

Treballs de la Societat Catalana de Geografia, núm. 75, juny 2013, p. 225-242
ISSN: 1133-2190 (ed. impresa); 2014-0037 (ed. digital)
URL: <http://revistes.iec.cat/index.php/TSCG>
DOI: 10.2436/20.3002.01.30

La qualitat de l'aigua del riu Cardener en dos moments extrems¹

Laia Arbiol Roca
Javier González Gámez
Natalia Martín Hernández

Resum

En el present article s'ha volgut comparar la qualitat de l'aigua del riu Cardener en dos moments extrems: octubre de 2010 en un moment de pluges abundants; octubre de 2011 en un moment de sequera atípica. L'anàlisi s'ha realitzat a partir de les propietats físico-químiques de l'aigua i, de manera específica, a partir del cabal sòlid i la concentració en sals. El resultat ha estat la disminució del cabal sòlid durant el moment més sec, i un equilibri en els dos moments extrems quant a concentració en sals, amb una petita variació al tram final de l'àrea d'estudi.

Paraules clau: salinitat, Cardener, cabal sòlid, qualitat de l'aigua.

Resumen: *La calidad del agua del río Cardener en dos momentos extremos*

En el presente artículo se ha querido comparar la calidad del agua del río Cardener en dos momentos extremos: Octubre de 2010 en un momento de lluvias abundantes; Octubre de 2011 en un momento de sequedad atípica. El análisis se ha realizado a partir de las propiedades físico-químicas del agua y, de modo más específico, a partir del caudal sólido y la concentración en sales. El resultado es que los valores de caudal sólido disminuyen más en el momento de sequía que en el de lluvias, y los valores de la concentración en sales son bastante parecidos en ambos momentos, pero difieren en el tramo final del curso fluvial.

Palabras clave: salinidad, Cardener, caudal sólido, calidad del agua.

1. Volem agrair el suport rebut per part del Dr. Xavier Úbeda i del Dr. Joaquim Farguell al llarg del treball; així com als Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona.

Abstract: *Water quality of the Cardener River at two extreme moments*

In this article, we aim to compare the water quality in the Cardener River at two different moments: October 2010, with abundant rain, and October 2011, with an atypical drought. An analysis is carried out on the physical and chemical properties of the water and, more specifically, on solid flow and salt concentration. The results show a greater decrease in solid flow values during the drought period than that of abundant rains while the salt concentration values are fairly similar in both moments, though varying in the final segment of the river.

Keywords: salinity, Cardener River, solid flow, water quality.

* * *

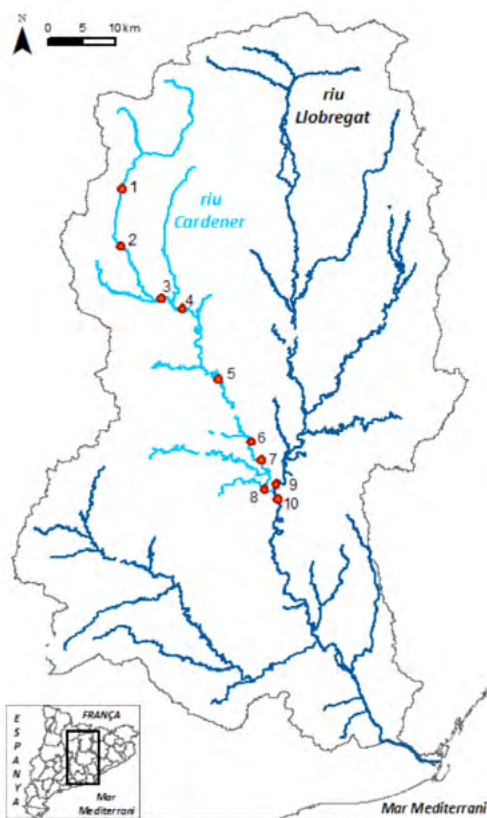
1. Introducció

El present treball pretén observar com la presència de les mines de Cardona i Súria, prop del riu Cardener, fa augmentar el grau de salinitat al seu curs mitjà i fins a la unió amb el riu Llobregat. A més a més, vol analitzar els diferents elements i compostos de l'aigua del riu en un moment de pluges i en un moment de sequera.

En els dos moments de mostreig s'han recollit deu mostres. Vuit d'elles, corresponen a diferents punts al llarg del curs fluvial del mateix riu Cardener; una altra correspon al tram del riu Llobregat abans de la confluència amb el Cardener, a prop de la Torre del Breny; i la darrera, correspon a Sant Vicenç de Castellet, una vegada ja s'ha produït la unió entre tots dos rius (fig. 1).

En primer lloc, i un cop obtinguts els resultats, s'han interpretat els valors de cada un dels punts de mostreig. Seguidament s'han comparat els dos moments d'estudi (pluges abundants i sequera atípica) per veure les di-

Figura 1. Localització de les mostres als rius Cardener i Llobregat



- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1. La Llosa del Cavall | 6. Súria |
| 2. Molí de Pont | 7. Sant Joan de Vilatorrada |
| 3. Clariana de Cardener | 8. La Fàbrica (Castellgali) |
| 4. Cardona | 9. La Torre del Breny |
| 5. La Colònia Valls | 10. Sant Vicenç de Castellet |

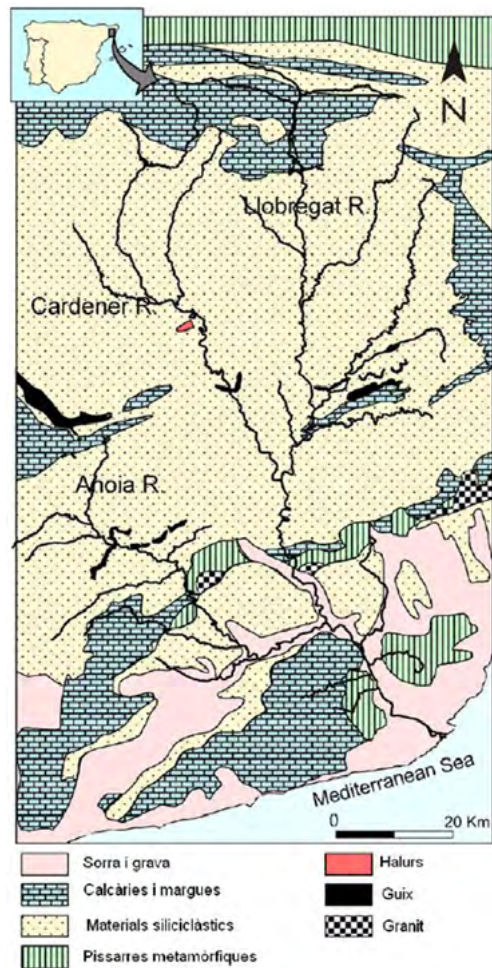
ferències. Finalment s'han relacionat algunes de les mostres amb estudis realitzats altres anys.

