

# Treballs de recerca en química en un centre de secundària

Chemistry research work at a secondary school

Anicet Cusialls Manonelles / Institut Guindàvols, Lleida



## resum

A partir de l'anàlisi de tres exemples de treballs de recerca en l'àmbit de la química realitzats a l'INS Guindàvols s'intenta evidenciar que és possible fer una bona recerca amb materials senzills que estan a l'abast dels centres. També es donen pautes perquè el guiatge de la recerca sigui reeixit.

## paraules clau

Treball de recerca, batxillerat química low cost.

## abstract

Based on the analysis of 3 examples of Research Essays within the scope of chemistry, we try to prove that it is possible to do research with simple materials that are available to all schools. Guidelines are also given so that the conducting of research can be successful.

## keywords

Reserch essay, exemplifications of Research Essays dealing with Chemistry, low cost Chemistry.

Com a professor formador de física i química he tingut la possibilitat de conèixer de prop les inquietuds de molts professors de ciències envers el treball de recerca (TR) en l'àmbit de la química. La nostra matèria resulta molt atractiva per a l'alumnat a l'hora de fer l'elecció d'un treball, i això ens suposa haver d'oferir una extensa i variada col·lecció de possibles temes de recerca.

A més a més, els treballs haurien de tenir una vessant experimental, i això implica la disponibilitat de recursos humans i tecnològics que sovint no hi són. És aquí quan comencem a tenir problemes. Quins temes de recerca podem oferir als nostres alumnes? Com es poden presentar les preguntes d'investigació? Quines característiques han de tenir els treballs perquè els alumnes els puguin dur a terme?

En aquest article intentarem donar resposta a aquestes preguntes i aportar idees per fer recerca amb materials i utilitatge a l'abast de tothom, utilitzant el laboratori del centre i també, si escau, la cuina de casa. I tot això ho farem a partir de l'anàlisi d'una selecció de tres treballs de recerca reconeguts amb diferents premis:

- La química del color.
- Cromatografia de tintes.
- Sucre en les begudes refrescants.

Si m'he decantat per aquests projectes ha estat perquè tots, encara que pels títols no ho sembli, tenen uns trets comuns que possibiliten l'assoliment dels objectius plantejats en la recerca: a) Tots tenen una vessant experimental. b) L'experimentació és senzilla i la fa l'alumnat a casa seva i al laboratori del centre amb l'utilitat-

ge i els reactius d'ús habitual.

c) Al final del treball hi ha un producte acabat: un polarímetre casolà, un refractòmetre casolà i un catàleg de teixits o brins de cabells tenyits amb colorants naturals, respectivament.

De tota manera, penso que hem d'iniciar els nostres alumnes en tasques de recerca ja quan estan cursant l'ESO, fent treballs pràctics que els familiaritzaran amb la metodologia científica. És important que tots els membres del Departament de Ciències (física, química, biologia, geologia) segueixin la mateixa metodologia, sobretot a l'hora de plantejar els treballs en forma de preguntes i a l'hora d'exposar-ne la comunicació per escrit.

Si féssim una enquesta al professorat de diferents centres educatius preguntant-los: «Com escull l'alumnat el tema de

recerca?», penso que com a resultats s'obtidrien diversos plantejaments en funció de les maneres de fer de cada centre i els seus departaments de ciències i, sobretot, dels docents que finalment guien les recerques.

Hi ha centres que opten perquè sigui l'alumnat qui proposa lliurement el tema de recerca i després se'ls assigna un tutor o una tutora. En d'altres, els departaments de ciències ofereixen una llista àmplia i tancada de temes perquè l'alumnat pugui escollir. Finalment, hi ha institucions (universitats, centres d'investigació, etc.) que estableixen convenis de col·laboració amb els centres de secundària per desenvolupar projectes de recerca com el Programa Argó de la UAB (<https://www.uab.cat/web/programa-argo-1345714880943.html>) el Projecte Itinera de la UdL (<http://www.ice.udl.cat/ca/activitats/itinera/>), etc. Aquestes institucions possibiliten que l'alumnat usi els seus laboratoris, utilitzant estris, equips i tècniques que no estan a l'abast de tothom, amb el suport d'un investigador que actua com

a cotutor del treball de recerca, juntament amb un professor del centre de secundària.

