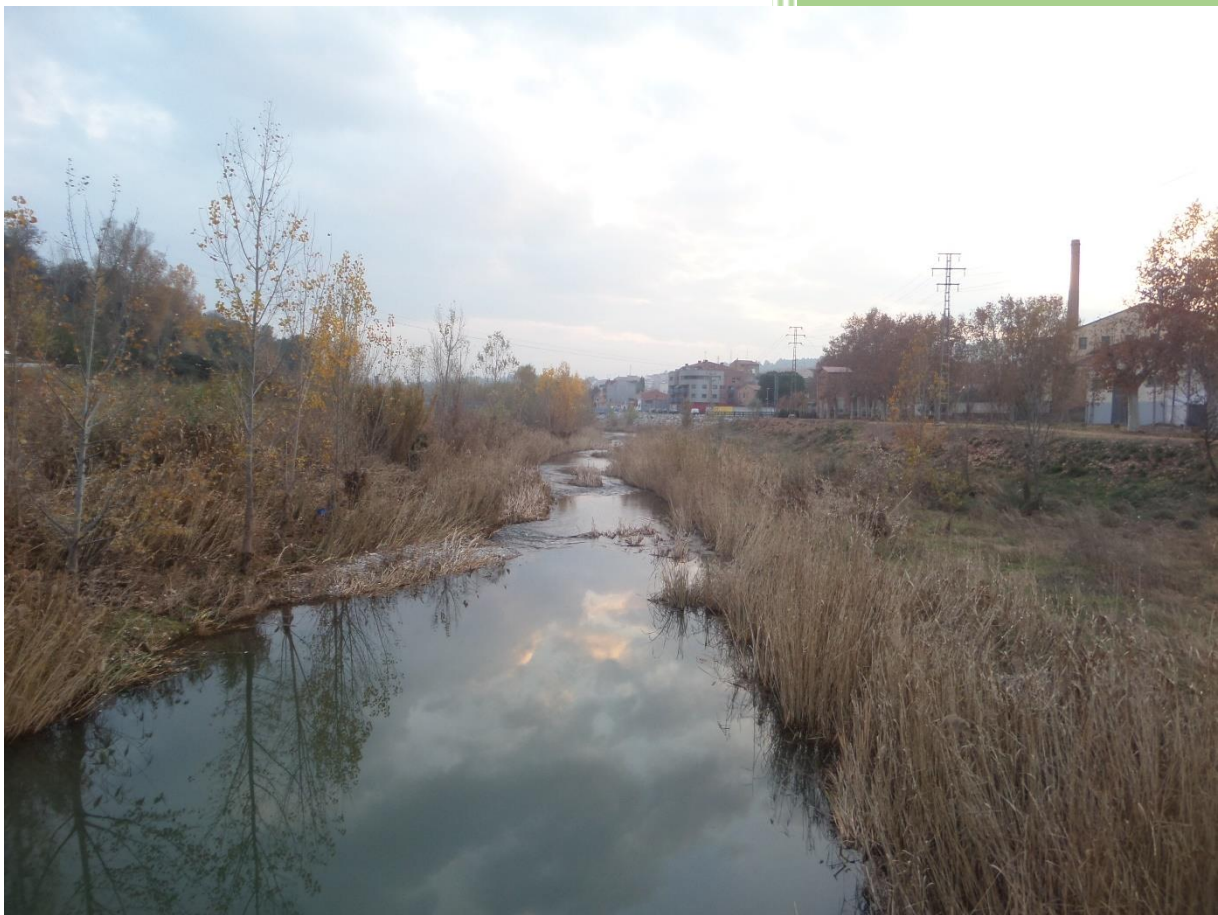


# LA SALINITZACIÓ DEL RIU CARDENER A SANT JOAN DE VILATORRADA

La normalització d'un gran problema mediambiental



# ÍNDEX

## I. INTRODUCCIÓ I METODOLOGIA

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	1
<b>2. OBJECTIUS</b> .....	1
<b>3. HIPÒTESI</b> .....	2
<b>4. METODOLOGIA DE TREBALL: MÈTODE HIPOTETICODEDUCTIU</b> .....	2
<b>5. LA MINERIA EN EL BAGES. COM AFECTA ALS ECOSISTEMES I ALS HUMANS?</b> .....	2
5.1 La fauna i la flora de la ribera del riu Cardener a Sant Joan.....	3
5.2 El col·lector de salmorres.....	5
5.3 Els runams salins de Cardona i Súria.....	6
5.4 Abastament d'aigua de la població de Sant Joan.....	8

## II. EXPERIMENTAL

<b>6. TREBALL DE CAMP</b> .....	9
6.1 Selecció de la zona d'estudi.....	9
6.2 Determinació dels anions de clor.....	10
6.2.1 Tècnica de Mohr.....	10
Material.....	10
Procediment.....	10
Observacions a tenir en compte.....	13
Reaccions químiques.....	15
Tractament de residus.....	17
6.2.2 Altres tècniques d'anàlisi.....	17

6.3 Recollida de dades.....	18
<b>7. ANÀLISI DELS RESULTATS.....</b>	<b>19</b>
7.1 Diagrama de barres.....	19
Gràfic 1.....	19
7.2 Distribucions bidimensionals.....	20
7.2.1 Com calcular la correlació i la recta de regressió.....	20
Gràfic 2.....	22
Gràfic 3.....	24
<b>8. VERIFICACIÓ DE LA HIPÒTESI.....</b>	<b>26</b>
 <b><u>III. CONCLUSIONS I BIBLIOGRAFIA</u></b>	
<b>9. CONCLUSIONS.....</b>	<b>27</b>
<b>10. AGRAÏMENTS.....</b>	<b>28</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>28</b>

# **I. INTRODUCCIÓ I METODOLOGIA**

## **1. INTRODUCCIÓ**

A continuació introduïrem el nostre treball de recerca de segon de batxillerat que hem elaborat des del final del primer curs de batxillerat (2014-2015) fins a finals del gener del 2016. Aquest treball tracta sobre l'important món de la mineria a la comarca del Bages i tot el que comporta aquest tema. Aquest tema és cabdal ja que té una gran importància socioeconòmica i mediambiental.

Vàrem tenir curiositat per aquest tema a partir del dia que vam presenciar la xerrada del gran periodista Emilio Varela que tractava, amb un gran èmfasi, tot el que comporta les explotacions d'or. A més a més, disposàvem d'una major facilitat d'estudi ja que aquest tema té una gran proximitat en relació a la localització de les nostres residències. Per altra banda, aquest tema de gran complexitat podem afirmar que és actual, però també té una gran importància històrica i un futur incert.

Per altra banda, aquest treball de recerca de caire científic no es basa en una única disciplina, és a dir, és interdisciplinari. És així ja que engloba moltes ciències com per exemple: les matemàtiques, la química i la geologia. I, en quant a la hipòtesi, que és el tronc d'aquest estudi d'investigació, els objectius i la metodologia emprada; són tractats més endavant per separat.

Finalment, només anomenar que per elaborar aquest treball hem utilitzat tant fonts d'informació empíriques (obtingudes a partir de l'experimentació) com documentals (obtingudes a través d'internet, llibres i assistència a ponències).

## **2. OBJECTIUS**

A continuació exposarem els objectius que hem tingut presents durant tot aquest treball de recerca, els quals són clars i concisos. L'objectiu principal ha sigut intentar falsar la hipòtesi formulada duent a terme correctament el mètode hipoteticodeductiu. Ja que la finalitat d'un treball científic és fer tot el possible per falsar la hipòtesi, és a dir, intentar aconseguir arribar a una hipòtesi que no pugui ser falsada, per tant; arribar a una autèntica veritat. En segon lloc, un altre objectiu era investigar sobre aquest gran problema mediambiental: observant el passat, analitzant el present i visualitzant-ne el futur proper. En tercer lloc, ens vàrem plantejar dur a terme un bon treball de camp. Prèviament vam establir uns paràmetres (l'espai i el temps) per dur a terme de manera correcta aquesta part experimental, amb la finalitat de

recollir les dades necessàries per posteriorment dur un estudi acurat. A més a més, cedint el nostre treball d'anàlisi a plataformes com MontSalat per aportar el nostre gra de sorra a l'estudi dels nivells de clorurs del riu Cardener. I com a últim objectiu, fer una valoració tot contrastant els resultats obtinguts experimentalment amb altres informacions.

### **3. HIPÒTESI**

La hipòtesi, que vàrem formular posteriorment a la recerca d'informació, és que les mesures per evitar la salinització del riu Cardener que prenen des d'Iberpotash (filial de la gran multinacional ICL-Iberia) no són prou efectives, i ho comprovarem en un tram del riu en el seu pas per St. Joan de Vilatorrada.

### **4. METODOLOGIA DE TREBALL: MÈTODE**

#### **HIPOTETICODEDUCTIU**

Primer de tot, ens vam plantejar quin era el problema a investigar. Després de raonar durant un temps, vam tenir clar que el problema que volíem tractar era sobre la contaminació dels rius en relació a les explotacions mineres. Seguidament, vam buscar informació sobre la mineria per documentar-nos sobre el problema i així tenir una base sobre la qual formular una hipòtesi. La formulació de la hipòtesi va ser el següent pas que vam fer. Posteriorment vam dur a terme el treball de camp, durant el mes de Juliol, analitzant l'aigua del riu Cardener en el seu pas per Sant Joan de Vilatorrada. Un cop finalitzat aquest treball de camp, vàrem observar els resultats obtinguts i amb aquests vam elaborar un acurat estudi estadístic. Posteriorment, era el moment d'interpretar tots els resultats obtinguts de l'estudi estadístic fet amb anterioritat, és a dir, vam fer una interpretació de les gràfiques que vam elaborar. Finalment vam extreure les conclusions generals de tot el treball.

### **5. LA MINERIA EN EL BAGES. COM AFECTA ALS**

#### **ECOSISTEMES I ALS HUMANS?**

En aquest bloc de caire més teòric parlarem de com afecta als humans i al medi que hi hagi i hi hagi hagut activitat minera a Súria i a Cardona. Tractarem els temes següents: la fauna i la flora de la ribera del riu Cardener en el seu pas per Sant Joan de Vilatorrada, el col·lector de

salmorres, els runams salins de Cardona i Súria i l'abastament d'aigua de la població de Sant Joan.

