

## VALORACIÓ DE L'APRENTATGE DE QUÍMICA ORGÀNICA I QUÍMICA FARMACÈUTICA A L'ITINERARI CURRICULAR DEL GRAU DE FARMÀCIA (UB)

ZULAICA GALLEGO, ESTER;<sup>\*1</sup> AMAT TUSÓN, MERCEDES;<sup>\*</sup>  
DIEZ PASCUAL, ANNA M.;<sup>\*</sup> DINARÈS MILÀ, IMMACULADA;<sup>\*</sup>  
GRIERA FARRÉS, ROSA;<sup>\*</sup> LLORE BRUNÉS, NÚRIA;<sup>\*</sup>  
QUIRANTE SERRANO, JOSEFINA<sup>\*</sup>

Departament de Farmacologia, Toxicologia i Química Terapèutica.  
Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació.  
Av. Joan XXIII, 27-31. 08028 Barcelona

### Abstract

This work looks at how basic knowledge of Organic Chemistry acquired in the initial stages of the Pharmacy degree is consolidated for its later application. Tests were conducted among first-, second- and third-year students enrolled, respectively, in the subjects Organic Chemistry, Pharmaceutical Chemistry, and Experimentation in Organic and Medicinal Chemistry, comprising questions on the chemistry knowledge considered to be most fundamental, such as aspects of stereochemistry, acidity and basicity, salt formation, and molecular interaction processes at the physiological level. The tests were conducted in the academic years from 2016-2017 to 2018-2019, so that answers from the same group of students could be collected at different stages of the degree. This allowed us to assess which knowledge students typically consolidated and maintained over two to three academic years, as well as that which proved more difficult to retain. The data obtained also provided some information on the students' capacities for knowledge integration.

**Keywords:** knowledge, organic chemistry, pharmaceutical chemistry, knowledge integration.

### Resumen

Se valora la consolidación de los conocimientos básicos de química orgánica adquiridos en las etapas iniciales del grado de Farmacia para su posterior aplicación en etapas avanzadas del grado. Para ello, se realizaron unos test a los estudiantes matriculados en las asignaturas de Química Orgánica, Química Farmacéutica y Experimentación en Química Orgánica y Farmacéutica. Los test planteaban cuestiones sobre los contenidos químicos que se consideran más fundamentales para un futuro farmacéutico: estereoquímica, acidez y basicidad, formación de sales y procesos de interacción molecular a nivel fisiológico. El estudio se inició en el curso 2016-2017 y finalizó en el 2018-2019, captando así la respuesta del mismo grupo de estudiantes en diferentes etapas. Esta actuación nos ha permitido analizar cuáles son los conocimientos que el estudiante consolida y mantiene a lo largo de dos o tres cursos académicos, así como detectar aquellos conocimientos que les suponen más dificultad. Además, los datos obtenidos nos han proporcionado información sobre la capacidad de integración de dichos conocimientos.

**Palabras clave:** aprendizaje, química orgánica, química farmacéutica, integración de conocimientos.

### Resum

En aquest text es valora la consolidació dels coneixements bàsics de química orgànica adquirits en les etapes inicials del grau de Farmàcia per tal d'aplicar-los posteriorment en etapes avançades del grau. A aquest efecte, es van passar

<sup>1</sup> Professora titular del Departament de Farmacologia, Toxicologia i Química Terapèutica, Universitat de Barcelona (zulaica@ub.edu).

\* Grup d'innovació docent consolidat de la Universitat de Barcelona (ORFILA).

uns tests als estudiants matriculats en les assignatures de Química Orgànica, Química Farmacèutica i Experimentació en Química Orgànica i Farmacèutica. Els tests plantejaven qüestions sobre els continguts químics que es consideren més fonamentals per a un futur farmacèutic: estereoquímica, acidesa i basicitat, formació de sals i processos d'interacció molecular a nivell fisiològic. L'estudi es va iniciar en el curs 2016-2017 i va finalitzar en el 2018-2019, la qual cosa va permetre captar la resposta del mateix grup d'estudiants en diferents etapes. Aquesta actuació ens ha permès analitzar quins coneixements consolida i manté l'estudiant al llarg de dos o tres cursos acadèmics, i detectar els coneixements que li comporten més dificultat. A més, les dades obtingudes ens han proporcionat informació sobre la capacitat d'integració d'aquests coneixements.

**Paraules clau:** aprenentatge, química orgànica, química farmacèutica, integració de coneixements.

## 1. Introducció i objectius

El projecte d'innovació docent «Desenvolupament d'un model d'avaluació continuada multidisciplinari i retroactiu de les matèries troncales del Departament de Farmacologia, Toxicologia i Química Terapèutica» (ref. 2015PID-UB/031) és fruit de la inquietud i l'interès, per part del professorat, de valorar la consolidació dels continguts que s'imparteixen i s'avaluen en les assignatures adscrites al Departament de Farmacologia, Toxicologia i Química Terapèutica (UB) conforme els estudiants avancen en els seus estudis del grau. En general, es detecta en l'alumnat una dificultat a mantenir els conceptes bàsics, adquirits en les etapes inicials dels estudis, i a aplicar-los en les assignatures més especialitzades. Per a l'aprenentatge és fonamental que els estudiants tinguin el convenciment que els coneixements apresos en una assignatura constitueixen la base de la següent i que, per tant, s'han de mantenir i reforçar constantment. Com millor s'hagin assolit aquests coneixements bàsics, millor es podran aprendre els següents (Biggs, 2006). Segons la teoria *student approaches to learning* (SAL) (Gargallo, 2006), el professorat universitari ha de potenciar l'aprenentatge profund enfront del superficial, per tal que els estudiants aprenguin més i millor, d'una banda, i perquè així és molt més probable que obtinguin bons resultats acadèmics, de l'altra. La transmissió dels continguts d'una assignatura bàsica amb un caràcter més progressiu, potenciant la seva aplicabilitat, pot contribuir a refermar en l'estudiant dels cursos inicials la importància d'invertir esforços en l'aprenentatge inicial.

En aquest sentit, alguns professors de l'àrea de química orgànica (matèries Química Orgànica i Química Farmacèutica) vam decidir valorar si els conceptes més fonamentals impartits en assignatures bàsiques eren retinguts amb suficient consolidació per tal de poder ser aplicats en assignatures del mateix Departament que s'imparteixen al semestre posterior o un curs més endavant, com ara la de Farmacologia i la de Toxicologia, o en altres assignatures del grau. D'altra banda, aquesta reflexió també ens ajudarà a identificar quins són els conceptes bàsics de la nostra matèria que els estudiants tenen més dificultat a adquirir i assimilar.

L'assignatura de **Química Orgànica** s'imparteix en dos semestres del grau, segon i tercer semestre (Química Orgànica I [QOI] i Química Orgànica II [QOII], respectivament, de sis crèdits cadascuna), i de manera anàloga també la de **Química Farmacèutica** està dividida en dos semestres (Química Farmacèutica I [QFI] i Química Farmacèutica II [QFII], quart i cinquè semestre del grau, respectivament, també de sis crèdits cadascuna). La primera constitueix una matèria de formació bàsica del grau de Farmàcia (UB) i la segona és obligatòria. Cursen QOI habitualment una mitjana de 470 estudiants i QOII una mitjana de 460 estudiants cada curs. La mitjana d'estudiants que es matriculen més d'un curs en aquestes assignatures és del 30 %. Per la seva part, l'assignatura de QFII presenta una mitjana de 340 estudiants per curs, dels quals, uns 4 % són estudiants repetidors. Finalment, l'assignatura d'Experimentació en Química Orgànica i Farmacèutica (EQOF) presenta cada curs una mitjana de 320 estudiants matriculats, dels quals al voltant d'un 5 % són repetidors. Aquesta assignatura pràctica s'imparteix en el cinquè semestre del grau.

Entre els objectius d'aprenentatge de l'assignatura de QOI especificats en el pla docent (Parcerisa, 2004), podem destacar:

- Conèixer els aspectes tridimensionals dels compostos orgànics segons la seva constitució, configuració i conformació.
- Racionalitzar l'estructura, les propietats físiques i les propietats àcid-base que caracteritzen els compostos orgànics segons els seus grups funcionals.

En relació amb la QOII podem destacar els objectius següents, també especificats en el pla docent de l'assignatura:

- Racionalitzar la reactivitat bàsica dels compostos orgànics segons l'estructura dels seus grups funcionals.
- Conèixer globalment els processos implicats en les transformacions dels compostos orgànics.
- Definir i emprar correctament la terminologia i el vocabulari específics de la química orgànica bàsica.
- Escriure mecanismes raonables per a les principals transformacions que afecten els grups funcionals bàsics.
- Emprar consideracions estereoquímiques quan s'analitzin mecanismes i transformacions.

