

Investigant la composició de les aigües del riu Llobregat

Investigating the chemical composition on the waters of Llobregat River

Clara Moreno Martín / Alumna de l'Institut Icària de Barcelona



resum

El treball realitzat és un estudi sobre la composició de les aigües del Llobregat, un dels rius més importants de Catalunya, en diferents punts del curs fluvial i el tractament d'aigües en zones properes al delta per ser subministrades posteriorment als municipis propers i retornades al riu. Té per objectiu fer una valoració final de l'estat del riu (nivell de contaminació) i conèixer les funcions de la planta potabilitzadora i la planta depuradora. S'ha cercat informació sobre paràmetres físics de les aigües, la potabilització de l'aigua a la planta de Sant Joan Despí i la depuració a la planta del Baix Llobregat i s'ha realitzat una experimentació al laboratori per estudiar cada un dels paràmetres químics seleccionats prèviament.

paraules clau

Clorurs, duresa, matèria orgànica, nitrats, pH, conductivitat.

abstract

The project is an in-depth analysis on the composition of the waters of Llobregat River, one of the most important rivers in Catalonia, in different points along its course and their treatment process in stretches located next to the delta in order to supply water to the closest towns and return it to the river. The aim of this work is to give a final assessment of the levels of pollution of the river and to understand the functions of the water treatment and purifying plant.

The river and the water purification and depuration in Baix Llobregat have been studied. Moreover, experiments have been carried out in the laboratory in order to study each one of the previously selected chemical parameters.

keywords

Chlorides, hardness, organic matter, nitrates, pH, conductivity.

Introducció

L'article explica la part experimental del meu treball de recerca de batxillerat fet l'any 2018, sobre la composició química de l'aigua del Llobregat per avaluar la seva contaminació.

Pel que fa a l'elecció del tema del treball, des del principi vaig estar molt segura que la meua investigació se situaria dins de l'àmbit científic, però dubtava si tractaria sobre física, química o biologia. A primer de batxillerat l'assignatura que més m'agradava era la química, els temes eren molt interessants i les classes es feien

molt amenes. Suposo que per això, després d'un temps dubtant, vaig decidir fer un treball de recerca dins l'àmbit de la química.

Un cop triada la matèria, havia de decidir el tema. Vaig informar-me sobre possibles projectes químics junt amb altres propostes que la tutora m'havia ofert. Va ser tot molt espontani, ja de bon principi la investigació i l'anàlisi d'aigües em van fer especial il·lusió per la possibilitat de visitar indrets prop del riu i plantes de tractament. També em va convèncer el contingut de la part experimental, que podria ser interessant

i entretinguda pels muntatges que calia fer i els diferents materials i reactius que s'havien d'utilitzar. En definitiva, em va semblar un treball de recerca adequat i que m'agradaria fer. La tutora del meu treball de recerca va ser Dolors Jovell Brunet, professora de l'Institut Icària, on es va realitzar aquest treball de recerca.

Pregunta de recerca i objectius del treball

La pregunta a la qual volia donar resposta va ser si el riu Llobregat estava contaminat. La meua hipòtesi apuntava a un alt

nivell de contaminació al delta del riu i tot el contrari per a les zones situades al seu naixement. Els objectius del treball són:

— Fer una comparació de les aigües del riu Llobregat entre diferents punts del seu curs fluvial basant-me, bàsicament, en diferents paràmetres químics.

— Relacionar els resultats experimentals amb el medi diferent on es troben.

— Determinar si el riu està contaminat o no, i en quin nivell, mitjançant els resultats obtinguts.

Paràmetres químics escollits per a l'estudi

Després d'haver fet una recerca sobre el Llobregat i investigar com es fan els processos d'anàlisi d'aigües vaig triar d'estudiar els paràmetres químics següents perquè em van semblar molt profitosos a l'hora d'extreure informació de l'estat de les aigües i perquè s'adequaven millor al material del qual disposava. Aquests paràmetres van ser la concentració de clorurs, la duresa de l'aigua, la determinació de la quantitat d'oxigen en l'aigua, la concentració de nitrats, el pH i la conductivitat.

