

## **CAPÍTOL 4**

### **ELABORACIÓ DE LA PROVA**

## 4.1.- PLANS D'ESTUDI

---

L'Escola Universitària d'Infermeria i Fisioteràpia Blanquerna (EUIF) de la Universitat Ramon Llull (URL) presenta així la diplomatura de Fisioteràpia en el seu fulletó informatiu per al curs 1997-1998:

La Fisioteràpia consisteix en el tractament de lesions o incapacitats físiques. Els fisioterapeutes treballen en un equip multidisciplinari de salut amb pacients de totes les edats. Tenen un paper cada cop més important en la recerca i en la prevenció de les malalties discapacitants, a més de la seva rehabilitació: desordres musculoesquelètics, malalties neurològiques agudes i cròniques, afeccions cardiorespiratòries, procés d'envelliment, etc. El tractament pot tenir lloc en una gran varietat d'àmbits i situacions: hospitals, centres d'assistència primària, centres de rehabilitació, l'esport, centres socio-sanitaris, escoles especials, la indústria i el lliure exercici de la professió. A l'Escola Blanquerna treballem per a dotar el professional de la Fisioteràpia, junt amb una preparació científica i tècnica adequada, d'una formació humanística que vertebrï la seva personalitat i li proporcionï els recursos intel·lectuals necessaris per fer front a tots els reptes que li plantejï la seva responsabilitat de garantir una atenció integral i personalitzada a l'individu, a la família i a la societat.

El pla d'estudis de la diplomatura de Fisioteràpia es troba a l'annex 5. Constatem que les assignatures de primer curs consoliden la base científica que l'alumnat ha adquirit en la seva formació prèvia i al mateix temps comencen les noves matèries específiques de la carrera universitària. Els coneixements de Química, Biologia i Física adquirits a la secundària són cabdals, no tan sols per cursar les assignatures de Bioquímica humana, Fonaments físics de la Fisioteràpia, Anatomia i Fisiologia del cos humà,

Aparell locomotor i Sistema nerviós, sinó que constitueixen la formació bàsica per afrontar aquests estudis universitaris.<sup>1</sup>

La via d'accés majoritària és, en aquests moments, la superació del Curs d'Orientació Universitària (COU) i de les Proves d'Aptitud per a l'Accés a la Universitat (PAAU).<sup>2</sup>

El COU és un curs d'enllaç amb l'ensenyament universitari. Esdevé una preparació clau per poder començar bé una carrera que ja va dirigida cap a una especialització molt concreta. L'opció B o biosanitària es l'adient per accedir a la titulació de Fisioteràpia.<sup>3</sup> Les matèries obligatòries en aquesta opció són Química i Biologia i les optatives (se n'han de triar dues) són Matemàtiques I, Física, Geologia i Dibuix tècnic.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Vegeu la relació abreujada del contingut d'aquestes assignatures a l'annex 6.

<sup>2</sup> Hi ha altres vies d'accés a aquests estudis universitaris, concretament:

- haver aprovat els estudis de formació professional de 2n grau de les branques sanitària, química, i perruqueria i estètica,
- haver aprovat els mòduls professionals 3: activitats físiques i animació esportiva, anatomia patològica, ajudant tècnic de laboratori, indústries alimentàries, medi ambient, salut ambiental i tècnic en farmàcia,
- haver aprovat cicles formatius de grau superior: higiene bucodental, laboratori de diagnòstic clínic, imatge per al diagnòstic, ortoprotèsica, dietètica, anatomia patològica i citologia, pròtesis dentals, documentació sanitària, estètica i animació d'activitats físiques i esportives,
- haver superat la prova d'accés de la Universitat Ramon Llull per als majors de vint-i-cinc anys,
- haver aprovat estudis universitaris a l'estranger que hagin estat convalidats per la Universitat Ramon Llull,
- ser titulat universitari.

No analitzarem els plans d'estudis d'aquestes vies d'accés per diferents motius, en primer lloc, perquè no són vies d'accés majoritàries i, en segon lloc, perquè allargaria excessivament la nostra recerca.

<sup>3</sup> Les opcions de COU es vinculen amb els estudis universitaris, en el sentit de donar preferència a l'accés als estudis de l'opció elegida en cada una de les fases d'admissió de sol·licituds.

<sup>4</sup> Adjuntem els programes de Química, Biologia, Física i Matemàtiques I de COU a l'annex 7.

El programa de Química de COU pretén que l'alumnat adquireixi els coneixements fonamentals d'aquesta matèria que li permetin afrontar, sense especials dificultats, qualsevol de les dues situacions en què es pot trobar posteriorment: cursar assignatures de Química a la universitat o bé disposar dels coneixements necessaris per poder comprendre el fonament químic de processos estudiats en altres matèries (per exemple, reaccions bioquímiques, aspectes fisiològics).

Els temes que es proposen en Biologia són una ampliació i un aprofundiment dels estudiats en el Batxillerat Unificat Polivalent (BUP), ja que és en aquest curs (el COU) quan es poden abordar els temes des de la perspectiva molecular i cel·lular, i també es poden demostrar l'economia i unitat de funcionament de tots els éssers vius.