El riu Cardener és un dels principals afluents del riu Llobregat. L'estat en què es troben les seves aigües és molt important per a Catalunya perquè, junt amb el riu Ter i els aqüífers de la comarca del Baix Llobregat, abasteix d'aigua nombroses poblacions, inclosa Barcelona i la seva àrea metropolitana (Casas, 2004).

El Cardener neix al municipi de la Coma i la Pedra (Solsonès) a una altitud de 1.050 m. Després de Sant Llorenç de Morunys troba l'embassament de la Llosa del Cavall; i passat Olius hi ha l'embassament de Sant Ponç. Aigües avall passa per les explotacions mineres de sal de Cardona i Súria. S'uneix al Llobregat prop de Castellgalí, comarca del Bages. La presència de les explotacions mineres i l'acumulació de runams salins són un factor important que cal tenir en compte en la variació del grau de salinitat del riu i la seva qualitat. Per una banda, les sals es dissolen amb l'aigua de pluja que passa per la superfície del sòl i arriben al riu; i per altra, l'aigua que s'infiltra en el terreny pot causar la salinització de les aigües subterrànies.

A causa de la importància de l'abastiment d'aigua de les conques Cardener-Llobregat, s'han fet alguns estudis sobre la seva qualitat, com ara: *La qualitat ecològica del Besòs i el Llobregat* (Diputació de Barcelona, 2010); l'article *Influència de la mineria a la conca Cardener-Llobregat* (Casas, 2004) o la tesi doctoral *La conca salina del Bages i la qualitat de l'aigua del Llobregat* (Rovira, 2008).

Figura 2. Litologia



Font: Otero et al. (2005) simplificat.

Figura 3. Imatges que mostren la presència d'activitat humana: tram 1 (Molí de Pont), tram 2 (Súria), tram 3 (Castellgalí)



Font: ICC

2. Àrea d'estudi

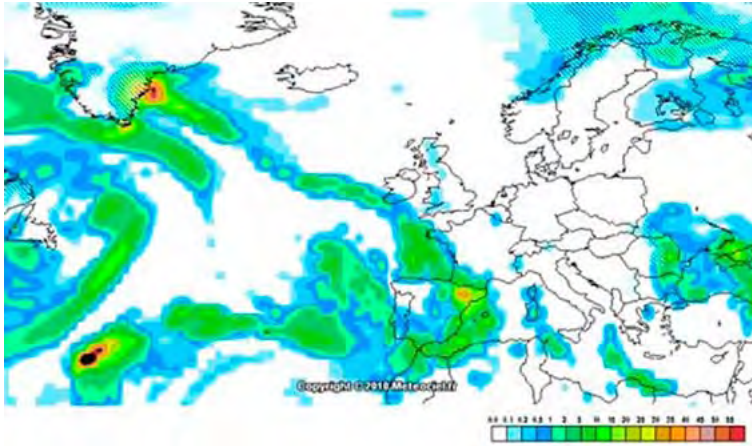
El riu Cardener, amb una conca de 1.373 km², és un riu mediterrani que presenta un règim hidrològic marcadament estacional. A partir de dades de cabal mitjà des de 1974 fins al 2007 (ACA), es pot afirmar que el cabal presenta dos màxims anuals: a la primavera (maig) i a la tardor (octubre-novembre); i dos mínims, l'un a l'hivern (gener) i l'altre a l'estiu (agost) (Rovira, 2008).

Els materials geològics (fig. 2) que es troben al curs del riu Cardener pertanyen a l'Eocè i l'Oligocè superior. Es tracta de margues, calcàries i conglomerats; i a les conques sinorogèniques predominen les graves, sorres i llims, sediments de les terrasses fluvials de l'antic curs del riu. Al curs mig destaquen els materials més antics, a les zones anticlinals descobertes per l'erosió es poden veure les sals de Cardona i el guix de Súria. I tant al curs baix com a la unió amb el Llobregat, hi ha materials siliciclàstics, que de fet són els que predominen al llarg del curs fluvial (Soler *et al.*, 2002).

Els dipòsits salins de la zona són una formació evaporítica terciària, resultat de l'evaporació de les aigües i la precipitació de les sals dissoltes d'un mar interior que s'havia format durant l'Eocè Superior. Part d'aquesta formació aflora a la superfície a Cardona, però no a Súria (Rovira, 2008).

Pel que fa a l'activitat humana, a l'àrea d'estudi es diferencien tres parts: el primer tram del curs fluvial té un ús majoritàriament forestal. Hi són presents masies, petites agrupacions de cases i alguns establiments, com restaurants. En el tram mitjà, es troba l'activitat de major interès per al present treball: les explotacions mineres de sal. La de Cardona es va clausurar l'any 1990 i actualment, només s'hi fa una extracció subterrània de sal comuna. A Súria en canvi, continua l'explotació de potassa (Rovira, 2008). Al tram final l'activitat és més intensa: hi ha una important activitat industrial i una concentració de la població considerable, destacant Sant Joan de Vilatorrada i la Fàbrica, a Castellgalí (fig. 3).

Figura 4. Mapa de precipitacions

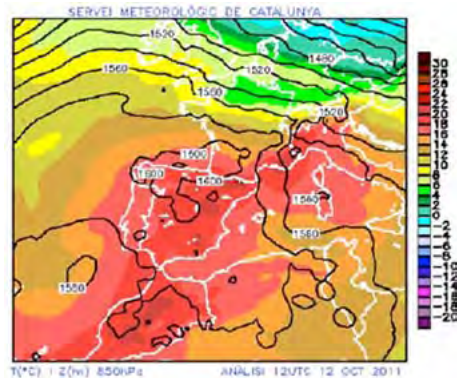


Font: Meteociel, 2010

Del 10 al 12 d'octubre de 2010 va tenir lloc un episodi de pluges que va afectar la zona NE de la península Ibèrica, deixant grans precipitacions als Pirineus i a la zona central de Catalunya, de manera que el dia de mostreig, el 13 d'octubre, hi havia un gran cabal atípic (fig. 4).