— Els clorurs (Cl^-) són uns dels ions principals dissolts a l'aigua del riu, per això crec que convé analitzar la seva presència. Les aigües naturals tenen continguts de clorurs molt variables depenent de les característiques del terreny per on passen. L'augment de clorurs a l'aigua pot tenir diversos orígens: infiltracions d'aigua de mar, pluges o contaminació per aigües residuals (detergents, descalcificadors...) o per abocaments industrials. A més, diversos factors com les pràctiques agrícoles i ramaderes també poden aportar més clorurs a l'aigua.

— La duresa de l'aigua està causada per la presència dels cations calci (Ca^{2+}) i magnesi (Mg^{2+}) i es determina com la

suma de la concentració d'aquests ions. Aquestes espècies químiques es troben, en gran part, juntament amb els anions carbonat (CO_3^{2-}), que en excés de diòxid de carboni (CO_2) se solubilitzen i passen a ions hidrogencarbonats (HCO_3^-). En el cas que l'aigua estigui carregada d'ions calci i magnesi i que, per tant, sigui dura, aquests interaccionen amb el sabó i provoquen que l'aigua no pugui envoltar les micel·les (sals de sodi o potassi que envolten els greixos, és a dir, la brutícia) i es formi escuma.

— La matèria orgànica (MO) és un dels contaminants més importants en els ecosistemes aquàtics perquè produeix un increment de l'activitat bacteriana. La matèria orgànica dissolta a l'aigua s'expressa com la quantitat d'oxigen que consumiria la matèria orgànica existent en un litre d'aigua.

— Els ions nitrats (NO_3^-) són oxoanions del nitrogen que es troben a les aigües naturals i en el sòl. Els ions nitrats presents a les aigües naturals provenen de la matèria orgànica descomposta al medi aquàtic per determinats bacteris. A part, i de manera externa, els ions nitrats també poden provenir d'activitats industrials, ramaderes, urbanes i agrícoles (abocaments de residus industrials, d'aigües residuals, fertilitzants, etc.). És per això que on es troben en una major concentració és en aquelles zones on l'activitat agrícola i ramadera és important, ja que s'utilitzen quantitats significatives d'adobs químics i fertilitzants i es produeixen excrements a les granges (purins). La seva presència a l'aigua no és perjudicial per a la salut si es troben en concentracions baixes. Per contra, ho és si es troben en alta concentració, a més de dificultar el procés de potabilització de l'aigua (osmosi inversa).

— El pH és una mesura del grau d'acidesa o basicitat d'una solució aquosa diluïda i indica la

concentració d'ions oxoni (H_3O^+) presents en aquest tipus de solucions. L'aigua, en el seu estat natural, presenta un pH mitjà d'entre 6,6 i 8. L'aigua amb un pH inferior a 6 (àcida) o amb un pH superior a 9 (bàsica) dificulta la vida dels organismes aquàtics i és un factor clau a l'hora de trobar un contaminant a l'aigua. Per exemple, amb un pH baix, l'aigua pot dissoldre ions metàl·lics pesants com els del plom, l'estany o la plata; mentre que amb un pH alt la majoria dels metalls pesants (amb les excepcions del mercuri i el crom) tendeixen a precipitar. Alguns factors que influeixen en els valors del pH de l'aigua són:

- La temperatura, ja que modifica la constant d'autoprotòlisi de l'aigua (K_w).

- La presència de sals procedents de cations de bases fortes i anions d'àcids febles, com el carbonat de sodi (Na_2CO_3), que augmenten el valor del pH. En el cas contrari, la presència de sals procedents de cations de bases febles i anions d'àcids forts, com el clorur d'amoni (NH_4Cl), disminueixen el valor del pH.

- La composició del sòl, que depèn del tipus de sòl i de les roques que conté, junt amb el clima i la vegetació. Els canvis de pH que ocasionen poden dificultar el creixement de les plantes.

- La contaminació per explotacions mineres o industrials de metalls o matèria orgànica.

El pH també afecta diversos processos químics i biològics en les aigües naturals com la fotosíntesi, reaccions redox, mobilitat de metalls pesants, etc. Un exemple més concret és la transferència d'un protó del catió amoni a amoníac (NH_3), que és un compost més tòxic per als éssers vius.