### 5.1 La fauna i la flora de la ribera del riu Cardener a Sant Joan

A la ribera del riu Cardener a l'altura de Sant Joan de Vilatorrada podem trobar diferents tipus de plantes i animals. En quan a la flora hi predominen les espècies com: pollancre, àlber, saüc, freixe de fulla petita, salze blanc i boga.



Pollancre a la dreta de la ribera del Cardener. (Foto: font pròpia)



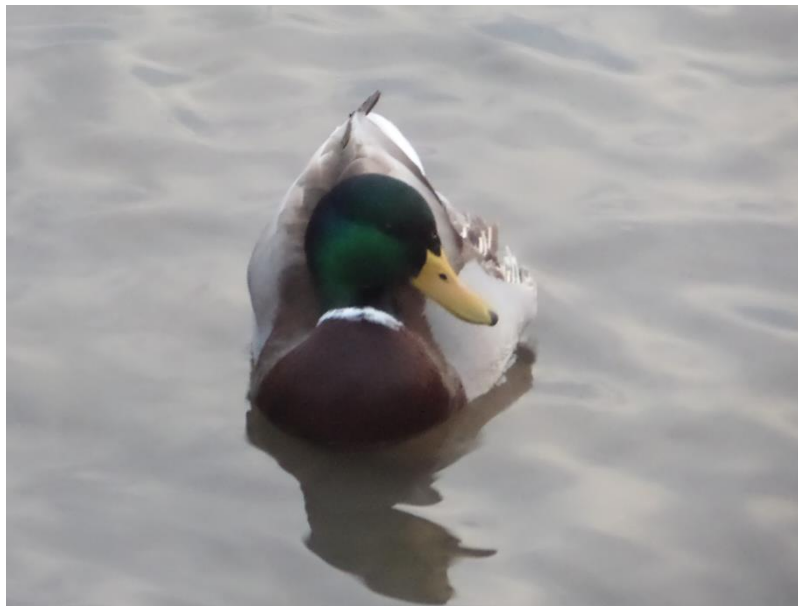
Salze blanc (Foto: Google imatges)

Però, els nivells de salinització del riu Cardener en aquest tram fan que afavoreixi l'aparició d'espècies que estan més acostumades a nivells de clorurs més elevats, com és el cas del canyís.



Canyís a banda i banda del riu Cardener. (Foto: font pròpia)

En quant a la fauna, podem trobar espècies com: carpa, polla d'aigua, ànec collverd, berrat pescaire...



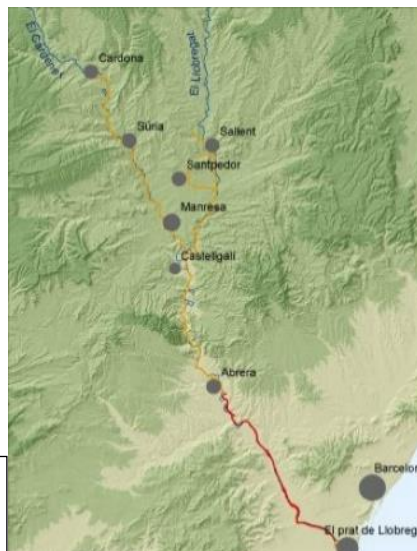
Ànec de coll verd a les aigües del Cardener. (Foto: font pròpia)

Per altra banda, si els nivells de salinització de l'aigua fossin més elevats, aquesta fauna i flora es veurien molt afectades. Per exemple, si els nivells de clorurs fossin aproximadament de

2000 mg Cl/L (els nivells mitjans de les aigües del cardener a Sant Joan durant el mes de juliol va ser de 402,2 mg Cl/L arribant a màximes de 752,5 mg Cl/L, tot això està explicat amb més detall al bloc *Experimental*), desapareixerien algunes espècies i n'apareixerien d'altres que estan més adaptades a nivells salins més elevats com ho són les plantes halòfites. A més a més, si aquests nivells ja fossin extrems, apareixeria un paisatge devastador.

## 5.2 El col·lector de salmorres

El col·lector de salmorres és un gran conducte d'uns 120 km de llargada que va entrar en funcionament el 1988 i que transcorre des de Cardona fins a Castellgalí per la vora del riu Cardener, i des de Balsareny passant per la desembocadura del cardener a Castellgalí (on les dues parts conflueixen) i segueixen per la riba del riu Llobregat fins a arribar al Prat de Llobregat.



Recorregut del col·lector de salmorres.  
(Foto: Generalitat de Catalunya)

Aquest col·lector transporta les aigües amb grans concentracions de clorurs (aigües utilitzades per explotacions mineres de potassa i halita i aigües contaminades) des de la Catalunya central fins al mar, és a dir, transporta salmorra (residus que es produeixen com a conseqüència de les explotacions de potassa i halita). El material del qual està construït aquesta obra és de fibrociment i és capaç de transportar un cabal màxim de 150 L/s. De cara l'any vinent ja s'ha presentat l'ampliació definitiva d'aquest col·lector i durant tot el seu recorregut podrà transportar un cabal màxim de 317 litres/segon.

El col·lector de salmorres fa un gran servei ja que a partir del moment en què es va construir, tant la salinitat del riu Llobregat com del Cardener van disminuir. Per tant, la funció que fa és molt important. Però el fet és que les explotacions van en augment i com a conseqüència el col·lector ha de suportar un cabal major. Per tant, arribem a un cicle on en augmentar l'explotació minera, major ha de ser el cabal del col·lector; però la grandària del col·lector és limitada. A més a més, aquest col·lector de salmorres té un problema i és que no és completament hermètic i es produeixen vessaments de salmorra habitualment, el que provoca la mort de molts arbres de la riba del riu i una contaminació directa de les aigües del riu Cardener i Llobregat.



### 5.3 Els runams salins de Cardona i Súria

Els runams salins són muntanyes creades artificialment a partir de l'acumulació dels residus provinents de l'explotació minera. La seva composició principal és de clorur de sodi (NaCl) amb un 83%, clorur de potassi (KCl), clorur de magnesi ( $MgCl_2$ ), aigua, compostos insolubles i altres compostos molt més minoritaris. A la comarca del Bages hi ha 6 runams. A Sallent en podem trobar dos, el Cogulló (que actualment està en creixement) i la Butjosa que no està creixent. A més a més, en trobem un a Balsareny (el Vilafruns) que tampoc segueix creixent, dos runams més a Súria on el Fusteret està en creixement i el de Cabanasses no i finalment trobem un darrer runam a Cardona que en l'actualitat està disminuint el seu volum ja que l'empresa Ercros aprofita per extreuen sal comuna. Tots els runams del Bages sumen 94 hectàrees de superfície, és a dir, 94 camps de futbol aproximadament (si agafem com a referència el camp més gran que podem trobar que fa 120m de llargada i 90 d'amplada, és a dir, 1,08Ha). A més a més, suposant que els apilèssim un sobre l'altre sumarien una altura aproximada de 197 metres, per tant; serien 53m més que la torre Agbar de Barcelona.

En aquest treball de recerca té principal importància els runams de Cardona i Súria ja que són els que provoquen un clar efecte sobre el riu Cardener al estar situats riu amunt. El runam de Cardona pertany a l'empresa Ercros i té 9,5 hectàrees de superfície i pesa 5 milions de tones. Per altra banda, els dos runams de Súria són propietat d'Iberpotash. El Fusteret té 29 hectàrees de superfície i 23 milions de tones i el de Cabanasses té 1 hectàrea de superfície i 3 milions de tones. (Aquestes dades no són actuals, són del 2008. Per tant, són aproximades).



Runam de Cardona. (Foto: MontSalat)



Runam del Cogulló. (Foto: MontSalat)



Runam el Fusteret. (Foto: MontSalat)

Alguns estudis demostren amb total seguretat que els runams són els principals causants de la contaminació salina tant del riu Cardener com del Llobregat. Això és així ja que quan plou sobre la superfície no impermeabilitzada d'aquests runams, es produeixen infiltracions que provoquen la contaminació de les aigües subterrànies i superficials. Les solucions que s'han trobat per acabar amb aquesta contaminació salina serien: fer decreixer les dimensions dels runams fins a eliminar-los tot aprofitant les sals del runam com fa Ercros a (aquesta seria la solució més rendible), dissoldre els runams i abocar els residus salins al mar o impermeabilitzar-los.

## 5.4 Abastament d'aigua de la població de Sant Joan

L'aigua potable que arriba a les llars de Sant Joan de Vilatorrada no prové del riu Cardener. Prové de la Sèquia de Manresa que capta l'aigua potable del riu Llobregat a l'altura de Balsareny. No podem utilitzar les aigües del riu Cardener pel consum domèstic ja que els nivells de clorurs de les aigües del riu Cardener en el seu pas pel nostre municipi sobrepassen els nivells màxims permesos. És a dir, són aigües no potables pel consum humà i només poden ser potabilitzades per depuradores que puguin tractar les aigües amb les tècniques d'osmosi inversa o d'electrodiàlisi. Però aquests tractaments només els duen a terme depuradores com la de Sant Joan Despí o la d'Agbar (osmosi inversa) o la d'Abrera (electrodiàlisi reversible) i no per depuradores amb les característiques similars a les de Manresa. A continuació explicarem aquests dos mètodes per separat.

Per entendre l'osmosi inversa primer s'ha d'explicar al procés d'osmosi que fa la natura. Aquest tracta de què dues aigües de concentracions diferents s'equilibrin passant a través d'una membrana semipermeable on l'aigua menys concentrada passa cap a la més concentrada i la diferència entre les dues aigües quan estan equilibrades s'anomena pressió osmòtica. L'osmosi inversa és fer el pas contrari aplicant una pressió major que la pressió osmòtica per fer que la més concentrada passi a la menys concentrada deixant així la majoria de les sals a la membrana. Les sals que aconseguen passar per la membrana, no són suficients per considerar no potable l'aigua resultant.