El 12 d'octubre de 2011 es realitzà el segon mostreig. Aquest cop, el mes d'octubre va estar marcat per un domini d'altres pressions durant la primera quinzena del mes (fig. 5). Va ser considerat atípicament molt calorós i sec, amb una temperatura mitjana mensual 2,1°C superior al valor mitjà normal per al mes d'octubre, per al període de referència 1971-2000 (AEMET, 2011).

Figura 5. Mapa de temperatura



Font: SMC, 2011

3. Metodologia i resultats

S'han recollit vint mostres, deu per a l'any 2010 i deu per al 2011. Les mostres han estat analitzades al laboratori de Geografia Física de la Facultat de Geografia de la Universitat de Barcelona, seguint la metodologia estipulada a la *Guia pràctica per a l'estudi de l'aigua* (Úbeda et al., 2002). Les dades de cabal

de les diferents estacions d'aforament s'han obtingut a partir de les dades de l'Agència Catalana de l'Aigua.

El pH de les mostres s'ha mesurat mitjançant un pHímetre. La concentració de dissolts s'ha determinat mitjançant un conductímetre que permet mesurar tant la conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$) com la concentració de sals (mg/l). Per determinar els sediments en suspensió (g/l) s'ha emprat el mètode de filtratge. També s'han realitzat mètodes colorimètrics per determinar els bicarbonats (HCO_3^-), clorurs (Cl^-), duresa d'aigua (CaCO_3^-), fosfats (PO_4^-), nitrats (NO_3^-) i nitrits (NO_2^-).

Les mostres, un cop filtrades, s'han analitzat al Servei Científicotècnic de la Universitat de Barcelona mitjançant el mètode de l'espectroscòpia d'emissió òptica de plasma acoblat inductivament (ICP-OES). Aquesta tècnica es basa en la vaporització, dissociació, ionització i excitació dels diferents elements químics d'una mostra en l'interior d'un plasma. Els elements determinats han estat: Al, Zn, Fe, P, Ca, Mg, K, SO_4^{2-} , Mn, Na i SiO_2 .

A continuació es mostren els resultats que s'han obtingut en l'estudi de la qualitat de l'aigua del riu Cardener, l'any 2010. A la Taula 1 es mostren els paràmetres físics (sòlids en suspensió) i paràmetres químics: conductivitat, pH, HCO_3^- , Cl^- , duresa, PO_4^- , NO_3^- i NO_2^- .

Taula 1. Paràmetres físics i químics (2010)

Riu	Aforament	Conductivitat $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Sòlids en suspensió						
				g/l	HCO_3^- mg/l	Cl^- mg/l	Duresa $^\circ\text{Th}$	PO_4^- mg/l	NO_3^- mg/l	NO_2^- mg/l
Cardener	La Llosa de Cavall	463	7,63	0,015	207,4	70,90	312,48	0,2	3	0,00
Cardener	Molí del Pont	492	7,82	0,028	231,8	42,54	262,08	0,2	3	0,05
Cardener	Clariana de Cardener	512	7,97	0,053	256,2	53,18	302,40	0,5	3	0,00
Cardener	Cardona	423	8,02	0,058	219,6	49,63	231,84	0,2	5	0,00
Cardener	Colònia Valls	571	8,21	0,057	244	70,90	252,00	0,2	5	0,05
Cardener	Súria	681	8,21	0,103	237,9	159,53	292,32	0,2	5	0,10
Cardener	St. Joan de Vilatorrada	987	8,25	0,116	262,3	230,43	393,12	0	10	0,05
Cardener	La Fàbrica (Castellgalí)	1416	8,17	0,158	256,2	453,76	383,04	0	10	0,10
Llobregat	Torre del Breny	903	8,3	0,187	292,8	134,71	423,36	0	20	0,50
Llobregat + Cardener	Sant Vicenç de Castellet	909	8,06	0,22	298,9	148,89	493,92	0	10	0,25

Pel que fa als paràmetres físics (sòlids en suspensió) els valors augmenten progressivament; el valor màxim es troba a Sant Vicenç de Castellet amb 0,22 g/l i el valor mínim a la Llosa de Cavall amb 0,015 g/l .

En referència als paràmetres químics de l'aigua, els valors de conductivitat van en augment durant tot el curs del riu, amb una excepció: el valor de la mostra de Cardona és inferior a l'anterior, però després segueix la tendència

en augment. El valor més elevat el trobem a la Fàbrica (Castellgalí) amb 1.416 $\mu\text{S}/\text{cm}$, i el valor mínim a Cardona amb 423 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El pH de l'aigua augmenta progressivament menys a Sant Vicenç de Castellet, una vegada s'han unit els dos rius, on és inferior a l'estació anterior; el valor màxim és de 8,3 a la Torre del Breny i el mínim és de 7,63 a la Llosa de Cavall.

Els bicarbonats (HCO_3^-) no presenten una tendència progressiva a l'augment; els valors van variant, el màxim és de 298,9 mg/l a la Torre del Breny i el mínim a la Llosa de Cavall amb 207,4 mg/l. Pel que fa als clorurs (Cl^-), també varien al llarg del riu, el valor màxim és de 453,76 mg/l a la Fàbrica (Castellgalí) i el valor mínim al Molí del Pont amb 42,54 mg/l. Quant a la duresa del aigua, no s'observa una tendència clara al llarg del curs fluvial: el valor màxim és de 493,92°Th i el mínim de 231,84°Th. Els fosfats (PO_4^-), pel contrari, disminueixen al llarg del riu; el valor màxim es troba a Clariana de Cardener amb 0,5 mg/l i el mínim a Sant Joan de Vilatorrada, la Fàbrica (Castellgalí), Torre del Breny i Sant Vicenç de Castellet, on no es troben fosfats; el valor mitjà és de 0,2 mg/l. El nitrats (NO_3^-), augmenten progressivament; els mínims es concentren al curs alt del riu amb 3 mg/l a la Llosa de Cavall, Molí del Pont i Clariana de Cardener; el valor màxim és de 20 mg/l a la Torre del Breny. Per últim, pel que fa als nitrits (NO_2^-) el màxim és de 0,50 mg/l i els mínims són nuls: 0,00 mg/l a la Llosa de Cavall, Clariana de Cardener i Cardona.

