
- *Zona C*: correspon al peu de mont dels relleus paleozoics de Collserola i dels turons. En aquest cas, per sota del Quaternari hi tenim directament el substrat paleozoic, format per roques granítiques, metamòrfiques o sedimentàries. El límit d'aquesta zona amb l'A és bastant indefinit i sembla correspondre a una antiga superfície erosiva fossilitzada pels sediments quaternaris, difícil de precisar amb la informació de subsol disponible. L'estudi de Gillet i Vicente (1961) indica que els sediments pliocens haurien arribat a cobrir en part també aquesta zona (jaciment pliocènic del barri de Vilapiscina, al peu del Turó de la Peira), però l'erosió prequaternària els hauria eliminat pràcticament del tot.
- *Zona D*: correspon a una part de l'Eixample per sota de la Diagonal i també una part del barri de les Corts. Aquesta és una zona complexa, difícil de caracteritzar, a causa d'una insuficient informació del

subsol. En bona part, els materials per sota del Quaternari són atribuïbles al Miocè, però localment es tallen també materials que poden correspondre al Pliocè, en forma d'enclavaments aïllats difícils de correlacionar entre si i amb els de la zona A. Els límits d'aquesta zona amb les zones A i C veïnes són difícils de precisar. En aquesta zona sembla que s'intersecten la superfície erosiva prepliocena i la post-pliocena, la qual cosa complica força l'estructura sedimentària d'aquesta part del Pla de Barcelona.

Les unitats litoestratigràfiques del Pliocè de la zona A es poden caracteritzar força bé pel fet que aquesta zona ha estat perforada per nombrosos sondatges relativament profunds per a la construcció de diverses obres subterrànies. Les seves característiques són les següents:

6.1 Marge nord-oest del Pla de Barcelona

Els sondatges de la línia de l'AVE pels carrers de Provença i Mallorca, des del Carrer de Muntaner fins a l'estació de tren de la Sagrera (Fig. 6), permeten reconèixer bé bona part de la sèrie pliocena del marge NO del Pla de Barcelona (Salvany i Aguirre, 2020). En aquest tram de la línia de l'AVE, els sondatges tallen primerament el Quaternari amb una potència variable, d'entre 10 i 35 m, i després la sèrie pliocena fins a profunditats que superen els 60 m, sense assolir la seva base (recordem que a la Sagrera, segons l'estudi de Rubio i Kindelán, el Pliocè supera els 140 m). Únicament alguns sondatges més propers al Carrer de Muntaner arriben a la base de la sèrie i penetren alguns metres en la sèrie miocena subjacent, que en aquesta part de la ciutat es troba a una cota més alta. La correlació de sondatges permet reconèixer tres unitats litològiques pliocenes:

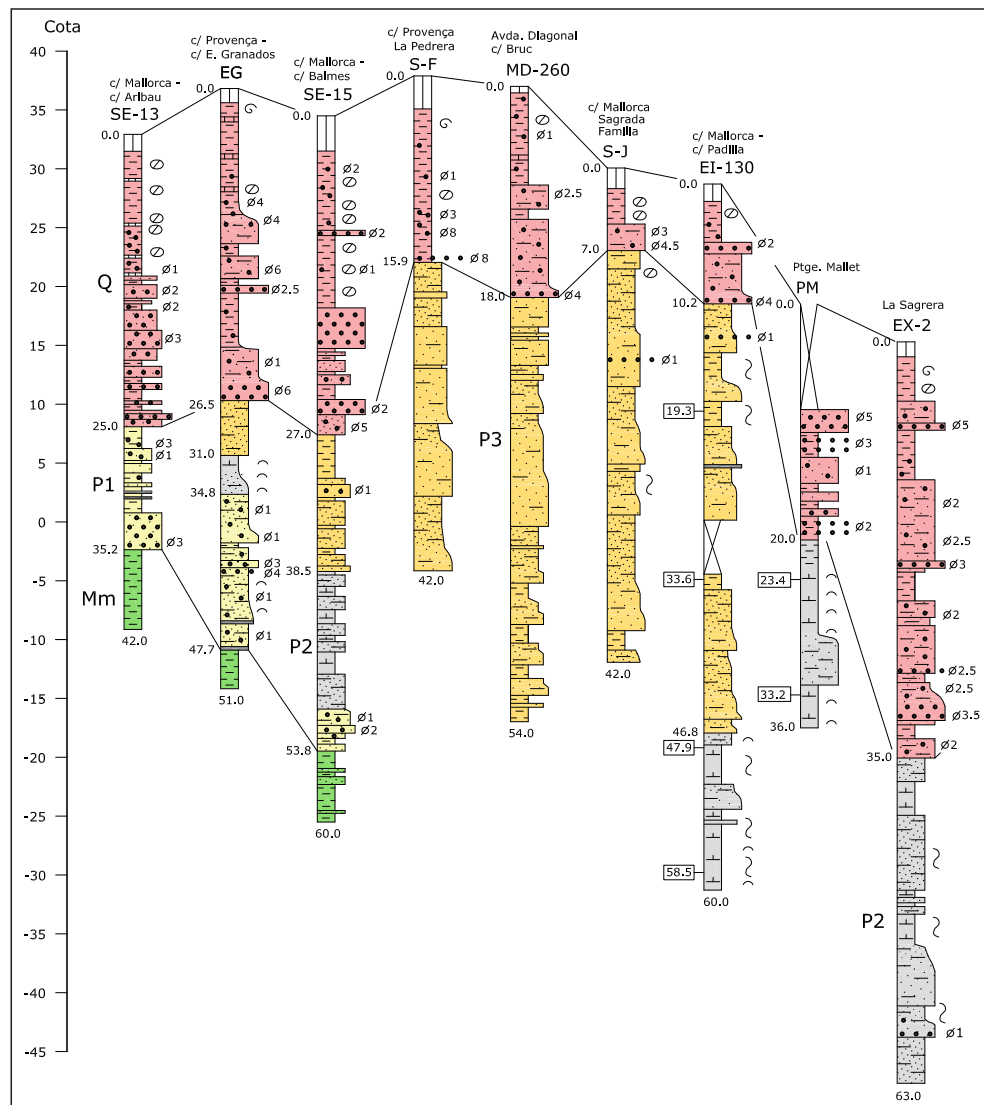


Figura 6. Correlació de sondatges de la línia de l'AVE, en el marge NO del Pla de Barcelona. Vegeu la Figura 1 per a la localització, i la Figura 9 per a la llegenda.

- *Unitat inferior* (P1), composta per sorres bioclàstiques, de color ocre, amb graves de fins a 4 cm, que intercalen alguns nivells menors de gres i llim. La potència és de fins a 13 m en el sondatge EG. Es disposa en contacte net sobre argiles miocenes i cap a munt passa gradualment a les fàcies grises de la següent unitat.
- *Unitat intermèdia* (P2), composta per margues i sorres margoses de color gris amb freqüents estructures de bioturbació. Les sorres són dominantment de gra fi, però també hi ha nivells de mida de gra superior que ocasionalment poden contenir petites graves quarsítiques de mida inferior a 1 cm. Aquestes sorres formen cicles granodecreixents de fins a diversos metres de potència.
- *Unitat superior* (P3), composta per sorres llimoses ocre, blanques o verdoses, principalment de mida de gra mitjà i fi, amb nivells subordinats de llims verdosos. Ocasionalment, hi ha petites graves inferiors a 1 cm. Les sorres tendeixen a formar cicles granodecreixents, de fins a algunes desenes de metres de potència similars als de la unitat anterior. La presència de capes de gres és pràcticament inexistent. El contacte entre aquesta unitat i la inferior ve marcat per un canvi sobtat de color en els materials. El sostre constitueix un contacte erosiu amb els materials quaternaris.