L'assoliment d'aquests objectius d'aprenentatge són la base per cursar les assignatures de Química Farmacèutica, Farmacologia i Toxicologia, assignatures adscrites al Departament que s'imparteixen en cursos més avançats. Evidentment, també constitueixen els fonaments d'altres assignatures del grau, com, per exemple, la Bioquímica i la Biofarmàcia, entre d'altres.

En relació amb la QFII s'han d'assolir les següents competències referides a coneixements:

- L'alumne ha de familiaritzar-se amb les estructures químiques dels fàrmacs, ja que és en aquestes estructures que es basa la seva activitat.
- Els estudiants han de conèixer les relacions entre estructura i activitat en les famílies de fàrmacs més representatives. També han d'aprendre els diferents modes d'acció possibles dels fàrmacs.
- L'alumne, a la vista de l'estructura química del fàrmac, ha de saber les principals transformacions metabòliques que pot experimentar en l'entrada a l'organisme.

Tots aquests objectius estan lligats a les competències que han d'assolir els estudis farmacèutics (Ordre CIN/2137/2008) (mòdul de química):

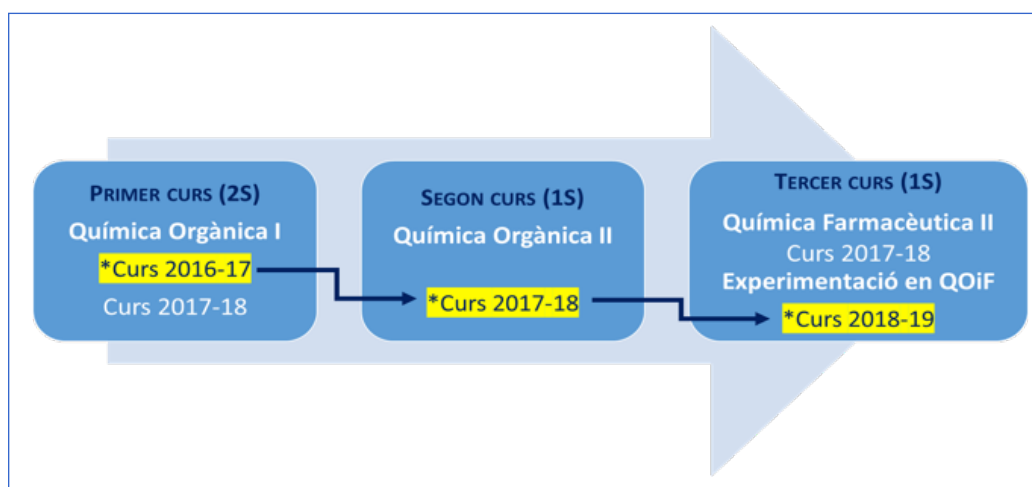
- Conocer y comprender las propiedades características de los elementos y sus compuestos, así como su aplicación en el ámbito farmacéutico.
- Conocer y comprender la naturaleza y comportamiento de los grupos funcionales en moléculas orgánicas.
- Conocer el origen, naturaleza, diseño, obtención, análisis y control de medicamentos y productos sanitarios.

## 2. Metodologia

D'acord amb els nostres objectius, es va plantejar l'estudi mitjançant la presentació als estudiants de tests de continguts bàsics de cada temari. Aquests tests es van realitzar a l'inici del curs (primer dia de classe) i al final del curs (últim dia de classe, entre quinze dies i un mes abans de la prova d'avaluació final) de les assignatures de l'àrea. El test formulat va ser el mateix en tots dos casos per a cada assignatura per tal de poder valorar l'evolució de l'aprenentatge. Així, el test inicial tenia una funció diagnòstica, mentre que el test final tenia l'objectiu de valorar si els coneixements apresos al llarg del curs estaven més reforçats com a conseqüència de l'assistència a classe i l'estudi progressiu. Es van realitzar les actuacions següents:

- Test als estudiants que van cursar Química Orgànica I durant els cursos 2016-2017 (grup M3 de matí) i 2017-2018 (grups T2 i T3 de tarda). Aquests estudiants són del primer curs del grau i, en aquest cas, l'objectiu era valorar els coneixements bàsics de química orgànica adquirits al batxillerat i l'evolució d'aquests coneixements un cop finalitzada l'assignatura de QOI.
- Test als estudiants de Química Orgànica II (curs 2017-2018, el mateix grup d'estudiants que van contestar els tests de QOI al curs anterior). En aquest cas, es pretenia valorar la consolidació dels conceptes bàsics impartits i avaluats a QOI i valorar si aquests conceptes es refermaven quan es cursava QOII.
- Test als estudiants d'Experimentació en Química Orgànica i Farmacèutica (curs 2018-2019). El test, en aquest cas, va ser el mateix que es va passar als estudiants de QOII en el curs 2017-2018, ja que la finalitat era copsar la consolidació dels coneixements un cop transcorregut un curs acadèmic. Aquest estudi era possible perquè els estudiants eren també, en aquest cas, els mateixos.
- Test als estudiants de Química Farmacèutica II (curs 2017-2018) per tal de valorar si els coneixements adquirits en els dos cursos anteriors s'havien assolit plenament i, per tant, l'alumne era capaç d'aplicar-los a fàrmacs.

Així doncs, l'estudi es va realitzar en tres cursos diferents del grau, i va consistir a fer el seguiment **del mateix grup d'estudiants** al llarg de tres cursos acadèmics consecutius. D'aquesta manera es van poder valorar tant els coneixements en accedir a l'ensenyament com la millora dels coneixements bàsics de química orgànica al llarg dels tres primers cursos del grau.



**Gràfic 1.** Actuacions realitzades al llarg de tres cursos acadèmics: 2016-17, 2017-18 i 2018-19

El primer pas va ser dissenyar els tests, per a la qual cosa es va fer una **selecció dels continguts**. Les propietats àcid-base dels compostos orgànics tenen una rellevància especial en el grau de Farmàcia. En reunions amb el professorat del departament d'assignatures relatives a les matèries de farmacologia i toxicologia, van ser els conceptes que es van detectar amb més manca de consolidació. A més, també es va decidir incloure qüestions relacionades amb les propietats estereoquímiques dels compostos orgànics, atesa la seva implicació en l'activitat d'alguns fàrmacs. El test per als estudiants de QFII, addicionalment, presentava qüestions relatives a la reactivitat dels compostos orgànics i a les interaccions entre dianes terapèutiques (macromolècules), a banda d'aspectes aplicats d'acidesa, basicitat i estereoquímica.

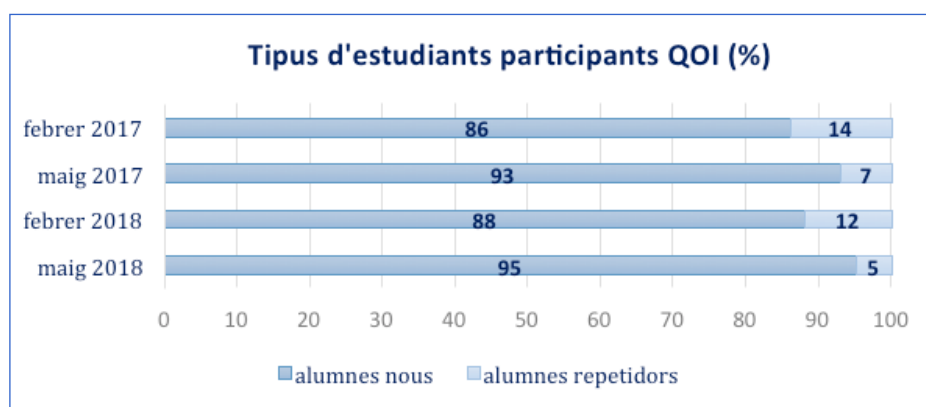
Els tests van ser voluntaris i anònims, dissenyats per ser contestats en un màxim de DEU minuts. Com s'ha comentat, es va utilitzar el mateix test tant a l'inici com al final de curs de cadascuna de les assignatures implicades en aquest estudi.