De tota manera, el més important és trobar la millor manera de guiar els treballs de recerca per ajudar l'alumne, però evitant que el tutor assumeixi el rol propi de l'investigador, i això no és fàcil. Tot comença quan el tutor proposa el tema de la recerca. Hi ha dues opcions:

a) Proposar un tema que el tutor domina i que pot dirigir molt bé. Això ens evitarà molts problemes.

b) Proposar un tema que no coneixem del tot i sobre el qual volem aprendre. Aquesta és l'opció més honesta i motivadora per als tutors, perquè evitarà caure en el parany de resoldre una part del treball i se seguirà més el procés d'una recerca, amb reorientacions i problemes que l'alumne haurà de resoldre sol.

### Com presentar una temàtica de recerca a l'alumnat?

Tot sovint es presenta a l'alumnat una llista àmplia i variada de títols de temes de

recerca. Personalment crec que no n'hi ha prou amb una frase perquè l'alumnat prengui consciència de les possibilitats per fer recerca que hi ha darrere del titular.

Si s'està interessat, per exemple, a fer recerca al voltant dels colorants químics, o bé sobre la química del color, penso que cal concretar més sobre aquesta temàtica, i facilitar a l'alumnat més informació perquè pugui conèixer de primera mà les opcions de recerca que li ofereix el tema.

Tot seguit es presenten els tres exemples, explicitant-ne la pregunta o preguntes d'investigació, el disseny experimental i les mesures, resultats i conclusions.

### La química del color

La química del color és una bona temàtica per fer projectes de recerca en química. Sobre la química de la tinció he tutoritzat tres treballs que es complementen: «Donem-li un xic de color a la vida», «La química del color» i «Del camp al cap: la química de la tinció del cabell amb colorants naturals». Els tres treballs compleixen els tres trets abans

#### La química del color. Com tenyir amb colorants?

La teva feina consisteix a obtenir colorants naturals que serviran per a la tinció de diferents teixits i per esbrinar quin és el millor procés per a la tinció.

Hauràs de planificar una investigació tot incidint en aspectes més concrets i donar resposta a preguntes com les que, a tall d'exemple, s'indiquen tot seguit:

1. Com es poden obtenir colorants naturals a partir de peles de ceba, closques de nou, etc.?
2. Quin colorant natural tenyeix millor la llana?
3. Un colorant natural tenyeix qualsevol teixit amb la mateixa eficàcia?
4. La temperatura del bany influeix en el procés de tenyir?
5. El temps de permanència del teixit en el bany influeix en la tonalitat del color obtingut?
6. Es poden identificar satisfactòriament diferents tipus de teixits a través de l'anàlisi organolèptica dels fums i de l'observació de les fibres un cop cremades?
7. Els colorants naturals són una bona alternativa als colorants químics en el procés de tenyir?

#### Conceptes que cal treballar:

- Interès cultural i econòmic dels colorants al llarg del temps.
- La química de la tinció: forces de Van der Waals.
- Tipus de fibres.
- Teories fisicoquímiques del color.
- Grups cromòfor i auxocrom.



Figura 1. Tinció de diferents teixits amb safrà, closques de nou, peles de ceba i grans de cafè.



Figura 2. Brins de cabell tenyits amb estigma de safrà.

esmentats, i vull destacar que l'experimentació s'ha fet a la cuina de les llars dels alumnes utilitzant material casolà: olles, aigua, closques de nou, peles de ceba, grans de cafè, safrà, henna, cúrcuma, brins de cabell, etc. (fig. 1 i 2). A

### Cromatografia de tintes.

#### Com separar i identificar els components d'una tinta?

La tinta de bolígraf o de retolador és, generalment, una mescla de substàncies de diferents colors. Per exemple, la tinta verda està formada pels colorants blau i verd; la negra, pels colorants lila, blau, groc i vermell, etc. Tintes d'un mateix color i de diferents marques comercials tenen, possiblement, diferent composició; el component groc de la tinta negra Bic segurament és diferent del component groc de la tinta negra Parker. La cromatografia sobre paper és una tècnica de separació que permet esbrinar quants components (compostos químics) hi ha en una tinta i, a més a més, investigar si hi ha algun component comú en tintes diferents. Només cal utilitzar l'eluent i el paper adequats.

