

Sequence Stratigraphy as a tool for water resources management in alluvial coastal aquifers: application to the Llobregat delta (Barcelona, Spain)

Desiré Gàmez Torrent

PhD Thesis

**Department of Geotechnical Engineering and Geo-Sciences (ETCG)
Technical University of Catalonia (UPC)**

Supervisors:

Dr. J. Antonio Simó Marfà

Dr. Jesús Carrera Ramírez

Tutor:

Daniel Fernández García



This thesis was funded by the GISA (Gestión de Infraestructuras S.A.), ACA (Agència Catalana de l'Aigua, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya), AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), GIF (Gestión de Infraestructuras Ferroviarias), Geomodels (DURSI, IGME and UB) projects and by the SALTRANS European Union project (EVK1-CT-2000-00062).

Agraïments

En primer lloc voldria agrair als meus directors de tesi, Toni Simó i Jesús Carrera, la confiança que van dipositar en mi a l'hora de realitzar aquesta tesi. Ambdós, des de la seva perspectiva, m'han guiat pels encerts i errors que es produeixen en tot procés de recerca. Difícilment podré agrair la quantitat de coneixements que m'han transmès.

También quiero agradecer especialmente a Paco Lobo los consejos, apoyo y dedicación que me ha dado en todo momento, especialmente cuando más lo necesitaba. He disfrutado y aprendido enormemente de las intensas discusiones científicas que se han generado.

També voldria expressar el meu agraïment a les empreses i institucions que m'han proporcionat la gran part de les dades que s'han emprat en aquesta recerca. Aquestes són Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, l'Agència Catalana de l'Aigua, Depurbaix, Fundación Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Geoservei S.L., Gestión de Infraestructuras Ferroviarias, Gestió de Infraestructures de la Generalitat de Catalunya, Geotec 262, Port de Barcelona i RSE. També a la Laura Blanco i la Carme Angelet; sense elles no hauria obtingut la majoria dels sondeigs emprats en aquesta tesi. A la Belén Alonso, en Toni Barnoles, la Gemma Ercilla i en Marcel·lí Farrán, que em van proporcionar els perfils sísmics que s'han estudiat en aquesta tesi i valuoses aportacions en l'àmbit de la geologia marina.

A Juan Úsera y Carmen Alberola de la Universidad de Valencia por la identificación de los foraminíferos. A José Eugenio Ortiz y Trino de Torres de la Universidad Complutense de Madrid por las dataciones de aminoácidos, al Grup de Paleobiologia del Neogen Mediterrani de la Facultat de Geologia (UB) y muy especialmente a Alejandro Gallardo, por su ayuda en la selección de los foraminíferos y su gran apoyo.

I am grateful to Mário Cachão (Nanolab in Science Faculty of University of Lisboa) for his help in nannoplakton identification.

A l'Emilio Custodio, en David Gómez-Gras, en Ramon Julià, en Pere Izquierdo, en David Parcerisa, en Santi Riera, en Josep Maria Salvany i l'Enric Vázquez per les

seves aportacions científiques sobre diferents àrees de coneixement, essencials per dur a terme un estudi d'aquestes característiques.

Als meus companys del Grup d'Hidrologia Subterrània de la Universitat Politècnica de Catalunya i al Grup de Geoquímica Ambiental d'en Jaume Almera (CSIC), pel seu suport, sobretot en els últims mesos de la tesi, que és quan més falta em feia. També als companys de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona, especialment a l'Uri, amb qui he pogut compartir algun projecte sobre el Llobregat.

Als companys i companyes de l'edifici D2, pels intensos debats i rialles a l'hora de dinar, l'Alberto, l'Alejandro, en Dani, la Daniela, en Jordi, en Kantha, en Karim, la Kelly, la Manuela, en Marcel, en Pablo, l'Oihane, l'Olga i la Virma. També als meus companys de despatx, l'Andrés, l'Antonio, en Chen i la Nieves. Però sobretot vull agrair a l'Enric Ibáñez la seva ajuda, desde les estones del te als programets que em va fer en "vint minuts" que tant m'han ajudat a avançar en aquesta tesi; no hi ha prou línies per agrair-li el seu suport. Gràcies a tots i totes per la vostra amistat i generositat.