6.2 Marge sud-est del Pla de Barcelona

Aquesta part del Pla de Barcelona queda ben caracteritzada pels sondatges de diverses obres subterrànies de la ciutat seguint aproximadament la línia de la Gran Via, des de la Plaça d'Espanya fins a la Plaça de les Glòries (Fig. 7). Per sota del Quaternari s'identifiquen també tres unitats pliocenes equivalents a les anteriors:

- *Unitat inferior* (P1), composta de sorres i graves, de característiques similars a les del tall de l'AVE. Només s'identifica al sondatge SRI-10, on presenta una potència de 8 m, sense arribar a la seva base.

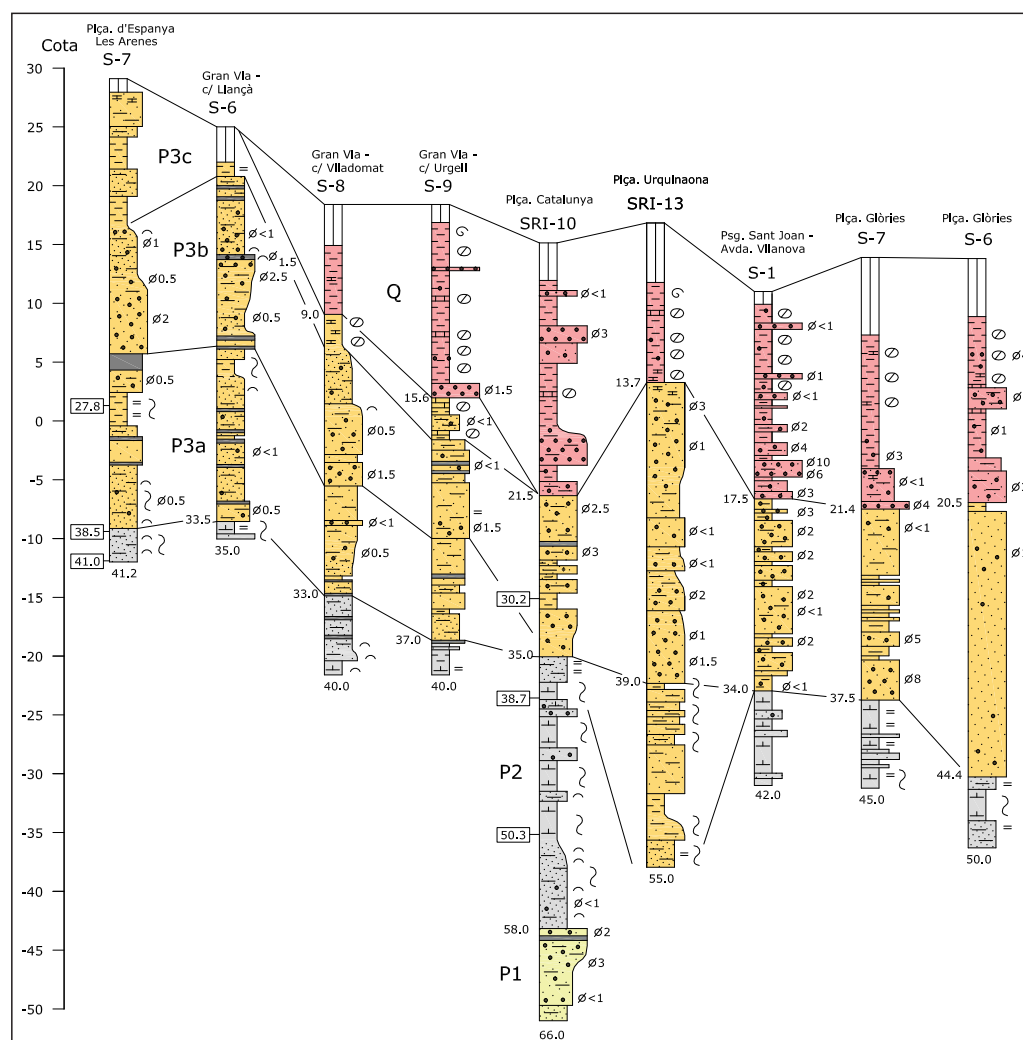


Figura 7. Correlació de sondatges de la línia L8 i altres obres de la ciutat, al marge SE del Pla de Barcelona. Vegeu la Figura 1 per a la localització, i la Figura 9 per a la llegenda.

- Unitat intermèdia (P2), de característiques similars a les del tall de l'AVE. Només el sondatge SRI-10 la travessa en la seva totalitat, amb una potència de 23 m. Als altres sondatges estudiats es penetra pocs metres en aquesta unitat.
- Unitat superior (P3), composta per tres subunitats diferents, de color groguenc, amb diferent grau de desenvolupament segons els sondatges: P3a, composta per sorra fina o mitjana, llimosa, amb algunes intercalacions de llim, i sovint amb estructures de bioturbació. P3b, composta dominantment per sorra gruixuda amb freqüents gravaes quarsítiques ben rodades, d'1 a 8 cm de mida. En alguns casos s'observen fragments de closques de bivalves i gasteròpodes marins (turritelles). P3c, composta per capes de llim, argila i sorra dominantment fina, força carbonatades. En els sondatges més propers a la Plaça d'Espanya, les sorres de les subunitats 3a i 3b intercalen freqüents nivells de gres de 10 a 40 cm de potència.

6.3 Marge sud-oest del Pla de Barcelona

En aquesta part del Pla de Barcelona, el Pliocè es reconeix bé en diversos sondatges realitzats per a la construcció de la línia L9 del metro (Fig. 8). En aquest cas, la sèrie pliocena per sota del Quaternari és ben diferent de l'observada en els talls anteriors. A la part més propera a Collserola, el Pliocè es disposa discordant