### 3. Resultats i discussió

#### 3.1. Test als estudiants de Química Orgànica I

##### 3.1.1. Dades de participació

El nombre d'estudiants que van respondre el test a l'inici del curs 2016-2017 va ser de 70 (un 15 % del total de 464 matriculats en l'assignatura), corresponents al grup M3 (matí, 87 estudiants matriculats), dels quals un 14 % eren estudiants que repetien l'assignatura. L'últim dia de classe l'assistència va ser inferior i, per tant, van contestar el test 45 estudiants (9 % dels matriculats a l'assignatura), dels quals un 7 % eren estudiants repetidors. En el curs 2017-2018 es van enquestar un total de 99 estudiants (corresponents als grups T2 i T3 de tarda), que correspon a un 20 % del total d'alumnes matriculats a l'assignatura (489 estudiants). D'aquests, un 12 % eren estudiants repetidors. En finalitzar l'assignatura el nombre d'estudiants enquestats va ser també inferior, ja que van contestar el test 66 alumnes (14 % del total d'alumnes matriculats), dels quals un 4,5 % eren estudiants repetidors. Aquest estudi ens va permetre de manera indirecta avaluar l'assistència dels estudiants a classe, ja que s'aprecia una davallada d'aquesta des del primer dia fins al darrer dia de classe. En els estudiants repetidors aquesta davallada és més apreciable.

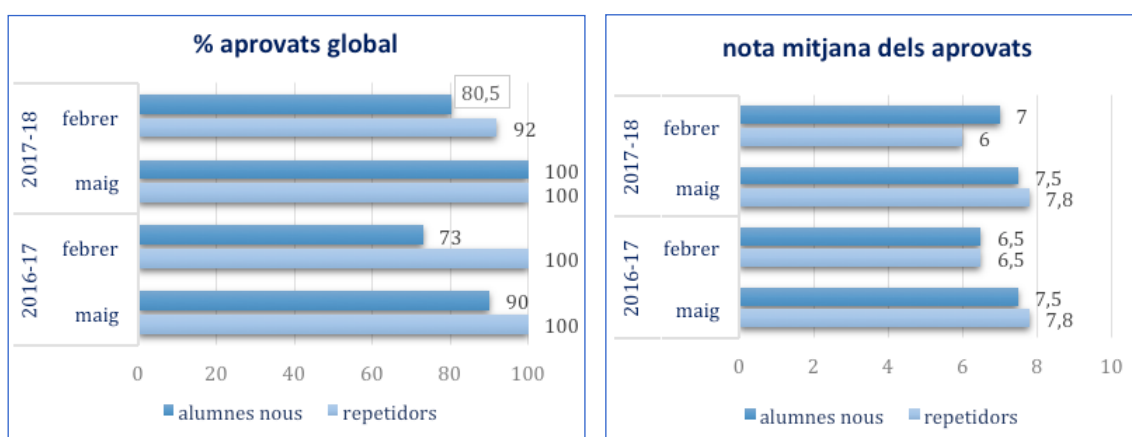


Gràfic 2. Percentatge de participació segons el tipus d'estudiant en el test de QOI.

### 3.1.2. Test: resultats

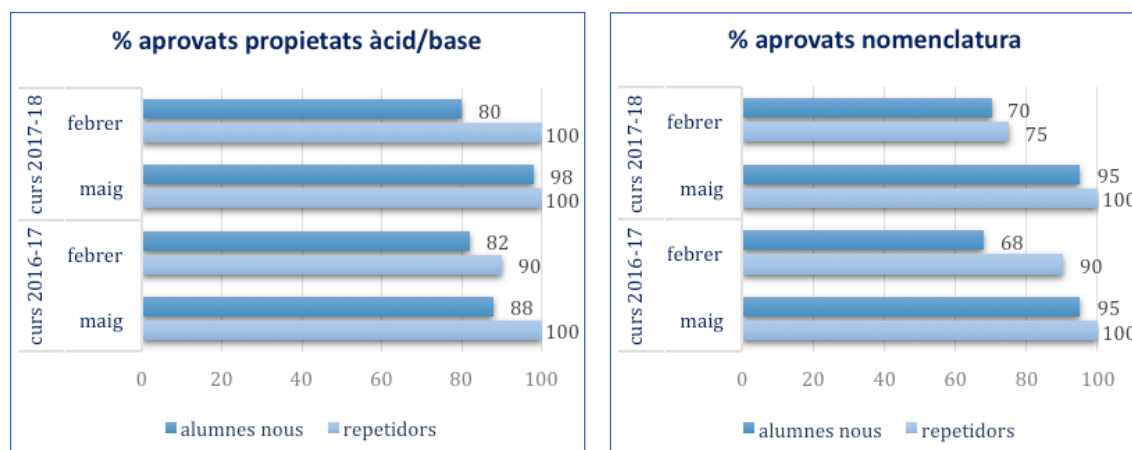
El test (annex 1) constava de **quatre preguntes** relatives als aspectes següents dels compostos orgànics: acidesa/basicitat, nomenclatura, coneixement de grups funcionals i hibridació dels àtoms. Cal remarcar que els coneixements que aquests estudiants tenen dels compostos orgànics a l'inici de curs han estat apresos, fonamentalment, al batxillerat. Per tant, la valoració inicial ens indica la seva preparació per cursar l'assignatura Química Orgànica.

Tal com mostren els gràfics 3 i 4, una gran part dels estudiants (73 i 80,5 %, respectivament, dels estudiants que cursen Química Orgànica per primera vegada) superen el test inicial. La proporció d'estudiants repetidors en aquesta situació és superior, ja que superen el test un 90-100 %. El test final (l'últim dia de classe) el superen gairebé tots els estudiants. Tanmateix, la nota assolida pels estudiants està al voltant de l'aprovat alt (6-7) a l'inici de curs i millora fins a arribar a la qualificació de notable (7,5-7,8) a final de curs.



Gràfics 3 i 4. Percentatge d'aprovat i nota mitjana en els tests de QOI.

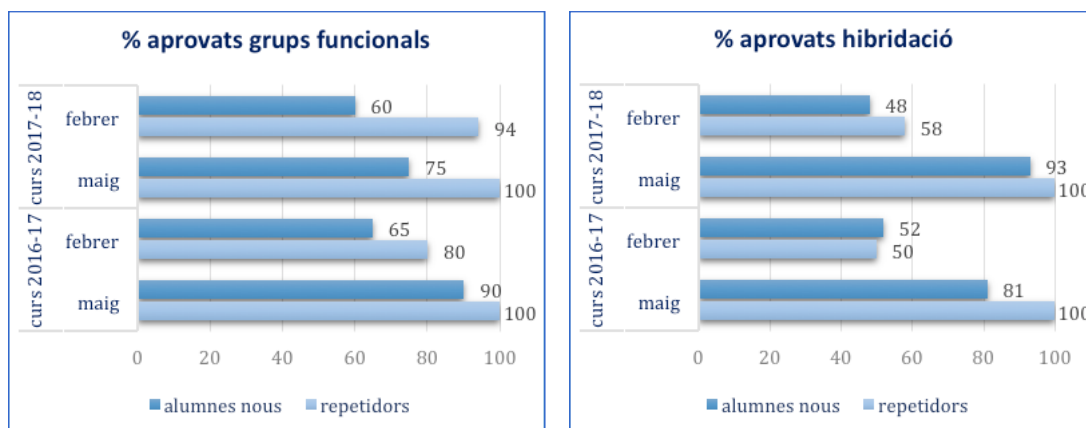
Si analitzem els diferents apartats del test, podem valorar quins són els conceptes que els alumnes tenen millor o pitjor assolits a l'inici i al final del curs. Així, a l'inici del curs, les propietats àcid-base (gràfic 5) són les que dominen millor (un 80-82 % d'estudiants nous aproven aquestes qüestions, un 90-100 % en el cas dels repetidors). Al maig (quan finalitza l'assignatura), un 88-100 % dels estudiants dominen aquests aspectes. Pel que fa a la nomenclatura, l'assoleixen millor els estudiants repetidors al final del curs (gràfic 6).



Gràfics 5 i 6. Propietats àcid-base i nomenclatura.

En referència al reconeixement de grups funcionals (gràfic 7), també els repetidors mostren un major domini (80-94 % d'aprovat, enfront del 65-60 % en el cas d'estudiants nous a l'inici del curs). Aquests aspectes milloren fins a assolir un percentatge superior al 90 % d'aprovat al final del curs. Els aspectes d'hibridació dels àtoms (gràfic 8) són els que presenten els resultats més baixos. Aproximadament la meitat dels estudiants superen aquests aspectes a l'inici del curs, tot i que milloren substancialment al final.

Conforme avança el curs, s'observa que tots aquests coneixements milloren substancialment.

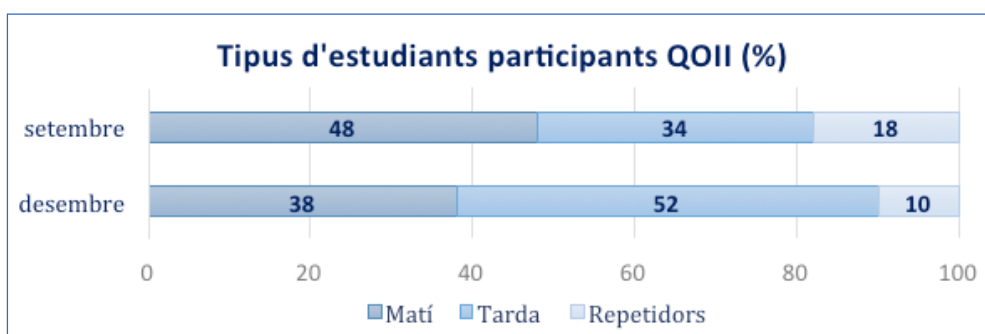


Gràfics 7 i 8. Grups funcionals i hibridació.