La teva investigació consisteix a separar els components de la tinta i donar resposta a diverses qüestions, per a la qual cosa hauràs de planificar una investigació per donar resposta a preguntes com les que es plantegen tot seguit:

— Quin és el millor eluent? Ho pots provar amb mescles d'alcohol, aigua destil·lada, acetona, amoníac, etc. (Problema 1)

— Hi ha alguna diferència significativa entre la cromatografia circular i la vertical en la separació dels components d'una tinta? (Problema 2)

— Hi ha algun component comú en les diferents marques de tinta del mercat? (Problema 3)

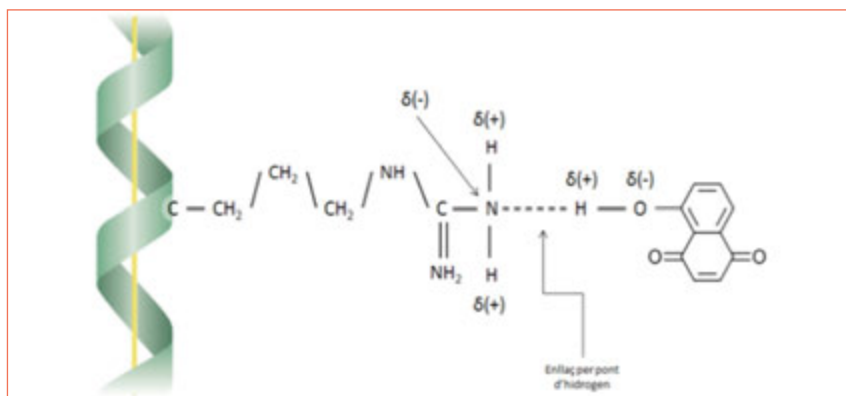


Figura 3. Enllaç d'hidrogen entre l'àtom d'hidrogen de la molècula de colorant de la henna i l'àtom de nitrogen de la molècula de l'aminoàcid serina del cabell.

més, s'intenta donar una explicació química del procés fent referència a l'establiment d'enllaços d'hidrogen (fig. 3).

El procediment experimental s'explica en els diferents documents audiovisuals ([https://youtu.be/8NRRKKkAT\\_o](https://youtu.be/8NRRKKkAT_o) i <https://youtu.be/20lj9mOu4uo>).

### Valoració de l'alumna

«És un treball de química, però a la vegada de cultura i art, ja que, com s'ha explicat en ell, la tinció té una gran importància en la nostra societat, en la nostra i en la de tota la història de la humanitat. Té la part d'art en el

fet que la tinció pot servir per transmetre bellesa i emocions a la seva manera. La persona que realitza la tinció seria l'artista; la tela, els cabells, i els colors, els colorants extrets de la natura.» Clara Preixens, exalumna de l'Institut Guindàvols.

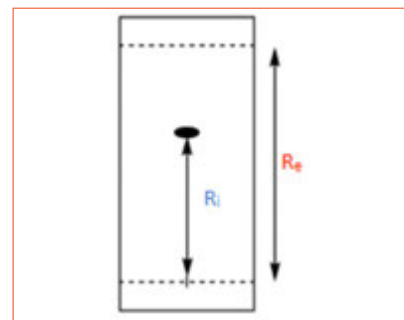
### Cromatografia de tintes

En aquest cas, el muntatge per dur a terme la recerca és força senzill (fig. 4 i 5).

Treballant amb la mateixa tinta, el mateix eluent i el mateix tipus de paper s'obtenen diferents cromatogrames en la cromatografia vertical i horitzontal (fig. 6 i 7).

El factor de retenció ( $R_f$ ) és un paràmetre característic de cada compost que es defineix com el quocient entre la distància recorreguda pel compost i la distància recorreguda pel front de dissolvent (eluent) i que depèn de la fase estacionària i de la fase mòbil.