El programa de Física de COU se centra en els coneixements o habilitats mínimes que qualsevol estudiant hauria de tenir i que se'ls podran exigir a les PAAU. Es reconeix (Generalitat de Catalunya, 1994) que als temaris oficials vigents la Mecànica té un pes excessiu en comparació amb altres temes més atractius per a l'alumnat i de més actualitat. Per això es fa prevaler el tractament qualitatiu en general, i en particular d'alguns capítols (electrònica, física nuclear, naturalesa de la llum, corrent altern), en detriment d'algunes parts més específiques o de formalisme més complex que queden excloses d'aquesta formació bàsica i teòricament vàlida per a qualsevol carrera científica i tècnica.

Resaltem dos objectius generals de l'assignatura de Física de COU que creiem interessants:

- l'anàlisi i la interpretació, segons les lleis de la Física, de situacions no estudiades anteriorment; la relació de les lleis amb l'explicació de les

situacions més properes a l'alumnat i l'evidència que aquestes lleis constitueixen una interpretació de la realitat;

- la utilització correcta de l'aparell matemàtic com una eina subordinada a l'anàlisi i la resolució de problemes físics.

Les PAAU estan estructurades en dos exercicis: el primer sobre les matèries comunes del programa de COU,<sup>5</sup> i el segon sobre les matèries obligatòries i optatives que integren l'opció escollida per l'alumnat.<sup>6</sup> Remarquem que l'objectiu del primer exercici és apreciar la maduresa i la formació general de l'estudiant. El disseny ha de permetre avaluar les habilitats acadèmiques bàsiques, com ara:

- la comprensió de conceptes,
- el domini del llenguatge,
- la capacitat de traducció, relació, anàlisi i síntesi (Generalitat de Catalunya, 1994, pàg. 60).

La nota final derivada de les PAAU és usada com a referència amb vista a ordenar les sol·licituds d'accés als centres i carreres universitàries (té, doncs, conseqüències selectives en els casos d'estudis en què la demanda supera l'oferta possible).<sup>7</sup> Estadísticament s'ha vist que molta gent supera les PAAU i, en conseqüència, s'ha donat un reforç a l'ús de les PAAU com a ordenació de peticions universitàries i no com a instrument d'eliminació. Per tant, cal que l'estudiant de COU, futur avaluat en les PAAU, entengui que, de fet, l'important és la seva formació a l'escola secundària.

---

<sup>5</sup> Les matèries comunes són: Llengua catalana, Llengua espanyola, Llengua estrangera i Filosofia.

<sup>6</sup> Reproduïm a l'annex 8 les proves de Química, Biologia, Física i Matemàtiques de les PAAU del juny de 1997 per a l'alumnat provinent de COU a Catalunya. La major part de la mostra del nostre estudi accedeix a la universitat mitjançant la superació d'aquestes proves.

<sup>7</sup> En la nota final de les PAAU es té en compte les qualificacions obtingudes a BUP i COU.

El Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya ha començat a implantar el batxillerat establert en el Decret 82/1996, en el marc de la reforma educativa que configura la Llei Orgànica d'Ordenació General del Sistema Educatiu (LOGSE).

Des del seu vessant preparatori, el batxillerat ha de procurar que l'alumnat adquireixi les tècniques i procediments cognitius necessaris perquè es pugui adaptar adequadament a l'inici d'estudis posteriors. Aquesta funció propedèutica, però, no s'ha d'interpretar en el sentit que l'alumnat hagi d'adquirir uns coneixements que corresponen a estudis posteriors (Generalitat de Catalunya, 1996b).

Segons l'Ordre de 30 de maig de 1995, previst a la Llei Orgànica 1/1990 de 3 d'octubre, la Fisioteràpia és un estudi universitari vinculat a l'opció de les proves d'accés de Ciències de la salut (l'opció 2), que es relaciona amb la modalitat del batxillerat de Ciències de la naturalesa i de la salut.<sup>8</sup>

La LOGSE estableix, amb caràcter general, l'existència d'una prova d'accés a la universitat en acabar el batxillerat amb les característiques següents:

- ha de prendre en consideració les qualificacions obtingudes en el batxillerat,
- ha de mesurar la maduresa acadèmica de l'alumnat,
- ha de versar sobre els coneixements adquirits en el batxillerat.

---

<sup>8</sup> Vegeu el pla d'estudis del batxillerat de Ciències de la naturalesa i de la salut a l'annex 9.

Referent a les PAAU trobem la següent consideració (Generalitat de Catalunya, 1996a, pàg. 2):<sup>9</sup>

Les proves tenen un caràcter de revàlida i de demostració d'aptituds en plantejar exàmens que permeten mostrar habilitats acadèmiques bàsiques (aplicació de procediments, comprensió de conceptes, domini de llenguatges, capacitat de síntesi i reflexió, etc.) i, en general, la formació adquirida tant en les matèries comunes com en les de modalitat.

L'alumnat s'ha d'examinar de les matèries d'opció obligatòries:<sup>10</sup> Biologia i Química, i ha de seleccionar una de les matèries de modalitat que hagi cursat a segon curs del batxillerat: Física, Matemàtiques, Ciències de la terra i medi ambient, i Dibuix tècnic.<sup>11</sup>

La Química, com a disciplina del batxillerat, correspon a uns estudis postobligatoris i s'adreça a l'alumnat que té un interès especial en els temes científics. Un objectiu important és proporcionar als estudiants una base química sòlida, suficient per permetre el lligam amb les idees bàsiques d'altres matèries com ara la Física, la Biologia, la Geologia i les Ciències de la terra i del medi ambient. El coneixement de substàncies químiques permet ajudar a comprendre l'estructura, les característiques i la reactivitat de compostos bioquímics més complexos. En els continguts conceptuals es proposa l'aprofundiment en alguns aspectes, especialment en el pas de l'estudi qualitatiu al quantitatiu, i també la presentació de conceptes nous. S'introdueix

---

<sup>9</sup> BOE número 135, 7 de juny de 1995.