Taula 2. Elements químics, en mg/l (2010)

Riu	Aforament	Al	Zn	Fe	P	Ca	Mg	K	SO_4^{-2}	Mn	Na	SiO_2
Cardener	La Llosa de Cavall	0,0062	0,0109	0,0024	0,3098	67,80	8,70	0,78	18,10	0,0056	14,31	1,87
Cardener	Molí del Pont	0,0051	0,0073	0,0019	0,3126	66,23	8,97	0,89	17,76	0,0044	13,55	1,92
Cardener	Clariana de Cardener	0,0051	0,0078	0,0013	0,3305	65,03	10,09	1,31	17,92	0,0050	12,08	1,95
Cardener	Cardona	0,0043	0,0060	0,0007	0,3386	65,29	10,25	1,26	18,09	0,0080	12,87	1,93
Cardener	Colònia Valls	0,0106	0,0080	0,0017	0,2776	67,07	11,29	2,54	17,63	0,0076	26,70	2,19
Cardener	Súria	0,0079	0,0139	0,0010	0,4317	74,69	14,96	7,91	20,97	0,0088	53,04	2,48
Cardener	St. Joan de Vilatorrada	0,0052	0,0342	0,0003	0,4303	76,88	18,62	16,62	23,63	0,0085	86,26	2,54
Cardener	La Fàbrica (Castellgalí)	0,0184	0,0132	0,0009	0,4520	69,32	16,28	16,61	24,43	0,0179	164,13	2,17
Llobregat	Torre del Breny	0,0069	0,0242	0,0008	0,6203	97,88	20,63	15,42	31,51	0,0090	58,70	3,52
Llobregat + Cardener	Sant Vicenç de Castellet	0,0094	0,0131	0,0011	0,7812	100,10	21,05	16,53	32,52	0,0020	63,90	3,59

A la taula 2 es mostren els elements químics, tots mesurats en mg/l. Els valors de l'alumini (Al) són relativament petits, el màxim és a la Fàbrica (Castellgalí) amb 0,0184 mg/l, i el mínim a Cardona, amb 0,0043 mg/l. Els valors de zinc (Zn) varien al llarg del riu, amb un valor màxim de 0,0342 mg/l a Sant Joan de Vilatorrada i un mínim de 0,006 a Cardona. Pel que fa al ferro (Fe) el valor

màxim és de 0,0024 mg/l a la Llosa de Cavall i el mínim és de 0,0003 mg/l. Quant al manganès (Mn), el valor màxim és de 0,0179 mg/l a la Fàbrica (Castellgalí) i el mínim de 0,0020 mg/l a Sant Vicenç de Castellet.

El magnesi (Mg) augmenta progressivament durant el curs del riu, amb un valor màxim a Sant Vicenç de Castellet (21,05 mg/l) i un de mínim a la Llosa de Cavall (8,7 mg/l). Pel que fa el calci (Ca) el valor màxim és de 100,10 mg/l a Sant Vicenç de Castellet i el mínim de 65,03 mg/l a Clariana de Cardener. Quant al potassi (K) els valors augmenten progressivament seguint el curs fluvial; el valor mínim és 0,78 mg/l a la Llosa de Cavall, i el màxim 16,62 mg/l a Sant Joan de Vilatorrada. Per últim, els valors de sodi (Na) varien durant el curs del riu Cardener: el màxim pertany a la mostra de la Fàbrica (Castellgalí) amb 164,13, i el mínim és de 12,08 mg/l a Clariana de Cardener.

Taula 3. Cabal sòlid i concentració de sals (2010)

Riu	Aforament	Cabal sòlid g/s	Concentració sals mg/l
Cardener	La Llosa de Cavall	1.648,36	244
Cardener	Molí del Pont	1.504,47	239
Cardener	Clariana de Cardener	1.791,09	242
Cardener	Cardona	1.827,77	252
Cardener	Colònia Valls	2.139,55	297
Cardener	Súria	3.627,52	397
Cardener	St. Joan de Vilatorrada	4.768,60	537
Cardener	La Fàbrica (Castellgalí)	7.505,83	856
Llobregat	Torre del Breny	4.678,67	465
Llobregat + Cardener	Sant Vicenç de Castellet	5.064,93	463

A la taula 3 es mostra el cabal sòlid mesurat (g/s). Es pot veure que la tendència dels valors és anar augmentant progressivament des de la Llosa de Cavall; encara que hi ha una disminució al Molí del Pont, torna a augmentar fins a l'últim punt de mostreig, abans de la unió amb el riu Llobregat, a la Fàbrica (Castellgalí). Finalment, els últims dos valors disminueixen, als punts on els dos rius s'han unit. El valor màxim de cabal sòlid el trobem a la Fàbrica amb 7.505,83 g/s i el valor mínim al Molí del Pont amb 1.504,47 g/s.

Igualment s'hi indica la concentració en sals, mesurada em mg/l. En un principi augmenta progressivament (excepte a la Llosa de Cavall, que té un valor superior a l'estació següent) fins a la Fàbrica (Castellgalí), punt a partir del qual els valors posteriors són inferiors. El valor màxim de concentració de sals el trobem a la Fàbrica amb 856 mg/l i el valor mínim es de 239 mg/l al Molí del Pont.

A continuació es mostren els resultats que s'han obtingut en l'estudi de la qualitat de l'aigua del riu Cardener l'any 2011.

Taula 4. Paràmetres físics i químics (2011)

Riu	Aforament	Conductivitat μS/cm	pH	Sòlids en						
				suspensió g/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Duresa °Th	PO ₄ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l
Cardener	La Llosa de Cavall	514	7,87	0,001	213,5	42,54	262,08	0	3	0,00
Cardener	Molí del Pont	508	8,07	0,001	189,1	49,63	272,16	0,05	5	0,05
Cardener	Clariana de Cardener	505	8,10	0,017	189,1	39,00	262,08	0,05	5	0,20
Cardener	Cardona	512	8,02	0,004	201,3	46,09	312,48	0,05	5	0,30
Cardener	Colònia Valls	531	8,13	0,003	219,6	60,27	302,40	0,1	10	0,30
Cardener	Súria	803	8,11	0,008	231,8	131,17	302,40	0,1	10	0,30
Cardener	St. Joan de Vilatorrada	1343	8,08	0,010	231,8	251,70	352,80	0,1	10	0,30
Cardener	La Fàbrica (Castellgalí)	1317	8,06	0,011	305	265,88	403,20	0,1	10	0,30
Llobregat	Torre del Breny	1324	8,09	0,019	262,3	269,42	413,28	0,1	20	0,30
Llobregat + Cardener	Sant Vicenç de Castellet	1323	8,08	0,001	298,9	272,97	383,04	0,02	10	0,30

A la Taula 4 es mostren els paràmetres físics (sòlids en suspensió) i els paràmetres químics: conductivitat, pH, HCO₃⁻, Cl⁻, duresa, PO₄⁻, NO₃⁻ i NO₂⁻.

