

# Quin indicador utilitzaré en una valoració àcid-base?

Which indicator will I use in an acid-base titration?

Lourdes Díaz i Rovira i Modest Pros i González / Institut Politècnic Miquel Biada (Mataró)



## resum

Parlar de volumetries àcid-base porta associats termes com ara *alíquotes*, *indicadors*, *corbes de valoració*, *punt d'equivalència* i *punt final* d'una valoració. Per al alumnes no és fàcil d'entendre la utilitat de les corbes de valoració, ni el punt final. Els indicadors i els seus colors són dades que hi ha als llibres, però els alumnes no entenen la seva utilitat. Aquest treball pràctic pretén ajudar els alumnes en la comprensió d'aquests conceptes mitjançant un treball experimental d'obtenció de corbes de valoració entre àcids i bases diferents. També pretén que dedueixin quins indicadors són els més adients per a una valoració determinada.

## paraules clau

Volumetria, indicador, corba de valoració, alíquota, pH-metre.

## abstract

Acid-base titrations are connected with *aliquots*, *indicators*, *titration curves*, *equivalence point* and *end point*. Understanding the use of titration curves as well as the end point of a volumetry might prove difficult for students. Information on indicators and their colors is widely. The aim of this practice is to make students understand these concepts through the experimental calculation of titration curves between different acids and bases. Eventually, students will learn which indicator is the right one for a specific titration.

## keywords

Titration, indicator, titration curve, aliquot, pH-meter.

Els alumnes de cicle formatiu de grau mitjà són alumnes amb una molt diversa procedència: alguns d'ells provenen del batxillerat científic sense haver-lo acabat; d'altres, directament de l'ESO, i encara d'altres, de la prova d'accés. Tal com es pot suposar, tots ells tenen un nivell molt divers.

El cicle mitjà de laboratori (d'una durada d'un curs acadèmic), dins de la família de la química, serveix per preparar els alumnes per anar a treballar com a tècnics auxiliars de laboratori o bé per continuar estudiant, després d'haver fet el curs pont, un cicle superior.

Es treballa conceptualment la química de tot el batxillerat al llarg del curs.

Dins el crèdit de Química analítica clàssica, es treballen, seguint les BPL (Bones Pràctiques de Laboratori), les tècniques clàssiques d'anàlisi: volumetries i gravimetries.

Al principi, els alumnes aprenen a preparar dissolucions. Posteriorment, treballen els conceptes *àcid* i *base*, aprenen a determinar el pH amb paper indicador i utilitzant un pH-metre. També aprenen a fer valoracions i a determinar-ne el punt d'equivalència. Com a aplicació de les volumetries àcid-base, al principi estandarditzen solucions d'àcid HCl i de NaOH.

Un cop fetes aquestes estandarditzacions i quan s'han de fer altres volumetries àcid-base, sempre sorgeixen les preguntes: quin indicador utilitzarem?, podem utilitzar sempre el mateix indicador?

Als alumnes els costa molt de relacionar l'interval de viratge d'un indicador i les corbes de valoració, tot i que coneixen els conceptes per separat. Per tant, cal buscar alguna estratègia per fer-los adonar que l'interval de viratge d'un indicador és el que fa que sigui adient per utilitzar-lo en una determinada valoració, la qual cosa es veu amb les corbes de valoració.

### Plantejament del treball

El treball a dur a terme té dues parts. La primera consisteix a construir les corbes de valoració entre un àcid i una base. La segona consistirà a fer valoracions entre un àcid i una base utilitzant diferents indicadors per veure el punt d'equivalència de la valoració.

El treball es realitza al laboratori de l'institut, que té una zona que fa la funció d'aula, amb dos professors de pràctiques. Els professors presenten el treball que cal fer als alumnes. Els alumnes segueixen un protocol de treball (s'adjunta com a annex).

En primer lloc, després de llegir la primera part de la pràctica, s'estableix un diàleg entre els professors i els alumnes per aclarir diversos aspectes del desenvolupament del treball.