El valor d'aquest paràmetre oscil·la entre 0 i 1.



$$R_f = \frac{\text{Distància recorreguda pel compost (R}_i\text{)}}{\text{Distància recorreguda pel dissolvent (R}_e\text{)}}$$

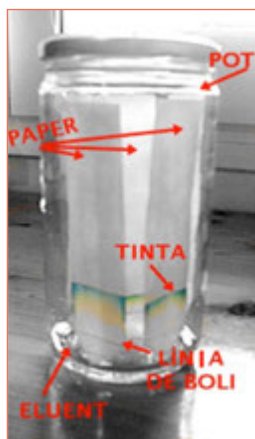


Figura 4. Cromatografia vertical.

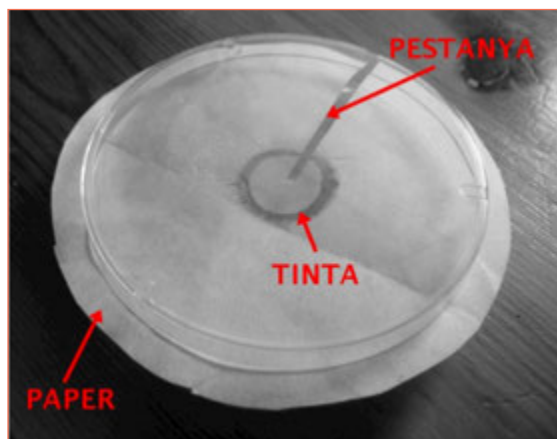


Figura 5. Cromatografia circular.

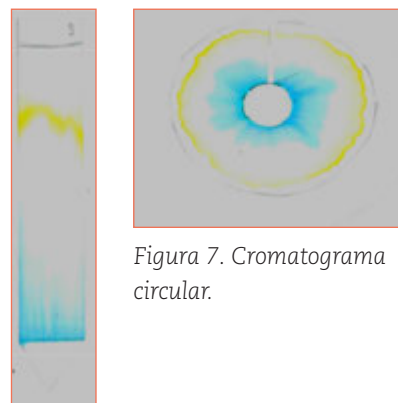


Figura 6. Cromatograma vertical.

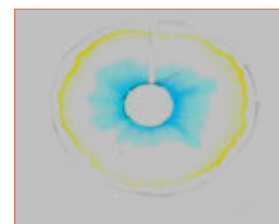


Figura 7. Cromatograma circular.

Cal mesurar els diferents  $R_1$ ,  $R_2$  i  $R_e$  dels diferents cromatogrames corresponents a les tintes verdes de marques diferents (fig. 8, 9 i 10).

I, finalment, es determinen els  $R_f$  de cadascun dels components de les tintes i es comparen (fig. 11).

#### Valoració de l'alumna

«Considero que aquest treball de recerca és un bon projecte a realitzar, ja que els materials estan a l'abast de tothom i el seguit de passos són senzills. Tot i això, he d'afegir que durant l'elaboració del projecte he afrontat un seguit de dificultats. Per exemple, el principal problema a l'hora de fer l'experiment és que, com que la separació dels colors a la cromatografia no ha estat perfecta, el càlcul del recorregut dels components ha sigut molt inexacte. I, per tant, el  $R_f$ , en ser un nombre molt petit, pot variar molt amb un petit error de mesura. Caldria fer unes rèpliques de cada tinta per trobar un resultat més precís.

Finalment, suggereixo, com a proposta de millora i nova línia de recerca, investigar si els resultats es veuen influïts pel tipus de paper utilitzat en la cromatografia (és a dir, provar més tipus de papers).» Ester Gil, exalumna de l'Institut Guindàvols.

#### Sucre en les begudes refrescants

El polarímetre construït es mostra a les fig. 12 i 13. El projector és alhora la base del giny i la font de llum. A la vista interior hi veiem, de baix a dalt: font de llum (projector de transparències), goniòmetre, placa de petri amb filtre groc, filtre analitzador, cubeta de 10 cm d'alçada, suport de cartó per al filtre polaritzador.