## 3.2. Test als estudiants de Química Orgànica II

### 3.2.1. Dades de participació

El nombre global d'estudiants que van respondre el test a l'inici del curs (setembre) va ser de 159 del total de 478 matriculats (33 %), corresponents als grups M3 (matí, 54 alumnes), M4 (matí, 28 alumnes, grup d'estudiants que repeteixen l'assignatura) i T1 (grup de tarda, 77 alumnes). La participació va ser inferior al desembre (final de l'assignatura), ja que van contestar el test un total de 79 estudiants (16 % dels matriculats). Novament, al final del curs el nombre d'estudiants que assisteixen a classe és inferior. Aquesta disminució és més evident en el grup de tarda i en el grup de repetidors. En el gràfic 9 es mostra la tipologia dels diferents estudiants enquestats (repetidors, matí, tarda).

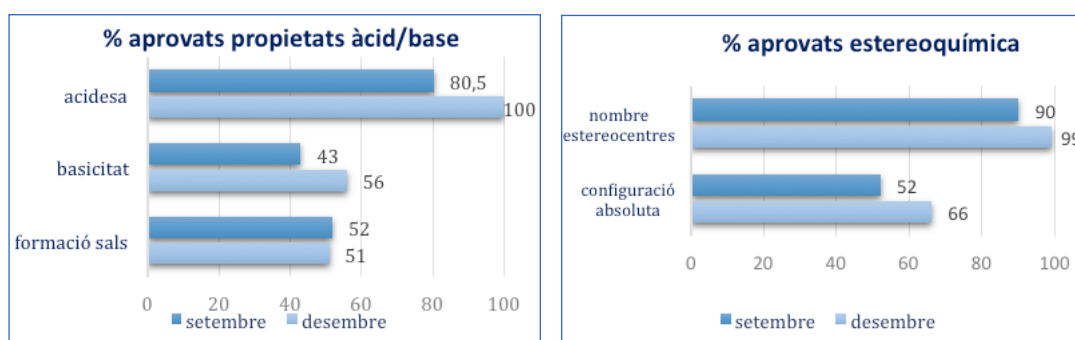


Gràfic 9. Percentatge de participació segons el tipus d'estudiant en el test de QOII.

### 3.2.2. Test: resultats

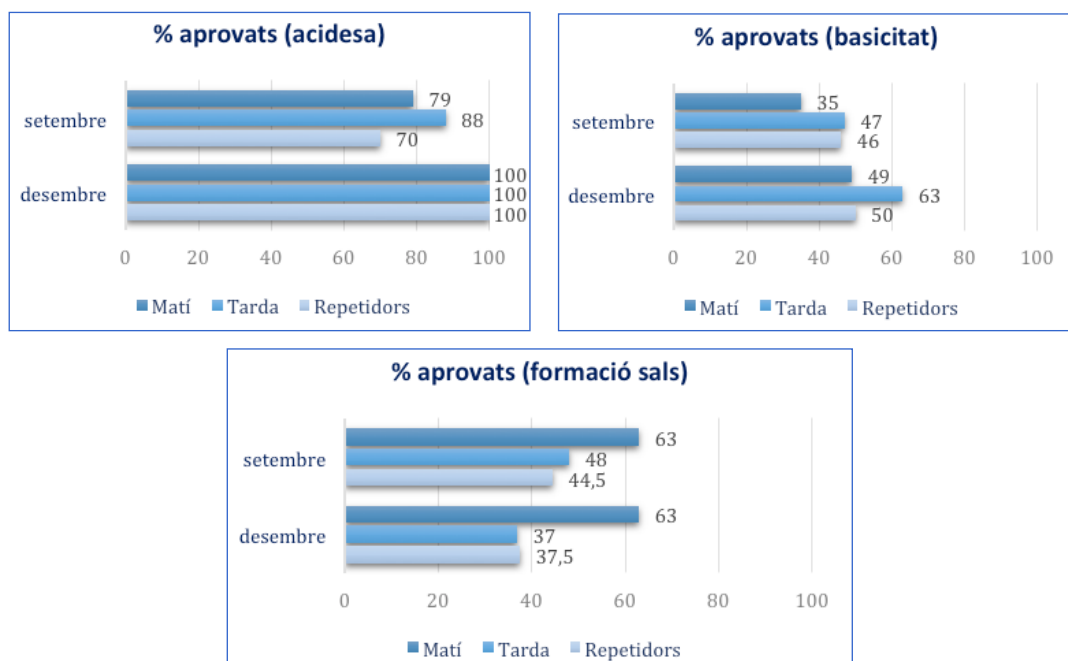
El test constava de **dos blocs de preguntes** (annex II). El primer bloc estava format per tres preguntes i feia referència a les propietats àcid/base: *a*) acidesa dels compostos orgànics, *b*) basicitat i *c*) formació de sals. El segon bloc el constituïen preguntes relatives a l'estereoquímica: identificació d'estereocentres i determinació de la configuració absoluta.

En relació amb el primer bloc i tal com mostra el gràfic 10, el concepte d'acidesa dels compostos orgànics és un dels conceptes més ben assolits pels estudiants que han cursat QOI i, a més, s'observa que el seu assoliment i la seva consolidació van millorant sensiblement durant el curs de QOII. La propietat de basicitat només està ben assolida en un 43 % dels estudiants i s'observa que després de tot un curs de QOII encara hi ha grans mancances. En relació amb la formació de sals, la meitat dels estudiants demostra tenir dificultats per assolir aquest concepte.



Gràfics 10 i 11. Resultats globals de les propietats àcid-base i estereoquímica.

En relació amb el bloc de preguntes d'estereoquímica (gràfic 11), els estudiants mostren un grau de coneixement molt elevat de les relatives a la identificació d'estereocentres en estructures químiques. En canvi, mostren més dificultats a conèixer la determinació de la configuració absoluta. La tipologia dels estudiants de cada grup ens permet també comparar **en els diferents grups enquestats** (grup de matí, grup de repetidors i grup de tarda) la variació en les respostes (gràfics 12, 13

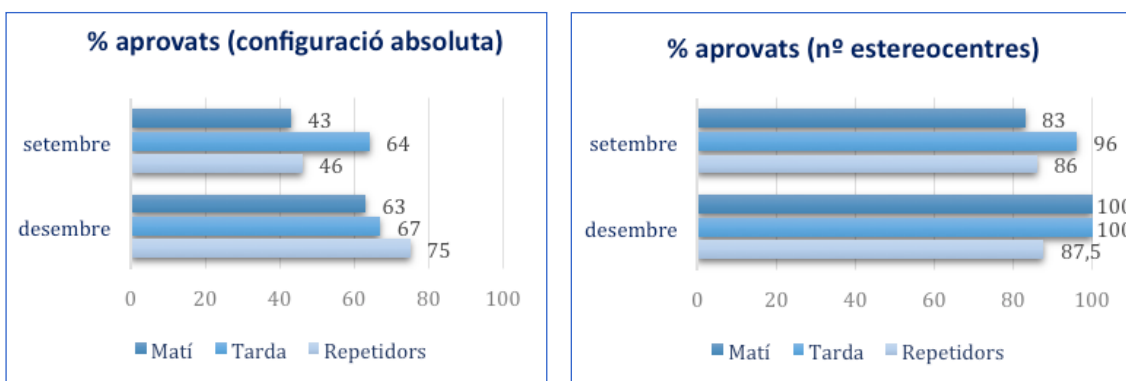


Gràfics 12, 13 i 14. Resultats de les propietats àcid/base segons el tipus d'alumne.