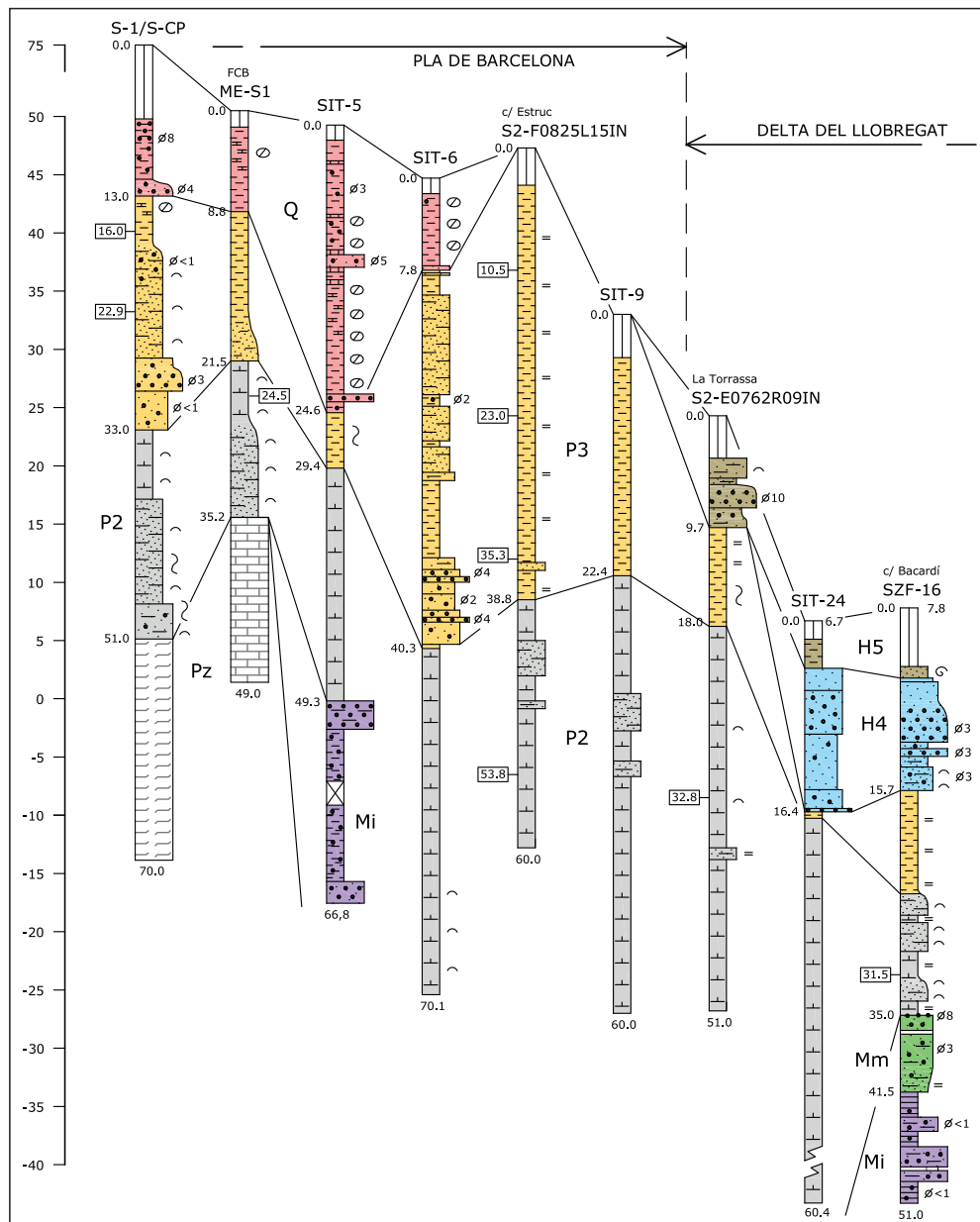


Figura 8. Correlació de sondatges de la línia L9, al marge SO del Pla de Barcelona. El sondatge S-1 és amb recuperació continua de testimonis fins als 33 m i l'S-CP, fet al mateix lloc, a destrossa amb recuperació de detritus fins al final. Vegeu la Figura 1 per a la localització, i la Figura 9 per a la llegenda.

sobre el substrat paleozoic o el Miocè inferior. Cap a mar el tall no arriba a la base del Pliocè i s'estén fins a una profunditat desconeguda. En aquests sondatges s'observen dues unitats principals (Fig. 8):

- *Unitat inferior* (equivalent a la P2), de margues grises molt pures, que contenen freqüents restes de fauna marina, amb una potència visible de fins a 40 m (SIT-9). També intercalen alguns nivells de sorra fina margosa de fins a alguns metres de potència.
- *Unitat superior* (equivalent a la P3), principalment composta per llims ocres laminats, de fins a quasi bé 40 m de potència (sondatge S2-F0825). El contacte amb la unitat inferior és net (canvi sobtat de color). Als sondatges més propers a Collserola, aquests llims intercalen trams potents de sorra fina llimosa i, en menor quantitat, sorra gruixuda-mitjana amb graves metamòrfiques de fins a 4 cm de mida. Aquestes sorres més gruixudes estan principalment desenvolupades a la base de la unitat i suposen un important canvi litològic (contacte erosiu?) respecte a les margues subjacents.

6.4 Estació de Sants

A l'estudi anterior de Salvany i Aguirre (2020), els materials de la zona de l'estació de Sants per sota del Quaternari es varen atribuir al Miocè, pel fet que són materials ben diferents als observats al Pliocè del marge NO (línia de l'AVE) del Pla de Barcelona. Al present estudi, amb una major informació de subsol disponible de la zona de l'estació de Sants i la perspectiva més àmplia del treball, s'ha considerat més adequat reinterpretar-los com a pliocens (Fig. 9). En aquesta zona s'identifica un tram basal de llims ocres que es disposen discordants sobre un substrat calcari paleozoic, i un tram superior de sorra blanca, dominantment gruixuda i amb abundants graves quarzítiques, blanques, de fins 6 cm de mida. Els llims

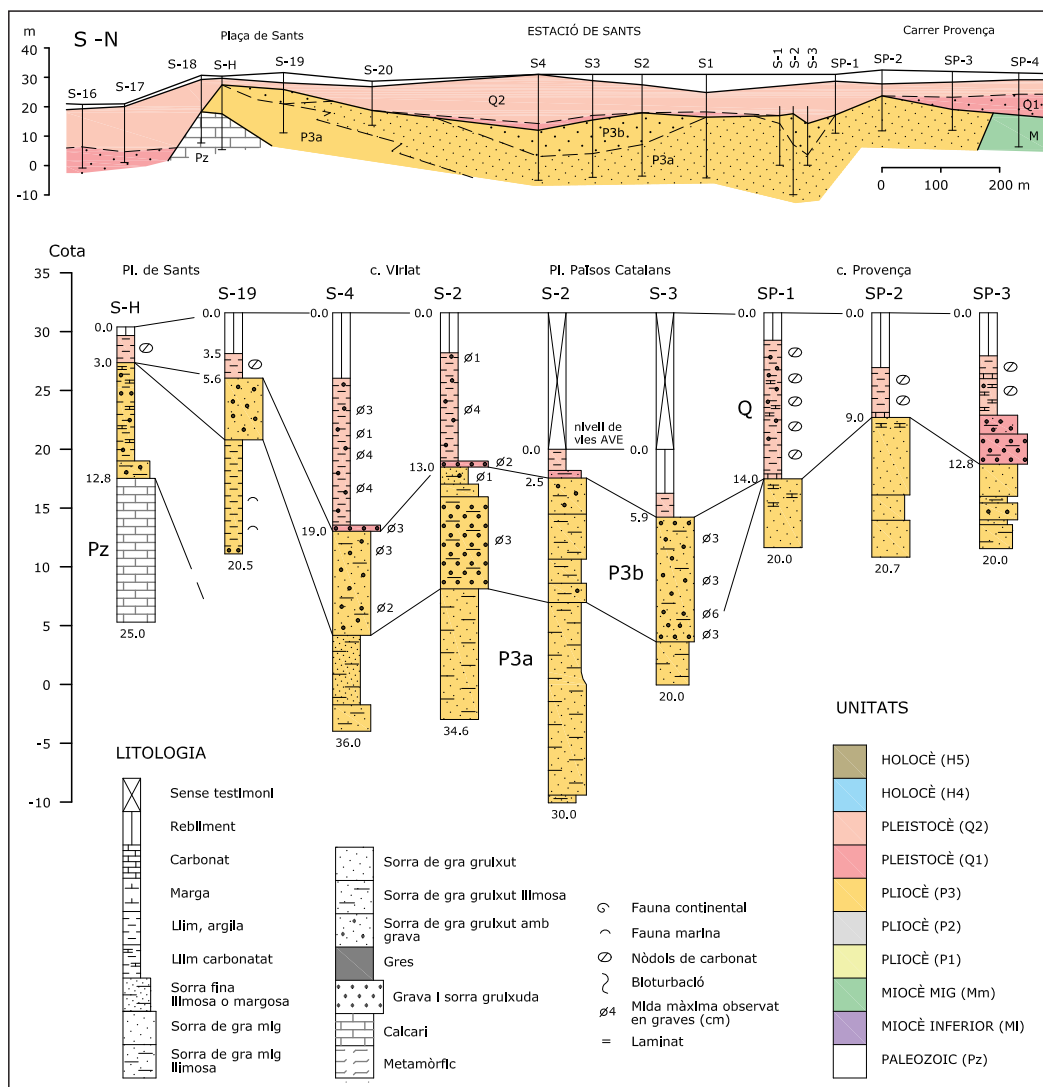


Figura 9. Tall geològic de correlació de sondatges de l'àrea de l'estació de Sants. Vegeu la Figura 1 per a la localització.

basals són similars als observats als sondatges de la L9 (unitats P3 de la Fig. 8). Les sorres amb graves són similars a les de la zona de la Plaça d'Espanya (unitat P3b de la Fig. 7).