Per fer les corbes de valoració, un dels punts importants de l'experiència, és important decidir a quins intervals de volum fer les mesures de pH. S'acorda que, al començament, és millor fer lectures del pH cada 2 mL i que, a mesura que s'estigui més a prop del punt d'equivalència, es faran lectures cada 1 o 0,5 mL afegits. Després del punt d'equivalència, es torna a afegir la solució d'una manera més ràpida fins a buidar els 25 mL de solució continguts dins la bureta.

Els alumnes fan les preguntes i els comentaris necessaris per assabentar-se bé de la feina que cal fer. Tot seguit, s'organitzen el material i els reactius que utilitzaran a la taula de treball.

Tots els grups realitzaran primerament el calibratge del seu pH-metre i, posteriorment, construiran les diferents corbes de valoració a partir de les dades experimentals obtingudes.

### Corba de valoració d'un àcid fort amb una base forta

Cada grup de dos alumnes agafa les seves solucions de



Figura 1. Calibratge d'un pH-metre.



Figura 2. Muntatge d'una volumetria àcid-base amb registre de pH.

NaOH  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  i HCl  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  factoritzades prèviament i prepara el muntatge per fer una volumetria.

Seguidament, mentre un alumne introdueix una alíquota de 15 mL de la solució d'àcid clorhídric  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  dins el vas de precipitats i omple la bureta amb solució d'hidròxid de sodi  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , l'altre company agafa el pH-metre i el calibra.

Un cop preparat el material, es procedeix a fer la volumetria i a registrar els valors de pH.

La figura 3 mostra les dades de volum i de pH corresponents a la valoració d'una solució d'àcid clorhídric  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  amb hidròxid de sodi  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  i el gràfic del pH en funció del volum (mL) de solució d'hidròxid de sodi que s'ha anat gastant en la valoració.

Si els alumnes no treballen amb cura, les mesures són poc exactes i cal tornar a repetir l'experiment fins a obtenir la corba de valoració correcta.

Els alumnes constaten que, molt a prop del punt de neutralització, amb petites addicions de base hi ha un gran «salt» en el pH.

### Corba de valoració d'un àcid fort amb una base feble

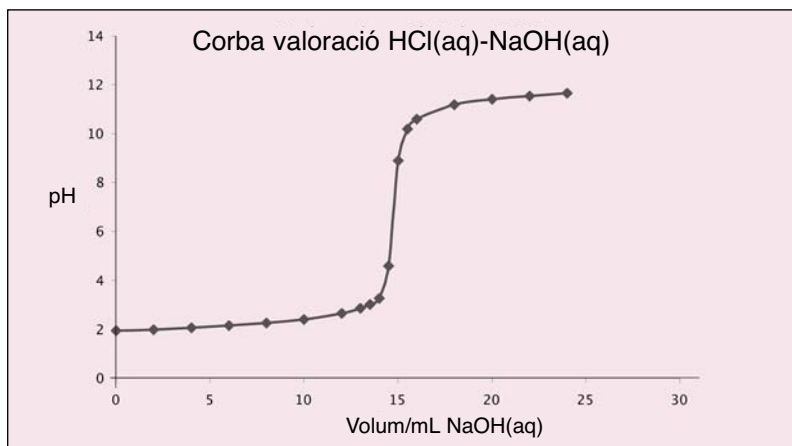
Els alumnes agafen una alíquota de 15 mL d'àcid clorhídric  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  i la introdueixen dins el vas de precipitats, omplen la bureta amb solució d'hidròxid d'amoni  $\text{NH}_4\text{OH}$   $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  i procedeixen com en el cas anterior.

La figura 4 mostra les dades de volum i de pH corresponents a la valoració d'una solució d'àcid clorhídric  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  amb una solució d'amoniac  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , així com el gràfic del pH en funció del volum (mL) de solució d'amoniac que s'ha anat gastant en la valoració.

En aquest gràfic, els alumnes constaten que el «salt» és més petit que en el cas anterior i que el punt d'equivalència és a la zona de pH àcid.