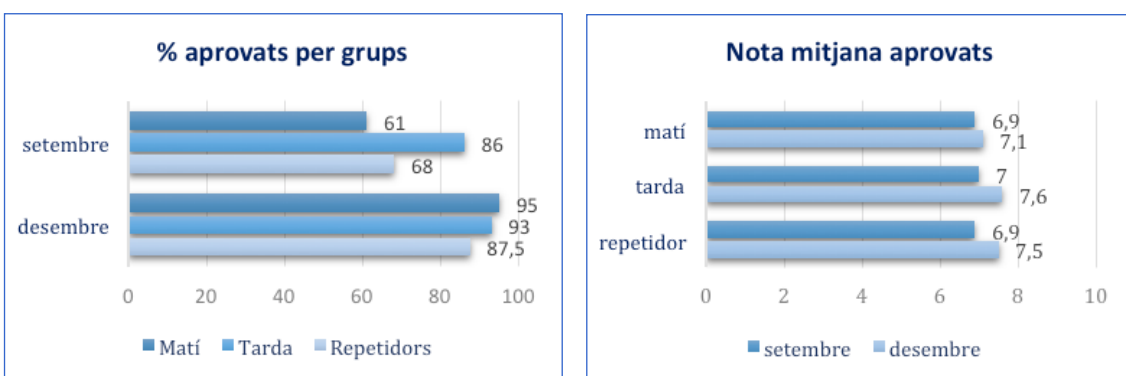
i 14). En relació amb les propietats àcid-base, s'observa un paral·lisme bastant significatiu. La propietat d'acidesa la dominen millor els estudiants que es matriculen per primera vegada, tot i que no d'una manera significativament gran. La basicitat, clarament, és un concepte que costa més d'assolir en els tres grups. En relació amb la formació de sals, només en el grup d'estudiants de matí s'observa un increment de les respostes correctes.

En relació amb les preguntes d'estereoquímica (gràfics 15 i 16), els alumnes dels diferents grups no mostren diferències significatives en la localització d'estereocentres en l'estructura dels compostos orgànics. En relació amb la determinació de la configuració absoluta, els estudiants de matí i els repetidors mostren més dificultats.



Gràfics 15 i 16. Resultats d'estereoquímica segons el tipus d'alumne.

En comparar les respostes dels diferents grups al setembre (inici del curs) i al desembre (final del curs), s'observa que els estudiants que han assistit regularment a classe (alumnes que assisteixen a classe els últims dies) han millorat considerablement els seus coneixements en relació amb aquests objectius bàsics d'aprenentatge. En els gràfics 17 i 18 es mostra el percentatge d'alumnes que supera l'assignatura per grups (matí, tarda i repetidors), així com la nota mitjana dels estudiants aprovats.

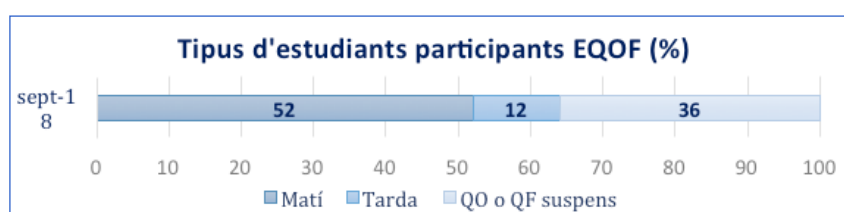


Gràfics 17 i 18. QOII, aprovats globals.

### 3.3. Test als estudiants d'Experimentació en Química Orgànica i Farmacèutica

#### 3.3.1. Dades de participació

El nombre global d'estudiants que van respondre al test a l'inici del curs va ser de 177 del total de 315 matriculats (56 %) a l'assignatura, corresponents als grups de matí M1 (28 estudiants), M2 (97 estudiants) i al grup de tarda T1 (52 estudiants). Del global d'estudiants enquestats, un 36 % tenen pendent alguna assignatura de química orgànica o de química farmacèutica. Aquest test va **ser el mateix que el que es va fer als estudiants de QOII** el curs anterior. Per tant, es demanaven les mateixes preguntes als mateixos estudiants.

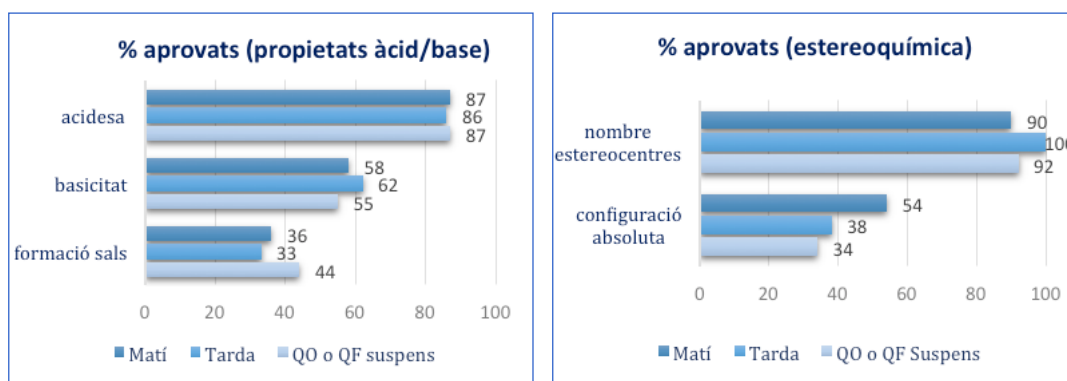


Gràfic 19. Percentatge de participació segons el tipus d'estudiant en el test de EQOF.

#### 3.3.2. Test: resultats

En relació amb el primer bloc de preguntes relatives a les propietats àcid-base, quan comparem els percentatges dels estudiants que superen aquests aspectes (gràfic 20) segons la seva tipologia (estudiants de matí, de tarda o amb alguna assignatura pendent de QO o de QF), no observem diferències significatives.

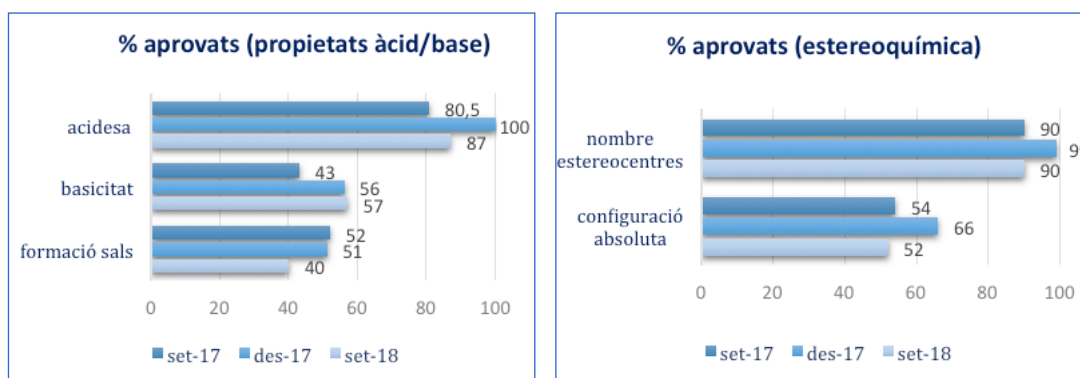
Tanmateix, quan comparem les respostes relatives a l'estereoquímica (gràfic 21), sí que trobem algunes diferències significatives. Si bé la identificació del nombre d'estereocentres és un tema que dominen tots els estudiants, la seva configuració absoluta està més consolidada en els estudiants de grups de matí que no pas en els estudiants de grups de tarda i en els que tenen alguna assignatura pendent.



Gràfics 20 i 21: resultats per tipologia d'estudiants en el test d'EQOF

En comparar els resultats amb els obtinguts en el test de QOII del curs anterior, en relació amb el primer bloc de preguntes, relatives a les propietats àcid-base (gràfic 22), s'observa que la basicitat dels compostos orgànics i la formació de sals són els conceptes que pitjor assoleixen, i aquests últims són els que pitjor es mantenen un curs més tard. Clarament, el concepte d'acidesa s'assoleix millor.

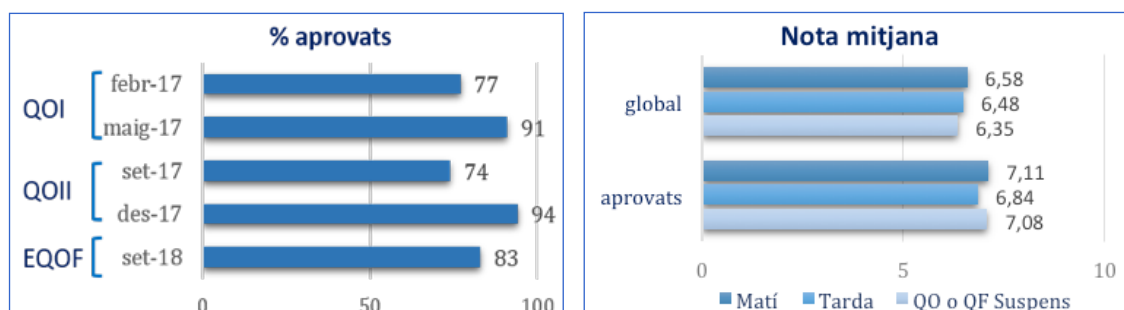
Si comparem els resultats relatius al bloc de preguntes d'estereoquímica (gràfic 23), no s'observa una pèrdua significativa dels coneixements relatius a la localització d'estereocentres en estructures químiques, però sí que es detecta un descens significatiu en la capacitat de determinar la seva configuració absoluta.