<sup>10</sup> Ens referim a l'opció de Ciències de la salut.

<sup>11</sup> Vegeu els currículums de Química, Biologia, Física i Matemàtiques del batxillerat de Ciències de la naturalesa i de la salut a l'annex 10. A més, reproduïm a l'annex 8, les proves de Química, Biologia, Física i Matemàtiques de les PAAU del juny de 1997 per a l'alumnat provinent del batxillerat LOGSE a Catalunya. Malgrat que només deu alumnes de la nostra mostra han accedit a la universitat mitjançant la superació d'aquestes proves, creiem que val la pena dedicar-hi atenció, ja que segons és establert per la legislació actual, el batxillerat substituirà el COU en el curs 1999-2000.

l'alumnat en raonaments propis de la ciència: capacitat de formulació i verificació d'hipòtesis, la utilització de models per interpretar situacions intangibles i l'establiment de relacions entre variables.

En el batxillerat la matèria de Biologia té per finalitat bàsica que l'alumnat complementi, amplii i aprofundeixi el coneixement i comprensió dels principis i els fets biològics més significatius.

La finalitat educativa bàsica de la Física al batxillerat és que l'alumnat adquireixi els continguts conceptuals bàsics de forma qualitativa i que els arrelhi en el seu bagatge conceptual general. Tant l'adquisició de conceptes com la consolidació de determinats procediments comporta la utilització d'un cert aparell matemàtic, no necessàriament complex, però que en tot cas s'ha d'usar bé. Mai, però, l'ús dels recursos de càlcul o de les representacions gràfiques haurà d'emascarar el sentit físic dels problemes i qüestions que l'alumnat hagi de considerar.



## 4.2.- ENTREVISTES AL PROFESSORAT DE PRIMER CURS DE FISIOTERÀPIA

---

L'entrevista que realitzem és una entrevista oberta, flexible, dinàmica i no directiva. El fet que entrevistats i entrevistadora comparteixen un mateix ambient de treball, professorat de primer curs de Fisioteràpia, ha facilitat la confiança mútua durant l'entrevista. Els entrevistats s'han interessat pel tema, ja que constitueix una preocupació entre els docents universitaris, sobretot els dels primers cursos, determinar allò que necessita l'estudiant per iniciar amb èxit els estudis superiors.

L'objectiu de l'entrevista és conèixer quines habilitats d'aprenentatge creu el professorat de primer curs de la diplomatura de Fisioteràpia de l'EUIF Blanquerna de l'URL pertanyent al curs 1996-1997 que ha de desenvolupar l'alumnat per iniciar aquests estudis amb un pronòstic d'èxit.<sup>12</sup> Sovint, en els programes de les assignatures no s'expliciten els procediments que l'alumnat necessita per cursar-les, però el professorat pressuposa el que l'alumnat "ha de fer".<sup>13</sup> Volem conèixer mitjançant aquestes entrevistes quines expectatives tenen els professors.

---

<sup>12</sup> Entenem per habilitat d'aprenentatge la capacitat que pot activar-se o actualitzar-se en qualsevol moment, perquè ha estat desenvolupada mitjançant la pràctica, és a dir, amb l'ús de procediments (Schmeck, 1988). La capacitat és la disponibilitat genètica de l'organisme per relacionar-se amb l'entorn. Exemples d'habilitats són: l'observació, la comparació, l'ordenació, la classificació, la representació, la retenció, la recuperació, la interpretació, la inferència, la transferència, l'avaluació. En l'annex 11, transcrivim la classificació de les habilitats proposada per Beltrán (1987, cit. per Coll i altres, 1992).

<sup>13</sup> El Diseño Curricular Base (DCB) defineix procediment com "un conjunto de acciones ordenadas, orientadas a la consecución de una meta" (MEC, 1989, pàg. 41-42, cit. per Coll i altres, 1992). Nosaltres fem referència als procediments que serveixen de base a la realització de tasques intel·lectuals, que impliquen accions i decisions internes amb les quals es tracten símbols, idees, representacions, lletres, imatges, conceptes o altres abstraccions. Alguns exemples de procediments són les pautes d'observació, l'ús de biblioteques, la presa d'apunts, el subratllat, els esquemes, les gràfiques o la preparació d'informes.

Volem remarcar que en el nostre treball no fem referència a les habilitats manuals que ha de desenvolupar un futur fisioterapeuta, perquè creiem que aquest aspecte queda fora de l'àmbit d'aquest estudi.

La pregunta concreta és: **quins procediments creus que ha de dominar l'estudiant que vol cursar els estudis de Fisioteràpia per tal de superar la teva assignatura?** En començar l'entrevista s'aclareix a l'entrevistat que es vol investigar sobre els procediments (coneixement procedimental), és a dir, el "com actuo per?" o "què haig de fer per?", no interessen aquí els conceptes (coneixement declaratiu). Els continguts procedimentals corresponen a conjunts d'accions, de formes d'actuar i d'arribar a resoldre tasques.