— La conductivitat és una mesura de la concentració d'ions que hi ha a l'aigua i es determina amb la concentració de sals que conté dissoltes. Les sals sòlides

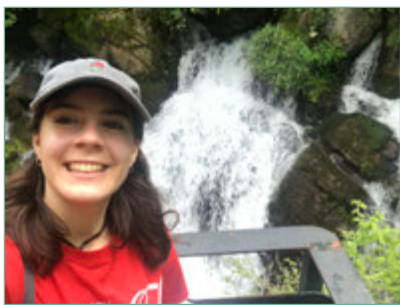


Figura 1. Naixement del riu, un dels indrets del Llobregat on es van recollir mostres d'aigua.

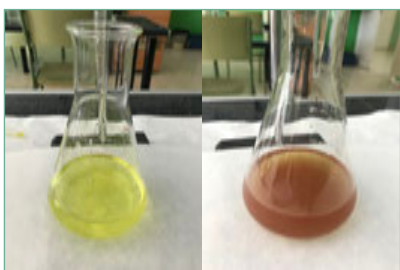


Figura 2. L'erenmeyer de la dreta mostra el punt final de la valoració de clorurs.



Figura 3. L'erenmeyer de la dreta mostra el punt final de la valoració de la duresa.

no són capaces de conduir el corrent elèctric, però sí que ho són si estan en solució aquosa, ja que els ions són partícules carregades que en moure's en una solució condueixen el corrent i, per això, com més elevada sigui la concentració de sals en l'aigua, més gran serà la seva conductivitat. Les unitats de mesura són $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsie-mens per cm). La conductivitat de la solució variarà en funció de la concentració de sals, de la mida dels ions (com menys grandària, més mobilitat), de la seva càrrega i de la temperatura. Als rius sense influència humana, la conductivitat varia segons la geologia de la conca i la

distància respecte al seu naixement, tot i que sovint no presenten valors gaire elevats. Els ions que es poden presentar són hidrogencarbonats, clorurs, sulfats i ions calci, magnesi, sodi, potassi, etc. Per contra, en aigües alterades pels humans l'alta conductivitat pot ser deguda a abocaments d'aigües residuals, ús de productes descalcificadors en les indústries o diferents usos del sòl.

Recollida de mostres d'aigua

Per obtenir les mostres a analitzar es van escollir tres indrets diferents del curs del riu.

— El naixement del riu, a Castellar de n'Hug (Fonts del Llobregat), per disposar d'una mostra de l'aigua del tram inicial (fig. 1).

— La zona de Manresa, on el riu es troba en el seu curs mitjà i diversos afluents hi han desembocat i han pogut canviar la composició de l'aigua. També és on es troben les mines de sal i potassa que poden alterar fàcilment la composició del riu.

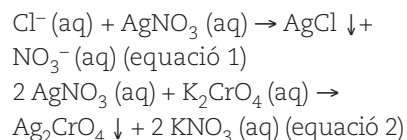
— El delta del Llobregat, al municipi del Prat de Llobregat, on el riu porta tota mena de nutrients i altres substàncies que s'han anat transportant al llarg del seu recorregut.

Mètodes analítics

1. Clorurs

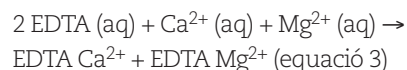
Per determinar la presència de clorurs es va utilitzar el mètode de Mohr. Els cations Ag^+ del nitrat de plata (AgNO_3) reaccionen amb els clorurs i, en esgotar-se els ions clorurs, els cations plata comencen a reaccionar amb el cromat de potassi, perquè com que la solubilitat del cromat de plata (Ag_2CrO_4) és més gran que la del clorur de plata (AgCl), aquest últim precipita primer (equació 1). Davant del primer excés de nitrat de plata afegit, el catió Ag^+ reacciona amb

el cromat de potassi, K_2CrO_4 (hi ha una concentració insuficient de Cl^- lliures en solució) i precipita el Ag_2CrO_4 , que marca així el punt final de la valoració en aparèixer un precipitat marró vermellós (equació 2) (fig. 2). Així, sabent la quantitat de nitrat de plata afegit fins al punt final, podem saber, mitjançant càlculs estequiomètrics, la concentració de clorurs que tenia l'aigua.