Gràfics 22 i 23. Comparativa de resultats de QOII (set. 2017, des. 2017) i EQOF (set. 2018).

Cal remarcar que els dos aspectes en què es detecta una pèrdua de coneixements més marcada —la formació de sals i la determinació de la configuració absoluta— s'introdueixen i es treballen intensivament a QOI (1r curs). Durant el curs de QOII es treballa més en els altres ítems preguntats.

Finalment, el gràfic 24 mostra l'evolució del percentatge d'alumnes que superen els coneixements bàsics de QO en diferents moments del grau: a primer curs (inici i final del curs 2016-2017), a segon curs (inici i final del curs 2017-2018) i un curs més tard (setembre 2018). Aquests coneixements es mantenen a tercer curs amb un descens no gaire important, de prop de l'11 %, una mica inferior al que es detecta entre primer i segon curs (17 %). D'altra banda, el gràfic 25 mostra la nota mitjana dels estudiants d'EQOiF que superen aquests coneixements segons la seva tipologia, i es conclou que els estudiants del grup de matí són els que presenten les notes més altes, seguits dels del grup que té alguna assignatura pendent.



Gràfic 24. % d'aprovats en les tres assignatures.

Gràfic 25. Nota mitjana dels aprovats en EQOiF.

### 3.4. Test als estudiants de Química Farmacèutica II

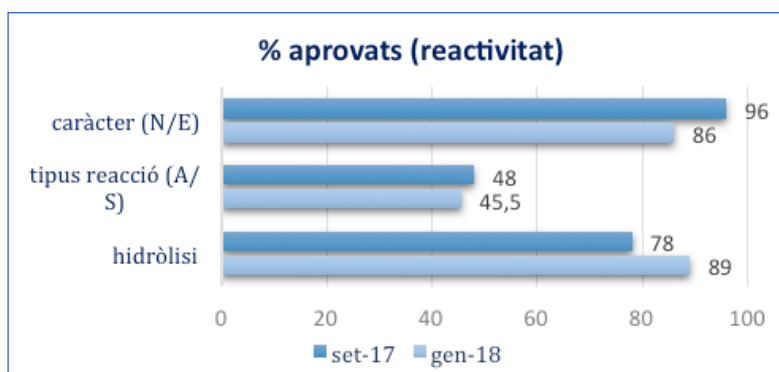
#### 3.4.1. Dades de participació

El nombre d'estudiants que van respondre al test a l'inici del curs (setembre) va ser de 54 (17 % del total d'alumnes matriculats a l'assignatura) del grup M3 (grup de matí). Al final del curs el test es va passar el mateix dia de l'examen final, de manera que la participació va augmentar fins a 66 estudiants (21 % de matriculats a l'assignatura). El percentatge d'estudiants que cursen l'assignatura per segona vegada es troba al voltant del 4 %.

#### 3.4.2. Test: resultats

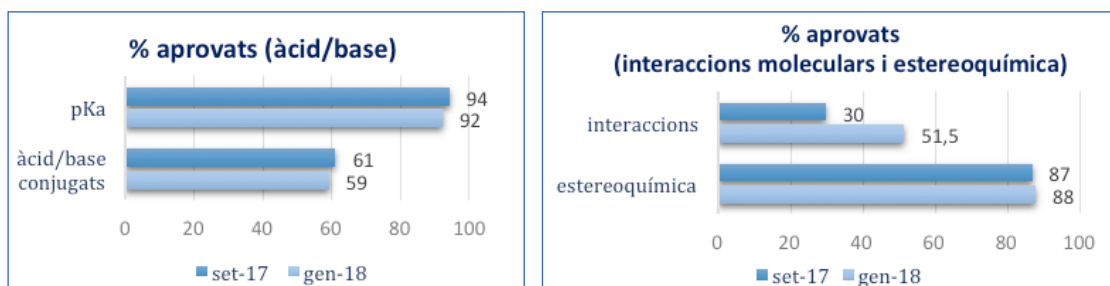
El test (annex III) constava d'onze preguntes que es podien agrupar en tres blocs diferents: el primer bloc agrupava preguntes relatives a la reactivitat dels compostos orgànics, conceptes introduïts i treballats a QOII; el segon grup de preguntes corresponia a propietats àcid-base (dues preguntes); finalment, el tercer bloc agrupava preguntes sobre interaccions moleculars, concepte que s'introdueix a QOI (1r curs) i que no es treballa a QOII, a més d'una pregunta d'estereoquímica. Amb aquest qüestionari es pretenia avaluar l'evolució dels conceptes impartits i si els alumnes eren capaços d'aplicar-los al context de molècules d'interès biològic.

En relació amb el primer grup de preguntes, el gràfic 26 mostra els resultats obtinguts. La primera pregunta, d'identificació del caràcter nucleòfil o electròfil d'un substrat o reactiu, la van contestar correctament un nombre elevat dels estudiants enquestats, amb la qual cosa es va demostrar, per tant, que aquest concepte està bastant ben assolit. Igualment, la identificació d'una transformació química senzilla, com ara el procés d'hidròlisi, també mostra un grau d'assoliment elevat. Tanmateix, la pregunta relativa al tipus de reacció (addició vs substitució; nucleòfila vs electròfila) és la que presenta resultats més baixos. Aquests conceptes típics dels compostos orgànics es treballen sistemàticament durant tot el curs de QOII, però més de la meitat dels estudiants no dominen o han oblidat aquests aspectes.



Gràfic 26. Resultats del bloc de reactivitat.

En relació amb el bloc de qüestions sobre les propietats àcid-base dels compostos orgànics (gràfic 27), en la primera pregunta, que feia referència a la representació de l'àcid o la base conjugada d'un compost, els estudiants van obtenir resultats acceptables, encara que s'ha de tenir en compte que només una petita part domina plenament aquest concepte (17 % al setembre i 23 % al gener). Pel que fa als valors de pKa i a la seva aplicació en la valoració de l'acidesa d'un compost, és un aspecte que es domina de manera més general. En aquest bloc no s'observa una diferència significativa entre l'inici i el final del curs.

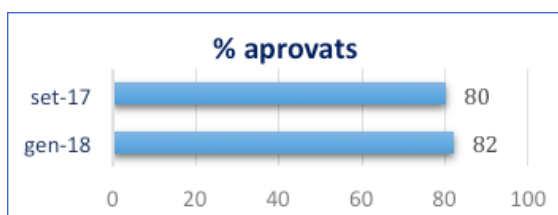


Gràfics 27 i 28. Percentatge d'aprovat sobre les propietats àcid-base, interaccions moleculars i estereoquímica.

Al darrer bloc es plantejaven preguntes destinades a valorar els coneixements sobre les **interaccions moleculars** (gràfic 28). En general, els estudiants saben reconèixer els diferents tipus d'enllaç intermolecular quan se'ls representen, però presenten dificultats quan es profunditza en les forces d'enllaç o es demana per altres possibles enllaços no representats en la figura. Malgrat tot, al final del curs els resultats milloren ostensiblement, tot i que només la meitat dels estudiants dominen els aspectes relacionats amb la seva identificació en una estructura.

En aquest bloc, a més, s'inclou una pregunta sobre **estereoquímica** (nombre d'estereoisòmers i configuració absoluta) i s'observa que una gran part dels estudiants dominen aquests aspectes (gràfic 28), si bé, novament, en la determinació de la configuració absoluta el percentatge disminueix fins al 60 %.

Els gràfics 29 i 30 recullen el percentatge d'aprovat i la nota mitjana dels aprovats, respectivament, i es comparen els resultats de l'inici i del final del curs. Es pot apreciar que la millora durant el curs dels coneixements globals dels estudiants en relació amb diversos aspectes fonamentals de l'assignatura no és significativa, si bé la nota mitjana dels aprovats és superior. És significatiu que aspectes com els àcids-base conjugats o les interaccions moleculars mostren un grau d'assoliment molt baix.