Entrevistem un total de 14 professors que representen totes les assignatures de primer curs de Fisioteràpia. Cadascú fa referència a les habilitats que l'alumnat ha de desenvolupar per assolir un adequat nivell d'aprenentatge en la seva assignatura. Es realitzen en un despatx del mateix centre i són gravades amb magnetòfon amb l'objectiu de recollir amb fidelitat tota l'entrevista. Creiem que d'aquesta manera la qualitat de la informació augmenta ja que s'enregistren les respostes amb exactitud i això en facilita l'anàlisi posterior. El temps de durada de cadascuna és variable: oscil·len entre tres i cinc minuts.

Analitzem el contingut de les respostes obtingudes i agrupem les habilitats observades en tres blocs. Transcrivim algunes cites representatives que hem descontextualitzat, és a dir, sense fer referència a les assignatures concretes.

- **Comprensió d'un discurs escrit o oral**

En primer lloc els alumnes han de saber llegir, amb tot el que això significa; han de saber extreure un fil d'idees d'un text complex i abstracte, que després han de saber assumir.<sup>14</sup>

Com a procediments els alumnes han de saber llegir i fer una síntesi i comentari personal, i això pressuposa en primer lloc tenir una visió ampla de la realitat, ser capaços de copsar i comprendre aquesta realitat des de diverses perspectives, i també pressuposa haver tingut una experiència existencial rica.

Ser capaç d'escoltar una explicació oral, prendre nota del més rellevant i confeccionar-se després el seu material d'estudi.

Els alumnes tenen una compulsió a prendre els apunts literalment, sense pensar. M'agradaria que de les meves paraules sabessin prendre només unes nocions, una síntesi.

Han de saber estructurar el que intenten memoritzar.

Els alumnes han de saber distingir el que és important.<sup>15</sup>

Relacionar idees estudiades en altres unitats temàtiques.

Ser capaç de relacionar conceptes de diferents àrees de coneixements.

Capacitat d'abstracció i de raonament per tal d'interrelacionar els conceptes.

---

<sup>14</sup> L'entrevistat es refereix als textos de la bibliografia de l'assignatura que els estudiants han de consultar necessàriament.

<sup>15</sup> Els entrevistats es refereixen a les habilitats de la comparació i anàlisi de dades, l'ordenació de fets, i la classificació i síntesi de dades (Monereo i altres, 1994). La comparació com habilitat consistent a establir relacions de semblança o similitud entre fets o esdeveniments inclou conductes com distingir, diferenciar, confrontar o verificar. Les subhabilitats vinculades a la comparació es refereixen a l'anàlisi d'informació oral, de textos, d'imatges. L'ordenació és l'habilitat de disposar sistemàticament fets a partir d'un atribut o paràmetre, es correspon amb indicadors com reunir, organitzar, catalogar, seriar o llistar un conjunt d'elements. La classificació és l'habilitat que permet a l'alumne agrupar un conjunt d'ítems o dades, és sinònim de jerarquització, catalogació o categorització i els procediments que li són propis busquen la síntesi d'idees.

Relacionar els conceptes de l'assignatura amb la seva aplicació a la professió. Han de poder extrapolar les idees que troben en un marc teòric concret a una situació pràctica.

Han de poder aplicar a noves situacions els conceptes apresos.

Relacionar el que llegeixen en els llibres de la bibliografia de l'assignatura amb les idees comentades oralment a la classe, malgrat que segurament l'estructura dels dos discursos és diferent.<sup>16</sup>

Han de tenir capacitat crítica.

Han de ser capaços d'efectuar una valoració crítica d'una situació hipotètica o d'una situació real i analitzar-ne les causes i les conseqüències, comparar.<sup>17</sup>

Han de saber planificar-se a l'hora d'elaborar un projecte.<sup>18</sup>

Saber escoltar i concentrar-se quan se'ls explica les instruccions d'alguna tasca.<sup>19</sup>

## • Expressió escrita i oral

---

<sup>16</sup> Els entrevistats es refereixen a les habilitats d'inferència i de transferència (Monereo i altres, 1994). La inferència és l'habilitat que permet omplir els "buits" d'una informació mitjançant supòsits que tenen un relatiu marge d'error. Aquesta forma "d'especulació mental" inclou dos tipus de subhabilitats: la inferència deductiva que aplica una regla o principi general a un cas concret i la inferència inductiva que segueix un procés invers, a partir d'un cas particular es formula un principi o regla. La transferència és l'habilitat per la qual l'alumne pot aplicar els processos cognitius adquirits en una tasca a una altra, connectada amb l'anterior, però diferent. Les subhabilitats que solen vincular-se a aquesta habilitat són l'extrapolació i la generalització.

<sup>17</sup> Els entrevistats es refereixen a l'avaluació o demostració i valoració dels aprenentatges com habilitat que consisteix a donar un valor a la comparació entre el producte obtingut, el procés que ha donat aquest resultat i el resultat o producte esperat (Monereo i altres, 1994). S'inclouen aquí termes com valorar, opinar, apreciar, criticar, examinar, fer un judici.

<sup>18</sup> Altres entrevistats parlen d'organitzar-se, de ser estratègics.

<sup>19</sup> L'entrevistat es refereix a l'observació com habilitat (Monereo i altres, 1994).