Pel que fa als paràmetres físics, els sòlids en suspensió oscil·len als primers punts de mostreig, mentre que després segueixen en augment fins a la disminució que es dona a Sant Vicenç de Castellet; el valor màxim es troba a la Torre del Breny amb 0,019 g/l i el valor mínim a la Llosa de Cavall i Molí del Pont amb 0,001 g/l.

Respecte als paràmetres químics, els valors de conductivitat de les primeres mostres van variant al voltant dels 500 μS/cm, mentre que a partir de Colònia Valls van en augment durant tot el curs del riu. El valor més elevat el trobem a la Torre del Breny amb 1324 μS/cm i el valor mínim a Clariana de Cardener amb 505 μS/cm. Els valors del pH de l'aigua van variant al llarg del riu; el màxim és de 8,13 a la Colònia Valls i el mínim de 7,87 a la Llosa de Cavall. Quant als bicarbonats (HCO₃⁻), van progressivament en augment amb un pic màxim a la Fàbrica (Castellgalí) de 305 mg/l; el valor mínim es registra al Molí del Pont i Clariana de Cardener, amb 189,1 mg/l. Els clorurs (Cl⁻) augmenten progressivament excepte a Clariana de Cardener; el valor màxim és de 272,97 mg/l a la Torre del Breny i el valor mínim a Clariana de Cardener amb 39,00 mg/l.

Pel que fa a la duresa de l'aigua, els valors varien al llarg del riu, el màxim és de 413,28°Th a la Torre del Breny i els mínims de 262,08°Th a la Llosa de Cavall i Clariana de Cardener. Els fosfats (PO₄⁻) augmenten al llarg del curs

del riu excepte a Sant Vicenç de Castellet; el valor màxim el trobem a la Colònia Valls, Súria, Sant Joan de Vilatorrada, la Fàbrica (Castellgalí) i la Torre del Breny, amb 0,1 mg/l; a la Llosa de Cavall on no es troben fosfats; els valors mitjans són de 0,2 mg/l. El nitrats (NO_3^-) augmenten progressivament, excepte a Sant Vicenç de Castellet; el valor mínim es troba a la Llosa de Cavall amb 3 mg/l, mentre que el màxim és de 20 mg/l a la Torre del Breny. Per últim, pel que fa als nitrits (NO_2^-) es mantenen estables a partir de Cardona fins a Sant Vicenç de Castellet, on es troben els valors màxims de 0,30 mg/l; manquen totalment a la Llosa de Cavall.

Taula 5. Elements químics, en mg/l (2011)

Riu	Aforament	Al	Zn	Fe	P	Ca	Mg	K	SO_4^{2-}	Mn	Na	SiO_2
Cardener	La Llosa de Cavall	0,0028	0,0067	0,0019	0,3506	94,34	12,73	1,37	21,44	0,0005	19,37	2,12
Cardener	Molí del Pont	0,0004	0,0139	0,0009	0,3537	85,49	11,83	1,23	22,85	0,0004	17,48	2,06
Cardener	Clariana de Cardener	0,0116	0,0062	0,0045	0,2577	84,78	13,55	1,78	24,87	0,0001	20,64	1,82
Cardener	Cardona	0,0078	0,0061	0,0049	0,3590	88,36	14,26	1,89	24,12	0,0001	21,78	1,86
Cardener	Colònia Valls	0,0157	0,0082	0,0039	0,3235	86,25	15,03	2,83	25,36	0,0003	28,16	1,65
Cardener	Súria	0,0174	0,0086	0,0066	0,2914	89,95	20,49	13,83	27,49	0,0003	67,64	1,65
Cardener	St. Joan de Vilatorrada	0,0067	0,0066	0,0021	0,1752	47,63	15,95	24,09	15,69	0,0001	72,87	0,78
Cardener	La Fàbrica (Castellgalí)	0,0140	0,0051	0,0034	0,2561	48,90	15,47	21,90	17,67	0,0001	71,28	0,70
Llobregat	Torre del Breny	0,0120	0,0088	0,0057	0,4894	104,98	25,17	40,35	40,35	0,0003	141,81	1,43
Llobregat + Cardener	Sant Vicenç de Castellet	0,0110	0,0125	0,0029	0,2357	50,98	13,31	18,25	18,25	0,0004	70,72	0,67

A la taula 5 es mostren els elements químics. Pel que fa a l'alumini (Al), el valor màxim és a la Colònia Valls amb 0,0174 mg/l i el mínim al Molí del Pont amb 0,0004 mg/l. Els valors del zinc (Zn) oscil·len durant el curs del riu, amb un màxim de 0,0139 mg/l a Molí del Pont i un mínim de 0,0051 a la Fàbrica (Castellgalí). Pel que fa al ferro (Fe) el màxim és de 0,0066 mg/l a Súria i el mínim de 0,0009 mg/l al Molí del Pont. Respecte al manganès (Mn), el valor màxim és de 0,0005 mg/l a la Llosa de Cavall i els mínims de 0,0001 mg/l a Clariana de Cardener, Cardona, Sant Joan de Vilatorrada i la Fàbrica (Castellgalí).

El valor del magnesi (Mg) varia al curs del riu, amb un valor màxim a la Torre del Breny (25,17 mg/l) i un de mínim al Molí del Pont (11,83 mg/l). Pel que fa el calci (Ca) el valor màxim és de 104,98 mg/l a la Torre del Breny i el mínim de 47,63 mg/l a Sant Joan de Vilatorrada. Quant al potassi (K) els valors registrats augmenten progressivament seguint el riu, excepte a Sant Vicenç de Castellet, on davallen; el valor màxim és de 40,35 a la Torre del Breny

i el mínim al Molí del Pont amb 1,23 mg/l. Per últim, els valors de sodi (Na) augmenten pel curs del Cardener, exceptuant una disminució a Sant Vicenç de Castellet; el valor màxim (141, 81) el trobem a la Torre del Breny i el mínim, de 17,48, al Molí del Pont.