Per altra banda, abans d'explicar l'electrodiàlisi reversible s'ha d'explicar l'electrodiàlisi. L'electrodiàlisi consisteix en ficar l'aigua concentrada en un dipòsit amb membranes aniòniques i catiòniques col·locades alternativament i dos elèctrodes, un amb cada tipus de càrrega amb l'objectiu de que els anions i els cations es separin. L'electrodiàlisi reversible és el mateix procés, però els dos elèctrodes van canviant de polaritat periòdicament fent així un flux d'aigua canviant i fent que les sals es quedin a les membranes de signe contrari.

## **II. EXPERIMENTAL**

### **6. TREBALL DE CAMP**

En aquest bloc explicarem amb detall tot el que té a veure amb la verificació de la hipòtesi, de gran importància ja que falsar la nostra hipòtesi és un dels objectius d'aquest treball de recerca. Per fer-ho, ens basarem principalment en les dades obtingudes en el treball de camp.

El treball de camp ha consistit en l'anàlisi diari dels mg/litre de clorurs de l'aigua del riu Cardener. Per fer-ho correctament, hem agafat mostres en un punt precís del riu Cardener en el seu pas per Sant Joan de Vilatorrada i les hem analitzat durant tot el mes de Juliol del 2015. Per analitzar-les, hem fet servir la tècnica de Mohr; una tècnica volumètrica que a la pàgina següent explicarem detalladament.

#### **6.1 Selecció de la zona d'estudi**

El lloc on hem acudit diàriament els 31 dies del mes de Juliol té per coordenades: 41°44'14.4"N 1°48'24.4"E. Aquest punt es troba a l'extrem sud de Sant Joan, en el pas del riu Cardener per sota el pont de l'eix transversal; la C-25. Principalment hem triat aquest punt ja que té una molt bona accessibilitat i una facilitat relativa en quan a poder agafar l'aigua a analitzar. Ja que a diferència d'aquest punt, molts altres punts del riu Cardener durant el seu transcurs per Sant Joan són de difícil accés.



Lloc del mostreig. (Foto: font pròpia)

## 6.2 Determinació dels anions de clor

### 6.2.1 Tècnica de Mohr

La tècnica de Mohr és la que hem emprat dia darrere dia durant el mes de Juliol del 2015 en les nostres anàlisis. Aquesta tècnica volumètrica ens ha permès calcular amb gran fiabilitat els mg/litre de clorurs presents a l'aigua del riu Cardener en el seu pas per St. Joan. A més a més, també s'utilitza per calcular els nivells de bromurs; però nosaltres només hem calculat els mg Cl/L ja que és el que ens interessa.

A continuació: enumerarem el material que hem fet servir, explicarem amb detall el procediment que hem seguit a l'hora de fer una anàlisi, desenvoluparem un seguit d'observacions a tenir en compte, donarem i explicarem les reaccions químiques que es produeixen durant aquesta tècnica i parlarem del tractament dels residus que es produeixen al finalitzar cada anàlisi.

#### Material:

El material que necessitem és el següent:

- Dissolució de nitrat de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,01 M., que és el reactiu. (Necessitem la quantitat necessària per dur a terme totes les anàlisis. Nosaltres hem fet servir uns 351,2 ml. de nitrat de plata, aproximadament).
- Dissolució de cromat potàssic ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ), és l'indicador. (Necessitem la quantitat necessària per dur a terme totes les anàlisis. Nosaltres hem gastat en total uns 3,1 ml. de cromat potàssic).
- Proveta de vidre de 10 ml., graduada en 0,2 ml.
- Proveta de plàstic de 10ml., graduada en 0,2 ml. (Aquesta proveta serà la que farem servir per mesurar els 10 ml d'aigua a analitzar).
- 2 comptagotes.
- Pot petit de vidre (és el recipient on es duren a terme les reaccions químiques).
- Tires de pH.

#### Procediment:

1. Abans que res, hem agafat aigua del riu. Però per aconseguir-ho, el primer dia vam dissenyar un instrument molt rudimentari que ens facilités una mica



la feina. Per dissenyar aquest aparell, el que vam fer va ser agafar una ampolla de plàstic d'un litre i mig i la vam retallar per la part superior amb l'ajuda d'un cúter. A continuació, li vàrem fer dos orificis a prop del límit superior. I hi vam passar una corda, tot lligant-la perquè no s'escapés. Seguint aquests senzills passos, de seguida vam tenir el nostre instrument recol·lector d'aigua enllestit per agafar la primera mostra d'aigua a analitzar.

2. A continuació, hem mirat el pH fent ús de les tires de pH. Tots els cops que l'hem observat hem obtingut com a resultat 6, molt a prop de la neutralitat que és 7. Tot i que el pH òptim per fer aquesta reacció és entre 7 i 8,3.



3. Un cop hem agafat l'aigua del riu, hem netejat el recipient de vidre i la proveta de plàstic amb aquesta aigua. Ja que és la que analitzarem.



4. En tercer lloc, hem mesurat 10 ml. de l'aigua a analitzar emprant la proveta de plàstic. Per omplir-la correctament, fins el límit que marca la línia dels 10 ml., hem utilitzat un dels comptagotes. A més a més, cal enrasar bé i no cometre errors de paral·laxi.



5. A continuació, hem abocat al recipient de vidre aquests 10 ml. i hi hem afegit 2 gotes de cromat potàssic (2 gotes equivalen a 0,1 ml.).



6. En cinquè lloc, hem omplert la proveta de vidre fins la línia que marca 10 ml. (límit màxim) amb nitrat de plata amb l'ajuda del comptagotes. També, al igual que en el pas número 4, cal enrasar bé i no cometre errors de paral·laxi.



7. Posteriorment, fent ús del comptagotes hem anat tirant gota a gota nitrat de plata (de la proveta de vidre plena d'aquesta dissolució) al recipient de vidre on tenim la dissolució d'aigua i cromat potàssic. Al mateix temps que hem anat abocant les gotes de nitrat de plata, ho hem barrejat i n'hem seguit afegint fins que desaparegués el color groc inicial (de quan teníem únicament aigua més cromat potàssic) i ens aparegués el color vermell. Un cop aparegut aquest color vol dir que l'operació ha finalitzat.



8. Pot ser que, afegint 10 ml. o menys de nitrat de plata ja aparegui aquest color vermell a la dissolució i ens indiqui que ja hem acabat. Per tant, per acabar l'anàlisi només hem hagut de saber quants ml. de nitrat de plata hem gastat i així poder calcular els mg/litre de clorurs presents a la mostra.

Però també ens hem trobat altres cops que hem gastat quantitats majors de 10 ml.. Ja que amb només 10 ml. de nitrat de plata no apareixia el color vermell que ens indica el final de l'operació. En conseqüència, cada cop que ens ha passat això, hem anat reomplint la proveta de vidre amb 2 ml. de nitrat de plata i els hem anat afegint fins acabar l'operació. Al igual que l'altre cas, només hem hagut de contar els ml. de nitrat de plata gastats per poder calcular els clorurs presents a l'aigua.

9. Tenint en compte aquests dos casos possibles que nosaltres ens hem trobat, per acabar amb l'anàlisi i saber quants mg/litre de clorurs hi ha, només hem de multiplicar els ml. de nitrat de plata gastats per 35,5 (massa atòmica del clor). I obtenim la

quantitat de mg Cl/L corresponents. Els resultats obtinguts en mg Cl/L equivalen a parts per milió (ppm); ja que 1 mg Cl/L és igual a 1 ppm.

Factor de conversió que demostra que  $X \text{ AgNO}_3 \cdot 35,5 = Y \text{ mg Cl/L}$ :

$$X \text{ ml AgNO}_3 \frac{0,01 \text{ mol Ag}^+}{1000 \text{ ml nitrat}} \frac{1 \text{ mol Cl}^-}{1 \text{ mol Ag}^+} \frac{35,5 \text{ g Cl}^-}{1 \text{ mol Cl}^-} \frac{1}{10 \text{ ml mostra}} \frac{1000 \text{ mg Cl}^-}{1 \text{ g Cl}^-} \frac{1000 \text{ ml mostra}}{1 \text{ L mostra}} = Y \frac{\text{mg Cl}^-}{\text{L mostra}}$$

10. Finalment, hem abocat els residus creats al dur a terme aquesta anàlisi en un recipient hermètic de plàstic. Per així evitar un possible vessament, ja que els productes resultants són contaminants pel medi ambient.

#### Observacions a tenir en compte:

A continuació, explicarem algunes coses que s'han de tenir en compte ja que tenen relació amb la tècnica de Mohr i ens han succeït durant tot el mostreig:

- Principalment, quan es dur a terme aquesta tècnica d'anàlisi, s'ha d'enrasar bé i no cometre errors de paral·laxi quan es mesuren els ml. de nitrat de plata amb la proveta o quan es fa ús dels comptagotes. Ja que sinó es té en compte aquets fet, es comet un error d'imprecisió.
- Per altra banda, és millor no emprar material de plàstic si s'ha de manipular productes químics que cremen com en el nostre cas el nitrat de plata. Ja que amb el kit que ens van deixar, els comptagotes per a manipular nitrat de plata eren de plàstic i sens han cremat les puntes per culpa del nitrat de plata. Aquest és un producte que crema ja que, per exemple, s'utilitza per cremar berrugues (però es fa servir una solució de nitrat de plata més concentrada).
- A més a més, d'aqueta tècnica de Mohr hi ha moltes variants. Nosaltres hem fer servir aquesta senzillament perquè és la que venia explicada una mica amb el kit d'anàlisi i, després de buscar altres possibles variants, vam creure que aquesta era molt correcta. Ja que està creada per un llicenciat en Ciències Químiques i professor de Ciències Experimentals: Saturino Valle.
- Una altre cosa que s'ha de tenir en compte a l'hora de fer l'anàlisi és en quin recipient de vidre es durà a terme el procés principal (pas 5 i 7 del procés). Ja que depenent de l'aigua que s'analitzi es necessita un recipient de vidre més gran (com més clorurs contingui l'aigua més gran ha de ser aquest recipient. Perquè s'ha d'utilitzar més nitrat de plata, això comporta que el volum final sigui major i, per tant; s'ha d'utilitzar un recipient de vidre més gran).



En el nostre cas, alguns dies puntuals vam trobar els nivells de clorurs tan elevats respecte de la mitjana que quasi bé haguéssim hagut de fer servir un pot més gran.