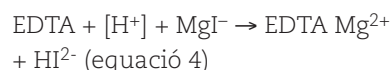


2. Duresa

Al laboratori només es mesuren les concentracions ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) de carbonat de calci. El mètode per determinar la presència d'ions Ca^{2+} i Mg^{2+} utilitza l'EDTA (àcid etilendiamintetraacètic) i el negre d'eriocrom T que forma amb el magnesi l'espècie MgI^- , que dona una coloració entre vermella i rosada a la solució. Quan s'afegeix gota a gota l'EDTA, té lloc una reacció amb els ions Ca^{2+} i Mg^{2+} de la mostra (equació 3).



Primer s'esgoten els ions calci, els quals tenen més afinitat per l'EDTA. A continuació s'esgoten els ions magnesi, fet que produeix un canvi de color al blau perquè l'EDTA «segresta» el Mg^{2+} del negre d'eriocrom T (MgI^-), responsable del color vermell-rosat (equació 4).



Sabent el volum gastat d'EDTA podem calcular la concentració de Mg^{2+} i Ca^{2+} a l'aigua analitzada.

3. Matèria orgànica (MO)

La matèria orgànica (MO) dona gust, olor i color a l'aigua.

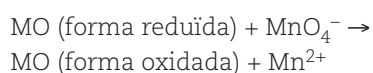


Figura 4. Kit d'anàlisi de nitrats.

S'oxida amb una solució de permanganat de potassi (KMnO_4) en calent i en medi àcid. A continuació, es valora l'anió permanganat MnO_4^- en excés amb àcid oxàlic. L'oxidabilitat és una mesura de la matèria orgànica que té l'aigua. S'ha de tenir en compte que no només la matèria orgànica consumirà MnO_4^- , sinó que també altres substàncies que es puguin reduir ho faran, per això s'anomena «oxidabilitat al permanganat».

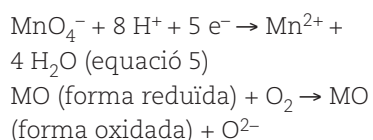
L'aigua analitzada conté matèria orgànica. El primer que aboquem al matràs és una solució d'àcid sulfúric. Aquesta substància és essencial per tal que el contingut del matràs sigui àcid i la matèria orgànica pugui ser oxidada pel permanganat de potassi.

Les reaccions que tenen lloc són:

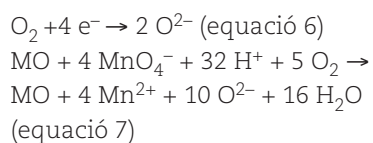


També hi ha una quantitat de MnO_4^- en excés que no ha reaccionat.

La semireacció de reducció del MnO_4^- és:



La semireacció de reducció de l'oxigen (O_2) és:



Per cada 4 mol de permanga-



Figura 5. pH-metre utilitzat.

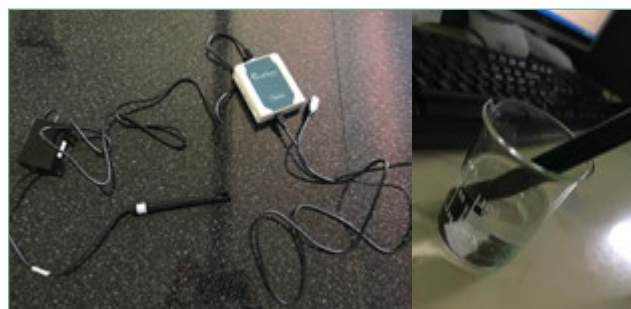
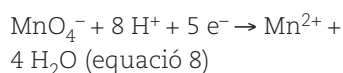


Figura 6. Sensor de conductivitat utilitzat.

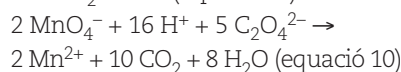
nat que oxiden la matèria orgànica, 5 mol d'oxigen (O_2) també oxiden la matèria orgànica, com es mostra en l'equació 7.

El MnO_4^- de la reacció en excés que no ha reaccionat amb la matèria orgànica es redueix posteriorment amb l'àcid oxàlic $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, el qual també s'afegeix en excés.