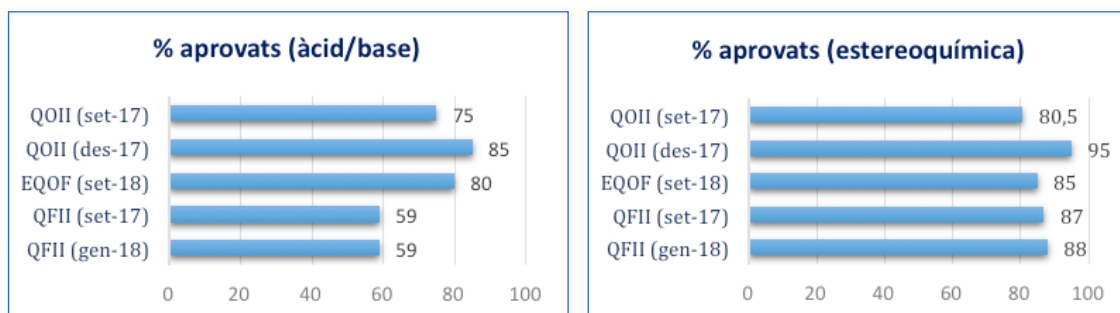


Gràfic 29. Percentatge d'aprovat a QFII.



Gràfic 30. Nota mitjana dels aprovats a QFII.

Finalment, quan agrupem els resultats de les preguntes de propietats àcid-base i **comparem les assignatures de QOII, EQOF i QFII** (gràfic 31), podem concloure que el percentatge d'aprovat és alt en un àmbit d'estructures senzilles, però disminueix quan es passa a un context més biològic. Pel que fa als aspectes relacionats amb l'estereoquímica (gràfic 32), es mantenen dins d'un mateix ordre, fet que demostra que aquest concepte presenta un grau d'assoliment elevat.



Gràfics 31 i 32. Comparativa de resultats de QOII (set. 2017, des. 2017), EQOF (set. 2018) i QFII (set. 2017, gen. 2018).

## 4. Conclusions

1. Els **estudiants que accedeixen a l'ensenyament** han estudiat conceptes bàsics de nomenclatura dels compostos orgànics, tipus de grups funcionals (famílies de compostos orgànics) i hibridació dels àtoms. Els resultats de la primera enquesta de QOI indiquen que coneixen suficientment aquests conceptes. L'aspecte que menys dominen quan inicien els seus estudis del grau de Farmàcia és el de la hibridació dels àtoms, i, de fet, aquest concepte és el que més els costa d'assolir al llarg del primer curs.
2. En relació amb els aspectes **d'acidesa i basicitat** dels compostos orgànics, podem concloure que els estudiants de primer curs (QOI) assoleixen satisfactòriament aquests conceptes fonamentals (tenint en compte els percentatges d'aprovats globals de cada assignatura). No obstant això, a segon curs (QOII) s'observa clarament que el concepte d'acidesa es consolida millor que els conceptes de basicitat i de formació de sals. El resultat és que només la meitat dels estudiants mostren una solvència en aquests dos últims aspectes.
3. Els aspectes **d'estereoquímica** estudiats a primer curs (QOI) s'assoleixen i es consoliden de manera notable, ja que en acabar el segon curs (QOII) tots els estudiants (99 %) saben identificar els estereocentres d'un compost orgànic i un 66 % dels estudiants determinen de manera correcta la seva configuració absoluta.
4. Els conceptes sobre la **reactivitat dels compostos orgànics**, estudiats en l'assignatura QOII, s'empren de manera exhaustiva un curs més tard, durant la QFII, i s'observa que l'estudiant manté els coneixements bàsics referits a la identificació del caràcter nucleòfil/electròfil d'un compost orgànic (termes típics de les reaccions polars). També s'observa un bon assoliment de la identificació de reaccions senzilles, com, per exemple, la hidròlisi. Paral·lelament, s'observa que altres conceptes importants de la reactivitat —addició/eliminació/substitució, nucleòfila/electròfila— no s'han assolit suficientment (tan sols un 45 % superen aquest apartat de l'enquesta al final del curs).
5. Els aspectes sobre la **interacció intermolecular**, que tenen una gran transcendència en el mecanisme d'acció dels fàrmacs a nivell molecular, no s'assoleixen de manera significativa en finalitzar el tercer curs, tot i que és un tema que s'introdueix al primer curs (QOI), es treballa al segon (QOII) i es torna a insistir-hi durant el tercer (QFII).

Pel que fa a l'**evolució de la consolidació d'aquests continguts** al llarg dels tres cursos, podem concloure que:

6. El concepte d'acidesa és el millor assolit, seguit del de basicitat dels compostos orgànics. Tanmateix, els resultats mostren que els conceptes relatius a la formació de sals (àcid-base conjugats) són els que més costen d'assolir i els que pitjor es mantenen al llarg del tercer curs (EQOF i QFII).

7. En relació amb els temes d'estereoquímica, si bé no es detecta una pèrdua significativa dels coneixements relatius a la identificació d'estereocentres en estructures químiques, sí que es detecta un descens significatiu en la capacitat de mantenir els aspectes relatius a la determinació de la seva configuració absoluta. Aquests descens és significatiu perquè a tercer curs només mostren un domini d'aquest concepte un 45 % dels estudiants enquestats a EQOF i un 60 % dels enquestats a QFII.
8. Els resultats obtinguts en els tests realitzats a QFII van mostrar un nivell acceptable dels coneixements de conceptes bàsics de química orgànica necessaris per a la comprensió correcta d'aquesta assignatura, aplicats a exemples de compostos amb activitat biològica.

En resum, podem concloure que el percentatge d'alumnes que superen els coneixements bàsics mostra un descens des del final d'un curs fins a l'inici del següent (un 17% entre primer i segon curs, i un 11% entre segon i tercer). Tot i així, en iniciar el tercer curs, el percentatge d'alumnes que han assolit aquests coneixements es manté per sobre del 80%.

En totes les respostes als tests s'observa una millora dels coneixements al final del curs en qualsevol dels ítems avaluats. Les enquestes finals es fan l'últim dia de classe. Cal mencionar que en totes les assignatures en què s'ha fet l'estudi, l'estudiant s'avalua a la meitat del semestre i al final. Això posa de manifest que l'assistència regular a classe contribueix clarament a millorar els coneixements. D'altra banda, no s'observen en general, en els diferents grups d'estudiants enquestats de QOII (matí, tarda i repetidors), unes diferències significatives en el grau d'assoliment dels conceptes bàsics impartits.

S'han analitzat i valorat de manera qualitativa i quantitativa quins són els coneixements i els conceptes que els estudiants assoleixen amb més dificultats. S'ha d'insistir i reforçar l'estudi d'aquests conceptes per tal d'aconseguir els millors resultats d'aprenentatge en les matèries de cursos més avançats. Els conceptes identificats en aquest estudi són:

- Hibridació dels àtoms en els compostos orgànics
- Representació de l'àcid i la base conjugada d'un compost orgànic
- Basicitat dels compostos orgànics i de la formació de sals
- Grups funcionals que poden participar en la formació d'un enllaç covalent per interacció molecular a nivell biològic.

## **Bibliografia**

- BIGGS, J. (2006) *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid, Narcea.
- GARGALLO, B., GARFELLA, P., Pérez, C. (2006) «Enfoques de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes universitarios». *Bordón, Revista de Pedagogía*, 28(3), 327-343.
- Ordre CIN/2137/2008, de 3 de juliol (*Boletín Oficial del Estado*, núm. 174, 19 juliol 2008), per la qual s'estableixen els requisits per a la verificació dels títols universitaris oficials que habiliten per a l'exercici de la professió de farmacèutic.
- PARCERISA, A. (2004) «Pla docent: planificar les assignatures en el marc de l'espai europeu d'educació superior». *Quaderns de Docència Universitària* (Barcelona, ICE-UB), núm. 1.

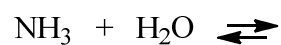
## ANNEX I. Test de Química Orgànica I

QUÍMICA ORGÀNICA I

FEBRER 2017

Curso per primera vegada aquesta assignatura Si  No Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Àcid  Base  No ho sé CH<sub>3</sub>COOH Àcid  Base  No ho sé CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub> Àcid  Base  No ho sé ClNH<sub>4</sub> Àcid  Base  No ho sé NH<sub>4</sub>OH Àcid  Base  No ho sé Bicarbonat sòdic NaHCO<sub>3</sub>  Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  No ho sé Àcid benzoic     No ho sé Butanol CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH  CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH  No ho sé CH<sub>3</sub>COH Aldehyd  Cetona  No ho sé CH<sub>3</sub>NHCH<sub>3</sub> Amida  Amina  No ho sé CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub> Alquí  Alquè  No ho sé Tinc clar el concepte hibridació Si  No 