Ser capaç d'expressar oralment una opinió, uns coneixements; saber elaborar una pregunta o una qüestió, saber-se comunicar.<sup>20</sup>

Ha d'escriure correctament, tant pel que fa a l'ortografia com a la sintaxi.

Saber reflectir de manera entenedora en una prova escrita el que hom ha après.<sup>21</sup>

- **Raonament lògic i matemàtic**

Han de tenir uns coneixements matemàtics: saber resoldre equacions de primer i segon grau, sistemes d'equacions com a mínim amb tres incògnites, càlcul vectorial, coneixements de trigonometria elemental.

Procediments i raonaments matemàtics bàsics, com fer un percentatge, nocions bàsiques d'estadística (què és una mitjana?).

Mecanismes de raonament lògic.

Raonament espacial.

Llegir i interpretar un gràfic en coordenades cartesianes, extrapolar-ne resultats possibles.<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> Els entrevistats es refereixen a l'habilitat de la interpretació per la qual l'alumne pot donar un significat personal a un conjunt de dades mitjançant la connexió amb els seus coneixements previs, amb activitats com parafrasejar, explicar, raonar, argumentar, justificar (Monereo i altres, 1994). Les subhabilitats que corresponen a la interpretació són la transposició i l'explicació.

<sup>21</sup> L'experiència tan freqüent en les revisions d'examen quan l'alumne no accepta una qualificació perquè creu que sap un determinat concepte encara que no estigui ben expressat.

<sup>22</sup> La representació de fenòmens és l'habilitat per la qual se simulen o recreen les característiques definitòries d'un objecte o una informació mitjançant una representació (Monereo i altres, 1994).

Dels catorze entrevistats, tretze (el 92.8%) fan referència a aspectes relacionats amb el primer bloc, és a dir, habilitats relacionades amb la correcta comprensió d'un discurs. Com observem en les cites seleccionades, el professorat insisteix tant en el discurs escrit, per exemple textos donats a les classes o corresponents a la bibliografia de l'assignatura, com en l'oral, referint-se a l'exposició en la classe magistral.

Sis subjectes (el 42.8%) fan referència a la necessitat que els estudiants s'expressin correctament tant a nivell oral com escrit. El fet que el nombre sigui significativament inferior a l'anterior pot ser degut que en algunes assignatures els alumnes no cal que s'expressin, ni oralment ni per escrit. Per exemple, hi ha instruments d'avaluació que no consideren una part de redacció, o el fet que les classes siguin molt nombroses dificulta la participació dels estudiants.

Quatre docents (el 28.5%) destaquen les habilitats de raonament lògic i matemàtic. Donada la diversitat d'assignatures que té aquesta diplomatura, corresponents a àrees tan diferents com humanitats, matemàtiques i ciències experimentals, ciències mèdiques i les pròpies dels estudis de Fisioteràpia, no ens ha d'estranyar que aquest tipus de raonament només interessi a una part del professorat.

Una entrevista com la que hem realitzat permet, a vegades, obtenir més informacions de les que correspon a l'objectiu de l'estratègia. Per exemple, destaquem la freqüència amb què en les respostes s'utilitza el verb "saber". Tot i que l'entrevista només fa referència al coneixement procedimental, el llenguatge emprat s'apropa més al coneixement declaratiu.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Recordem que el coneixement declaratiu és un conjunt de proposicions que poden declarar-se en relació amb la naturalesa d'un fenomen (fets, conceptes, principis), és el coneixement relatiu a "saber".

De l'anàlisi de la informació recollida en aquestes entrevistes confirmem que una prova que vulgui diagnosticar els coneixements previs dels alumnes ha d'incloure necessàriament un exercici de comprensió lectora i expressió escrita on els estudiants demostrin el seu nivell en les habilitats referides en aquest apartat.

Els procediments que han estat expressats en el bloc de raonament lògic i matemàtic poden incorporar-se al test previst de diagnòstic dels conceptes bàsics.

### **4.3.- ELABORACIÓ DE LA PRIMERA PART DE LA PROVA: EL TEST DE CONEIXEMENTS PREVIS**

---

Les qüestions seleccionades per al test de coneixements previs han estat escollides d'un ampli ventall que ofereix la bibliografia publicada sobre els temes triats. El plantejament de la majoria de les preguntes implica un procés de raonament que obliga l'enquestat a reflexionar i aplicar els conceptes apresos. No es tracta de comprovar la simple memorització dels conceptes, sinó la seva comprensió. Hem classificat les preguntes en funció de la matèria a què correspon el concepte científic l'assoliment del qual analitzem. Són conceptes bàsics referents a les ciències Química, Física i Biologia. Afegim, però, unes qüestions més generals, comunes a l'aprenentatge de les diferents disciplines, que la mateixa bibliografia consultada no classifica i nosaltres les agrupem en l'apartat "altres qüestions".

Pot sorprendre al lector que, malgrat la intencionada classificació dels ítems, el test els presenti a l'estudiant d'una forma aleatòria. L'ordenació aleatòria de les preguntes, mantenint però uns grans blocs de matèries (Química, Física i Biologia), cerca dos objectius. D'una banda, forçar l'agilitat de l'alumnat per passar d'un capítol a un altre dins una mateixa matèria; de l'altra, distanciar preguntes que persegueixen la comprovació del coneixement d'un mateix concepte, fet que ens permet analitzar la coherència en les respostes i refermar el grau de comprensió d'aquests conceptes.