A la Montse, en Jesús i família, per el seu humor i per la seva inesgotable energia i suport en les hores baixes.

Voldria expressar la meua profunda gratitud als meus pares, en Manuel i la M^a Cinta, per la seua il·lusió i suport que sempre m'han donat i per haver-me inculcat els valors importants d'aquesta vida. També a mons germans, l'Encarna, la Rosa i en Manel, a l'Albert, a la meua iaia, mon padrí i ma padrina, però sobretot a mons iaies, l'Andreu i en Manolo, que no van poder veure acabada aquesta tesi. Gràcies per entendre les absències cada cop més freqüents a la meua terra de l'Ebre, Ulldecona.

Finalment vull agrair a la persona que ha fet possible aquesta tesi, a tu Esteban, per la teva paciència i comprensió infinita. Perquè el dia a dia al teu costat és un passeig molt dolç. Tranquil que ja he perdonat que m'animessis a fer una tesi doctoral ;)

Abstract	i
-----------------------	---

List of papers	ix
-----------------------------	----

Table of Contents

1. Introduction

1.1. Introduction: Thesis outline	1
1.2. Sequence stratigraphy concepts relevant to Hydrogeology	3

Part I: Onshore-Offshore deltaic architecture

2. Geochronology of the Pleistocene-Holocene Llobregat delta plain

2.1. Onshore geological settings	13
2.2. Methods	22
2.2.1. Foraminifera identification	
2.2.2. ¹⁴ C dating	
2.2.3 Sediment Accumulation Rates	
2.2.4 Aspartic acid racemization dating	
2.3. Results	26
2.3.1. Foraminifera	
2.3.2. ¹⁴ C dating	
2.3.3 Aspartic acid racemization dating	
2.4. Geochronology Interpretation	39
2.4.1. Paleogeographic evolution of the Holocene delta	
2.4.2. Pleistocene deltas formation and chronology	
2.5. Conclusions	60

3. Onshore-offshore correlation of the deltaic system, development of deltaic geometries under different sea-level change trends and growth fault influences

3.1. Onshore-offshore geological and oceanographic settings.....	65
3.2. Methods.....	69
3.2.1. Cores data and stratigraphic correlation	
3.2.2. Chronostratigraphy	
3.2.3. High resolution seismic profiles	
3.3. Quaternary stratigraphy.....	71
3.3.1. Previous scheme of the onshore-offshore Llobregat delta	
3.3.2. Description and interpretation of sedimentary facies associations in the Llobregat delta plain	
3.3.3. Description of Llobregat shelf seismic units	
3.4. Onshore-offshore correlation.....	89
3.4.1. Quaternary Overview	
3.4.2. Thickness maps of onshore-offshore facies units and ages	
3.4.3. Summary	
3.5. Discussions.....	100
3.5.1. Sequences stratigraphy of the Llobregat delta	
3.5.1.1. Boundaries	
3.5.1.2. High-resolution sequence stratigraphy model	
3.5.2. Quaternary factors that control the architecture of the Llobregat delta complex	
3.5.2.1. Global controlling factors: Age supporting 100 kyr sea-level cycles	
3.5.2.2 Local controlling factors	
3.6. Conclusions.....	119

Part II: Sequence Stratigraphy applied to seawater intrusion

4. The role of geology in seawater intrusion and vulnerability of Quaternary alluvial aquifers

4.1. Quaternary delta conceptual model.....	126
4.1.1 Introduction	
4.1.2 Postglacial deposital pattern	
4.1.3 Plesitocene deposital pattern	
4.2. Local geological controls: Implication to sea water intrusion	131
4.2.1. Introduction	
4.2.2. Seawater intrusion in poorly preserved deposits	
4.2.3. Seawater intrusion in well preserved transgressive deposits	
4.2.4. Thin prodelta thickness, submarine canyon and faults: mechanism that expose the aquifer to sea floor	
4.3. Conclusions.....	150