Taula 6. Cabal sòlid (g/s) i concentració en sals (mg/l) (2011)

Riu	Aforament	Cabal sòlid (g/s)	Concentració sals (mg/l)
Cardener	Llosa de Cavall	797,06	247
Cardener	Molí del Pont	792,10	245
Cardener	Clariana de Cardener	840,04	245
Cardener	Cardona	836,49	246
Cardener	Colònia Valls	937,85	261
Cardener	Súria	1.491,18	394
Cardener	St. Joan de Vilatorrada	1.806,17	682
Cardener	La Fàbrica (Castellgalí)	1.863,16	650
Llobregat	Torre del Breny	2.666,97	465
Llobregat + Cardener	Sant Vicenç de Castellet	1.836,04	463

A la taula 6 es mostra el cabal sòlid mesurat (g/s). Es pot veure que el cabal sòlid augmenta progressivament (encara que a la Llosa de Cavall el valor és més elevat que al Molí del Pont) fins a l'última mostra del riu Cardener, abans de la seva unió amb el Llobregat, a la Fàbrica (Castellgalí). Després disminueix, tan bon punt s'uneixen els dos rius. El valor màxim de cabal sòlid el trobem a la Torre del Breny amb 2.666,97 g/s i el mínim al Molí del Pont amb 792,10 g/s.

També s'hi mostra la concentració en sals mesurada em mg/l. Es pot veure que, en principi, el valor augmenta progressivament (excepció feta de la Llosa de Cavall, on la concentració de sals és més elevada que a la següent mostra) fins a la Fàbrica (Castellgalí) i a partir d'aquest punt els valors són inferiors. El valor màxim de concentració de sals el trobem a St. Joan de Vilatorrada amb 682 mg/l i el mínim de 245 mg/l al Molí del Pont i a Clariana de Cardener.

4. Discussió

En aquest apartat s'han comparat els resultats obtinguts en els dos moments extrems. La discussió de les dades s'ha fet seguint les directrius per a la interpretació de resultats de paràmetres físics i químics de les aigües fluvials, recollides a la *Guia pràctica per a l'estudi de l'aigua* (Úbeda et al., 2002). En els següents gràfics, les dues últimes mostres s'indiquen amb un color diferent de

la resta per tal de diferenciar les recollides al riu Cardener de les que corresponen pròpiament al Llobregat: la Torre del Breny i Sant Vicenç de Castellet (situada després de la confluència del Cardener).

4.1. Nitrits (NO₂⁻) i nitrats (NO₃⁻)

A les figures 6 i 7 es mostren les dades de nitrits (NO₂⁻) i nitrats (NO₃⁻) per als dos moments estudiats. Segons la Directiva Europea (78/659/CEE) l'aigua amb 0,01 mg/l de nitrits es considera en situació de risc. La Directiva Europea distingeix tres nivells: aigües netes són les que tenen valors <0,01 mg/l i es poden destinar al consum humà; aigües amb risc de produir efectes tòxics per alguns organismes, de 0,01 a 0,1 mg/l; i aigües contaminades i amb elevat risc de toxicitat pels organismes, amb valors >0,1 mg/l. Els valors obtinguts l'any 2010 tenen menys contingut de nitrits que els del 2011. En aquest sentit, el període de sequera fa augmentar el risc de toxicitat per nitrits, ja que gràcies a la pluja el 2010 hi havia una dissolució dels elements químics.

Pel que fa a les concentracions de nitrats, la seva presència al medi depèn de la matèria orgànica que s'hi descompongui de manera natural. L'Organització Mundial de la Salut (OMS) concreta en 50,00 mg/l el nivell màxim de concentració de nitrats en els sistemes aquàtics. En aquest cas, els valors de nitrats

Figura 6. Nitrits (NO₂⁻) (2010 i 2011)

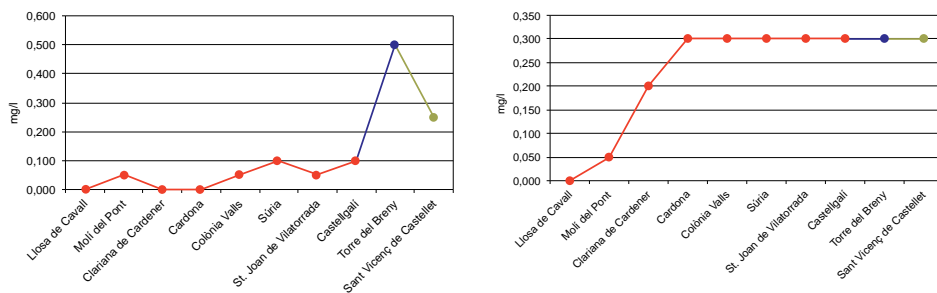
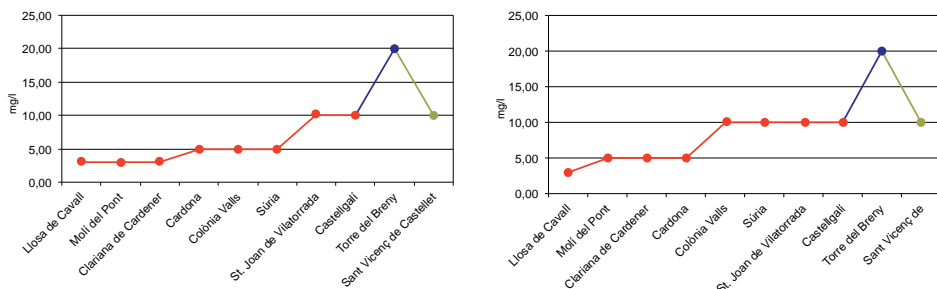


Figura 7. Nitrats (NO₃⁻) (2010 i 2011)



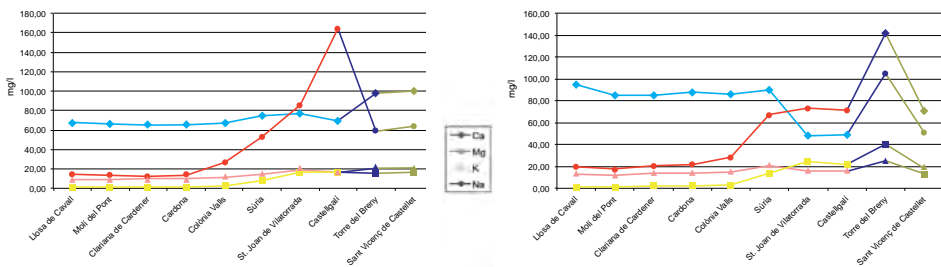
de les mostres recollides en tots dos anys estudiats estan per sota del nivell màxim marcat, si bé són més elevats en determinats punts del període de sequera del 2011.