6.5 La Sagrera

Els sondatges fets a la zona de la Sagrera per a la construcció de la línia L9 i de l'AVE permeten identificar diversos paleorelleus (o paleoturons) coberts pels dipòsits pliocens i quaternaris (Fig. 10).

Al subsol de l'estació de la Sagrera, per sota del Quaternari, alguns sondatges travessen una potent sèrie de sorra i graves gruixudes, poligèniques, d'origen incert (Fig. 10a, 10b). Cap sondatge arriba a la base d'aquesta sèrie. En alguns sondatges hi ha nivells de marga i sorra típiques pliocenes intercalades entre el Quaternari i aquestes graves. A l'estudi de Salvany i Aguirre (2020), aquest dipòsit s'interpreta com un antic relleu de materials miocens fossilitzat per sediments marins pliocens. No queda clar si es tractaria de materials del Miocè inferior o mitjà. Es podrien correlacionar amb els miocens que afloren a la Serra de Can Mena (Santa Coloma de Gramenet), al nord del Besòs (Fig. 1), descrits a l'estudi de Vicente Castells (1957). Posteriorment, la superfície erosiva prequaternària hauria tallat la part més alta d'aquest relleu i els sediments pleistocens l'haurien novament cobert. Es tractaria d'un petit relleu residual adossat al marge nord del Pla de Barcelona.

A prop d'aquest paleorelleu de l'estació de la Sagrera, a la Via Trajana, on es va fer l'excavació per introduir la tuneladora per a la construcció del túnel de l'AVE, els sondatges identifiquen un altre relleu també fossilitzat pels dipòsits del Pliocè i Quaternari (Fig. 10c). En aquest cas es tracta d'un relleu granític, que podria ser la prolongació en subsol dels granits que afloren a Santa Coloma de Gramenet. En aquest cas, el Quaternari que erosiona i cobreix la part superior d'aquest paleorelleu és l'Holocè del Delta del Besòs.

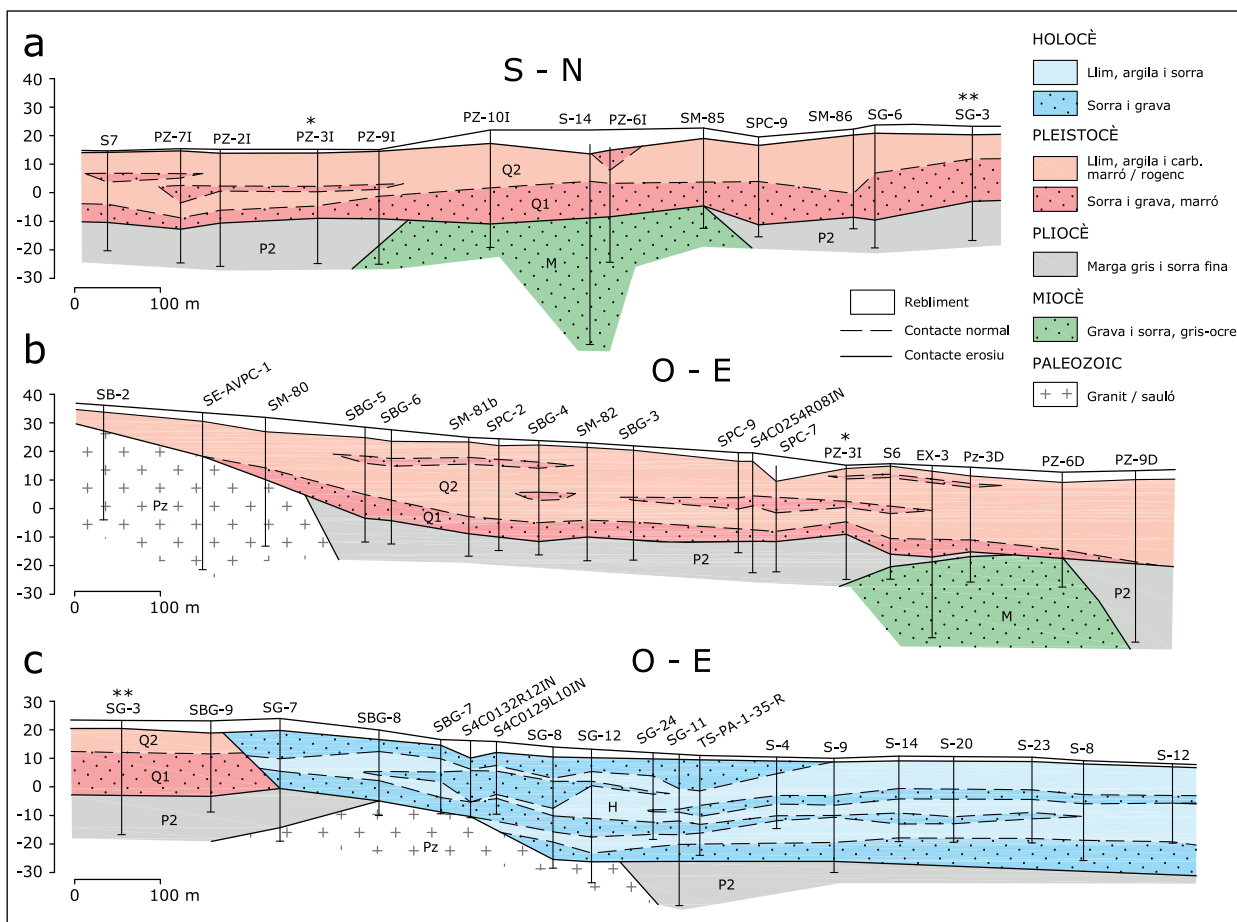


Figura 10. Talls geològics de l'àrea de la Sagrera: a) Tall a través de l'estació de la Sagrera, tot seguint la línia de l'AVE. b) Tall seguint la línia L9 des del Carrer de Concepció Arenal (a l'esquerra) fins al carrer del Pont del Treball (a la dreta). c) Tall de la línia de l'AVE per la Via Trajana. Vegeu la Figura 1 per a la localització.

Aquests paleorelleus, i d'altres que probablement hi hagi i de moment es desconeixen, evidencien l'abrupte relleu que hauria originat l'erosió messiniana, el qual ha constituït la base dels sediments pliocènics de tota l'àrea de Barcelona (Bartrina et al, 1992).

6.6. Plaça de les Glòries

El subsol de la Plaça de les Glòries i el seu entorn ha estat perforat per nombrosos sondatges per a la recent construcció de grans edificis i obres públiques d'aquesta part de la ciutat. A grans trets, els sondatges permeten identificar una unitat quaternària superior, de fins a 25 m de potència, i una unitat pliocena inferior que es talla fins a una profunditat de 70 m, sense arribar en cap cas a la seva base (Fig. 11).

La unitat quaternària és formada per una capa basal de sorra i graves, de gruix variable, i una capa superior de llims i argiles rogenques amb abundants nivells carbonatats, i ocasionalment graves. S'identifiquen bé diverses crostes carbonatades relativament contínues que es correlacionen bé entre els diferents sondatges. Són les fàcies típiques pleistocenes del Pla de Barcelona, que s'estenen per la Diagonal fins com a mínim el Carrer de la Llacuna (sondatge SS.13 de la Fig. 11).