- Un altre factor a tenir en compte és el pH de l'aigua a analitzar. Com ja hem dit, el pH òptim d'aquesta tècnica d'anàlisi s'ha d'ajustar al interval entre 7 i 8,3. En el nostre cas, el pH que vam observar regularment a l'aigua del riu Cardener que analitzàvem era de 6 aproximadament. I, diem aproximadament ja que no sabem amb exactitud si aquest era més pròxim a 6 o a 7 ja que al mesurar el pH amb tires especials per fer-ho i no amb un mesurador electrònic no podem conèixer aquest pH amb total exactitud. Per aquest motiu, no hem ajustat el pH amb cap substància bàsica i vam dur a terme les anàlisis corresponents amb aquest nivell de pH. Tot ser conscients del petit error que estàvem cometent.

El que succeiria si el pH fos més àcid és que el precipitat vermell apareixeria més tard de lo normal, ja que l'ió cromat té tendència a captar protons i com més àcid sigui el medi, més protons té. Per tant, en un medi més àcid el resultat variaria i s'obtindria que els nivells de clorurs són més elevats que si el pH fos l'òptim, ja que afegiríem més quantitat de nitrat de plata perquè apareixés el precipitat vermell.

- Contra tot pronòstic, quan portàvem 23 anàlisis i ens en quedaven encara 8 per fer, vam arribar a reserves mínimes de dissolució de nitrat de plata ja que només ens quedaven uns 10 ml de dissolució, és a dir; insuficients pels dies que quedaven. Per aquesta raó, aquest mateix dia 23 de Juliol vàrem acudir a l'institut per veure si ens podien deixar més dissolució de nitrat de plata. I, sense dubtar-ho ni un segon, ens en va deixar un pot. Però la dissolució que ens van deixar tenia una concentració molar de 0'1, per tant, l'haviem de diluir.

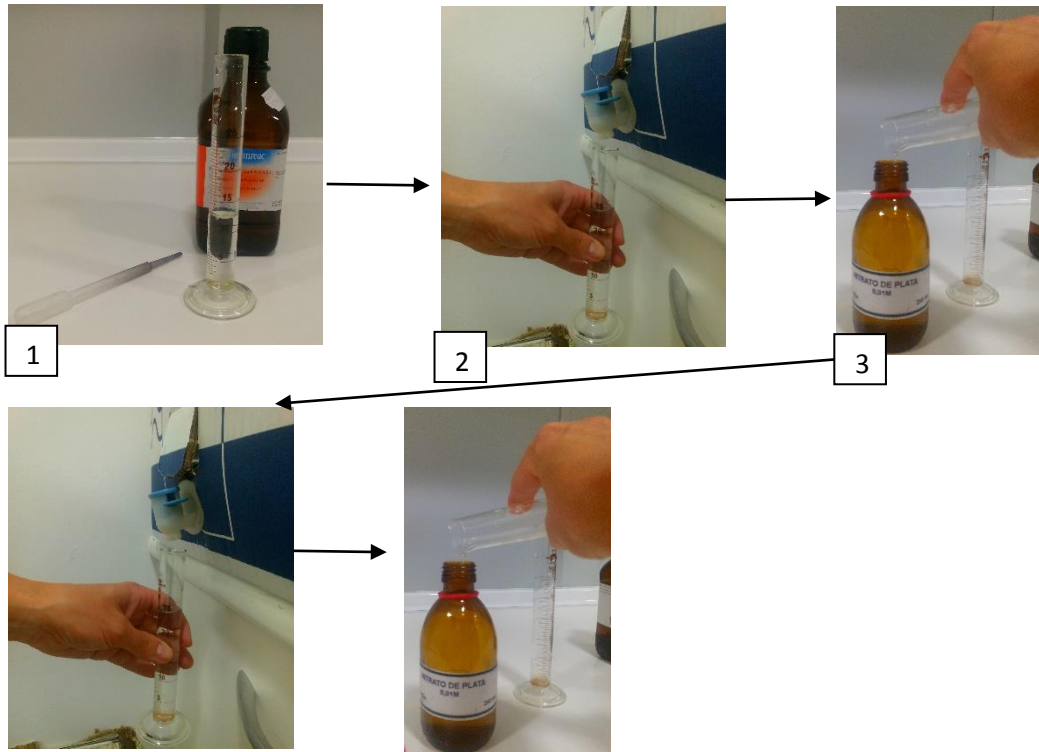
Abans que res, vàrem fer una estimació dels ml. de nitrat de plata que necessitaríem (uns 125 ml.) i, a partir de la premissa de que "volem preparar 125 ml. de dissolució  $\text{AgNO}_3$  0'01 M a partir d'una altra que és 0'1 M ", vam fer els càlculs necessaris per diluir aquesta concentració que ens han deixat:

$$0,125 \text{ L de dó de } \text{AgNO}_3 \cdot \frac{0,01 \text{ mol } \text{AgNO}_3}{1 \text{ L dó}} \cdot \frac{1 \text{ L dó concentrada}}{0,1 \text{ mol}} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 12,5 \text{ mL}$$

Un cop vam tenir els càlculs ja vam poder diluir la dissolució. El primer que vàrem fer va ser mesurar 12'5 ml. de  $\text{AgNO}_3$  0'1 M en una proveta de 25 ml. (foto 1) i la vam acabar d'omplir amb aigua destil·lada fins a la línia dels 25 ml. (foto 2). A continuació, ho vàrem abocar al nostre recipient de vidre de dissolució de  $\text{AgNO}_3$  0'01 M (foto 3). Finalment, només queda acabar d'abocar-hi els 100ml. d'aigua destil·lada restants en

aquest recipient de vidre (foto 4 i 5) Per tant, el que vam fer va ser agafar una altra proveta de 25 ml., la vam omplir d'aigua destil·lada i ho vam abocar al mateix recipient de vidre anterior (vam repetir aquesta última operació tres vegades més). Per acabar, només varem haver de remenar-ho per aconseguir una dissolució completament homogènia.

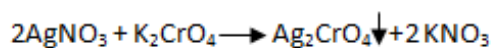
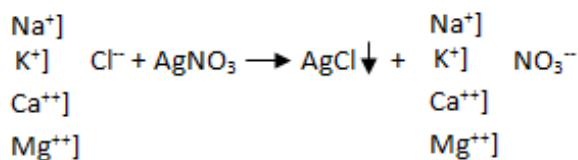
Fotografies del procediment explicat anteriorment:



4 i 5: Repetim aquest quart pas 4 vegades (25 ml. x 4= 100 ml.H<sub>2</sub>O).

Reaccions químiques:

A continuació, podem observar les equacions de les reaccions químiques que es duen a terme quan apliquem la tècnica de Mohr:



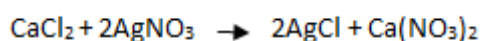
(Foto: Arturo Bola)

Un cop tenim la dissolució de color groguenca formada per l'aigua a analitzar més el cromat potàssic i hi afegim nitrat de plata, les reaccions que es produeixen són les que podem veure ja igualades a l'esquerra.

El primer que succeeix al afegir nitrat de plata a la dissolució és que aquest reacciona amb els compostos iònics que contenen un anió clor. Aquests compostos iònics poden ser: clorur sodi,

clorur potassi, clorur calci i clorur magnesi. El producte que s'obté al produir-se aquesta reacció és clorur de plata, que precipita, més molècules que tenen com a anió un nitrat més un catió com pot ser: sodi, potassi, calci i magnesi. Per tant, podem veure que aquesta primera reacció química es produeix una reacció de doble desplaçament. On els anions nitrats s'ajunten amb els cations de sodi, potassi, calci i magnesi i els cations d'argent s'ajunten amb anions de clor.

En quant a la igualació d'aquesta primera reacció, aquesta depèn de quin compost iònic (que contingui un anió de clor) reacciona amb el nitrat de plata. Ja que depenent d'aquest factor, la igualació de la reacció serà diferent. Per exemple, si agafem el cas hipotètic de que a l'aigua només hi hagués clorur de calci, la reacció quedaria igualada així:



El nitrat de plata pot reaccionar amb diferents tipus de compostos iònics que continguin l'anió clor. És a dir, a l'aigua trobem sals dissoltes (amb concentracions diverses) que poden reaccionar amb el nitrat de plata com poden ser: clorur sodi, clorur potassi, clorur calci i clorur de magnesi.

La segona reacció química succeeix un cop tots els compostos iònics que posseeixen clorurs han reaccionat amb el nitrat de plata. Ara, el nitrat de plata reaccionarà amb el cromat potàssic, l'indicador. Donant una coloració vermella de cromat de plata més nitrat de potassi. Aquest cromat de plata, al igual que el clorur de plata, precipita. En aquesta segona reacció química, que es produeix a continuació de l'anterior, també podem observar que és una reacció de doble desplaçament. On els anions nitrats s'enllacen amb els cations de potassi i els ions cromats s'enllacen amb els cations de plata.

Un cop igualada aquesta segona reacció química, podem observar que reaccionen dos molècules de nitrat de plata amb una de cromat potàssic i obtenim com a producte final una molècula de cromat de plata més dues molècules de nitrat potàssic.

Finalment, a través d'aquestes reaccions químiques podem veure que la dissolució final està formada per aigua més tots els productes de les dues reaccions. Aquests productes són: clorur de plata, nitrat de sodi, nitrat de potassi, nitrat de calci, nitrat de magnesi i cromat de plata.

#### Llegenda:

- |                                      |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| - Nitrat de plata: $\text{AgNO}_3$   | - Clorur de plata: $\text{AgCl}$                | - Cromat potàssic: $\text{K}_2\text{CrO}_4$  |
| - Clorur sodi: $\text{NaCl}$         | - Nitrat de sodi: $\text{NaNO}_3$               | - Cromat de plata: $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ |
| - Clorur potassi: $\text{KCl}$       | - Nitrat de potassi: $\text{KNO}_3$             |  |
| - Clorur calci: $\text{CaCl}_2$      | - Nitrat de calci: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   |  |
| - Clorur de magnesi: $\text{MgCl}_2$ | - Nitrat de magnesi: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ |  |

### Tractament de residus:

De totes les anàlisis que vàrem fer el mes de Juliol de 2015, vam obtenir 664,3 ml de dissolució de residus químics (s'obtenen de la suma de nitrat de plata gastat més els ml. de cromat de potassi gastat més la quantitat d'aigua analitzada que correspon a 1 mostra de 10 ml. per dia durant 31 dies). Com ja hem dit amb anterioritat, la dissolució final (obtinguda de les reaccions químiques que es produeixen durant la tècnica de Mohr) conté dos compostos que han precipitats: clorur de plata i cromat de plata, més els nitrats.