4.2. Elements alcalins i alcalinoterris

La figura 8 mostra la concentració en mg/l dels elements alcalins (Na i K) i alcalinoterris (Mg i Ca). La concentració màxima admissible per a la qualitat de les aigües fluvials en el cas del sodi és entre 50 i 150 mg/l (Úbeda *et al.*, 2002). En el cas de l'episodi de pluges del 2010, el valor de la mostra a Castellgalí supera aquest nivell. La resta de mostres es mantenen per sota. Els valors de 2011 també. Pel que fa a la concentració màxima admissible de potassi, la concentració màxima és de 12 mg/l (Úbeda *et al.*, 2002). L'any 2010 es supera el valor en els quatre últims punts de mostreig. L'any 2011 es supera el valor en els cinc últims punts de mostreig, aquest fet es fa més notable a la Torre del Breny.

Pel que fa als alcalinoterris, el magnesi (Mg) té una concentració màxima de 50 mg/l (Úbeda *et al.*, 2002). En tots dos anys d'estudi els valors estan per sota del nivell guia, que és de 30 mg/l. S'ha de dir, però, que en el període de sequera de 2011 els valors augmenten a la Torre del Breny, però es redueixen a Sant Vicenç de Castellet, on té lloc la confluència Cardener-Llobregat. Pel que fa al calci, el nivell guia que es pren com a referència és de 100 mg/l, i en aquest cas en tots dos anys els valors de les concentracions estan per sota d'aquest nivell.

Figura 8. Elements alcalins i alcalinoterris (2010 i 2011)

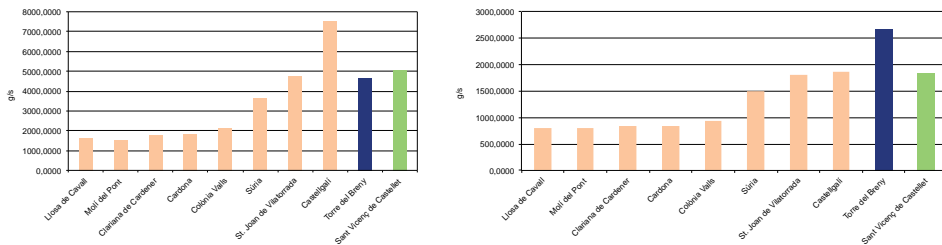


4.3 Cabal sòlid

S'entén per cabal sòlid la quantitat de materials sòlids que passen per una secció i unitat de temps, és a dir, és el càlcul del total de transport de sediment en suspensió i dissolt per unitat de temps (g/s). A la figura 9 es pot veure una clara diferència entre els resultats obtinguts en els dos moments estudiats. Al

2010 les pluges van fer augmentar el transport de sediment en suspensió, el cabal sòlid. I en canvi, al 2011 passa el contrari, la poca quantitat d'aigua redueix el transport de sòlids en suspensió.

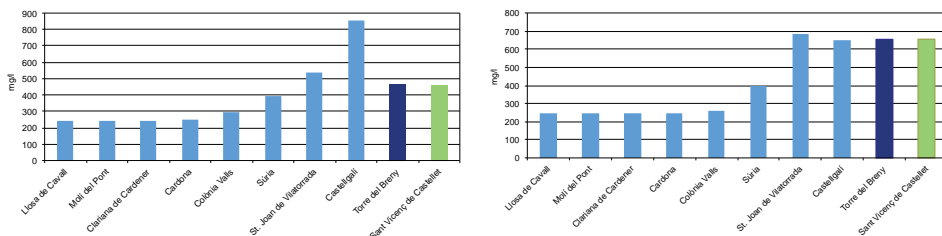
Figura 9. Cabal sòlid (2010 i 2011)



4.4. Concentració en sals

A la figura 10 es pot veure com la salinitat augmenta progressivament a partir de Cardona i fins Sant Joan de Vilatorrada. En el cas del 2010, però, el valor després disminueix, s'equipara amb la mostra del riu Llobregat i es redueix després de la confluència. En el cas de 2011, es dona un augment molt marcat en totes les mostres del Cardener. Les últimes, també s'equiparen entre si. Aquest fet mostra que la presència de les explotacions mineres de Cardona i Súria al llarg del riu Cardener aporta una concentració en sals superior a les aigües de la conca del riu, mentre que l'aiguabarreig que es produeix a la confluència fa disminuir aquest valor, ja que les aigües del Llobregat, en aquest punt, no tenen tanta concentració en sals.

Figura 10. Concentració en sals (2010 i 2011)



4.5. Qualitat de l'aigua

Després de comparar les dades dels dos moments extrems, aquestes s'han volgut relacionar també amb les presentades a algun dels estudis efectuats els darrers anys, per tal de veure l'evolució dels valors de conductivitat en l'aigua del riu Cardener. La conductivitat, com s'ha dit, és una mesura indirecta de la

quantitat de càrrega dissolta en l'aigua (Úbeda *et al.*, 2002). Per tant, està relacionada amb el grau de salinitat, i en conseqüència amb la qualitat de l'aigua.

La taula 7 recull els valors de l'informe de la Diputació de Barcelona sobre *La qualitat ecològica del Besòs i el Llobregat* de l'any 1995 i els compara amb els obtinguts en el nostre estudi. Es pot veure que els valors de conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$) són semblants als de 1995 prop de Clariana de Cardener; han disminuït molt a Súria i Sant Joan de Vilatorrada; i també disminueixen, però no tant, prop de Castellgalí.

Taula 7. Paràmetres fisicoquímics del riu Cardener, 1995 i 2010-11

Localitat	Data	Conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Clariana de Cardener	12/09/1995	502
	13/10/2010	512
	12/10/2011	505
Súria	12/09/1995	2.240
	13/10/2010	681
	12/10/2011	803
Sant Joan de Vilatorrada	12/09/1995	2.110
	13/10/2010	987
	12/10/2011	1.343
Castellgalí	12/09/1995	1.904
	13/10/2010	1.416
	12/10/2011	1.317

Font: Diputació de Barcelona (2011) i elaboració pròpia

La taula 8 recull les dades de la tesi doctoral sobre *La conca salina del Bages i la qualitat de l'aigua del Llobregat* (Rovira, 2008) per a les àrees de mostreig que coincideixen amb les de la tesi doctoral. En aquest cas, per a Cardona i Súria també es pot veure una disminució dels valors de conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del 2010 i 2011, en relació amb els valors del 2003. Però en el cas de Castellgalí els valors més recents augmenten respecte els presentats a la tesi doctoral de Maria Rovira.