Completeu els següents equilibris àcid-base



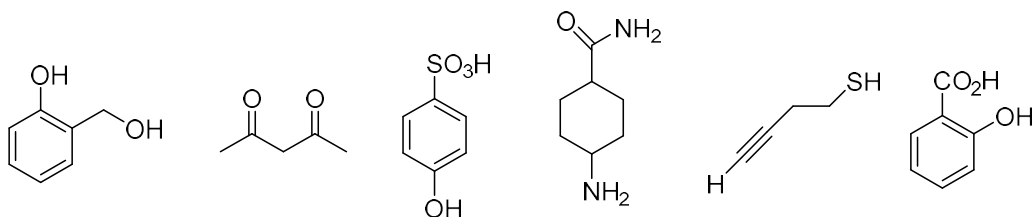


## ANNEX II. Test de Química Orgànica II

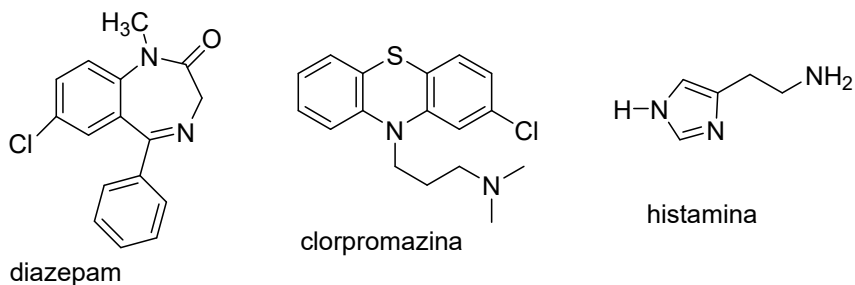
### QUÍMICA ORGÀNICA II

Curso per primera vegada aquesta assignatura:  Si  No

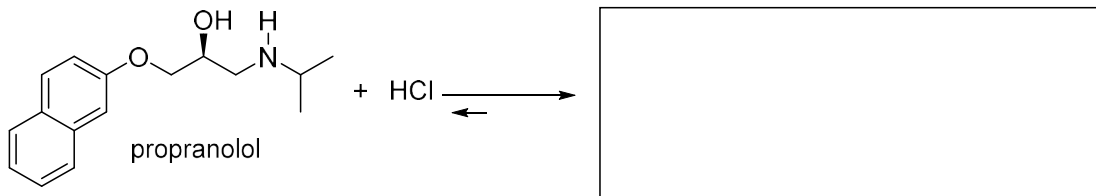
1. Assenyeu el protó més àcid dels compostos següents:



2. Assenyeu l'àtom més bàsic dels compostos següents:

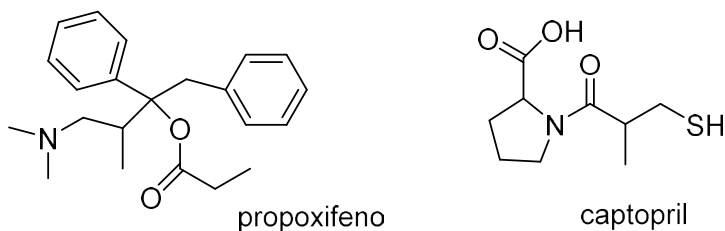


3. En relació al propranolol:



- Representeu el compost resultant de la reacció amb HCl:
- Indiqueu, sobre la mateixa estructura, la configuració absoluta del centre estereogènic

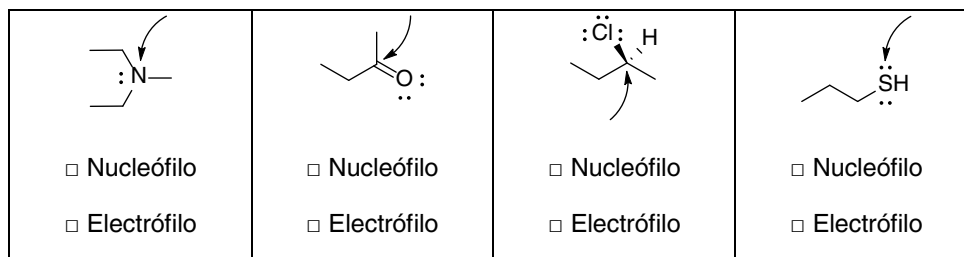
4. Assenyeu els centres estereogènics dels compostos següents:



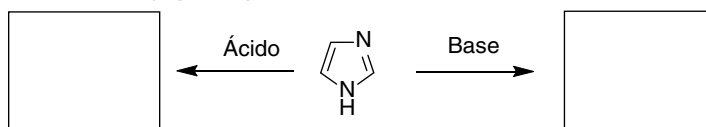
## ANNEX III. Test de Química Farmacèutica II

TEST de NIVEL para los alumnos de QUÍMICA FARMACÉUTICA II – septiembre 2017

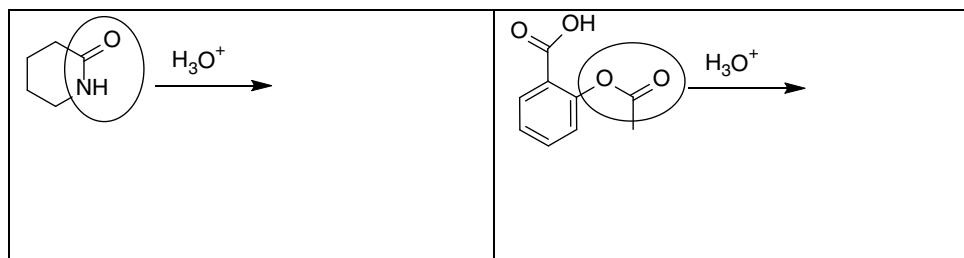
1. Indicar el carácter nucleófilo o electrófilo de los átomos señalados con la flecha (1 punto).



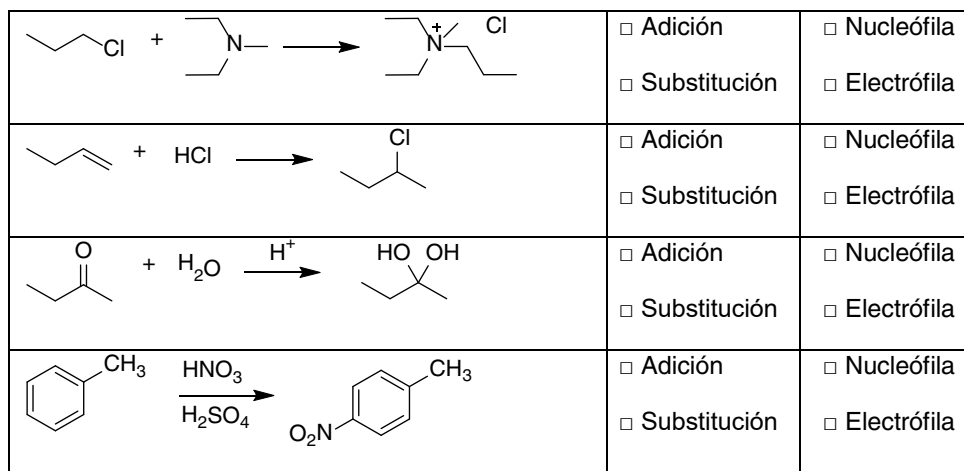
2. Indicar que especie química se formará al reaccionar el anillo de imidazol con ácido o con base (1 punto).



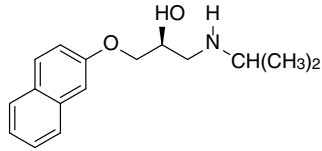
3. En los siguientes ejemplos, indicar el nombre del grupo funcional dentro del círculo y que compuestos proporcionará su hidrólisis (1 punto).



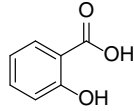
4. Indicar que tipo de reacción se produce en cada caso (adición, sustitución; electrófila, nucleófila) (1 punto).



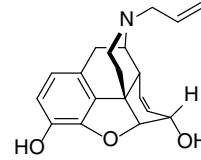
5. Para los fármacos que se representan a continuación conteste a las siguientes preguntas (1 punto):



propranolol  
pKa 9,5 (HB<sup>+</sup>)



ácido acetilsalicílico  
pKa 3,5 (HA)



nalorfin  
pKa 7,8 (HB<sup>+</sup>)

- a) En base a los valores de pKa identifique la molécula más ácida y más básica (0,5 puntos).
- b) Cuantos estereoisómeros son posibles para el propranolol. Dibújelos e indique su configuración absoluta (0,5 puntos).

6. Considerando las molécula que abajo se representa unida a su sitio de unión (1 punto).

- a) Indique en el dibujo las interacciones de unión que tienen lugar en i, ii, iii y iv (0,2 puntos).
- b) ¿De todas las interacciones que la molécula establece, cuál es la más fuerte? (0,2 puntos).
- c) ¿Hay algún grupo en la molécula capaz de establecer un enlace covalente? ¿Cuál? (0,2 puntos).
- d) ¿Hay algún grupo que pueda establecer una interacción dipolo-dipolo? ¿Cuál? (0,2 puntos).
- e) ¿Hay algún grupo que pueda establecer una interacción ión-dipolo? ¿Cuál? (0,2 puntos).