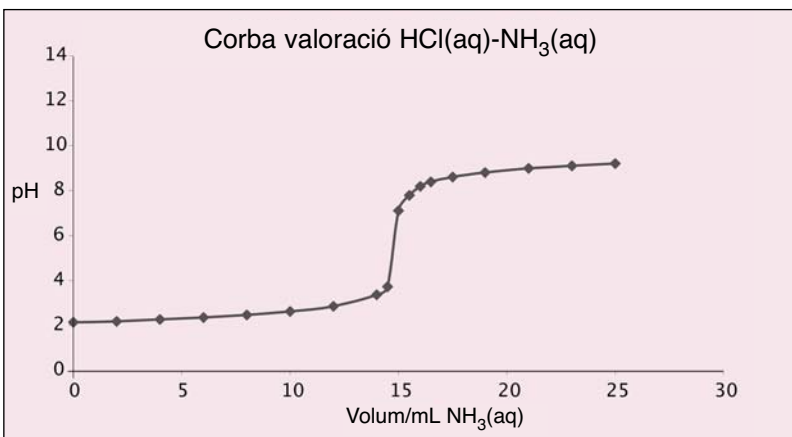
| V/mL | pH   | V/mL | pH    |
|------|------|------|-------|
| 0    | 1,96 | 14   | 3,28  |
| 2    | 2    | 14,5 | 4,6   |
| 4    | 2,07 | 15   | 8,9   |
| 6    | 2,16 | 15,5 | 10,2  |
| 8    | 2,27 | 16   | 10,6  |
| 10   | 2,41 | 18   | 11,19 |
| 12   | 2,66 | 20   | 11,41 |
| 13   | 2,87 | 22   | 11,54 |
| 13,5 | 3,03 | 24   | 11,66 |

Figura 3. Taula i gràfic d'una valoració d'un àcid fort amb una base forta.



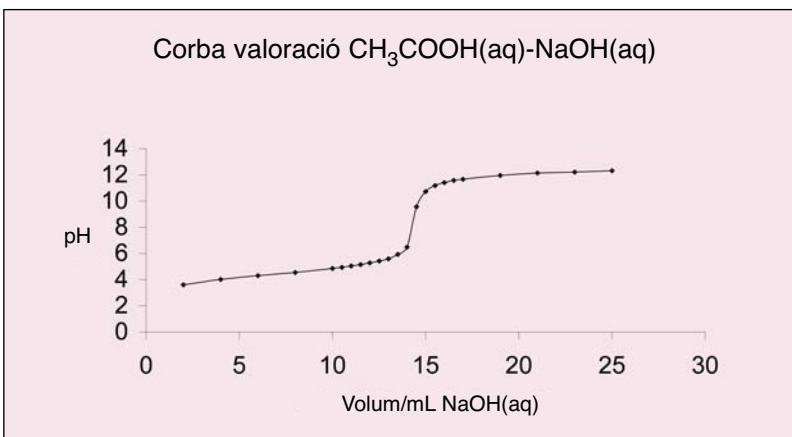
| V/mL | pH   | V/mL | pH   |
|------|------|------|------|
| 0    | 2,14 | 15   | 7,1  |
| 2    | 2,19 | 15,5 | 7,79 |
| 4    | 2,27 | 16   | 8,19 |
| 6    | 2,36 | 16,5 | 8,39 |
| 8    | 2,47 | 17,5 | 8,6  |
| 10   | 2,62 | 19   | 8,8  |
| 12   | 2,85 | 21   | 8,99 |
| 14   | 3,37 | 23   | 9,11 |
| 14,5 | 3,73 | 25   | 9,21 |

Figura 4. Taula i gràfic d'una valoració d'un àcid fort amb una base feble.