Semireacció de reducció:



Semireacció d'oxidació: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2 \text{e}^-$ (equació 9)



De la mateixa manera, la quantitat d'àcid oxàlic en excés que no ha reaccionat es valora després amb el permanganat de potassi.

Seguint les reaccions anteriors, podrem arribar a calcular els mil·ligrams d'oxigen que hi ha en els 100 mL de la mostra a partir del volum de permanganat de potassi que ha reaccionat amb l'àcid oxàlic en excés.

4. Nitrats

Els ions nitrat (NO_3^-) es redueixen a ions nitrit (NO_2^-) en medi àcid. Aquests formen, amb una amina aromàtica adequada, un colorant nitrogenat de color groc ataronjat en què es basa la valoració. Per a la determinació de nitrats vaig fer ús d'un kit d'anàlisi de nitrats (fig. 4) que

permet obtenir els valors per colorimetria.

5. Mesura del pH

El pH-metre utilitzat per mesurar el pH (fig. 5) determina la concentració dels ions oxoni mitjançant la diferència de potencial entre dos elèctrodes: un de referència amb un pH intern estable i un altre de vidre que és sensible a l'ió oxoni.

6. Conductivitat

La conductivitat es mesura amb el conductímetre. És un aparell que pot detectar la intensitat del corrent elèctric que travessa la solució on estan submergits els dos elèctrodes, separats una certa distància fixa. Els ions es mouen en sentits diferents, en funció del signe de la seva càrrega, sota l'acció del camp elèctric produït per la diferència de potencial aplicada entre aquests dos elèctrodes. Les dades són directament recopilades pel programa de l'ordinador per poder ser comparades. Un cop hem obtingut el valor de la conductivitat, utilitzant un sensor de conductivitat, es multiplica per una constant (A), que depèn de la temperatura, per obtenir la mineralització de l'aigua.

Resultats

Els resultats obtinguts dels diferents paràmetres analitzats es poden observar en els gràfics que inclou la fig. 7. En els gràfics es

mostren les concentracions expressades en mg/L de clorurs, ions calci (duresa), matèria orgànica, nitrats i mineralització i pH (com que els valors de matèria orgànica i nitrats són molt petits respecte a l'escala representada, se'n pot observar una ampliació a la part superior del gràfic). Per a cada mostra d'aigua es van efectuar tres valoracions i es va calcular la mitjana que es va prendre com a resultat.

La duresa pren valors de 180 a gairebé 300 mg de CaCO_3/L , és a dir, és una aigua tova al principi i mitjana i força dura en trams posteriors. Els valors calculats d'oxigen en l'anàlisi de matèria orgànica són d'1,5 a 4 mg O_2/L aproximadament, que corresponen a no contaminació. Els nitrats prenen valors d'1 a 10 mg NO_3^-/L , que també corresponen a no contaminació. El pH es manté molt estable en els punts de mostreig analitzats. La conductivitat té un valor mitjà per als primers dos punts de mostreig (A i B) que no supera els 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mentre que és alta als dos últims punts de mostreig (C i D), amb valors propers a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Discussió dels resultats

El riu presenta unes aigües amb una composició força diferent entre els trams més propers al naixement (aigües menys contaminades) i els trams més propers al delta (aigües amb valors de concentració més elevada de clorurs, nitrats, matèria orgànica, etc.). El patró seguit per als valors de cada paràmetre és de valors més baixos al principi i més alts a mesura que avança el curs del riu. Els motius són exclusius per a cada paràmetre químic. Tot seguit es comenten per a cadascun dels paràmetres.