5. General conclusions and future research

5.1. General conclusions.....	151
5.2. Future research.....	154
5.2.1. Hydrogeological modelling of alluvial aquifer	
5.2.2. Role of geology in seawater intrusion	

Bibliography	157
---------------------------	-----

Appendixes

Appendix I: Onshore-offshore data

I.1. Onshore data.....	I-3
I.1.1. Cores sources	
I.1.2. Geological analyses	
I.2. Offshore data.....	I-19

Appendix II: Nannofossils analyses

II.1. Methodology.....	II-3
II.2. Results.....	II-3

Appendixes III and IV: Onshore cross-sections and seismic profile (CD attached)

Appendix V: Basement

V.1. El subsuelo pre-Cuaternario de la depresión de Barcelona: caracterización estratigráfica y evolución paleogeográfica.....	V-3
Introducción	
Metodología	
Contexto Geológico	
Estratigrafía y petrología de los sondeos	
Cronostratigrafía	
Distribución y correlación entre las unidades descritas	
Discusión	
Conclusiones	
Bibliografía	
V.2. Outcrops.....	V-33

Abstract

Most coastal aquifers susceptible to seawater intrusion. Mitigating this risk depends on a sound grasp of flow mechanisms, favorably located and well constructed wells, an effective management, appropriate strategies and on the will to conserve the aquifer. Thus, it follows that a comprehensive geological model is essential. The most important issue that the geological model should address is the degree and nature of the connection of the aquifer to the sea. Differences in the connection explain why apparently similar coastal aquifers display very different salinization behaviors. Some aquifers salinize with moderate pumping (eg. Tordera and Llobregat deltas) whereas others sustain large extractions with less vulnerability to seawater intrusion (eg. Ter delta). However, the characterization of such a connection is not easy given the lack of onshore-offshore geological mapping potential pathways for seawater contamination.

This thesis is based on sequence stratigraphy methodology, which is instrumental in understanding the onshore-offshore aquifer connection. Using this methodology we modify the classic hydrogeological conceptual models. The methodology of sequence stratigraphy offers a perspective of delta architecture based on geological controls and processes. Sequence stratigraphic concepts are used in Western Mediterranean deltas in addition to local factors such as subsidence, uplift and the rate of sediment supply to account for the differences in Pleistocene stratigraphic patterns and aquifer preservation. These local factors exert considerable influence over the shape, slope and thickness of aquifers. Together with the width of the continental shelf, the presence of submarine canyons, faults and thin prodelta layers conditions the vulnerability to seawater intrusion.

The Quaternary Mediterranean shelf is characterized by high-frequency depositional sequences mainly composed of large-scale regressive wedges with poor or

poorly preserved transgressive to highstand intervals. Although the Llobregat delta is an anomaly, it can be regarded as a paradigm of deltaic architecture because of its well preserved transgressive and highstand intervals. The well preserved coarse transgressive deposits are of interest from hydrogeological point of view given that they act as aquifers with high lateral continuity from onshore to offshore providing paths for seawater intrusion.

The excellent preservation in the Llobregat delta may be ascribed to Quaternary growth faults, which created high accommodation space, limiting the action of wave and storm events. The identification of different seismic units and deformation features along the coast enables us to distinguish two main morpho-structural sectors, which can be influenced by tectonic movements intensified by changes in sediment supply.

Detailed sedimentological, age and palaeontological (foraminifers and ostracods) data display a cyclic vertical pattern of facies, including a high degree of reworked sediments. Available ages together with high sediment preservation due to constant subsidence and sediment supply during sea level rises allow us to establish a chronostratigraphic framework. The most significant and widespread erosion was interpreted as occurring during gradual sea-level falls with a frequency of 100 Kyr. glacial-interglacial cycles. However, most of the regressive deposits display complex internal architectures, which suggest the imprint of higher-frequency cycles.