Un cop construït el polarímetre cal preparar les dissolucions patró de sucre i mesurar l'angle de rotació ( $\alpha$ ) (taula 1).

Tot seguit es fa una representació gràfica de l'angle de rotació - concentració, i s'ajusta a una línia recta (fig. 14).

A continuació es mesura l'angle de les diverses begudes refrescants,

i amb l'ajut de la recta de regressió es determinen els seus percentatges de sucre (taula 2).

El raig de llum surt desviat després de travessar el prisma de parets de vidre prim omplert amb dissolucions patró de sucre. Si es coneixen les altures del làser desviat, corresponent als diferents patrons respecte de la línia horitzontal, es podrà determinar el contingut de la mostra problema (fig. 15 i 16).

Els resultats obtinguts experimentalment es mostren a la taula 3.

#### Valoració de l'alumna

«Allò que en principi es perfilava com una simple recollida de dades va esdevenir per a mi un recurs pedagògic summament

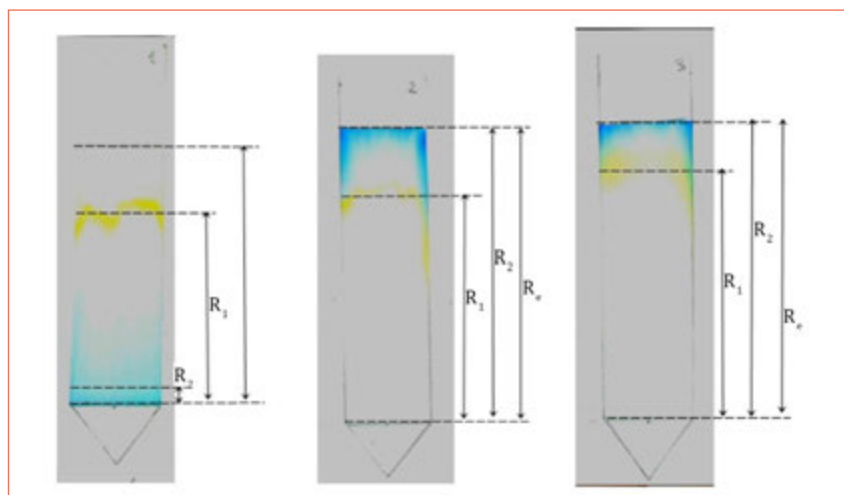


Figura 8. STABILO point 88 Mini 41811 (verd).

Figura 9. STABILO point 88 Mini 45811 (verd).

Figura 10. PILOT Pure Liquid Ink (verd).

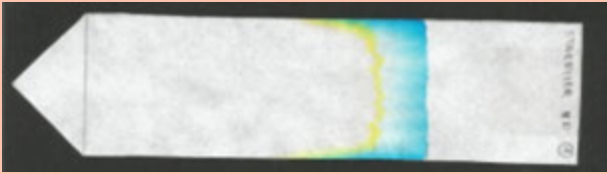

Retolador 1	Cromatografia amb l'eluent acetona – aigua (50/50)		
Staedtler verd fort			
Components	$R_e$ (mm)	$R_i$ (mm)	$R_i / R_e = R_f$
Blau ( $R_1$ ) (mm)	72	68	0,94
Groc ( $R_2$ ) (mm)		62	0,86
Retolador 2	Cromatografia amb l'eluent acetona – aigua (50/50)		
Staedtler verd fluix			
Components	$R_e$ (mm)	$R_i$ (mm)	$R_i / R_e = R_f$
Blau ( $R_1$ ) (mm)	57	54	0,94
Groc ( $R_2$ ) (mm)		49	0,87

Figura 11. Els  $R_f$  dels diferents components de les tintes verdes.

#### Sucre en les begudes refrescants.

##### Com podríem investigar quines begudes contenen una concentració més gran de sucre?

La cara dolça de la llum: Determinació experimental de la concentració de sucre (<http://blogs.iec.cat/scq/wp-content/uploads/sites/23/2017/06/La-cara-dol%C3%A7a-de-la-llum.pdf>).