— Els clorurs prenen valors de 27 a 172 mg/L, la qual cosa no denota contaminació. Tampoc sobrepassen el límit establert pel

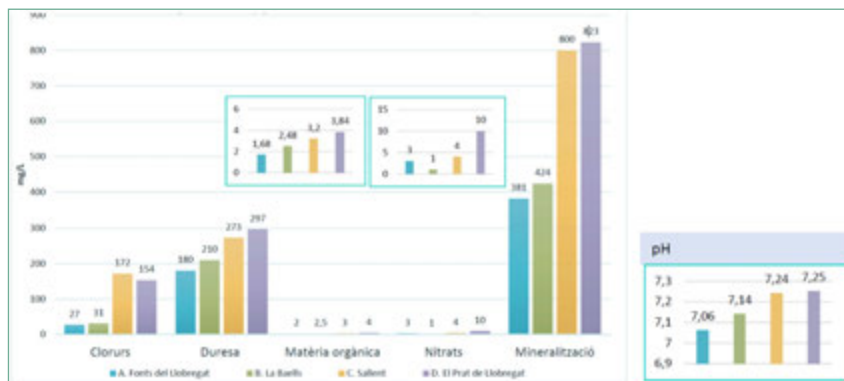


Figura 7. Gràfics de resultats dels quatre punts de mostreig (A, B, C i D): clorurs, duresa, matèria orgànica, nitrats, mineralització i pH.

Reial Decret 140/2003 que recomana que per a l'aigua d'ús quotidià en tingui una quantitat inferior als 250 mg/L. La quantitat de clorurs a l'aigua del Llobregat va augmentant al llarg del curs del riu, amb valors que van creixent respecte als anteriors. Al naixement el nivell de clorurs és baix, dada que suggereix la puresa que presenta el riu en aquest punt. En el seu curs mitjà el riu Llobregat pateix avui una font peculiar de contaminació deguda als residus de les mines de potassa (KCl) de Cardona, Súria i Sallent. És d'aquest últim punt d'on vaig agafar la mostra C (Sallent), fet que explica que la salinitat del riu sigui força elevada. El valor de clorurs és màxim en el punt C. La quantitat de clorurs disminueix en el punt D (el Prat de Llobregat), si bé continua tenint un valor força elevat en comparació amb els punts A (Fonts del Llobregat) i B (la Baells).

— Pel que fa a la duresa, en els dos primers punts de mostreig trobem una aigua semidura ja que la concentració de CaCO_3 és inferior a 219 mg/L i la qualitat de l'aigua és bona. En els punts de mostreig C i D l'aigua és força dura, ja que presenta una concentració elevada de CaCO_3 , i la qualitat de l'aigua és mitjana. El fet que la duresa de l'aigua augmenti des del punt de mos-

treig C fins al punt de mostreig D pot ser degut a la influència del mar en el darrer cas, o a l'abocament involuntari d'alguns productes agrícoles o d'aigües residuals. Els valors, però, es mantenen per sota del límit establert (550 mg de CaCO_3/L).

— Pel que fa a la matèria orgànica, s'observa que va augmentant al llarg dels quatre punts de mostreig del curs del riu Llobregat. Al naixement el nivell d'oxigen calculat després de les valoracions és baix, mostrant de nou la puresa que presenta el riu en aquest punt i la poca quantitat de matèria orgànica que conté. En el seu curs mitjà la quantitat de matèria orgànica augmenta fins a arribar a la desembocadura, que és on s'assoleix el punt màxim. És a dir, la zona del delta és la que conté més compostos orgànics i és, probablement, on predomina més l'activitat bacteriana. No obstant, cap de les mostres supera els 5 mg O_2/L màxims, i per tant l'aigua és apta per al consum humà.

— La quantitat de nitrats a l'aigua del Llobregat correspon a valors que trobem en aigües no contaminades (inferiors a 10 mg/L, el valor òptim per a la vida dels éssers vius). No se supera tampoc el valor màxim de 50 mg/L de NO_3^- establert pel Reial Decret. Els valors van augmentant al llarg del curs del riu, amb l'excepció

del lloc del naixement, que presenta una quantitat relativament alta respecte a trams posteriors. Aquest fet pot ser degut als bacteris que descomponen la matèria orgànica i que viuen en aquest primer tram del riu, o també pot ser degut al tipus de terreny de la zona, on s'hi poden trobar afloraments de margues, gresos i guixos. En el seu curs mitjà la quantitat de nitrats torna a disminuir en el punt B i augmenta fins a arribar a la desembocadura, que és on s'assoleix el punt màxim i on, probablement, s'han anat acumulant els diferents productes de granges sumant-hi l'activitat bacteriana.