Abans de passar a l'explicació de les diferents preguntes, volem remarcar que la detecció de les concepcions alternatives és independent del mètode de recerca emprat, ja que es fan patents amb qualsevol mètode



d'avaluació habitual en les classes de ciències (Vázquez Alonso, 1990).<sup>24</sup> Per tant, el test que proposem també ens aportarà informació sobre les possibles concepcions alternatives que tinguin els estudiants.

Adjuntem a continuació la primera part de la prova, el test de coneixements previs, en la primera versió, és a dir, la prova pilot. Les opcions correctes es troben a l'annex 12.

**PROVA UNIVERSITÀRIA DE CONEIXEMENTS PREVIS**

**Temps màxim: 45 minuts**

**Indicacions**

La següent prova té per primer objectiu conèixer el grau de comprensió d'alguns conceptes bàsics sobre temes propis de les ciències (Física, Química, Biologia). No ens interessa saber què o quant en saps, sinó com ho saps. Només hem seleccionat uns pocs conceptes dels molts que has anat treballant aquests darrers anys a l'escola i que seguiràs aprofundint si segueixes estudis universitaris de ciències.

El segon objectiu és conèixer la capacitat de raonament. Com a alumne preuniversitari que ets, saps la importància d'aquesta habilitat d'aprenentatge en qualsevol estudi superior.

Totes les preguntes tenen una sola resposta correcta. Et demanem que reflexionis les teves respostes. Intenta respondre el màxim nombre de qüestions.

**ESPERA A REBRE LA INDICACIÓ PER GIRAR EL FULL**

**Qüestions**

1.- Una de les propietats més conegudes de l'aire és la seva compressió. Això s'interpreta correctament dient:

- a) l'aire és com una esponja (tot continu) que quan és sotmès a pressió es comprimeix;
- b) entre les partícules existeixen espais buits que en fer pressió es fan més petits;
- c) quan se sotmet a pressió les partícules es comprimeixen i se'n redueix la grandària.

2.- Un tros de fòsfor es col·loca dins un matràs amb una mica d'aigua i es tanca hermèticament amb un tap. La massa del matràs i el contingut és de 205 g. Els raigs solars s'enfoquen, mitjançant una lent, sobre el fòsfor, que s'inflama. El fum blanc que es produeix es dissolt lentament en l'aigua. Després de refredar-se, es torna a mesurar la massa del matràs i del contingut. Com creus que serà?

---

<sup>24</sup> La investigació presentada per Vázquez Alonso (1990) té per objectiu diagnosticar el nivell instructiu inicial de l'alumnat, però també permet detectar les seves concepcions alternatives.

- a) més petita que 205 g;
- b) 205 g;
- c) més gran que 205 g.

3.- Si s'obre un flascó de perfum, poc temps després es pot olorar a una certa distància. Com creus que es mouen els vapors del perfum en l'aire de l'habitació?

- a) com les ones que es produeixen en llançar una pedra en un estany;
- b) el perfum desplaça l'aire perquè és més dens;
- c) les partícules del perfum poden difondre's entre les de l'aire.

4.- Què tenen en comú 1 mol d'aigua i 1 mol de diòxid de carboni?

- a) el mateix nombre de molècules;
- b) la mateixa massa;
- c) el mateix volum.

5.- Si observem el nostre entorn, veurem diferents tipus de matèria segons la composició. Així, hi trobem mesclures heterogènies, mesclures homogènies, compostos químics i substàncies simples o elements. Quin grup d'exemples és correcte?

- a) compostos químics com l'aigua, el diòxid de carboni i l'oxigen;
- b) mesclures heterogènies com la sorra de la platja i la dissolució d'aigua amb sucre;
- c) mesclures homogènies com l'aigua del mar i l'aire.

6.- Si comparem el nombre d'àtoms existents en 1 g de carboni i en 1 g de sodi, com penses que serà el resultat? (massa atòmica del carboni: 12 i del sodi: 23)

- a) hi haurà més àtoms en 1 g de carboni;
- b) hi haurà el mateix nombre d'àtoms;
- c) hi haurà menys àtoms en 1 g de carboni.

7.- S'escalfa una mica d'aigua en una olla tapada fins que es converteix tota en vapor. Quin creus que serà el volum ocupat pel vapor?

- a) tot el recipient;
- b) el mateix que el del líquid;
- c) el mateix, però ocupant-ne la part alta.

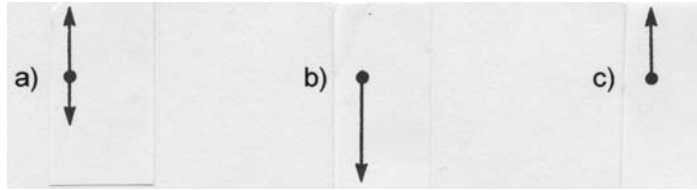
8.- Quan s'escalfa aire, es dilata, és a dir:

- a) augmenta la grandària de les partícules;
- b) augmenta el nombre de partícules;
- c) augmenta la distància entre les partícules.

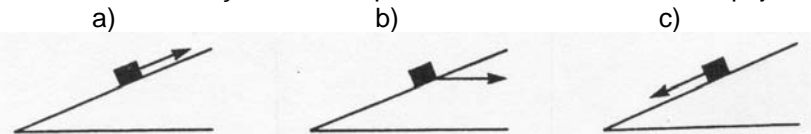
9.- La nostra vida diària està plena d'exemples de fenòmens físics i químics. Quin grup d'exemples és correcte?