Aquests compostos tenen característiques que els fan tenir una certa perillositat. Per exemple, el cromat de plata pot provocar càncer per inhalació i és tòxic pels peixos i altres organismes aquàtics. A més a més, la presència d'aquest compost a l'aigua provoca que aquesta ja no sigui potable. Per altra banda, el clorur de plata és també un compost lleugerament perillós. Finalment, com ja hem dit; com a residus també obtenim nitrats. De nitrats en trobem a les aigües i als sòls, però un augment de la concentració provoca una clara contaminació.

Per tant, aquesta dissolució final és peyorativa pel medi ambient, pels animals aquàtics i pels humans. Per aquesta raó, s'ha de mantenir en un recipient completament hermètic per evitar cap tipus de vessament i inhalació i s'ha de dipositar a la deixalleria a "Residus especials".



Contingut de la dissolució final. A més, al fons es pot observar els precipitats de clorur de plata i cromat de plata. (Foto: font pròpia)

## 6.2.2 Altres tècniques d'anàlisi

Vàrem buscar informació d'altres tècniques que es podrien utilitzar per analitzar els nivells de clorurs de l'aigua. Vam trobar que hi havia altres variant de la tècnica de Mohr (que es fan al laboratori i amb estris més precisos), també vam trobar com es feia la tècnica de Volhard (s'utilitza: nitrat de plata, cations de ferro(III) com a indicador i tiocianat de potassi i es fa en un medi molt àcid) i per últim la tècnica de Fajans (s'utilitzen cations de plata i fluoresceïna com a indicador i s'ha de dur a terme en un medi neutre).

## 6.3 Recollida de dades

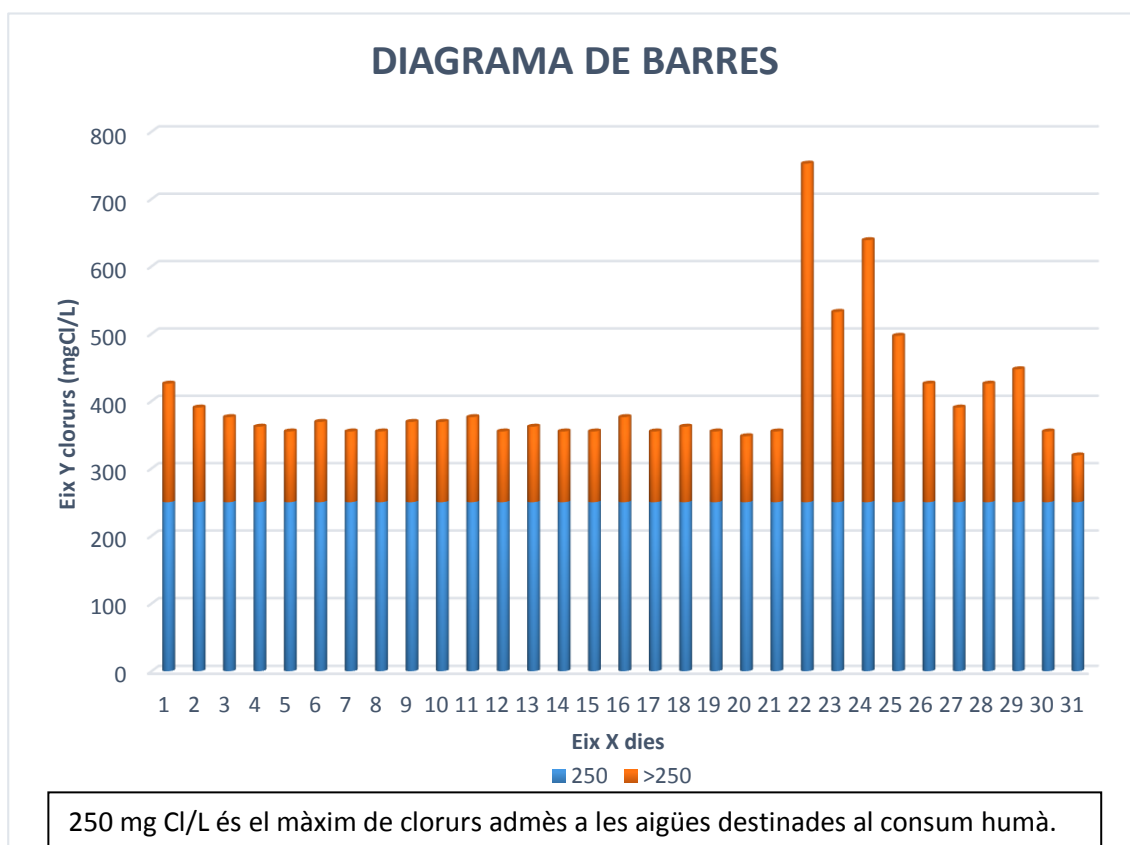
<b>Dia mes</b>	<b>ml.</b>	<b>ml.</b>	<b>Clorurs (mg</b>	<b>Precipitacions</b>	<b>Precipitacions</b>	<b>Conjunt de</b>	<b>Cabal</b>
<b>Juliol</b>	<b>AgNO<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub></b>	<b>Cl/L) St. Joan</b>	<b>Cardona</b>	<b>Súria (L/m<sup>2</sup>)</b>	<b>precipitacions</b>	<b>Súria</b>
	<b>emprat</b>	<b>emprat</b>	<b>V.</b>	<b>(L/m<sup>2</sup>)</b>	<b>**</b>	<b>Cardona i</b>	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>
				<b>*</b>		<b>Súria (L/m<sup>2</sup>)</b>	<b>***</b>
<b>1</b>	12	0,1	426	0	0	0	2
<b>2</b>	11	0,1	390,5	0	0	0	2
<b>3</b>	10,6	0,1	376,3	0	0	0	2,7
<b>4</b>	10,2	0,1	362,1	0	0	0	2,7
<b>5</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,6
<b>6</b>	10,4	0,1	369,2	0	0	0	2,7
<b>7</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,6
<b>8</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,6
<b>9</b>	10,4	0,1	369,2	0	0	0	2,6
<b>10</b>	10,4	0,1	369,2	0	0	0	2,9
<b>11</b>	10,6	0,1	376,3	0	0	0	2,6
<b>12</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,5
<b>13</b>	10,2	0,1	362,1	0	0	0	2,5
<b>14</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,7
<b>15</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,4
<b>16</b>	10,6	0,1	376,3	0	0	0	2,6
<b>17</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,7
<b>18</b>	10,2	0,1	362,1	0	0	0	2,5
<b>19</b>	10	0,1	355	0	0	0	2,7
<b>20</b>	9,8	0,1	347,9	55,28	4,6	59,88	2,7

21	10	0,1	355	1,28	0	1,28	9,6
22	21,2	0,1	752,6	14,97	0,4	15,37	2,4
23	15	0,1	532,5	0	0	0	2,3
24	18	0,1	639	6,78	1,4	8,18	2
25	14	0,1	497	0	0	0	1,9
26	12	0,1	426	0	0	0	1,8
27	11	0,1	390,5	0	0	0	1,7
28	12	0,1	426	0	0	0	1,8
29	12,6	0,1	447,3	0	0	0	1,6
30	10	0,1	355	6,53	4,8	11,33	2,6
31	9	0,1	319,5	12,41	13,2	25,61	2,7
<b>TOTAL:</b>	<b>351,2</b>	<b>3,1</b>	<b>12467,6</b>	<b>97,25</b>	<b>24,4</b>	<b>121,65</b>	<b>81,7</b>

## 7. ANÀLISI DELS RESULTATS

### 7.1 Diagrama de barres

Gràfic 1:



\*Font precipitacions Cardona: Meteo Pinallet.

\*\*Font precipitacions Súria: Meteo Súria.

\*\*\*Font cabal Súria: aigua en temps real, Gencat.

En aquest diagrama de barres podem observar l'evolució dels nivells de clorurs durant tot el mes de Juliol del 2015. A l'eix de les y hi tenim els mg/L de clorurs i a l'eix de les x els dies. Al dia 22 podem observar el nivell màxim d'aquest estudi: 752,6 mg Cl/L. El valor mínim obtingut ha sigut de 319 mg Cl/L el dia 31 i el valor mitjà d'aquest mostreig és de 402,18. Mg Cl/L.

Aquesta màxima de 752,6 mg Cl/L, pot ser que hagi sigut resultat d'un possible vessament directe del col·lector de salmorres en el seu pas per Sant Joan de Vilatorrada o riu amunt. Creiem en aquesta possibilitat, ja que contínuament es produeixen vessaments pel mal estat del col·lector. Tot i que no hem trobat registrat aquest possible vessament a cap mitjà de comunicació. Tot i així, aquesta és l'explicació més possible que trobem per intentar entendre aquest gran augment de la quantitat de clorurs.

A través de l'observació d'aquests resultats, podem veure clarament que en tots els dies estudiats els nivells de clorurs han sigut superiors als 250 mg Cl/L. Nivell màxim permès a les aigües superficials segons el Real Decret [RD 140/2003]. Per tant, podem afirmar que els nivells de clorurs del riu Cardener en el seu pas per Sant Joan de Vilatorrada són elevats. I això implica que sigui impossible el consum d'aquestes aigües ja que estan completament salinitzades.

## 7.2 Distribucions bidimensionals

A continuació, us mostrem l'explicació de com calcular la correlació i la recta de regressió que hem fet servir per la creació de les distribucions bidimensionals, elaborades a partir de les dades obtingudes al treball de camp.

### 7.2.1 Com calcular la correlació i la recta de regressió

Tot seguit, presentem el procediment general per calcular les correlacions i les rectes de regressió de cada distribució bidimensional.