— El valor de pH és lleugerament més alt en les aigües més properes al delta, tot i que els valors de pH en els quatre punts de mostreig han estat molt propers a 7. El pH pren valors de 7,06 a 7,25. Aquests valors són òptims per al medi aquàtic i per al consum humà, ja que se situen dins del marge de pH establert pel Reial Decret, de 6,5 a 9,5. Els canvis poden ser deguts a possibles abocaments de residus o a processos biològics al llarg del curs del riu.

— La conductivitat en cap punt no supera el màxim establert, que són 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Per a zones més properes al naixement, la mineralització és mitjana, i una mica més baixa al lloc d'origen. Probablement això deu ser degut a la geologia de la zona i als minerals presents. En el curs mitjà, i per influència de les mines salines, com ja havíem esmentat anteriorment, el nivell de sals a l'aigua puja considerablement fins a valors propis d'una mineralització alta.

Conclusió

Es pot afirmar que els valors dels diferents paràmetres estudiats en les aigües del riu

no arriben a xifres suficientment elevades com per considerar que es tracti d'un cas de contaminació. Per altra banda, s'han comparat els resultats amb valors més sòlids obtinguts per entitats dedicades a l'anàlisi d'aigües, com és l'Agència Catalana de l'Aigua, i es pot afirmar que els nostres valors no s'allunyen de la mitjana i encaixen amb els que es podia esperar. Malgrat tot, l'experimentació s'hauria pogut dur a terme millor i de forma més ampliada si s'hagués disposat de més temps. Les explicacions i interpretacions dels resultats giren en tots els casos al voltant d'unes mateixes raons, que són el transport i l'acumulació de diferents substàncies del terreny o de l'exterior, així com l'abundància d'indústries, granges i abocaments en trams més avançats del riu.

Valoració

Un cop acabat el treball de recerca i assolits els objectius plantejats, em vaig adonar de com havia gaudit del temps que hi havia dedicat. La investigació de la part teòrica em va semblar, en un primer moment, fatigosa, però al mateix temps va ser molt interessant pel fet d'investigar el curs del riu Llobregat per saber d'on extreure les mostres o buscar informació sobre el procés de depuració i potabilització de l'aigua. Cada apartat del treball em va cridar l'atenció per algun aspecte i això va permetre que la recerca m'agradés molt i m'aportés molt d'aprenentatge pel que fa a la química i a l'entorn mediambiental.

A nivell personal vaig adquirir molta autonomia, i vaig saber mantenir un ritme de treball adient al llarg de l'any, cosa que no sempre aconseguixo. Vaig aprendre a treballar al laboratori tot utilitzant el material adequat i

també vaig adquirir certa facilitat per redactar documents llargs amb l'ordinador. M'emporto, en general, moltes experiències i coneixements que fan que, en definitiva, estigui contenta i satisfeta amb tota la feina i treball fets.

Referències

- FUNDACIÓ AGBAR (2004). *El Baix Llobregat: història i actualitat ambiental d'un riu*.
- CENTRE DE L'AIGUA DE CAN FONT (2007). *Anàlisi d'aigües* [en línia]. <<http://docplayer.es/72369467-Analisi-d-aigues-centre-de-l-aigua-de-can-font-autors-anna-closes-i-nunez-jaume-pont-serra-agrain-la-col-laboracio-de.html>> [Consulta: 30 maig 2020].
- ARDERIU I ROMERO, M. (2012). *La química ens ajuda: Be SOS*. INS Icària.
- EL LLOBREGAT. *Llobregat SOS*tenible [en línia]. <<https://www.elllobregat.com/noticia/6594/historia/el-riu-lobregat.html>> [Consulta: 30 maig 2020].
- VIQUIPÈDIA. *Fonts del Llobregat* [en línia]. <https://ca.wikipedia.org/wiki/Fonts_del_Llobregat> [Consulta: 30 maig 2020].
- VIQUIPÈDIA. *Delta del Llobregat* [en línia]. <https://ca.wikipedia.org/wiki/Delta_del_Llobregat> [Consulta: 30 maig 2020].



Clara Moreno Martín

Ha estat alumna de l'Institut Icària de Barcelona. Actualment estudia enginyeria biomèdica a la Universitat de Barcelona. A/e: claramoreno.m@gmail.com