The stacking pattern of the modern Holocene delta is controlled by changes in the relative sea-level and in the sediment supply. Palaeoflood frequencies subject to climatic changes together with deforestation due to human activity triggered large progradational pulses in the Llobregat delta and channel switching with rapid abandonment of the delta lobes.

Resumen

La mayoría de acuíferos costeros en sistemas deltaicos están contaminados por intrusión de agua marina. Mitigar este riesgo depende de un profundo conocimiento de los mecanismos de flujo del agua subterránea, una correcta ubicación y construcción de los pozos, una gestión efectiva, medidas adecuadas y el deseo de preservar la calidad del acuífero. Para hacerlo posible resulta esencial disponer de un modelo geológico de detalle y realista. El aspecto más interesante que se debe abordar en el modelo geológico es el conocimiento del grado de conexión del acuífero con el mar y su naturaleza. El grado de conexión con el mar explica por qué acuíferos costeros con un mismo grado de explotación por bombeos, presentan un comportamiento de salinización marina diferente. Algunos acuíferos pueden resultar salinizados a pesar de presentar bombeos moderados (ej. los Deltas del Tordera y del Llobregat) mientras que otros con grandes extracciones presentan muy baja vulnerabilidad a la contaminación (ej. el delta del Ter). Sin embargo, la caracterización de dicha conexión nos permite localizar las posibles vías preferenciales de intrusión marina. Para caracterizarla es imprescindible la integración de la geología de mar y de tierra.

Esta tesis se centra en el uso de metodologías de estratigrafía secuencial, las cuales son necesarias para entender correctamente esta conexión tierra-mar y mejorar los modelos hidrogeológicos clásicos. La estratigrafía secuencial ofrece una perspectiva diferente de la arquitectura de los deltas basada en controles y procesos geológicos. Controles locales, tales como subsidencia, levantamiento tectónico o variación del aporte de sedimento fueron determinantes para la formación de distintos patrones estratigráficos pleistocenos. Estos factores condicionaron los diferentes grados de preservación de los acuíferos para los deltas del Mediterráneo, influenciando en su geometría y espesor. Otros factores como la anchura de la plataforma continental, la presencia de cañones submarinos o fallas, y la existencia de espesores pequeños de sedimentos prodeltaicos hacia mar, ejercen un papel muy importante en la exposición

de estos acuíferos a la superficie marina. Así pues, la vulnerabilidad de los acuíferos a la intrusión marina dependerá de su preservación, el tipo de conexión con el mar y de cómo estén expuestos al agua marina.

Las plataformas cuaternarias del Mediterráneo están caracterizadas por secuencias de depósito de alta frecuencia, compuestas principalmente por cuñas regresivas de grandes dimensiones y con un bajo grado de preservación de los intervalos transgresivos y de alto nivel. El delta del Llobregat, por el contrario, presenta diferencias respecto a este patrón y puede ser usado como paradigma debido al alto grado de preservación de los depósitos transgresivos y de alto nivel.

La preservación de estos depósitos transgresivos es de gran importancia a nivel hidrogeológico debido a que se comportan como acuíferos con alta continuidad lateral desde el mar a tierra adentro, proporcionando vías preferentes para la intrusión marina.

La inusual y excelente conservación del delta de Llobregat se deriva de la existencia de fallas de crecimiento Cuaternarias, las cuales crearon grandes espacios de acomodación y limitaron la acción erosiva de las olas. Otro factor que contribuyó en la preservación de los depósitos transgresivos fue el aporte de sedimento durante los periodos de ascenso del nivel del mar.

La identificación de diferentes facies sísmicas en los depósitos y estructuras de deformación a lo largo de la costa, permite diferenciar dos grandes sectores morfoestructurales. La diferenciación de estos sectores está condicionada por la actividad tectónica de la cuenca, intensificadas por las variaciones en el aporte sedimentario.