El Pliocè està format per una unitat inferior de margues grises amb nivells de sorra fina (unitat P2), i una unitat superior de sorra ocre, dominantment gruixuda, amb graves disperses, i nivells subordinats

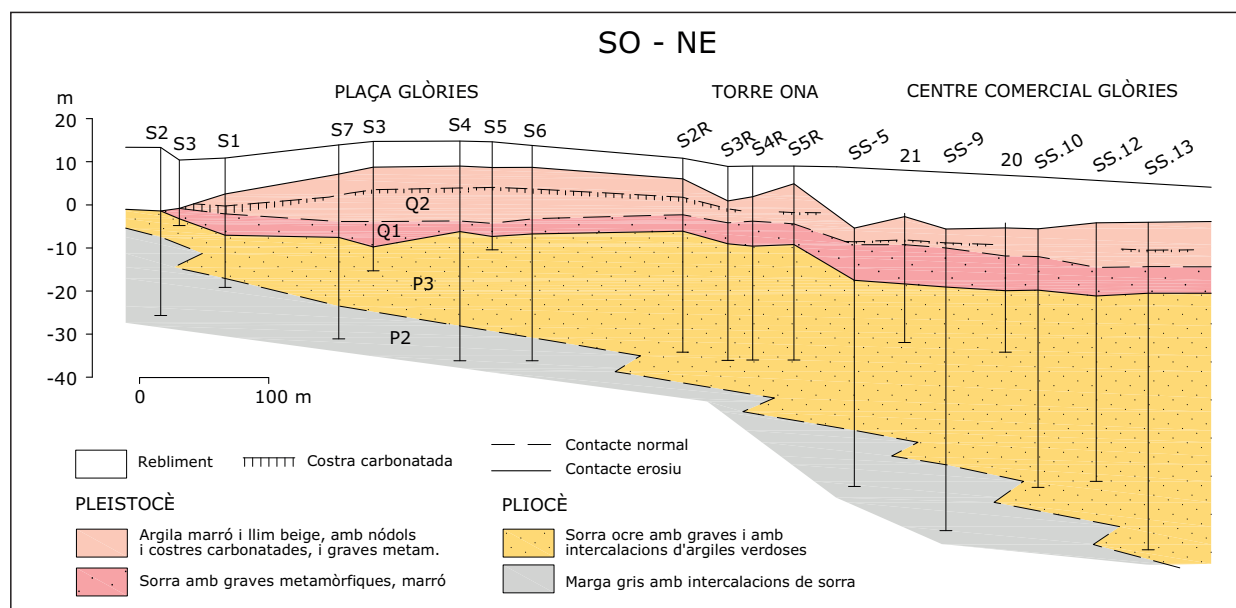


Figura 11. Tall geològic de l'àrea de la Plaça de les Glòries a través de l'Avinguda de la Diagonal entre els carrers de Cartagena (a l'esquerra) i de la Llacuna (a la dreta), a partir de sondatges de diverses obres. Vegeu la Figura 1 per a la localització.

de llims i argiles verdosos, d'estructura sedimentària interna complicada (unitat P3). Aquesta segona unitat és més potent a la part est de la zona de les Glòries, on supera els 60 m de potència (sondatge SS-13 de la Fig. 11), i s'aprima gradualment cap a l'oest, on queda reduïda a uns pocs metres (sondatge S-2 de la Fig. 11). Aquesta variació de potència s'interpreta com un canvi lateralment de fàcies cap a l'oest de les sorres que recobreixen les margues.

7. Micropaleontologia

7.1 Foraminífers planctònics

Les mostres pliocenes, en general, són molt riques en foraminífers. No obstant i això, les associacions estan dominades per foraminífers bentònics, amb percentatges de planctònics que oscil·len entre el 7,8% (SRI-10-38.7; Plaça de Catalunya) i el 39,9% (S2-F-35.3, Carrer d'Estruc) (Taula 2). En altres casos,

el contingut en foraminífers oscil·la entre l'1% i el 3% del volum total de residu analitzat, pel fet que són mostres molt riques en terrígens (essencialment grans de quars), la qual cosa impedeix fer un estudi quantitatiu d'associacions o estimar la relació P/B. Les associacions de foraminífers planctònics estan majoritàriament dominades per *Globigerinoides* spp, *Trilobatus trilobus*, *Orbulina universa* i *Globigerina* spp, juntament amb alguns neogloboquadrínits (*Neogloboquadrina acostaensis* i *N. humerosa*) i *Sphaeroidinellopsis* spp.

Des del punt de vista bioestratigràfic, només en algunes mostres s'han identificat espècies aptes per poder abordar l'edat dels dipòsits pliocens. Les mostres més baixes de la unitat P2, agafades en els testimonis EI-130-58.5, PM-33.2 i SRI-10-50.3, presenten una abundància relativa de *Sphaeroidinellopsis* spp molt alta (10%, 9% i 14%, respectivament). Aquests resultats permeten assignar aquestes mostres a la primera biozona del Pliocè inferior, MPI1, de l'escala bioestratigràfica estàndard per al Mediterrani (Lirer et al., 2019). Les altres mostres de la unitat P2 no han aportat dades concloents per a poder ser datades amb precisió.

A la unitat P3, la mostra S2-F-35.3 (Carrer d'Estruc) presenta alguns exemplars de *Globorotalia puncticulata*, que permet assignar la base de la unitat en aquest testimoni a la mitat superior del Pliocè inferior, biozona MPI3-MPI4 de Lirer et al. (2019). A més de la presència d'aquest marcador bioestratigràfic, les mostres S1-16 i S1-22.9, corresponents al testimoni del poliesportiu de la UB, contenen *Globoturborotalia nepenthes*. La darrera aparició d'aquesta espècie es va produir fa 4,36 Ma (Wade et al., 2011), la qual cosa permet assignar la unitat P3 a la biozona MPI3 amb un alt nivell de confiança.

A més dels resultats comentats anteriorment, cal dir que la gran majoria de les mostres contenen representants de les espècies *Globigerinoides extremus* i *G. obliquus*. Al Mediterrani, les dues espècies presenten una reducció de la seva abundància relativa fins a la seva pràctica desaparició cap a final del Pliocè (2,57 Ma i 2,54 Ma, respectivament) (Lirer et al., 2019). Per tant, la seva presència a les mostres analitzades, juntament amb les dades comentades anteriorment, confirmaria que les unitats P2 i P3 pertanyen al Pliocè. No obstant això, *G. extremus* desapareix fa 1,99 Ma, al Gelasià (Pleistocè inferior) (Wade et al., 2011), per la qual cosa, a manca d'altres dades bioestratigràfiques concloents, el rang cronològic total de les unitats pliocenes podria allargar-se fins a la base del Pleistocè en alguns punts de la zona d'estudi. Aquesta atribució és coherent amb les dades de paleomagnetisme de les margues pliocenes del Baix Llobregat aportades per Corregidor et al. (1997).

Un dels principals problemes per poder datar les mostres estudiades és la manca de marcadors bioestratigràfics típics del Pliocè inferior; per exemple, *Globorotalia margaritae* o *G. puncticulata* (amb l'excepció de pocs exemplars en una mostra). Aquestes mateixes dificultats han fet impossible datar amb precisió els sediments pliocens en altres àrees de la regió (Civis, 1972, 1977a, 1977b, 1979; Alborch et al., 1980; Martinell, 1988). L'absència d'aquestes espècies podria ser deguda al fet que el dipòsit de les diferents unitats pliocenes es va produir en ambient molt somer (vegeu més endavant).