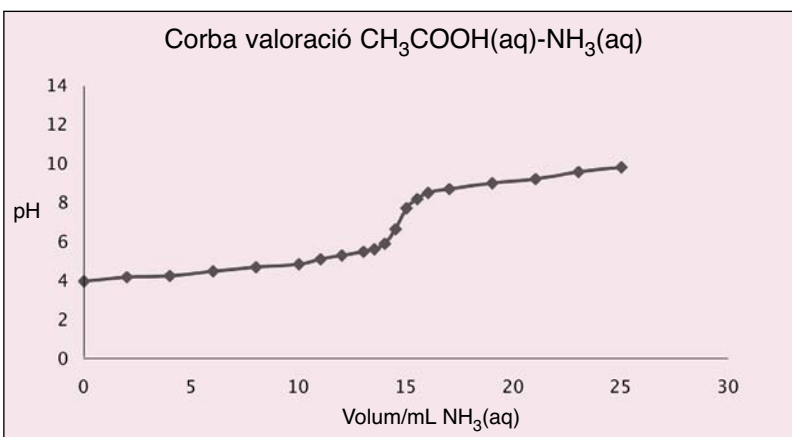
| V/mL | pH   | V/mL | pH    |
|------|------|------|-------|
| 2    | 3,61 | 14   | 6,49  |
| 4    | 4,02 | 14,5 | 9,57  |
| 6    | 4,31 | 15   | 10,73 |
| 8    | 4,55 | 15,5 | 11,2  |
| 10   | 4,86 | 16   | 11,41 |
| 10,5 | 4,95 | 16,5 | 11,58 |
| 11   | 5,05 | 17   | 11,68 |
| 11,5 | 5,15 | 19   | 11,96 |
| 12   | 5,28 | 21   | 12,15 |
| 12,5 | 5,43 | 23   | 12,22 |
| 13   | 5,6  | 25   | 12,32 |
| 13,5 | 5,94 |      |       |

Figura 5. Taula i gràfic d'una valoració d'un àcid feble amb una base forta.



| V/mL | pH   | V/mL | pH   |
|------|------|------|------|
| 0    | 3,95 | 14   | 5,88 |
| 2    | 4,17 | 14,5 | 6,64 |
| 4    | 4,24 | 15   | 7,7  |
| 6    | 4,48 | 15,5 | 8,17 |
| 8    | 4,69 | 16   | 8,5  |
| 10   | 4,84 | 17   | 8,69 |
| 11   | 5,09 | 19   | 9    |
| 12   | 5,29 | 21   | 9,21 |
| 13   | 5,47 | 23   | 9,56 |
| 13,5 | 5,61 | 25   | 9,8  |

Figura 6. Taula i gràfic d'una valoració d'un àcid feble amb una base feble.





### Corba de valoració entre un àcid feble i una base forta

Els alumnes agafen una alíquota de 15 mL de solució d'àcid acètic  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  que posen al vas de precipitats i omplen la bureta amb solució d'hidròxid de sodi  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Els alumnes observen que el pH, en començar la valoració, és més alt que en el cas de la valoració de la solució d'àcid clorhídric. També constaten que el «salt» de pH es produeix a un pH diferent dels casos anteriors i que no és tan ampli com el primer. El «salt» es produeix a la zona de pH bàsic.

La figura 5 mostra les dades de volum i de pH corresponents a la valoració d'una solució d'àcid acètic  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  amb una solució d'hidròxid de sodi  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , així com el gràfic del pH en funció del volum (mL) de solució d'hidròxid de sodi que s'ha anat gastant en la valoració.

### Corba de valoració d'un àcid feble amb una base feble

En aquesta darrera valoració, els alumnes agafen una alíquota de 15 mL de solució d'àcid acètic  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  i omplen la bureta amb solució d'amoniac  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Els alumnes, en obtenir la corba pH-volum de base gastada, tenen dubtes sobre si es produeix un «salt», ja que aquest és molt petit.

La figura 6 mostra les dades de volum i de pH corresponents a la valoració d'una solució d'àcid acètic  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  amb una solució d'amoniac  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ , així com el gràfic del pH en funció del volum (mL) d'amoniac (aq)  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  que s'ha anat gastant en la valoració (figura 7).



Figura 7. Alumnes realitzant les valoracions per registrar les corbes.

### Valoració utilitzant diferents indicador

Els alumnes ja coneixen dos indicadors, la fenolftaleïna i l'ataronjat de metil, que han utilitzat en les estandarditzacions realitzades al laboratori. A partir de la llista que troben als llibres de consulta, se'ls proposa que facin tres valoracions utilitzant diferents indicadors.