Observaciones sedimentológicas, paleontológicas (foraminíferos y ostrácodos) y dataciones de detalle, realizadas a partir de sondeos en la llanura deltaica, muestran un patrón cíclico de facies, que incluye sedimentos altamente re TRABAJADOS. Las dataciones disponibles y la buena preservación de los sedimentos nos han permitido establecer la geocronología del delta Holoceno y los deltas Plesitoceno del Llobregat. Los eventos erosivos más significativos se produjeron durante las caídas graduales del nivel del mar durante los ciclos glaciares-interglaciares con una frecuencia de 100 ka. Sin embargo, la mayoría de los depósitos regresivos muestran estructuras internas complejas que sugieren la influencia de ciclos con frecuencias de orden mayor.

A partir de dataciones con radiocarbono y detalladas descripciones sedimentológicas, junto a variaciones climáticas y datos arqueológicos derivados de la bibliografía, se pudo establecer una relación entre la arquitectura deltaica del Holoceno y los factores que la controlaron. Así pues, el patrón de apilamiento observado en el delta Holoceno estuvo influenciado por los cambios relativos del nivel del mar y por la variación de aporte de sedimento. Las grandes avenidas de sedimento producidas por variabilidad climática e intensificadas por las acciones antrópicas a la cuenca de drenaje, provocaron pulsos progradantes del delta con avulsiones de los lóbulos.

Resum

La majoria dels aqüífers costers en sistemes deltaics estan contaminats per intrusió d'aigua marina. Mitigar aquest risc depèn del coneixement en detall dels mecanismes de flux d'aigua subterrània, d'una bona ubicació i construcció dels pous, d'una gestió efectiva de mesures apropiades i del desig de mantenir la qualitat dels aqüífers. Per a que sigui possible es necessari disposar d'un model geològic detallat i realista. L'aspecte més interessant que s'ha de considerar en un model geològic en aquests sistemes és el coneixement del grau i tipus de connexió de l'aqüífer amb el mar. Aquest grau de connexió amb el mar explica per què aqüífers costers amb similars extraccions per bombeig, mostren comportaments de salinització molt diferents. Alguns aqüífers poden estar salinitzats tot i tenir bombeigs moderats (exemples; deltas del Tordera i del Llobregat), mentre que d'altres amb grans extraccions mostren una vulnerabilitat a la contaminació molt més baixa (exemple; delta del Ter). La caracterització d'aquest grau de connexió ens permet localitzar les principals vies d'intrusió marina. Per caracteritzar-la es necessari integrar l'informació geològica de mar i de terra.

Aquesta tesi es centra en l'ús de metodologies d'estratigrafia seqüencial, les quals son necessaries per entendre correctament l'esmentada connexió mar-terra i millorar els models hidrogeològics clàssics. L'estratigrafia seqüencial ofereix una perspectiva diferent per a la contrucció de l'arquitectura dels deltes, basada en controls i processos geològics. Els controls locals, com ara la subsidència, l'aixecament tectònic o la variació de l'aport de sediment, van ser determinants per la formació de diferents patrons estratigràfics Pleistocens. Aquests controls van condicionar el grau de preservació dels aqüífers dels deltes de mediterrani, influenciant la seva geometria i el seu gruix. Altres factors com ara l'amplada de la plataforma continental, l'existència

de canyons submarins o falles, i la reducció dels espessors prodeltaics cap a mar, representen un paper molt important per l'exposició d'aquests aquífers a la superfície de mar. D'aquesta manera, la vulnerabilitat dels aquífers a l'intrusió marina dependrà de la seva preservació, del tipus de connexió, i si aquests estan proteguts o exposats a l'aigua de mar.

Les plataformes quaternàries del Mediterrani es caracteritzen per seqüències de dipòsits d'alta freqüència composades principalment per falques regressives de grans dimensions amb una baixa conservació dels intervals transgressius i d'alt nivell. El delta del Llobregat, contràriament, presenta diferències respecte aquest patró general i es pot utilitzar com a paradigma degut a l'inusual bona conservació dels dipòsits transgressius i d'alt nivell. La conservació d'aquests dipòsits transgressius és de gran importància des d'un punt de vista hidrogeològic ja que es comporten com aquífers de gran continuïtat lateral des del mar a terra endins, actuant com a vies preferents d'intrusió marina.