Taula 8. Paràmetres fisicoquímics del riu Cardener (2003 i 2010-11)

Localitat	Data	Conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Cardona	2003	560
	13/10/2010	423
	12/10/2011	512
Súria	2003	852
	13/10/2010	681
	12/10/2011	803
Castellgalí	2003	1.280
	13/10/2010	1.416
	12/10/2011	1.317

Font: Rovira (2008) i elaboració pròpia

Per últim, si es comparen els resultats del present treball amb els de la tesi doctoral sobre el *Comportament de l'aigua subterrània a la vall Salada de Cardona* (Font, 2005), es pot veure com s'accentuen les diferències entre els valors passats i els actuals. Cal observar que la forma de mesurar la conductivitat de fa aproximadament vint anys podria ser diferent de l'actual, i això fer que els valors d'aleshores fossin més alts que els obtinguts amb la metodologia actual. Tanmateix, el valor de 1997 és molt semblant al de 1995 presentat per la Diputació de Barcelona, i per aquest motiu tenim en consideració aquest any a l'hora de comparar els resultats. Des de 1997 fins al 2011 es pot afirmar que l'aigua que passa prop de Súria ha reduït molt el valor de la seva conductivitat.

Taula 9. Evolució dels paràmetres fisicoquímics del riu Cardener a Súria

Data	Conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1987	7.839
1992	2.220
1997	2.272
13/10/2010	681
12/10/2011	803

Font: Font (2005) per als anys 1987-97 i elaboració pròpia per als anys 2010-11

5. Conclusions

S'ha comprovat que la concentració de sals, és a dir, el grau de salinitat de l'aigua del riu Cardener, augmenta a partir del curs mitjà, una vegada ha passat per Cardona i Súria. S'ha vist també que just després de la confluència de les seves aigües amb les del riu Llobregat es produeix una regulació o reequilibri de la concentració de sals: el Cardener té una concentració major al seu tram final, i en canvi al Llobregat és menor abans de la unió. A més, quan es produeix la confluència dels dos rius disminueix la concentració respecte el riu Cardener i augmenta feblement respecte del Llobregat. Per tot plegat es pot concloure que el riu Cardener és un abocador de sal cap al riu Llobregat.

Pel que fa a la comparació dels dos moments extrems, que segueixen la tendència abans esmentada, s'ha de destacar que el moment de sequera (2011), presenta una major concentració de sals perquè hi ha una menor quantitat d'aigua, en comparació al moment de pluges (2010). Aquest fet provoca que la sal es dissolgui més en l'aigua.

En relació al cabal sòlid s'ha comprovat que l'any 2010 tenia un valor elevat en comparació a l'any següent. Aquest fet és conseqüència que el cabal del

riu, i per tant la seva força, era major i feia que arrossegués més sediments. Cal dir que en el moment de mostreig del 2011, la Torre del Breny compta amb el valor de cabal sòlid més elevat. Aquest fet és degut a la gran quantitat d'aigua del riu Llobregat en comparació amb el riu Cardener, en tant que en el moment de mostreig del 2010, el cabal sòlid del tram final del Cardener era superior al que duia el Llobregat.

Pel que fa al valor de la conductivitat, que en línies generals ha anat disminuint els darrers anys, s'ha de dir que aquest es veu influït per l'activitat humana. Als llocs més o menys antropitzats, el valor està relacionat amb els usos del sòl o la presència d'abocaments d'aigües residuals que aporten al riu clorurs i altres sals. És especialment notori, si no hi ha un bon tractament de les aigües residuals, l'augment de la conductivitat de l'aigua dels rius a les zones amb extraccions mineres de sal o amb un ús industrial de productes descalcificadors. Les aigües per a usos agrícoles o de consum humà no poden tenir una conductivitat excessivament elevada. Es consideren els 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com el límit a partir del qual les aigües són difícils de potabilitzar per al consum humà (Diputació de Barcelona, 2010). Tot i així, es pot dir que l'aigua del riu Cardener és de millor qualitat actualment.

Bibliografia

- AEMET (2010). "Resumen climático del mes de octubre de 2010". <http://www.aemet.es/es/-:pdf/noticias/2010/11/climatologicooctubre2010>
- AEMET (2011). "Resumen climático del mes de octubre de 2011". http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono/radiacion_solar/2011/InformeRad_Solar_2011_10.pdf
- CASAS PÉREZ, Josep (2004). "Influència de la mineria a la conca Cardener-Llobregat". *AMBIENT Curso 2003-2004*. Sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universitat Politècnica de Catalunya, p. 1-4. <http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15012077/51032-2959.pdf>
- DIPUTACIÓ DE BARCELONA (2007-2011). "Informe qualitat rius 1995". Programa de qualitat ecològica dels rius. http://ecobill.diba.cat/index.php?page=met1_intro
- FONT, Josep (2005). "Comportament de l'aigua subterrània a la vall Salada de Cardona". Programa de doctorat. [Manresa] Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals. UPC. <http://tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6989/08Jfs08de12.pdf?sequence=8>
- METEOCIÉL (2010). *Forums de Météociel*. <http://forums.meteociel.fr/index.php?sid=3c4c45334daaf6c10b7bb844a04174a4>
- OMS, O.; F. VALLÈS; J. BIOSCA; J. BADIA (2010). "Geomorfologia del Bages". *Medi Natural del Bages*. <http://lchn.iec.cat/bages/geologia/cgeologia1.htm>
- OTERO, N.; R. TOLOSANA-DELGADO; A. SOLER; V. PAWLOWSKY-GLAHN; A. CANALS (2005). "Relative vs. Absolute statistical analysis of compositions: A comparative study of surface waters of a Mediterranean river". *Water Research*, núm. 39, p. 1404-1414.
- RODRÍGUEZ, R. (2001). "Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat". Universitat Politècnica de Barcelona. <http://www.tesisenred.net/handle/10803/6978>

- ROVIRA, Maria (2008). “La Conca Salina del Bages i la qualitat de l'aigua del Llobregat”. *Tesis, Tesinas y DEAs* [Barcelona], núm. 12, setembre'10, p. 62-63. http://www.ehu.es/semi/macla_pdf/macla12/Macla12_62.pdf
- SMC (2011). *Anàlisi 12 octubre 2011*. www.meteo.cat
- SOLER, A.; A. CANALS; S. GOLDSTEIN; N. OTERO; N. ANTICH; J. SPANGENBERG (2002). “Sulphur and strontium isotope composition of the Llobregat River (NE Spain): tracers of natural and anthropogenic chemicals in stream waters”. *Water, Air and Soil Pollution*, núm. 136, p. 207-224.
- ÚBEDA, Xavier; M. SALA; A. ROVIRA; R. BATALLA (2002). *Guia pràctica per a l'estudi de l'aigua*. Barcelona: Universitat de Barcelona (Textos Docents, 255).