Les substàncies òpticament actives (sacarosa) tenen la propietat de desviar el pla de vibració de la llum polaritzada. A més a més, se sap que l'angle de desviació del pla és directament proporcional a la concentració de sucre. Aquest fet possibilita la determinació del contingut de sacarosa en begudes refrescants si es disposa d'un polarímetre i d'una corba de calibratge amb dissolucions patró de sacarosa.

Igualment, se sap que l'índex de refracció de les dissolucions aquoses de sucre augmenta amb la concentració. Si es construeix un refractòmetre (Nadal, s/d) casolà, i es determinen els índexs de refracció de dissolucions patró, podrà determinar-se el contingut de sucre de la dissolució problema. En aquesta recerca es proposa fer una estimació del contingut de sucre de diferents begudes refrescants construint un polarímetre (fig. 12 i 13) i un refractòmetre casolà (fig. 15).

També s'utilitzarà el polarímetre per esbrinar si una substància és dextrogi- ra o levogira i per determinar la seva rotació específica.

atractiu que, en haver de fabricar els meus propis equips, em va permetre descobrir ni més ni menys que la cara més dolça de la llum. La química ha resultat ser un món de recerca interminable

que no pot acabar aquí. En realitat, no ha fet més que començar. Aquesta és, per a mi, la gran conclusió final d'aquest treball.»  
*Julia Domínguez, exalumna de l'Institut Guindàvols.*

#### La iniciació a la recerca en l'ESO

En cadascun dels cursos de l'ESO, en l'àrea de ciències experimentals es realitzen petites investigacions i treballs pràctics (TP). S'intenta que els alumnes coneguin i siguin capaços d'utilitzar la metodologia científica tot donant resposta a problemes experimentals. Cadascun d'aquests TP va acompanyat d'una memòria explicativa amb la mateixa estructura d'un TR: introducció, objectius, marc teòric, disseny experimental, resultats obtinguts, conclusions i referències bibliogràfiques.

Durant els quatre cursos d'ESO els alumnes haurien de conèixer el funcionament dels principals estris del laboratori i aprendre a fer muntatges experimentals. És important haver fet també representacions gràfiques de dades experimentals i ajustos a una funció lineal i quadràtica (CurveExpert, Excel, etc.).

Igualment cal que s'iniciïn en el coneixement de l'existència de l'experimentació assistida per ordinador utilitzant programari MultiLab. Aquesta formació es complementa durant el batxillerat.

#### Consideracions finals

L'alumnat que decideix fer un TR en química ho fa perquè els treballs oferts són molt atractius i acostumen a tenir una vessant experimental. Penso que la tasca més difícil del tutor és fer una bona selecció dels temes de recerca.

És bo que el tutor tingui la millor formació possible en temes d'experimentació i una bona actualització en temes de ciències. A títol personal, a mi m'ha ajudat l'activitat de formació permanent del Seminari Permanent de Física i Química i la tasca realitzada per l'àmbit científic del CESIRE del Departament d'Educació, i anteriorment l'anomenat CDEC (Centre de Documentació i Experi-



Figura 12. Vista general.

mentació en Ciències). Allí he tingut la possibilitat d'estar en contacte actiu amb els millors professionals de la didàctica de la física i la química i he après moltes coses que han influït en la meua carrera docent.

Val a dir que cal aprofitar l'efecte encoratjador per a l'alumnat de batxillerat dels concursos per a treballs de recerca en química de diverses universitats (URL, UVic, UdL, URV, Premi Argó de la UAB, Premi Xavier Domingo de la UB) i institucions (Premis de Recerca Jove, Baldri Reixach, Societat Catalana de Química, Joves Investigadores, etc.). Motiva moltíssim l'alumnat rebre un reconeixement per la feina ben feta.

I, finalment, voldria destacar algunes de les dificultats que tenim a l'hora de guiar l'alumnat en la seva recerca. Generalment la recerca comença a finals del primer curs de batxillerat i encara els manquen coneixements de química. A més, no és fàcil trobar un espai dins de l'horari lectiu per fer les trobades amb l'alumnat.