- a) fenòmens físics com la dissolució de sal en aigua i la combustió de la fusta a la llar de foc;
- b) fenòmens químics com la congelació de l'aigua i la cocció de l'ou;
- c) fenòmens físics com l'ebullició de l'aigua i la caiguda d'una pedra.

10.- Es llança un cos des del terra verticalment cap amunt. Si es considera nul el fregament, assenyala quin dels següents esquemes representa correctament les forces que actuen sobre aquest cos:



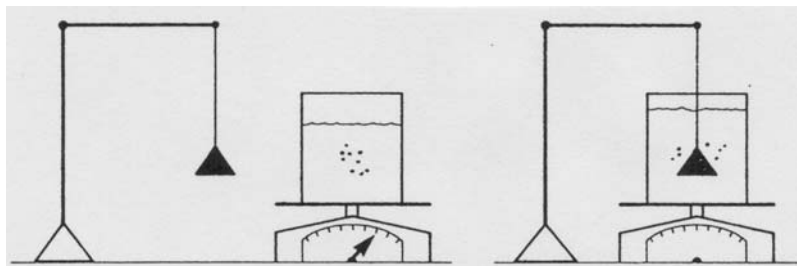
11.- Un cos és llançat cap amunt per un pla inclinat. Quin dels tres esquemes representa correctament la força resultant que actua sobre el cos mentre puja?



12.- Quina de les següents afirmacions és correcta?

- a) el moviment d'un cos sempre es dona en el sentit de la força resultant;
- b) si en un instant donat la velocitat d'un cos és nul·la, la força resultant en aquest mateix moment també ho serà;
- c) si sobre un cos no actua cap força o si la resultant és nul·la, no ha d'estar necessàriament en repòs.

13.- D'un suport penja un fil amb un tros de ferro. Al costat hi ha una balança amb un platet en què s'ha col·locat un recipient amb aigua. Si s'introdueix el tros de ferro amb molt de compte dins l'aigua (sense abocar-ne gens), s'observa que:



- a) la balança assenyala menys pes que abans;
- b) la balança assenyala el mateix pes que abans;
- c) la balança assenyala més pes que abans.

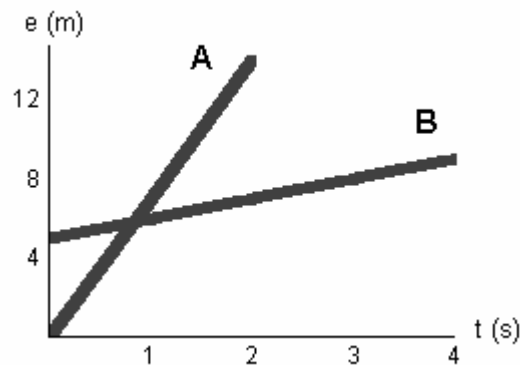
14.- En una cambra de buit es deixa caure un cos A des d'una certa alçada i tarda un segon a arribar al terra. Quan tardarà un altre cos B, de doble massa que l'anterior, que es deixa caure de la mateixa alçada?

- a) el B tarda menys temps que l'A;
- b) el B tarda igual temps que l'A;
- c) el B tarda més temps que l'A.

15.- Per parlar de calor:

- a) és suficient un únic sistema;
- b) són necessaris com a mínim dos sistemes;
- c) és suficient un únic sistema, però ha d'estar calent.

16.- En la figura següent es representa la gràfica espai-temps de dos mòbils A i B:



En l'instant  $t = 2$  s, es pot afirmar que la velocitat amb què es mou el mòbil A serà:

- a) menor que la del B;
- b) igual que la del B;
- c) més gran que la del B.

17.- Se submergeixen totalment en aigua els següents objectes:

- bola de ferro de 2 litres; (1)
- cilindre de plàstic de 2 litres; (2)
- caixa de suro de 2 litres; (3)
- ampolla de vidre de 2 litres. (4)

Observem l'aigua desplaçada i:

- a) els objectes 2 i 3 desplacen més aigua que els altres;
- b) tots quatre desplacen la mateixa aigua;
- c) l'objecte 1 és el que desplaça menys aigua.

18.- Dos cubs metàl·lics A i B es posen en contacte. A està a més temperatura que B. Tots dos estan a més temperatura que l'ambient. Després d'un cert temps la temperatura final d'A i de B serà:

- a) igual a la temperatura ambient;
- b) igual a la temperatura inicial de B;
- c) la mitjana entre les temperatures inicials d'A i de B.

19.- Considera dues esferes idèntiques, l'una es col·loca en un forn i l'altra en un congelador. Quina diferència hi haurà entre les dues immediatament després de treure-les del forn i del congelador respectivament?

- a) la quantitat de calor continguda en cadascuna;
- b) la temperatura de cadascuna;
- c) l'una conté calor i l'altra no.

20.- Quan l'aigua bull en una olla hi ha bombolles. De què estan formades aquestes bombolles?

- a) d'aire;
- b) de vapor;
- c) de calor.