Exemple de taula d'indicadors que poden consultar:

Taula 1. Alguns dels indicadors àcid-base més comuns

| Indicador               | Interval de pH | Canvi de color |                  |
|-------------------------|----------------|----------------|------------------|
|                         |                | Àcid           | Alcali           |
| Violeta de metil        | 0-2            | Groc           | Violeta          |
| Ataronjat de metil      | 3,1-4,4        | Vermell        | Groc             |
| Verd de bromocresol     | 3,8-5,4        | Groc           | Verd blavós      |
| Vermell de metil        | 4,2-6,3        | Vermell        | Groc             |
| Tornassol               | 4,5-8,3        | Vermell        | Blau             |
| Blau de bromotimol      | 6,0-7,6        | Groc           | Blau             |
| Vermell neutre          | 6,8-8,0        | Vermell        | Groc             |
| Vermell cresol          | 7,2-8,8        | Groc           | Vermell          |
| $\alpha$ -naftoltaleïna | 7,3-8,7        | Vermell        | Blau             |
| Fenolftaleïna           | 8-9,5          | Incolor        | Vermell (fúcsia) |
| Timolftaleïna           | 9,2-10,6       | Incolor        | Blau             |
| Groc d'alitzarina       | 10,1-12,0      | Groc           | Vermell          |
| Nitramina               | 11,0-13,0      | Incolor        | Bru ataronjat    |

Taula 2. Dades de les valoracions

Valoració: HCl amb NaOH  
(àcid fort-base forta)

| Indicador utilitzat | mL gastats en la valoració |
|---------------------|----------------------------|
| Fenolftaleïna       | 14,5 / 14,9 / 15,1         |
| Roig de metil       | 14,3 / 15                  |
| Taronja de metil    | 14,9                       |
| Verd bromocresol    | 14,5 / 15,1                |
| Blau bromotimol     | 15                         |

Valoració: HCl amb NH<sub>3</sub>  
(àcid fort-base feble)

| Indicador utilitzat | mL gastats en la valoració |
|---------------------|----------------------------|
| Taronja de metil    | 14,6 / 15,7                |
| Blau bromotimol     | 14,8 / 15,4                |
| Fenolftaleïna       | 19,3 / 20,8 / 19,1         |
| Roig de metil       | 15,7 / 15,3                |

Valoració: àcid acètic (CH<sub>3</sub>COOH) amb NaOH (àcid feble-base forta)

| Indicador utilitzat | mL gastats en la valoració |
|---------------------|----------------------------|
| Fenolftaleïna       | 15,5 / 15,7 / 15,9         |
| Blau bromotimol     | 15,5 / 15,6 /              |
| Taronja de metil    | 2,6 / 2,7                  |
| Verd bromocresol    | 8                          |
| Timolftaleïna       | 16                         |

Valoració: àcid acètic (CH<sub>3</sub>COOH) amb NH<sub>3</sub>  
(àcid feble-base feble)

| Indicador utilitzat | mL gastats en la valoració |
|---------------------|----------------------------|
| Blau bromotimol     | 15,2 / 15,3 / 15           |
| Roig de metil       | 12,1                       |
| Fenolftaleïna       | 18,2 / 17,5                |
| Taronja de metil    | 3,5                        |
| Timolftaleïna       | 22 / 22,3                  |



Figura 8. Imatges dels colors dels indicadors obtinguts en alguna de les volumetries.

Les dades de cadascuna de les quatre valoracions (Taula 2) són de tres grups de treball (indicats amb els tres colors diferents). La primera valoració que fan és la d'àcid fort amb base forta (HCl amb NaOH). Introdueixen tres alíquotes de 15 mL de la solució de l'àcid en cadascun dels Erlenmeyer i omplen la bureta amb la solució de la base. Realitzen la valoració i anoten el volum de solució de base gastada fins a detectar un lleuger canvi de color (punt final).

En la valoració d'un àcid fort amb una base forta, un indicador (la fenolftaleïna) ha estat utilitzat pels tres grups. També valoren l'àcid clorhídric amb solució d'amoniac (àcid fort-base feble), l'àcid acètic amb l'hidròxid de sodi (àcid feble-base forta) i l'àcid acètic amb solució d'amoniac (àcid feble-base feble) amb diferents indicadors. Amb això poden veure quin o quins serveixen i quin o quins no serveixen per a una determinada volumetria.

En les dades de la valoració d'un àcid fort amb una base feble es pot veure que el volum gastat amb la fenolftaleïna és excessiu i, per tant, que no és un bon indicador per a aquest tipus de volumetries.