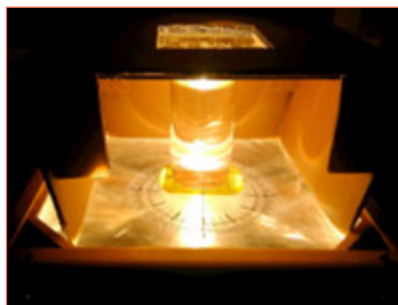


Figura 13. Vista interior. De baix a dalt: font de llum (projector de transparències), goniòmetre, placa de Petri amb filtre groc, filtre analitzador, cubeta de 10 cm d'alçada, suport de cartó per al filtre polaritzador.

Concentració de la dissolució patró (% en massa)	Angle de rotació ( $\alpha$ ) /°
0	0,0
5	7,5
10	12,5
15	17,5
20	22,5

Taula 1. Angle de rotació vs. concentració de la dissolució patró (% en massa).

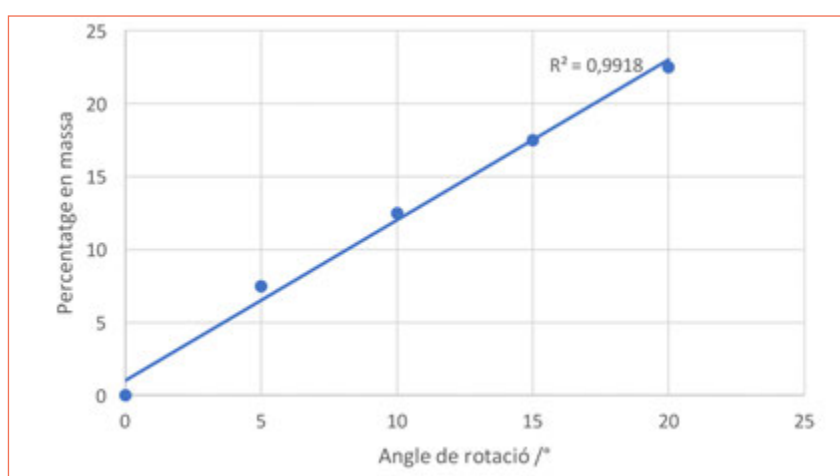


Figura 14. Recta de calibratge: concentració vs. angle de rotació.

Beguda refrescant	Contingut estimat de sucres determinat en 100 g de mostra (g)	Contingut real de sucres en 100 g de mostra (g)
Coca-Cola Zero	0,0	0,0
Sprite	2,2	2,1
Aquarius llimona	6,0	6,3
Hacendado bebida para deportistas naranja	5,0	5,3
Nestea	7,0	7,7
Hacendado tónica	7,5	6,0
Coca-Cola	9,0	10,0
Hacendado bebida energética	5,0	11,0
7 Up	10,0	11,0

Taula 2. Contingut de sucre de diferents begudes refrescants.

Ajuda molt, però, la comunicació per correu electrònic. Un altre problema afegit és la dificultat en la redacció de la memòria. En aquest punt és molt important

l'ajut del tutor. Finalment, l'alumnat aprofita tot el mes de juliol per fer l'experimentació al laboratori del centre. Això, que en un principi és un gran avantatge,