7.2 Foraminífers bentònics

Les margues de la unitat P2, tant a la conca del Llobregat com a la del Besòs, contenen una abundant i relativament diversa associació de foraminífers bentònics. Les associacions de bentònics estan caracteritzades pel domini d'*Hanzawaia boueana* i *Ammonia* spp (majoritàriament *A. beccarii*). Juntament amb aquestes espècies, també són abundants *Bulimina* spp, *Bolivina* spp, *Fursenkoina* spp, *Uvigerina* spp, *Brizalina* spp, *Rectuvigerina* spp, *Marginulina* spp, *Textularia* spp, *Cassidulina neocarinata* i *Pleurostomella* spp. La gran abundància d'*H. boueana* i d'*Ammonia* spp indica unes condicions de depòsit en ambient molt somer. La presència de restes vegetals en algunes de les mostres és compatible amb un ambient d'aigües somes. La resta de l'associació suggereix ambients amb baix contingut d'oxigen i/o alta aportació de nutrients. La presència de nutrients és també consistent amb la presència de restes vegetals. Probablement es tracta d'un ambient de plataforma interna molt protegida i amb poca circulació marina, que va afavorir el desenvolupament de fons empobrits en oxigen (Salvany i Aguirre, 2020). Una interpretació d'ambients molt somers en condicions restringides va ser proposat per Martinell (1988) en el seu treball sobre la síntesi del Pliocè català.

Pel que fa a les mostres de la unitat P3, es pot remarcar que presenten un escàs contingut en microfauna, amb valors per sota del 3% del volum de residu analitzat. Allà on els foraminífers són una mica més

TAULA 2. Presència (*) de les espècies de foraminífers planctònics, els quals es fa referència al text i s'han utilitzat per estimar l'edat de les mostres estudiades i valors de la relació entre planctònics i bentònics. *Sphaeroidinellopsis* spp ha estat identificada en algunes mostres, però a la taula s'indica en les mostres on l'abundància relativa és important com per poder atribuir-la a la biozona MPI1.

Mostra	Unitat	P/B	<i>Sphaeroidinellopsis</i> spp	<i>Globoturbotalia</i> <i>nepenthes</i>	<i>Globototalia</i> <i>puncticulata</i>	<i>Globigerinoides</i> <i>extremus</i>
Conca Besòs						
EI-130-19,3	P3					
EI-130-33,6	P3					
SRI-10-30,25	P3					
S7-27,8	P3a					*
SRI-10-38,7	P2	7,80%		*		*
SRI-10-50,3	P2	27,10%	14,00%			*
EI-130-47,9	P2	9,00%				
EI-130-58,5	P2	23,30%	10,00%			*
PM-23,4	P2	14,70%		*		*
PM-33,2	P2	14,50%	9,00%	*		*
S7-38,5	P2					*
S1-53,8	P2	39,90%				
S7-41	P2					
Conca Llobregat						
S1-16	P3	12,00%		*		*
S1-22,9	P3	9,80%		*		*
S2-F-10,5	P3	12,00%				*
S2-F-23	P3					
S2-F-35,3	P3	39,90%			*	*
S2-F-53,8	P2	14,00%				*
S2-E-32,8	P2	16,00%				*
ME-S1-24,5	P2	20,40%	1,40%	*		*
SZF-16-31,5	P2	25,00%				*

abundants s'observa un domini d'*H. boueana* i *Ammonia* spp, amb valors alts de *Textularia* spp en algunes mostres. També cal ressaltar la presència d'*Haynesina germanica*. Es tracta d'una associació d'ambient molt somer i protegit, probablement es tracti de dipòsits en ambient costaner i/o de lagoon.

8. Interpretació sedimentària

La interpretació sedimentària del Pliocè del Pla de Barcelona està limitada per tres aspectes: (i) la major part dels sondatges tallen parcialment la sèrie sense poder-se conèixer bé la seva part inferior, especialment a les zones on està més profunda. (ii) Tampoc no es pot conèixer el sostre de la sèrie que ha estat escapçada per l'erosió prequaternària. (iii) Les dades bioestratigràfiques estan restringides principalment a la part intermèdia de la sèrie (unitat P2). No ha estat possible datar la seva part superior ni basal. Malgrat aquestes limitacions, la història sedimentària del Pliocè del Pla de Barcelona es pot resumir en els següents punts:

- (1) La sedimentació pliocena ve precedida per una important fase d'erosió (erosió messiniana), que va afectar els materials miocens i paleozoics, prèviament deformats per la tectònica miocena (Roca et al., 1999). A l'àrea de Barcelona, aquesta erosió va formar un relleu abrupte amb zones altes, com els paleorelleus de la Sagrera o la Plaça de Sants, i zones profundes per sota del nivell assolit pels

sondatges més llargs. La diferència de cotes entre els punts més alts i més profunds hauria superat el centenar de metres. Aquesta erosió messiniana hauria generat dues conques de drenatge ben diferenciades: una amb drenatge cap al NE (conca del Besòs) i l'altre cap al SO (conca del Llobregat). La divisòria d'aigües estaria situada sota els barris de Sants i Hostafrancs, però és difícil de precisar doncs en aquesta zona hi ha poca informació de subsol disponible. Aquestes conques haurien constituït un solc allargat excavat entre els massissos de Montjuïc i Collserola (zona A de la Fig.1).

- (2) Les sorres i graves de la unitat P1 representen l'inici de la sedimentació pliocena que s'hauria desenvolupat a les parts més profundes del relleu erosiu messinià. Aquesta unitat representa sediments litorals de caràcter retrogradant dipositats a l'inici de la transgressió zanciana. Es reconeixen a la conca del Besòs però no a la del Llobregat, pel fet que les parts més profundes d'aquesta conca no han estat assolides pels sondatges estudiats, tot i que probablement també hi siguin. Els sediments d'aquesta unitat poden ser estratigràficament equivalents a les graves de la base del Pliocè que afloren a Castellbisbal, a la part més interna del Baix Llobregat (Valenciano i Sanz, 1967).
- (3) Les margues i sorres de la unitat P2 representen sediments de plataforma marina dipositats durant els estadis més avançats de la transgressió, de caràcter més expansiu que no pas la unitat anterior (en alguns sondatges estan directament sobre el substrat miocè o paleozoic). A la conca del Besòs la sèrie d'aquesta unitat forma una alternança de capes de marga i de sorra, amb freqüents estructures de bioturbació. Les dades paleontològiques (foraminífers) indiquen que va ser un ambient de plataforma somera, proximal, d'aigües pobres en oxigen (margues amb freqüent pirita i guix). La presència d'estructures de corrent (ripples), restes vegetals i de matèria orgànica són també indicatius d'aquestes característiques. Aquesta plataforma hauria constituït una petita badia entre els massissos de Montjuïc i Collserola, gradualment més profunda i oberta al mar cap al NE. A la conca del Llobregat, la unitat P2 forma una sèrie margosa més pura, amb nivells més baixos de sorra fina, oberta al mar cap al SO. Tot sembla indicar que entre les dues conques hi hauria hagut continuïtat marina. Durant la fase erosiva messiniana haurien estat separades però posteriorment, durant la transgressió marina, es formà un llindar marí molt somer.

Aquesta unitat P2 seria equivalent a les margues blaves del Baix Llobregat, amb similars fàcies i registre fòssil (fàcies del Plasencià). També al "Pliocè gris" al qual es fa referència en molts estudis geotècnics de la ciutat.