En les dades de la valoració d'un àcid feble amb una base forta es pot veure que el volum gastat amb el taronja de metil o amb el verd bromocresol és massa petit i, per tant, que no són un bon indicador per a aquest tipus de volumetries.

En les dades de la valoració d'un àcid feble amb una base feble es pot veure que els volums dels indicadors diferents al blau bromotimol són massa petits o massa grans, de manera que aquests indicadors no serveixen per a aquesta volumetria.

### Anàlisi dels resultats obtinguts

- En comparar les corbes, veuen molt clar els «salts» i poden deduir l'interval de pH del «salt» en cadascuna d'elles.
- Els alumnes situen en cada gràfic el volum d'àcid o de base que han gastat en la valoració i identifiquen sobre el gràfic el punt d'equivalència.
- A partir de l'anàlisi de la taula d'indicadors i de l'interval de pH en els «salts», poden deduir quin o quins són els millors indicadors per realitzar una determinada volumetria.
- S'adonen que en la volumetria d'àcid fort i base forta feta amb indicadors hi ha molt poca diferència de volum gastat fins a arribar al punt final sigui quin sigui l'indicador utilitzat.
- S'adonen, a les altres volumetries, dels indicadors que serveixen i dels que no serveixen. En els que serveixen, el volum gastat és gairebé el mateix fins a arribar al punt final.
- Poden comparar el volum gastat fins al punt final amb els indicadors i el punt d'equivalència que dedueixen de la corba de valoració corresponent. Els valors són molt semblants.

Per dur a terme aquest treball, són necessàries entre dues i tres sessions de laboratori de tres hores cadascuna; per tant, entre sis i nou hores de treball experimental, si cada grup d'alumnes realitza totes les valoracions. En el cas de gestionar el treball de manera cooperativa, tot repartint diferents tasques a diferents grups d'alumnes i fent una posada en comú dels resultats obtinguts, el treball es podria dur a terme en dues o tres hores.

Les instruccions de treball que es donen als alumnes amb el dossier de pràctiques serveixen per fer-ne una lectura conjunta, de manera que entre tots es va interpretant el que cal fer i s'estableix un diàleg entre els alumnes i els professors. Això els serveix per anar aclarint tots els passos del que han de fer i per preguntar els dubtes que van sorgint a mesura que fan la pràctica. No es planteja com una recerca, sinó com una sessió dirigida però oberta.

## Material per a l'alumne: «Valoració àcid-base. Corba de valoració utilitzant el pH-metre»

### Principi

Quan es treballa amb un pH-metre, primerament, cal calibrar l'aparell amb les solucions estàndard de calibratge. El control de la temperatura del pH-metre s'ha d'ajustar a la temperatura ambient, si el pH-metre no porta incorporada una correcció automàtica de la temperatura.

El calibratge de l'aparell es fa seguint el procediment de cada aparell, però es pot resumir de la manera següent:

- Cal introduir l'elèctrode a la solució de pH 7. Quan el valor de l'estàndard és acceptat per l'aparell, cal rentar l'elèctrode amb aigua destil·lada i eixugar-lo lleugerament.
- Cal seguir amb la solució de pH 4 procedint com en el cas anterior. Cal utilitzar les solucions ja preparades per calibrar l'aparell, sempre seguint-ne les indicacions.

### Objectius

- El primer objectiu de la pràctica és l'obtenció de la corba de valoració entre un àcid i una base a partir de les dades de pH preses durant la valoració.
- El segon és veure que les corbes de valoració entre un àcid i una base canvien en funció de la fortalesa de l'àcid o de la base. Cal decidir si una corba està ben feta.
- Un tercer objectiu és la determinació de l'indicador més adient per fer una valoració àcid-base a partir de la corba.
- El quart objectiu és realitzar la valoració entre un àcid i una base utilitzant diferents indicadors i comprovant si el volum que es gasta fins a arribar al punt final és similar, segons els diferents indicadors utilitzats.
- El cinquè és saber escriure les reaccions que es produeixen en cada valoració.
- El sisè és fer càlculs estequiomètrics per poder determinar el volum teòric per arribar al punt d'equivalència de la volumetria.