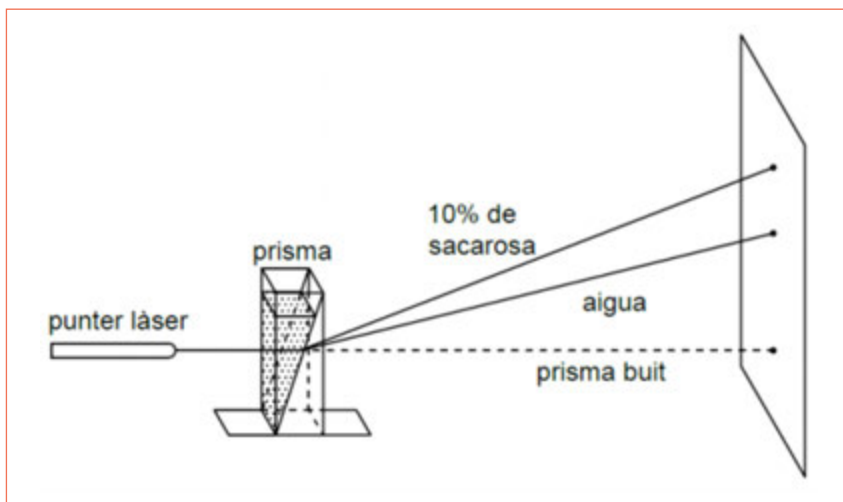


Figura 15. Desviació de la llum del punter làser en travessar un prisma amb dissolució patró de sucre (Nadal, s/d).

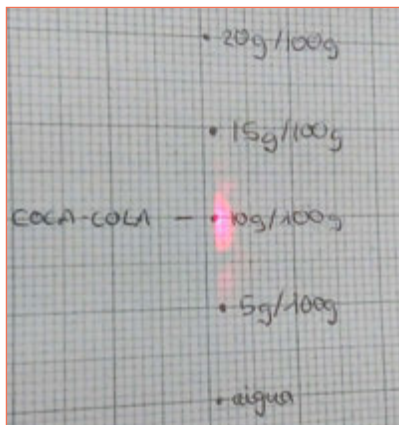


Figura 16. Raig refractat per la mostra de Coca-Cola incidint justament al 10 % en massa.

té l'inconvenient que no sempre estan acompanyats del tutor.

### Conclusions

Com a reflexió final voldria destacar que es pot fer una bona recerca en química utilitzant l'utilatge i els reactius que tenim als laboratoris dels nostres centres, si més no en la majoria de centres, i que estan a l'abast de tot l'alumnat, i, si convé, l'alumnat pot construir els seus propis aparells casolans. A nivell personal soc partidari que sigui el professorat qui proposa a

l'alumnat els diferents temes de recerca aprofitant la seva expertesa, per tal d'aconseguir la viabilitat de les recerques amb els recursos materials disponibles. Les propostes de recerca, a més de ser atractives per a l'alumnat, s'han de poder dur a terme satisfactòriament amb estris senzills i no haurien de suposar una despesa econòmica important per a l'alumnat i per als centres.

### Referències

NADAL, Lluís (s/d). «Determinació del percentatge total de sucres d'una beguda amb un punter làser». A: *Pràctiques amb productes comestibles* [en línia]. <[http://www.recercaenaccio.cat/wp-content/uploads/2015/07/Practiques\\_Productes\\_Comestibles.pdf](http://www.recercaenaccio.cat/wp-content/uploads/2015/07/Practiques_Productes_Comestibles.pdf)>.



### Anicet Cosialls Manonelles

És llicenciat en ciències químiques i catedràtic de física i química a l'Institut Guindàvols de Lleida. Durant molts anys ha participat com a professor formador en cursos de física i química experimental adreçats al professorat de secundària. Ha tutoritzat treballs de recerca en els àmbits de la física, la química i l'astronomia que han estat reconeguts amb importants premis. Ha participat com a divulgador científic en diferents fires de ciència i ha impartit diverses xerrades. Guardonat amb el Premi Catalunya d'Educació (Premi Marta Mata 2009), la Medalla d'Or al mèrit educatiu de la Paeria de Lleida (2010) i el Premi Mensa al Coneixement (2015).  
A/e: [acosiall@xtec.cat](mailto:acosiall@xtec.cat)

Beguda refrescant	Contingut estimat de sucres determinat en 100 g de mostra (g)	Contingut real de sucres en 100 g de mostra (g)
Coca-Cola Zero	0,0	0,0
Sprite	2,1	2,1
Aquaris llimona	5,0	6,3
Hacendado bebida para deportistas naranja	5,0	5,3
Nestea	7,5	7,7
Hacendado tónica	8,2	6,0
Coca-Cola	10,0	10,0
Hacendado bebida energética	10,7	11,0
7 Up	10,7	11,0
Burn	15	14,5

Taula 3. Continguts en sucre de les diferents begudes.