- (4) Els sediments de la unitat P3 varien molt de característiques segons les dues conques. A la del Besòs formen una sèrie sorrenca amb graves que representen un sistema progradant de platges (Fig. 10). Les sorres dominantment gruixudes amb abundants graves del marge SE del Pla de Barcelona (Fig. 7) i de la zona de l'Estació de Sants (Fig. 9) provindrien del reciclatge dels dipòsits miocens del massís de Montjuïc que, en la seva major part, són sorres i graves no consolidades (Salvany, 2013). Les sorres menys gruixudes i pràcticament sense graves del marge NO del Pla de Barcelona (Fig. 6) provindrien principalment del reciclatge dels granits alterats (sauló) de la Serra Litoral al NE de Barcelona, i del seu transport cap a l'àrea de Barcelona mitjançant els corrents de deriva litoral. La progradació en sentit oposat d'aquests dos sistemes coetanis de platges hauria causat inicialment el tancament de la connexió marina entre les dues conques i, més endavant, la colmatació de la del Besòs. Aquesta interpretació és consistent amb les observacions petrogràfiques (microfàcies) de les sorres i gresos que s'han exposat al capítol de litofàcies: clarament s'observa que les sorres de tipus arcosa, pràcticament sense lítics, es troben als sondatges del marge NO procedents del reciclatge de saulons. Contràriament, les sorres de tipus litarenític, amb freqüents fragments de roca metamòrfics, es donen als sondatges del marge SE; les quals, així com les graves quarsítiques ben arrodonides i abundants d'aquest marge, s'estima que provindrien del reciclatge del Miocè de Montjuïc.

A la conca del Llobregat, la unitat P3 està principalment composta per llims ocres amb nivells menors de sorra fina. Aquests llims representen sediments de plataforma marina somera, probablement més oxigenada pel color més clar dels sediments i la manca de restes orgàniques i de sulfurs. L'estructura normalment ben laminada d'aquests llims, sense marques de dessecació, seria també consistent amb el seu origen subaquàtic. L'escassa presència de nivells de sorra seria una conseqüència del tancament de l'extrem SO de la badia del Besòs pel creixement de les seves platges. A la part inferior d'aquesta unitat P3 del Llobregat hi ha localment nivells de sorres gruixudes amb graves (sondatges S-1 i SIT-6, Fig. 8). Podria tractar-se d'un sobtat canvi en les condicions sedimentàries: de les transgressives que representa la unitat P2 a les regressives que representa la unitat P3.

- (5) Els nivells més alts de la sèrie (unitat P3c) només s'han preservat a la zona de la Plaça d'Espanya (Fig. 7). Són fàcies argiloses i de sorra fina, que suggereixen ser el desenvolupament d'una plana fangosa litoral que representaria la colmatació sedimentària pliocena del Pla de Barcelona.

En línies generals, la unitat P3 seria estratigràficament equivalent a la unitat de sorres i llims sorrencs ocres del Baix Llobregat (fàcies de l'Astià). Correspon també al "Pliocè ocre-verd" d'alguns estudis geotècnics.

- (6) El fet que les margues pliocenes del Pla de Barcelona arribin a estar actualment fins a vàries desenes de metres per sobre del nivell actual del mar (fins a 60 m al sondatge S1, Fig. 8) suggereix que els dipòsits pliocens han estat aixecats per la tectònica, posteriorment a la seva deposició. Aquest aspecte també es dona al Pliocè del Baix Llobregat, on les margues arriben a estar fins a 120 m per sobre del nivell del mar en els afloraments més interns de Papiol i Castellbisbal (Solé-Sabarís, 1963). Aquest aixecament seria de caràcter regional i estaria relacionat amb les fases més tardanes de la tectònica miocena (Roca et al, 1999). Probablement aquest aixecament hauria tingut lloc durant el Pliocè superior i hauria estat també la causa de la profunda erosió prequaternària.

9. Conclusions

- (1) El Pliocè del subsol del Pla de Barcelona forma una seqüència deposicional desenvolupada sobre un abrupte relleu erosiu (erosió messiniana), composta per tres principals unitats: una unitat basal de sorra i grava (P1), una unitat intermèdia de margues i sorres fossilíferes de color gris (P2) i una unitat superior de sorres i graves ocres (P3). Són sediments marins relacionats amb la transgressió zancliana.
- (2) La distribució de fàcies permet diferenciar dues conques sedimentàries amb evolució relativament independent: la conca del Besòs i la conca del Llobregat. Haurien estat separades per un llindar sedimentari situat a la meitat sud del Pla de Barcelona.
- (3) La conca del Besòs hauria format una petita badia entre els massissos de Montjuïc i Collserola, oberta al mar cap al NO. La Unitat P1 representen fàcies litorals depositades a l'inici de la transgressió. La P2 són fàcies de plataforma marina somera. La P3 constitueix un sistema litoral de platges desenvolupat sobre la unitat anterior. Aquestes platges tindrien dues àrees fonts: el massís de Montjuïc, que hauria format platges amb barreja de sorra i grava, i la Serra Litoral, que hauria format platges de sorra pràcticament sense graves. Serien dos sistemes de platges que haurien progradat cap a l'interior de la conca fins a colmatar-la.
- (4) En la conca del Llobregat no es coneix la Unitat P1, pel fet que els sondatges disponibles no arriben a la base de la sèrie a la seva part més profunda on caldria esperar trobar-la. La Unitat P2 presenta un desenvolupament més gran que la conca del Besòs. És dominantment margosa i representa un ambient de plataforma marina relativament proximal. La Unitat P3 representa també fàcies de plataforma marina somera, tot i que amb escassa sedimentació de sorres que s'haurien quedat dipositades principalment a la conca del Besòs.
- (5) A les fàcies margoses de la Unitat P2 de les dues conques hi ha un bon registre de foraminífers planctònics i bentònics, que permeten atribuir aquesta Unitat al Pliocè inferior (biozona MPI1). Són foraminífers que corresponen a ambients de tipus plataforma marina interna, somera i poc oxigenada. Les mostres analitzades de les altres unitats han resultat estèrils o bé amb un escàs registre fòssil que no permet datar-les.

Agraïments

L'estudi s'ha realitzat en el marc del projecte 2017-SGR-824 (Generalitat de Catalunya) del Grup de Geologia Sedimentària de Barcelona, i en col·laboració amb el Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada. Els autors agraeixen a GISA, BIMSA, ADIF i al grup de geofísica del Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada de la UB les facilitats donades per a la consulta de documents tècnics i la testificació i mostratge dels testimonis dels sondatges.