L'excelent preservació del delta de Llobregat es conseqüència de l'existència de falles de creixement quaternàries, les quals van crear grans espais d'acumulació limitant l'acció erosiva de les onades. Un altre factor que va contribuir a la conservació dels dipòsits transgressius va ser l'aport de sediment durant els períodes d'ascens del nivell del mar.

L'identificació de les diferents facies sísmiques en els dipòsits Pleistocens i d'estructures de deformació al llarg de la costa, ha permès diferenciar dos grans sectors morfo-estructurals en el delta de Llobregat. La diferenciació d'aquests sectors esta condicionada per l'activitat tectònica a la conca, intensificada per la variació de l'aport sedimentari.

Observacions sedimentològiques, paleontològiques (foraminífers i ostràcodes) i datacions detallades, realitzades a partir de sondeigs a la plana deltaica, mostren un patró cíclic de facies, aquest inclou sediments altament retreballats. Les datacions disponibles i la bona conservació dels sediments han permès establir la geocronologia del delta Holocé i els deltes Plesitocens del Llobregat. Els events erosius més significatius es van produir en les baixades graduals del nivell del mar durant cicles glacials-interglacials amb una freqüència de 100 ka. Tot i així, la majoria dels dipòsits

regressius mostren estructures internes complexes que sugereixen l'influència de cicles amb freqüències d'ordre mayor.

A partir de dataciones realitzades amb radiocarboni i detallades descripcions sedimentològiques, junt amb variacions climàtiques i dades arqueològiques a partir de referències bibliogràfiques, es va poder establir una relació entre l'arquitectura deltaica de l'Holocé i els factors que la van controlar. D'aquesta manera, el patró d'apilament observat al delta Holocé va estar influenciat pels canvis relatius del nivell del mar i per la variació de l'aport sedimentari. Les grans avingudes de sediments van estar controlades per la variabilitat climàtica e intensificades per les accions antròpiques a la conca de drenatge, provocant pulsos progradants del delta amb avulsions dels lòbuls.

ADDITIONAL PAPERS RESULTING FROM THIS RESEARCH

- 2006 Gàmez, D., Simó, J. A., De Torres, T., Ortiz, J.E, Usera, J., Juliá, R., Vázquez-Suñé, E., Carrera, J., Salvany, J.M. Age model for the Llobregat Delta Complex, Barcelona (Spain) Seal AIX'06, Sea level changes .Records, Processes, and Modeling. Aix and Provence and Giens (France), September 2006.
- 2006 Gámez, D., Simó, J.A., Vázquez-Suñé, E., Barnolas, A., Lobo, F.J., Carrera, J.; Sedimentary architecture and controlling mechanisms, Llobregat delta, holocene-pleistocene (Spain). Seal AIX'06, Sea level changes. Records, Processes, and Modeling. Aix and Provence and Giens (France), September 2006.
- 2006 Gàmez, D., Simó J.A., Vázquez-Suñé, E., Barnolas, A., Carrera, J.; Approaching the facies architecture of the emerged and submerged part of the Llobregat quaternary delta, Barcelona, Spain. EGU Vienna (Austria), April 2006.
- 2005 Gàmez, D., Vazquez-Suñé, E., Simó, J.A., Carrera, J., Ibáñez, X., Niñerola, J.M.; Nueva interpretación del modelo geológico conceptual de los acuíferos pleistocenos del delta de Llobregat (Barcelona, España). "De la toma de datos y la realización de modelos de agua subterránea a la gestión integrada".IAH. Alicante (Spain), October 2005. ISBN:84-7840-655-7
- 2005 Gàmez, D, Simó, J. A., Vázquez-Suñé, E., Salvany, J. M., Carrera, J.; Variación de las tasas de sedimentación en el Complejo Detrítico Superior del Delta del Llobregat (Barcelona): su relación con causas eustáticas, climáticas y antrópicas. Geogaceta, 38 pp 175-178 XXXVIII Sesión científica de la Sociedad Geológica de España. Teruel (Spain), May 2005.
- 2005 Simó, J.A., Gàmez, D., Salvany, J.M., Vázquez-Suñé, E., Carrera, J., Barnolas, A. Alcalà, F.J.; Arquitectura de facies de los deltas cuaternarios del río Llobregat, Barcelona, España. Geogaceta, 38 pp 171-174. Sesión científica de la Sociedad Geológica de España. Teruel (Spain), May 2005.