El primer que hem fet és establir quina variable és la independent ( $x$ ) i quina és la dependent ( $y$ ). A continuació fem el núvol de punts tot ficant els punts de les coordenades corresponents a cada parella de valors  $(x_i, y_i)$ .

Tot seguit, hem calculat el centre de gravetat. Aquest centre de gravetat és un punt per on passarà la recta de regressió de la distribució. I, en aquest punt la  $x$  és la mitjana de les  $x$  i la  $y$  és la mitjana de les  $y$ . A més a més, les dues mitjanes ens serviran per calcular la covariància, les desviacions típiques i les rectes de regressió.

$$\text{Mitjana de } x: \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Mitjana de } y: \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad \text{Centre de gravetat: } (\bar{x}, \bar{y})$$

Posteriorment calculem la covariància ( $\sigma_{xy}$ ). La covariància es troba sumant els resultats de multiplicar les x amb les seves respectives, dividir-ho entre el número d'individus que hi ha i al resultat d'aquesta divisió restar-li el resultat de multiplicar les dues mitjanes. La covariància ens servirà per calcular la correlació i les rectes de regressió.

$$\text{Covariància: } \sigma_{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n}$$

A continuació, calculem les desviacions típiques. Que són dues: la de la x i la de la y. Calculem les dues ja que ens fan falta per buscar la correlació. La desviació típica de x és igual a l'arrel quadrada del sumatori de les x al quadrat dividit entre el nombre d'individus menys la mitjana de les x. I per calcular la desviació típica de la y només hem d'agafar les y en comptes de les x. Les desviacions típiques ( $\sigma_x$  i  $\sigma_y$ ) també ens serviran per calcular la correlació i la recta de regressió.

$$\text{Desviacions típiques: } \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2} \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2}$$

Un cop tenim la covariància i les dues desviacions típiques, hem calculat la correlació. Ja que la correlació és igual a la covariància dividit entre el producte de les dos desviacions típiques, la de x i la de y. La correlació és la relació que hi ha entre les dues variables. És a dir, que si és proper a zero vol dir que les dues variables no tenen una relació forta. I si és proper a 1 o a -1, ens està indicant que hi ha una forta relació entre les variables. El signe només indica si la recta de regressió és creixent o decreixent.

$$\text{Correlació: } r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Una altra manera de saber la correlació és mirant l'angle que formen les dues rectes de regressió (a continuació expliquem la manera que hem utilitzat per trobar-ne una). Es pot interpretar que la correlació és forta (propera a 1 o a -1) si l'angle obtingut és proper a 0. I si l'angle té una obertura propera a 90°, vol dir que la correlació és propera a zero.



Finalment, calculem les rectes de regressió. La recta de regressió és la tendència del núvol de punts. N'hi ha dues, la de Y sobre X i la de X sobre Y. A continuació explicarem com es fan totes dues:

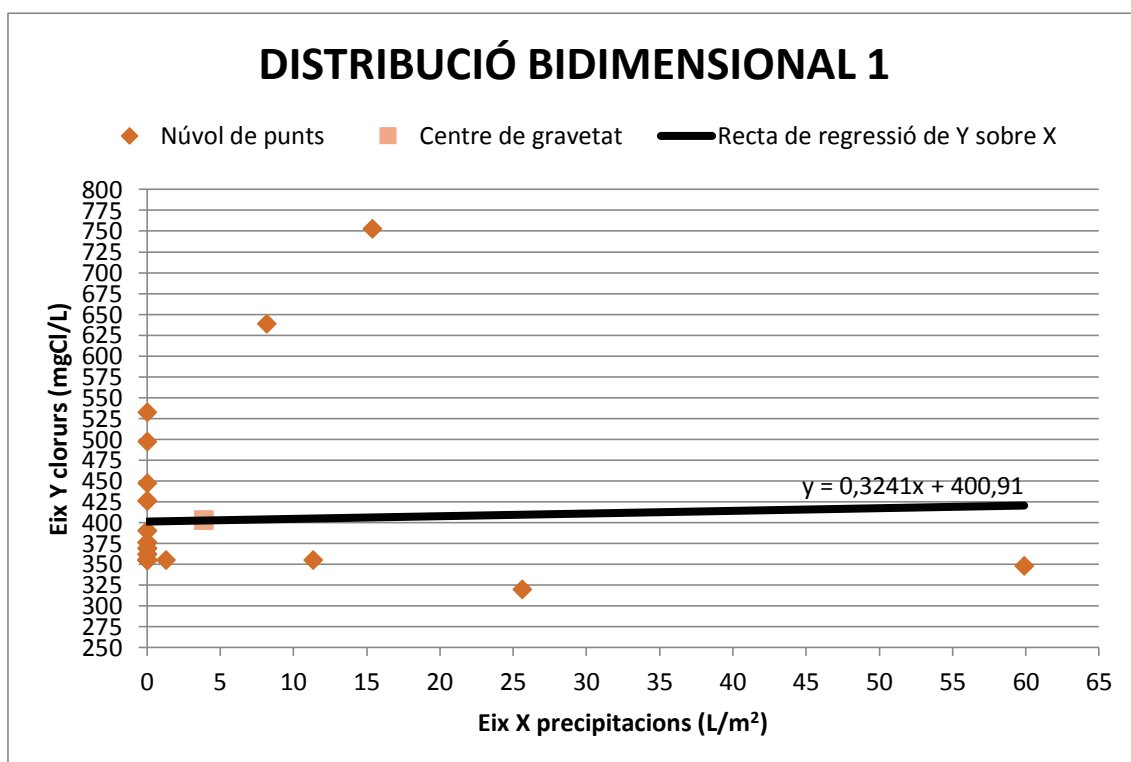
- La de Y sobre X tenim que la y és igual a la mitjana de les y més el resultat de multiplicar el coeficient de regressió (relació entre la covariància i la desviació típica de x al quadrat ( $\sigma_x^2$ )) per la resta d'una x desconeguda menys la mitjana de les x. Després es fan els càlculs necessaris i ja tenim l'equació de la recta de regressió de Y sobre X. Substituint la x per un nombre qualsevol pots saber la y que tindria en aquesta recta. Però si la correlació no és forta, aquesta estimació no serà del tot fiable.

$$y = \bar{y} + \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2} (x - \bar{x})$$

- La de X sobre Y, tenim que la y és igual a la mitjana de les y més el resultat de multiplicar la desviació típica de y al quadrat ( $\sigma_y^2$ ) entre la covariància, per la resta d'una x desconeguda menys la mitjana de les x. Efectuem els càlculs necessaris i obtenim l'equació de la recta de X sobre Y.

$$y = \bar{y} + \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{xy}} (x - \bar{x})$$

Gràfic 2:



En aquesta primera distribució bidimensional hem relacionat les pluges caigudes a Súria i a Cardona (conjunt pluges de la taula "Recollida de Dades") de cada dia del mes de Juliol i els mg Cl/L obtinguts diàriament durant aquest mes. Hem agafat el sumatori per dia de pluges a Cardona i Súria, ja que el que volem observar és quina relació hi ha entre les precipitacions quan actuen sobre els runams salins d'aquests dos municipis en relació amb els nivells de clorurs observats al riu Cardener en el seu pas per Sant Joan de Vilatorrada.

En aquest gràfic, podem observar a l'eix X el conjunt de pluges (variable independent) i l'eix Y els nivells de clorurs (variable dependent). Per així poder estudiar la possible relació entre aquestes dues variables on els mg Cl/L depenen de les pluges.

Un cop fet tot l'estudi estadístic d'aquesta distribució bidimensional obtenim els resultats següents:

Mitjana de les X=	3,92
Mitjana de les Y=	402,18
Covariància=	43,88
Correlació=	0,04
Centre de gravetat=	(3,92;402,18)
Desviació típica de les X=	11,64
Desviació típica de les Y=	89,98

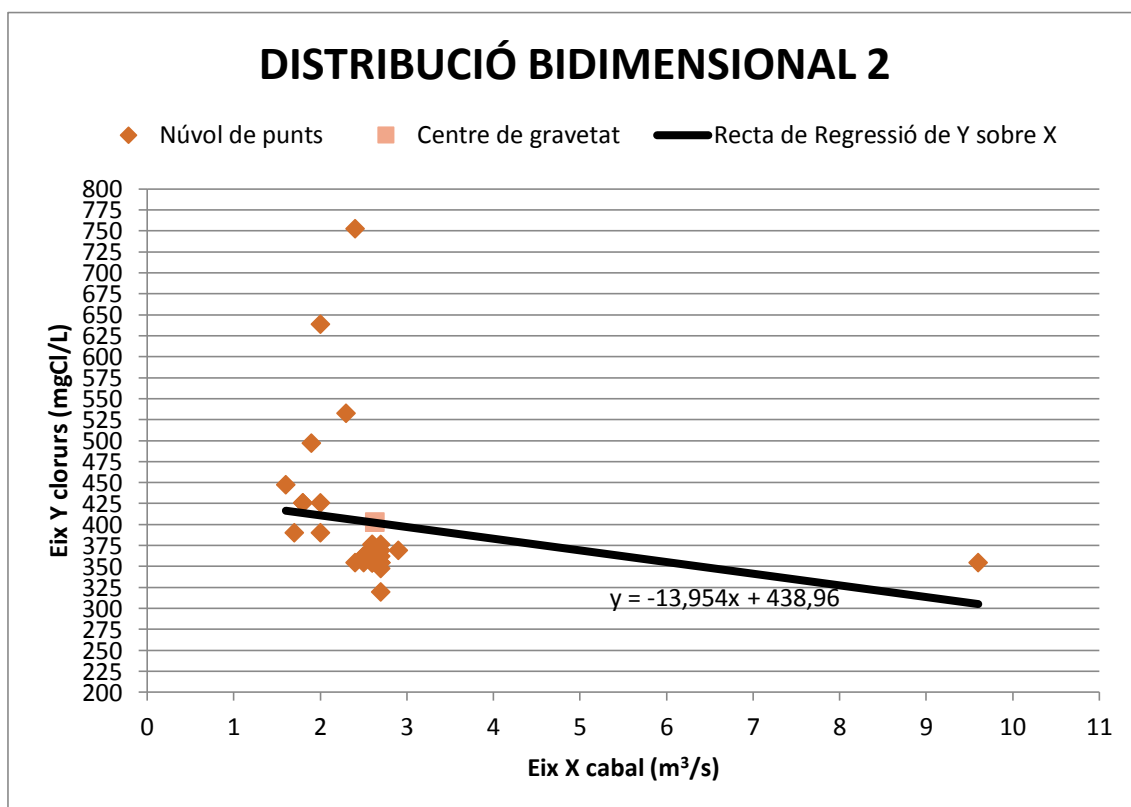
A partir d'aquest estudi podem veure que la mitjana del conjunt de pluges per dia es de 3,92 mm. Això ens afirma que aquest mes de Juliol va ser un mes molt sec. La correlació, relació entre les dues variables estudiades, és de 0,04. Al ser positiva, ens indica que com més elevades siguin les precipitacions més augmentarien els nivells de clorurs. Tot i que aquest augment és molt feble ja que la correlació és molt baixa. A més a més, podem observar la recta de regressió de Y sobre X (equació d'aquesta recta:  $y = 0,3241x + 400,91$ ) on ens mostra la tendència i ens reafirma que al augmentar les precipitacions, augmenten els nivells de clorurs.