### Material i reactius

|                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| Erlenmeyer de 250 mL      | Solució HCl 0,1 M           |
| Vas de precipitats        | Solució NaOH 0,1 M          |
| Bureta de 25 mL i embut   | Solució d'amoniac 0,1 M     |
| Suport per a buretes      | Solució d'àcid acètic 0,1 M |
| Pipeta i pera             | Indicadors diversos         |
| Agitador magnètic i imant | Solucions de calibratge     |
| pH-metre                  |                             |

### Procediment

#### 1. Amb pH-metre

Cal fer un calibratge previ del pH-metre abans d'utilitzar-lo.

Farem la valoració entre l'àcid i la base utilitzant un pH-metre.

- 1) Per poder construir bé la corba de valoració, cal agafar una alíquota de 15 mL d'àcid i posar-la a l'Erlenmeyer amb una mica d'aigua fins que es cobreixi suficientment l'elèctrode de pH.
- 2) Cal omplir la bureta amb la base i fer baixar aquesta solució sobre la que hi ha a l'Erlenmeyer remonent-la amb l'imant. Cal fer addicions de base més o menys grans quan ens trobem al principi de la valoració i addicions petites quan ens trobem a prop del punt d'equivalència. Un cop passat el punt d'equivalència, cal tornar a fer addicions de volum de base més grans. Cal seguir fent baixar la solució de la bureta fins a buidar-ne els 25 mL.

3) Cal fer una taula amb els valors «pH obtingut» i «mL de base gastats en cada addició» durant tota la valoració.

4) Si els valors no fossin acceptables, cal repetir la valoració fins a obtenir una taula de valors coherents que ens donaran una corba ben feta.

- 5) De valoracions amb pH-metre se'n realitzaran quatre:
- entre un àcid fort i una base forta (HCl i NaOH).
  - entre un àcid fort i una base feble (HCl i NH<sub>3</sub>).
  - entre un àcid feble i una base forta (CH<sub>3</sub>-COOH i NaOH).
  - entre un àcid feble i una base feble (CH<sub>3</sub>-COOH i NH<sub>3</sub>).

### Càlculs i qüestions

- 1) Cal escriure les reaccions que es produeixen en cada reacció àcid-base.
- 2) Cal calcular (de manera estequiomètrica) el volum de base que s'hauria de gastar en cada valoració.
- 3) Cal fer una gràfica amb els valors de pH mesurats en funció dels mL de base. Es farà una gràfica per a cada neutralització. La gràfica es farà de la manera següent: pH/volum(mL) base. Cal comentar les gràfiques obtingudes indicant entre quins valors de pH es produeix el «salt». Cal indicar també quin és el volum per arribar al punt d'equivalència de la reacció.
- 4) Cal indicar quin és o quins són els indicadors més adequats per a cada valoració, en funció de les gràfiques obtingudes.

### 2. Amb indicadors

El procediment serà el següent:

- 1) Cal posar una alíquota de 15 mL de l'HCl 0,1 M de cada grup en un Erlenmeyer de 250 mL.
- 2) Cal afegir-hi unes gotes d'indicador. Cal triar un dels indicadors trobats en les qüestions de la primera part de la pràctica.
- 3) Cal omplir la bureta de 25 mL amb la solució d'hidròxid de sodi de cada grup.
- 4) Cal deixar caure el líquid de la bureta remonent la solució de l'Erlenmeyer constantment. Cal valorar fins un lleuger canvi de color persistent de l'indicador d'uns 15-20 segons. Cal procurar de no passar-se del punt final. Cal anotar el volum de base gastat fins al punt final.
- 5) Cal repetir els passos anteriors valorant l'àcid amb la base utilitzant altres indicadors diferents dels trobats a les qüestions de la primera part de la pràctica.
- 6) Cal repetir els passos 1-5 amb les valoracions de les diferents substàncies: HCl i NH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH i NaOH, CH<sub>3</sub>COOH i NH<sub>3</sub>, tot utilitzant diferents indicadors.

En el cas que el canvi de color sigui difícil d'apreciar, segons l'indicador triat, es pot canviar la posició de l'àcid i de la base, és a dir, posar la base a l'Erlenmeyer i l'àcid a la bureta.

### Qüestió

Què s'ha de tenir en compte per poder utilitzar un indicador en una determinada volumetria?