APPLICATION OF THIS RESARCH IN HYDROGEOLOGICAL PAPERS

- 2006 Abarca, E., Vázquez-Suñé, E., Carrera, J., Capino, B., Gámez, D., Batlle, F.; Optimal design of measures to correct seawater intrusion. Water Resources Research 42, W09415, doi:10.1029/2005WR004524.
- 2006 Vázquez-Suñé, E., Abarca, E., Carrera, J., Capino, B., Gámez, D., Pool, M., Simó, J.A., Batlle, F., Niñerola, J.M., Ibáñez, J.; Groundwater modelling as a tool for the European water framework directive (WFD) application: The Llobregat case. Physics and Chemistry of the Earth, 31 (17) pp. 1015-1029
- 2005 Vázquez-Suñé, E., Carrera J., Abarca, E., Capino, B., Gámez, D., Simó, A., Niñerola, J.M. and Queralt, E.. Les aigües subterrànies del Baix Llobregat.

El Baix Llobregat història i actualitat ambiental d'un riu. Narcís Prat y Enric Tello. Ed Centre d'estudis comarcals del Baix Llobregat". pp: 72-91.

- 2005 Obradors, J.; Gàmez, D.; Navarro, A.; Font-Capó, J.; Vázquez-Suñé, E.; and Carrera, J. Importancia de la determinación de los parámetros hidráulicos del terreno en la excavación de las estaciones del metro en la zona franca de Barcelona (Spain). "De la toma de datos y la realización de modelos de agua subterránea a la gestión integrada". Organizado por Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Alicante 4 al 8 de Octubre de 2005. ISBN:84-7840-655-7
- 2005 Vazquez-Suñé, E., Abarca, E., Carrera, J., Capino, B., Gàmez, D., Pool, M., Simó, T., Batlle, F., Niñerola, J.M., Ibáñez, X.; Groundwater flow and saltwater intrusion model a management tool for Llobregat aquifers, Barcelona, Spain. Geophysical Research Abstract, Vol. 7, 06805, 2005. EGU 2005, Vienna (Austria), April 2005.
- 2005 Abarca, E., Vázquez- Suñé, E., Carrera, J., Capino, B., Batlle, F., Pool, M., Gàmez, D.. Methodologies for optimal management of coastal aquifers: Application to a case study. Geophysical Research Abstract, Vol. 7, 07589, 2005. EGU Vienna (Austria), April 2005.
- 2004 Vázquez-Suñé, E., Abarca, E., Nogués, A., Capino, B., Casamitjana, A., Gàmez, D., Carrera, J.; Groundwater flow and saltwater intrusion modeling of the low valley and Llobregat delta aquifers. Book of extended synopses of 18th Salt Water Intrusion Meeting, Cartagena (Spain), May 2004. ISBN: 84-7840-588-7
- 2004 Capino, B., Vázquez-Suñé, E., Carrera, J., Abarca, E., Gàmez, D., Pool, M.; Estimación de recarga por avenidas. Caso acuíferos del Bajo Llobregat. VIII Simposio de Hidrogeología, IGME. Tomo XXVI, Zaragoza (Spain), October 2004.
- 2004 López, A., Carrera, J., Tubau, I., Vázquez-Suñé, E., Gàmez, D.; Protección de recursos de agua subterránea. Sistema de drenaje para excavación bajo fondo de acuífero. VIII Simposio de Hidrogeología, IGME. Tomo XXVI, Zaragoza (Spain), October 2004.