Però, creiem que aquesta correlació seria molt més forta i la recta de regressió amb major pendent si s'observés la relació entre aquestes variables en un mes plujós. Perquè, en el nostre cas, hem obtingut molts dies 0 mm com a resultat de les precipitacions. I, això provoca clarament que la correlació sigui molt més feble i que la recta de regressió no sigui tan pronunciada.

Creiem que aquesta explicació és possible. Ja que si les precipitacions sobre els runams fossin majors, es produirien més infiltracions i, per tant; els nivells de clorurs augmentarien riu avall. Però el que succeeix en un mes sec, com aquest mes de Juliol del 2015, és que les precipitacions són tan febles que abans de que l'aigua pugui arribar a infiltrar-se a profunditat, les molècules d'aigua ja s'han evaporat. Tot i que l'escolament, una altra manera de contaminació de les aigües superficials, segueix sent present. En canvi, si hi ha fortes precipitacions o precipitacions continuades, el que succeeix és que els runams estan més humits i l'aigua pot arribar a infiltrar-se tot contaminant aqüífers, pous, rius, etc. Aquesta explicació la podem afirmar ja que hi ha molts estudis fets que afirmen aquest comportament de l'aigua quan precipita sobre els runams salins.

Per tant, podem afirmar que hi ha una relació clara entre les pluges i els nivells de clorurs. Tot i que en la nostra observació aquesta relació és molt feble.

Gràfic 3:



En aquesta segona distribució bidimensional hem agafat com a variable independent el cabal del riu Cardener pel seu pas per Súrria i no el cabal del riu en el seu pas per Sant Joan ja que no

hi ha cap cabina de l'Agència Catalana de l'Aigua en el transcurs del Cardener en el seu pas per Sant Joan de Vilatorrada. Per tant, les dades de Súria són les més aproximades que hem trobat respecte Sant Joan. I, agafant les dades del cabal del Cardener en el seu pas per aquest municipi i no en el seu pas per Sant Joan, s'ha de tenir en compte que estem cometent un error d'un 14,15%. Demostració de com hem calculat aquest error:

- El riu Cardener, des del seu naixement fins que desemboca al Llobregat a l'alçada del municipi de Castellgalí, fa un recorregut d'uns 106km. De Sant Joan de Vilatorrada fins a Súria hi ha uns 15 km aproximadament, per tant; amb una senzilla regla de tres (o factor de conversió) podem saber l'error que cometem en agafar les dades del cabal del riu Cardener en el seu pas per Súria i no en el seu pas per Sant Joan.

$$15\text{Km} \cdot \frac{100\%}{106\text{Km}} = 14,15 \%$$

Per altra banda, com a variable dependent hem agafat els nivells de clorurs de l'aigua del Cardener a Sant Joan de Vilatorrada. La raó per la qual vàrem arribar a agafar aquestes variables va ser perquè vam pensar que hi podia haver una relació.

Un cop fet tot l'estudi estadístic d'aquesta distribució bidimensional obtenim els resultats següents:

Mitjana de les X=	2,64
Mitjana de les Y=	402,18
Covariància=	-24,30
Correlació=	-0,20
Centre de gravetat=	(2,64;402,18)
Desviació típica de les X=	1,32
Desviació típica de les Y=	89,98

A partir d'aquest estudi podem observar que el cabal és molt estable tenint uns nivells mitjans d'uns 2,64 m<sup>3</sup>/s. Exceptuant un dia que fou d'uns 10 m<sup>3</sup>/s i altres dies on el cabal del riu Cardener va ser inferiors a 2m<sup>3</sup>/s.

Observant la taula de "Recollida de dades", ens podem adonar que el cabal màxim és mesurat el dia 21 de Juliol i que justament el dia anterior va ploure bastant. Per tant, aquest augment del cabal podria haver estat causat per les precipitacions del dia 21. Però en altres casos pot ser que els dies posterior de que hi hagin hagut petites precipitacions el cabal no augmenti i

segueixi estant en un nivell mitjà. Nosaltres creiem que aquestes irregularitats són fruit de l'activitat dels 2 pantans que hi ha situats riu amunt (el de la Llosa del Cavall i el de Sant Ponç), on la seva funció principal és la regulació del cabal.

Per altra banda, suposem per un moment que no hi hagués presència de cap tipus de pantà riu amunt. El que succeiria, relacionant-ho amb la salinitat de l'aigua del riu Cardener, és que el Cardener portaria menys quantitat d'aigua en èpoques de sequera i, per tant; està clar que els nivells de clorurs augmentarien notablement. En canvi, amb la presència de pantans el que succeeix és que al regular el cabal, aquests pantans actuen indirectament com a reguladors dels nivells de clorurs de les aigües avall del riu Cardener. Ja que al fer que la quantitat d'aigua que porta el Cardener sigui regular i no amb grans disminucions en èpoques de sequera i augmentos en èpoques plujoses, produeix una regulació dels nivells de clorurs.

Per tant, està clar que la presència d'aquests pantans reguladors ens aporten un benefici molt elevat. Ja que si no hi hagués aquests pantans reguladors en èpoques de sequera pel riu Cardener i circularia menys quantitat d'aigua i, per tant, augmentarien clarament els nivells de clorurs ja que aquests no estarien tan diluïts. És a dir, els rius estarien encara més contaminats, no només per nivells altíssim de clorurs sinó també per la presència d'altres contaminant.

Per altra banda el que ens mostra aquesta gràfica, com és lògic i ja hem comentat, és que quan augmenta el cabal el que succeeix és que disminueixin els nivells de mg/L de clorurs.

La correlació d'aquestes variables és de -0,2 això ens indica que, com ja hem dit anteriorment, hi ha una relació entre el cabal i els mg Cl/L però és feble. Ja que aquesta correlació no és molt alta, per tant; això ens indica que no hi ha una relació molt forta entre aquestes dues variables estudiades. Creiem que això és degut ja que algunes dies augmentaven els nivells de clorurs sense disminuir el cabal al estar regularitzat pels pantans riu amunt.

La recta de regressió es regeix per l'equació  $y = -13,954x + 438,96$ , com podem veure al gràfic superior. Aquesta recta de regressió té una tendència decreixent, això ens acaba de confirmar el que dèiem anteriorment: al augmentar el cabal, disminueixen els nivells de clorurs.

## **8. VERIFICACIÓ DE LA HIPÒTESI**

La hipòtesi d'aquest treball de recerca: "Les mesures per evitar la salinització del riu Cardener que prenen des d'Iberpotash (filial de la gran multinacional ICL-Iberia) no són prou efectives, i ho comprovarem en un tram del riu en el seu pas per St. Joan de Vilatorrada.", no podem

falsar-la però tampoc podem afirmar-ne completament la seva validesa a partir de l'estudi que hem realitzat.

Hem arribat a aquest conclusió ja que els nivells de clorurs del riu Cardener no depenen únicament de la gestió que duu a terme la multinacional ICL-Iberpotash de les explotacions mineres i dels residus salins que hi ha riu a munt (Súria: explotació activa d'Iberpotash i Cardona: només explotació activa d'Ercros dels runams). És a dir, la salinitat del riu Cardener depèn d'altres factors com: factors antròpics (l'agricultura intensiva que es duu a terme pels humans, provoca una salinització del sòl i a partir del continu reg o de la pluja tot l'excés d'anions clor va a parar al riu per escolament) i factors naturals, principalment la naturalesa del riu Cardener en presència d'ions clor com a conseqüència de tenir contacte amb estrats salins.

Per tant, podem veure clarament que aquest tema és molt complex. Però un fet que podem afirmar amb tota seguretat és que l'aigua del riu Cardener a Sant Joan de Vilatorrada no és apte pel consum domèstic. Perquè, com podem veure a partir del nostre petit treball d'anàlisi, els nivells de clorurs sobrepassen tots els dies el límit màxim de 250 mg Cl/L establert pel Reial Decret 140/2003. És a dir, que no es pot considerar l'aigua del riu Cardener potable pel consum humà. A més a més, el nostre estudi registra un episodi de major contaminació salina el dia 22 de juliol de 2015 que ningú més ha documentat; el que comporta que hi deuria haver alguna incidència o mala acció a Súria o a Cardona o en algun tram del col·lector de salmorres.

### **III. CONCLUSIONS I BIBLIOGRAFIA**

#### **9. CONCLUSIONS**

La idea principal d'aquest treball de recerca era intentar falsar la hipòtesi creada a partir de la recerca d'informació, tot buscant quin era el problema i la causa de la salinitat del riu Cardener a Sant Joan de Vilatorrada. Per tant, el problema era els alts nivells de clorurs que presentava el riu Cardener en aquest tram (ho vàrem investigar duent a terme un treball de camp) i, la possible explicació d'aquest fet, vam pensar que era degut a que ICL-Iberpotash no prenia les mesures suficients per evitar la salinització del riu Cardener.