### Residus

Els residus d'aquesta pràctica es recolliran en un vas de precipitats i, un cop neutralitzats (pH entre 6 i 8), es podran llençar per la pica, però sempre amb molta aigua.





Figura 9. Valoracions utilitzant diferents indicadors.

### Conclusions

Podem concloure el següent:

- a) Els alumnes entenen les reaccions que es produeixen en cada valoració.
- b) Els alumnes, després d'uns quants càlculs estequiomètrics amb volumetries, són capaços de calcular, sense gaires errors, el volum necessari fins al punt d'equivalència de cada volumetria.
- c) Els alumnes, de manera general, després de fer la primera gràfica i a partir de les indicacions del professor en relació amb la mateixa, són capaços de decidir si després de la valoració la gràfica és correcta o si cal repetir-la.
- d) Els alumnes són capaços de deduir els indicadors que serveixen en cada valoració després d'obtenir les diferents corbes a partir de les seves dades.
- e) Els alumnes són capaços de trobar, aproximadament, el volum necessari per arribar al punt d'equivalència de la valoració de cadascuna de les gràfiques fetes.
- f) Els alumnes assoleixen majoritàriament els conceptes treballats: volumetria, punt d'equivalència, punt final d'una valoració, corbes de valoració, indicadors, etc.
- g) Els alumnes són capaços, a partir d'aquest moment, de realitzar de manera autònoma i força correcta algunes operacions de laboratori: pipetejar, omplir i enrasar una bureta, realitzar una volumetria de manera correcta, calibrar un pH-metre, etc.

h) Després de treballar amb un full de càlcul, els alumnes són capaços de realitzar gràfics sense problemes.

Com a dificultats, trobem les següents:

- a) Els alumnes tenen dificultats per escriure les reaccions que es produeixen en cada valoració, ja que no dominen prou (a principi de curs) la formulació.
- b) Al principi, els costa de fer els càlculs per determinar de manera estequiomètrica el volum que necessitarien en cada valoració per arribar al punt d'equivalència.
- c) A alguns alumnes els costa decidir, en fer la valoració amb pH-metre, fins a quin volum han de deixar baixar el líquid de la bureta ràpidament, quan ho han de fer a poc a poc i quan han de tornar a deixar-lo baixar un altre cop de pressa.
- d) Al principi els és difícil, quan fan la valoració amb indicadors, acabar-la just quan es produeix el primer canvi de color persistent. De vegades creuen que cal veure bé el color i es passen del punt final. Amb el temps i la pràctica, van veient que només cal un lleuger canvi de color per arribar al punt final.
- e) També al principi apareixen dificultats amb la utilització del full de càlcul per fer les gràfiques, però adquireixen prou fluïdesa ràpidament.

### Bibliografia

- BELMONTE, M. (2000). *Química batxillerat 2*. Barcelona: Serbal.
- PELEGRÍN, J.; MASJUAN, M. D. (2007). *Química 2*. Barcelona: Casals.
- CASTELLS, P.; RIBA, N.; ANDREU, F. (2004). *Química 2. Sèrie Astrolabi*. Madrid: McGraw-Hill.
- SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James (2000). *Fundamentos de química analítica 1*. 4a ed. Barcelona: Reverté.



**Lourdes Díaz i Rovira**

és llicenciada en químiques, especialitat d'anàlisi, per la Universitat de Barcelona, promoció 1972-1977. És professora des del 1978 i, concretament, és professora a l'IES Miquel Biada de Mataró des del 1988. Actualment imparteix classes al cicle formatiu de grau mitjà de laboratori i al cicle formatiu de grau superior de química ambiental.  
A. e.: lourdes.diro@gmail.com



**Modest Pros i González**

és llicenciat en química per la Universitat de Barcelona i és professor de l'IES Miquel Biada de Mataró des del 1985. En aquest institut, ha impartit classes de Matemàtiques, Física i química de l'antiga FP, així com de Química del batxillerat. En l'actualitat, exerceix de professor del cicle formatiu de grau mitjà de laboratori i dels cicles formatius de grau superior de laboratori d'anàlisi i control de qualitat i de química ambiental. També ha estat professor de química de l'Escola Universitària Politècnica de Mataró (EUPMT).