10. Referències

- Alborch J., Civis J., Martinell J., 1980. Nuevas aportaciones micropaleontológicas al conocimiento del Neógeno del Baix Llobregat (Barcelona). *Acta Geologica Hispanica* 15, 85-90.
- Almera J., 1891. Mapa Geológico y topográfico de la provincia de Barcelona. Región primera o de contornos de la capital 1:40.000.
- Almera J., 1894. Descripción de los depósitos pliocénicos de la cuenca del bajo Llobregat y llano de Barcelona. Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona III, 1-93.
- Bartrina M.T., Cabrera L., Jurado M.J., Guimerà J., Roca E., 1992. Evolution of the central Catalan margin of the Valencia trough (western Mediterranean). *Tectonophysics* 203, 219-247.
- Bataller J.R., 1922. El tombolo de Montjuich. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* XXII, 34-38.
- Carandell J., 1921. Procesos constructivos en algunos puntos del litoral español (tombolos). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 21, 311-317.
- Civis J., 1972. Variación en sentido vertical de las familias de foraminíferos más importantes en el Plioceno de Molins de Rei. Asociación faunística y su sentido paleoecológico. *Studia Geologica* III, 111-117.
- Civis J., 1977a. Los foraminíferos pliocénicos de Papiol (Barcelona). Significación paleoecológica y paleogeográfica. *Studia Geologica* XIII, 7-30.
- Civis J., 1977b. Estudio de los foraminíferos del afloramiento pliocénico de Can Albareda (Barcelona). Análisis paleoecológico y bioestratigráfico. *Studia Geologica* XIII, 105-126.
- Civis J., 1979. Microfauna del Plioceno de "La Plaça de les Bruixes" (Molins de Rei, Barcelona). *Acta Geologica Hispanica* 14, 385-390.
- Corregidor J., Cabrera L., Parés J.M., 1997. Magnetoestratigrafía de las sucesiones pliocénicas del Baix Llobregat: aproximación preliminar. *Acta Geologica Hispanica* 32, 147-160.
- Fernández, E., Vicente, J., 1994. Flora pliocénica del Pla de Barcelona (II). *Butlletí Centre d'Estudis Natura Barcelona Nord III(1)*, 27-43.
- Filbà M., Salvany J.M., Jubany J., Carrasco L., 2016. Tunnel boring machine collision with an ancient boulder beach during the excavation of the Barcelona city subway L10 line: A case of adverse geology and resulting engineering solutions. *Engineering Geology* 200, 31-46.
- Gàmez Torrent D., 2007. Sequence stratigraphy as a tool for water resources management in alluvial coastal aquifers: application to the Llobregat delta (Barcelona, Spain). *Tesi Doctoral*, Universitat Politècnica de Catalunya, 177 p.
- Gàmez D., Simó J.A., Lobo F.J., Barnolas A., Carrera J., Vázquez Suñé E., 2009. Onshore-offshore correlation of the Llobregat deltaic system, Spain: Development of deltaic geometries under different relative sea-level and growth fault influences. *Sedimentary Geology* 217, 65-84.
- García Faria P., 1893. Proyecto de saneamiento del subsuelo de Barcelona, alcantarillado, drenaje, residuos urbanos. Capítulo XII, Estudio geológico del término municipal de Barcelona. Ayuntamiento de Barcelona, Tomo I, 119-133.
- García Fernández D., 2000. *Stephanorhinus Megarhinus* (Rhinocerotidae) en el Plioceno de Molins de Rei, Baix Llobregat (Barcelona). *Butlletí Centre d'Estudis Natura Barcelona Nord*, Santa Coloma de Gramenet 1, 47-51.
- Gibert J.M., 1995. Icnología de les conques marines pliocenes del marge Nord-occidental de la Mediterrània. *Tesi Doctoral*, Universitat de Barcelona, 265 p.
- Gibert J.M., Martinell J., 1992. Principales estructuras biogénicas en el Plioceno marino de la Cuenca del Baix Llobregat (Cataluña). *Geogaceta* 12, 104-105.
- Gibert J.M., Martinell J., 1993. Controles paleoambientales sobre la distribución de las paleoicnocenosis en el estuario plioceno del Baix Llobregat (Barcelona, Cataluña). *Revista Española de Paleontología* 8(2), 140-146.
- Gibert J.M., Martinell J., 1995. Sedimentary substrate and trace fossil assemblages in marine Pliocene deposits in Northeastern Spain. *Geobios* 18, 197-206.
- Gillet S., Vicente J., 1961. Nuevo yacimiento pliocénico de facies salobre en el subsuelo de Barcelona, al Este del Tibidabo. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España* 63, 253-292.
- Lirer F., Foresi L.M., Iaccarino S.M., Salvadorini G., Turco E., Cosentino C., Siero F.J., Caruso A., 2019. Mediterranean Neogene planktonic foraminifer biozonation and biochronology. *Earth-Science Reviews* 196, article 102869.
- Llopis Lladó N., 1942. Los terrenos cuaternarios del llano de Barcelona. *Publicaciones del Instituto Geológico-Topográfico de la Diputación Provincial de Barcelona* VI, 5-52.
- Llopis Lladó N., 1946. Los movimientos corticales intracuaternarios del NE de España. *Estudios Geológicos* 2, 181-236.
- Martinell J., Marquina M.J., 1981. Malacofauna pliocénica de St. Vicenç dels Horts (Baix Llobregat). *Iberus* 1, 9-22.
- Martinell J., 1988. An overview of the marine Pliocene of N.E. Spain. *Géologie Méditerranéenne* 15, 227-233.
- Parcerisa D., Gàmez D., Gómez Gras D., Usera, J., Simó J.A., Carrera J., 2008. Estratigrafía y petrología del subsuelo precuaternario del sector SO de la depresión de Barcelona (Cadenas Costeras Catalanas, NE de Iberia). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 21, 93-109.
- Pérez Asensio J.N., 2021. Quantitative palaeobathymetric reconstructions based on foraminiferal proxies: a case study from the Neogene of South-West Spain. *Palaeontology* 64, 475-488.
- Riba O., Colombo F., 2009. Barcelona: la Ciutat Vella i el Poblenou. Assaig de geologia urbana. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona. 278 p.
- Roca E., Sans M., Cabrera L., Marzo M., 1999. Oligocene to Middle Miocene evolution to the central Catalan margin (north-western Mediterranean). *Tectonophysics* 315, 209-233.
- Rodés i Bach D., 1978. Nou jaciment fòssilífer a Molis de Rei (Barcelona). *Puig Castellar* 1, Santa Coloma de Gramenet, 6-7.
- Rubio C., Kindelán A., 1909. Apuntes para el estudio de la hidrología subterránea del llano de Barcelona. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XXX, 93-102.
- Salvany J.M., 2013. Análisis y correlación de sondeos mecánicos en los depósitos miocenos de Montjuïc (Barcelona): implicacions estructurals. *Estudios Geológicos* 69, 149-171.
- Salvany J.M., Aguirre J., 2020. The Neogene and Quaternary deposits of the Barcelona city through the high-speed train line. *Geologica Acta* 18, 1-19.
- Sanz de Siria Catalán A., 1994. La evolución de las paleofloras en las cuencas cenozoicas catalanas. *Acta Geologica Hispanica* 29, 169-189.
- Solé Sabarís L., 1963. Ensayo de interpretación del Cuaternario barcelonés. *Miscelanea Barcinonensia* 3, 7-54.
- Valenciano A., Sanz E., 1967. Algunas consideracions sobre la edad y la paleogeografía de las gravas de Castellbisbal (Barcelona). *Acta Geologica Hispanica* 2, 55-59.

- Valle M.F., Civis J., 1977. Análisis palinológico preliminar en el Plioceno de Papiol (Barcelona). *Studia Geologica* XIII, 59-66.
- Vicente Castells J., 1957. El Mioceno continental de Santa Coloma de Gramenet. *Cursillos y Conferencias del Instituto "Lucas Mallada"*, CSIC Madrid, Fasc. IV, 53-56.
- Vicente Castells J., 1966. Un interesante nivel fosilífero en el Plioceno de Sant Feliu de Llobregat. Puig Castellar, *Boletín Sección Estudios C.E.P.*, nº 3, Santa Coloma de Gramenet, 52-54.
- Vicente Castells J., 1978. Nota sobre tres corales pliocénicos del valle del Llobregat. *Puig Castellar* 1, Santa Coloma de Gramenet, 8-10.
- Vicente Castells J., 1979. Yacimiento fosilífero del Plioceno en Hospitalet (Barcelona). *Puig Castellar* 2, 35-37.
- Vicente Castells J., 1986. El Pliocè marí del Pla de Barcelona i del delta del Besòs. *Butlletí del Centre d'Estudis de la Natura de Barcelona Nord* 2, 52-60.
- Vicente Castells J., 1990. Notícia sobre el Pliocè del subsol de Barcelona: Avinguda de la Catedral. *Butlletí del Centre d'Estudis de la Natura del Barcelonès-Nord* 6, 257-259.
- Vicente J., Fernández E., 1993. Flora pliocènica del Pla de Barcelona (I). *Butlletí del Centre d'Estudis de la Natura del Barcelonès-Nord* 3, 247-256.
- Wade B.S., Pearson P.N., Berggren W.A., Pälike H. 2011. Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale. *Earth-Science Reviews* 104, 111-142.