El desenvolupament d'aquest treball ha sigut fonamentalment positiu, ja que hi ha hagut una permanent excel·lent comunicació i bona relació tant amb la nostra tutora, com entre els dos membres d'aquest treball. Trobem que aquest punt és de gran importància, ja que és

imprescindible saber treballar en grup en qualsevol àmbit. A més a més, hem après a fer un treball de camp correctament, de gran importància en el món de les ciències. Com a aspectes negatius, personalment creiem que el treball de recerca que actualment es duu a terme a segon de batxillerat, seria més adequat fer-lo a primer com es fa en molts altres instituts. Ja que creiem que el primer curs d'aquest cicle podries dedicar-li encara més temps.

En conclusió, creiem que Iberpotash és majoritàriament el responsable de la contaminació salina del riu Cardener i, a més a més, no pren les mesures necessàries per reduir-ne aquests alts nivells de clorurs que, per exemple; hem pogut observar a Sant Joan. Tot i que no ho podem afirmar amb una seguretat absoluta, ja que el nostre petit estudi no ho pot demostrar. Però sí que podem afirmar que les empreses mineres són les responsables de la contaminació dels nostres rius. Fet que queda demostrat quan durant la Guerra Civil espanyola les explotacions mineres van romandre aturades i els nivells de clorurs del riu Llobregat i Cardener van disminuir notablement. Però quan van tornar a l'activitat, aquests nivells van tornar a augmentar. Per tant, aquest fet històric ens demostra amb certesa que les explotacions mineres provoquen una major salinitat tant del riu Llobregat com del Cardener. Aquesta darrera informació l'hem extreta del llibre "Rius de Sal".

## **10. AGRAÏMENTS**

Aquest treball de recerca ha estat possible gràcies principalment a la nostra tutora, ja que ens ha ajudat i ens ha guiat en tot moment. A més a més, agrair a l'institut, per deixar-nos el material que hem necessitat per duu a terme el treball de camp. També donar les gràcies a la farmàcia Aranalde per deixar-nos tires de pH i a la farmàcia Calduch per cedir-nos el seu laboratori per duu a terme la dissolució del nitrat de plata. També volem donar les gràcies a *MontSalat*, en especial al Jordi Badia, per publicar-nos els nostres resultats a la web de *MontSalat* i al mitjà digital de comunicació *Vila-torrada* per dedicar-nos una breu notícia explicant la feina que hem fet. Finalment, agrair també a l'Isidre Massana i al Ramon Vilajosana, responsables de les estacions meteorològiques automàtiques de Súria i Cardona respectivament, per facilitar-nos les dades de precipitacions de Súria i Cardona ja que aquestes no apareixien directament a la pàgina web de meteorològic.

## **11. BIBLIOGRAFIA**

- Agència Catalana de l'Aigua. [http://aca-web.gencat.cat/aetr/aetr2/UII/aetr\\_app?TAB=dades#](http://aca-web.gencat.cat/aetr/aetr2/UII/aetr_app?TAB=dades#) (Consulta: 2 de setembre del 2015).
- Arias Cabezas, J.M. "Excel aplicado a estadística bidimensional." <http://www.educa2.madrid.org/web/educamadrid/principal/files/34b0304e-7fce-4b92-875e-b0c7711e9926/RECURSOS/CURSOS/CIENCIAS/MATEMATICA/WIRIS/8.1.pdf?t=1352472240714> (Consulta: 10 de setembre del 2015).
- Bola, A. "Determinación de cloruros por argentometría." <http://arturobola.tripod.com/cloru.htm> (Consulta: 22 de setembre del 2015).
- CEPA Projectes. "Què hi ha darrera l'aigua que bevem?." YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=m5iAUJ4U1tk> (Consulta: 4 de novembre del 2015).
- Colera, J., Oliveira, M.J., García, R. i Santaella, E. Ciències i Tecnologia, Matemàtiques 1r Batxillerat. Editorial Barcanova. (Consulta: 15 d'agost del 2015).
- Condorchem envitech "Electrodíalisis-tratamiento de aguas residuales." <http://blog.condorchem.com/tag/electrodialisis/> (Consulta: 7 de desembre del 2015).
- Dades de l'estació meteorològica automàtica de Cardona. <http://meteo.pinalllet.com> (Consulta: 11 d'agost del 2015).
- Dades de l'estació meteorològica automàtica de Súria. <http://www.meteosuria.com> (Consulta: 10 d'agost del 2015).
- Espanya. Reial Decret 140/2003, de 7 de febrer, pel qual s'estableixen els criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua de consum humà. BOE 45, 21 de febrer del 2003, núm. 3596, pàg. 7228-7245. [http://www.msssi.gob.es/ca/profesionales/saludPublica/docs/rd\\_140\\_2003.pdf](http://www.msssi.gob.es/ca/profesionales/saludPublica/docs/rd_140_2003.pdf) (Consulta: 16 d'octubre del 2015).
- FísicaNet. Química-analítica: determinació de clorurs en una mostra aquosa a través dels mètodes de precipitació Mohr i Volhard. [http://www.fisicanet.com.ar/quimica/analitica/lb01\\_mohr\\_volhard.php](http://www.fisicanet.com.ar/quimica/analitica/lb01_mohr_volhard.php) (Consulta: 30 de juliol del 2015).
- Gibaja Martíns, J. J. "[ML-3] Ejemplo de covarianza y correlación." YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=xKzze0nTD0g> (Consulta: 1 de setembre del 2015).



- Gorostiza, S., Honey-Rosés, J. i Lloret Ríos, R. (març 2015). Rius de Sal: una visió històrica de la salinització dels rius Llobregat i Cardener durant el segle XX. Barcelona: Editorial Llobregat-Centre d'Estudis Comarcals del Baix Llobregat. (Consulta: 13 de juliol del 2015).
- Hernandez Amaro, R. "Práctica 2: Determinación de cloruros." <http://sayuriatzin.blogspot.com.es/2012/03/practica-2.html?m=1> (Consulta: 25 d'octubre del 2015).
- ICL Iberia-Iberpotash. <http://www.icliberia.com/> (Consulta: 23 d'Octubre del 2015).
- "La Guía, Química. Método de Mohr." <http://quimica.laguia2000.com/quimica-organica/quimica-analitica/metodo-de-mohr> (Consulta: 20 d'agost del 2015).
- La premsa del Baix. Es fa públic la segona fase del nou col·lector de salmorres. <http://lapremadelbaix.es/societat-1/es-fa-public-la-segona-fase-del-nou-col-lector-de-salmorres.html> (Consulta: 4 de desembre del 2015).
- Lenntech. "Nitratos en el agua potable: efectos sobre la salud." <http://www.lenntech.es/nitratos.htm> (Consulta: 15 d'octubre del 2015).
- MontSalat. <http://www.lasequia.cat/montsalat/> (Consulta: 4 de setembre del 2015).
- Palacín, P., Baras, E. i Cornudella, T. La mineria i el seu context: legislació, sostenibilitat i formació. Taula rodona: tercera Jornada organitzada per ProMineria a la universitat Politècnica de Manresa. (Consulta: 29 de juny del 2015).
- Pantoja, C. Desactivació de residus. [https://prezi.com/rzapen-a\\_tgz/desactivacion-de-residuos/](https://prezi.com/rzapen-a_tgz/desactivacion-de-residuos/) (Consulta: 3 de setembre del 2015).
- Plataforma Prou Sal!. <http://www.prousal.org/index.php?lang=es> (Consulta: 12 d'agost del 2015).
- Reverte, P. El reporting de la informació corporativa com eina de gestió. L'exemple de la Memòria de Sostenibilitat d'Iberpotash. Ponència: segona Jornada organitzada per ProMineria a la universitat Politècnica de Manresa. (Consulta: 22 de juny del 2015).
- Rodríguez Díaz, F. "Matemáticas i educación matemática." <http://frodriiguezdiaz.blogspot.com.es/2008/11/histograma-o-diagrama-de-barras.html> (Consulta: 7 de setembre del 2015).
- Rovira Fernández, M. (2008). La conca salina del Bages i la qualitat de l'aigua del Llobregat. Tesi doctoral. Manresa: Universitat Politècnica de Catalunya. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6994/01Mrf01de02.pdf;jsessionid=E6E795C47DC82089C96491C19054C878.tdx1?sequence=1> (Consulta: 3 de juliol del 2015).

- Salvador Heres, C. "Recta de regresión lineal en Excel." YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ekr4GNIUY4A> (Consulta: 1 de setembre del 2015).
- Suport Microsoft open office. "Agregar un título de gráfico manualmente." <https://support.office.com/es-es/article/Agregar-o-quitar-t%C3%ADtulos-en-un-gr%C3%A1fico-4cf3c009-1482-4908-922a-997c32ea8250?CorrelationId=c32a0ce1-f734-4c05-aa11-c83d472dc962&ui=es-ES&rs=es-ES&ad=ES#b Maddaxistitle> (Consulta: 7 de setembre del 2015).
- Universitat del Cauca "Para estudiantes de química." <http://www.informesquimica.web44.net/informes.html> (Consulta: 23 de setembre del 2015).
- Universitat de Múrcia. "Equilibrios y volumetrías de precipitación." <http://ocw.um.es/ciencias/analisis-quimico/material-de-clase-1/tema-7.pdf> (Consulta: 10 de setembre del 2015).
- Universitat Politècnica de Madrid. "Determinación del contenido de cloruros de agua: Método de Mohr." YouTube. <http://m.youtube.com/watch?v=laT7Q4N3uQY> (Consulta: 4 d'agost del 2015).
- Universitat Politècnica de València. "Cómo citar la bibliografía en los trabajos académicos." <https://www.upv.es/entidades/ADE/infoweb/fade/info/U0655397.pdf> (Consulta: 5 de diciembre del 2015).
- Universitat Rovira i Virgili. Mòdul desenvolupament sostenible. [http://www.desenvolupamentsostenible.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4511&Itemid=511&lang=ca](http://www.desenvolupamentsostenible.org/index.php?option=com_content&view=article&id=4511&Itemid=511&lang=ca) (Consulta: 2 de setembre del 15).
- Viquipèdia. "Argentometria." <https://ca.wikipedia.org/wiki/Argentometria> (Consulta: 10 de setembre del 2015).
- Wibly, A. "Grafico XY (dispersión) para más de una serie con EXCEL 2007." YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=CGvGvUjFcYE> (Consulta: 1 de setembre del 2015).