21.- Dos tupins són escalfats per dos fogonets idèntics (amb la mateixa flama). L'A té doble quantitat d'aigua que el B. Quan bull l'aigua de cada tupí, se'n mesura la temperatura:

- a) l'A té la temperatura més baixa que el B;
- b) l'A i el B tenen la mateixa temperatura;
- c) l'A té la temperatura més elevada que el B.

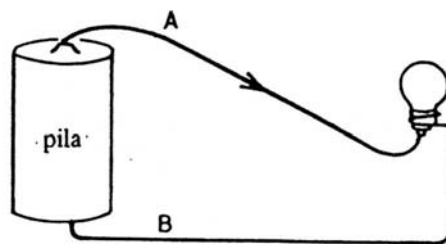
22.- Quan un clau de ferro s'oxida a l'aire lliure:  
a) el clau oxidat pesa menys que abans;  
b) el clau oxidat pesa el mateix que abans;  
c) el clau oxidat pesa més que abans.

23.- Un matràs de 100 ml tapat té una massa de 103.2 g. S'hi col·loca una certa quantitat d'aigua i 13.6 g de sal comuna, part de la qual queda dissolta. La massa del matràs amb l'aigua és de 163.5 g. Així doncs es pot dir que la massa total del matràs i el seu contingut és de:

- a) 60.3 g;
- b) 177.1 g;
- c) 280.3 g.

24.- Es crema amb un llumí una mica d'alcohol en un plat, fins que no hi quedi líquid:  
a) els gasos produïts continuen essent l'alcohol que hi havia, però en estat gasós;  
b) els gasos obtinguts són noves substàncies, diferents de l'alcohol, que estan en estat gasós;  
c) l'alcohol ha desaparegut i no s'ha convertit en res material.

25.- Una pila està connectada a una bombeta. La bombeta està encesa. Quina de les següents afirmacions sobre el corrent elèctric en el cable B és correcta?



- a) no hi ha corrent en el cable B;
- b) el corrent va en el sentit de la pila a la bombeta;
- c) el corrent va en el sentit de la bombeta a la pila.

26.- La intensitat del corrent elèctric es mesura en:

- a) ampers;
- b) quilowatts-hora;
- c) volts.

27.- Un objecte A de massa  $m$  circula a una velocitat de 5 m/s, mentre que un altre objecte B de la mateixa massa ho fa a 6 m/s. Així doncs,:

- a) l'A posseeix més força que el B;
- b) el B posseeix més força que l'A;
- c) una altra resposta.

28.- Des de l'extrem d'una plataforma que és a una certa alçada sobre el terra, es llança un mòbil cap amunt. L'energia mecànica total és:

- a) la mateixa en totes les posicions;
- b) més gran en el nivell de la plataforma;
- c) més gran en el punt més alt que arriba.

29.- Es disposa de dos vasos iguals plens d'aigua fins al mateix nivell. En un s'hi submergeix totalment el cos M i en l'altre el cos N, de manera que només es pot observar el canvi de

nivell de l'aigua. Un cop feta aquesta operació, resulta que el nivell de l'aigua que conté M és més alt que el que conté N. Això és degut que:

- a) la forma de M és diferent que la de N;
- b) la massa de M és més gran que la de N;
- c) el volum de M és més gran que el de N.

30.- De les següents cèl·lules humanes: la cèl·lula muscular, el leucòcit, l'òvul, l'espermatozou i la cèl·lula del cervell, quines tenen cromosomes?

- a) l'òvul i l'espermatozou;
- b) totes;
- c) cap.

31.- De les següents afirmacions digues quina és falsa:

- a) a mesura que els nens i les nenes es fan grans, els ossos van creixent, això és degut a un procés de proliferació cel·lular;
- b) alguns òrgans produeixen unes substàncies que faciliten el funcionament del nostre cos; per exemple, les cèl·lules de les glàndules salivals produeixen substàncies que faciliten la digestió dels aliments;
- c) els animals incorporen oxigen a través de l'aparell respiratori; aquest oxigen passa a la sang, però no arriba a totes les cèl·lules del cos.

32.- El cos humà presenta una gran diferenciació cel·lular. Quina de les afirmacions següents és correcta?

- a) les cèl·lules són diferents perquè porten informació hereditària diferent;
- b) encara que les cèl·lules siguin diferents, totes porten la mateixa informació hereditària;
- c) la informació hereditària només la porten les cèl·lules reproductores.

33.- Quin dels tres ítems presenta una ordenació correcta dels seus exemples quant el grau creixent de complexitat o de nivell d'organització (de menor a major)?

- a) l'hemoglobina, l'aminoàcid i l'adipòcit;
- b) l'aigua, el múscul i les lipoproteïnes;
- c) el mitocondri, el múscul i el fetge.

34.- Quina de les següents afirmacions és correcta?

- a) la lactosa és un monosacàrid;
- b) el colesterol és un àcid gras;
- c) l'ADN és un àcid nucleic.

35.- De les afirmacions següents, quina és la que millor explica en què consisteix la digestió?

- a) descompondre els aliments en substàncies nutritives més senzilles;
- b) obtenir l'energia necessària per al manteniment de l'organisme;
- c) transportar els aliments pel cos.

36.- Si en la següent equació  $3x/2 + y = 12$  el valor de  $y$  és 6, el valor de  $x$  serà:

- a) 4;
- b) 9;
- c) 36.

37.- Una barra d'alumini de 25 cm de longitud pesa 3 newtons i una barra de coure del mateix diàmetre i longitud pesa 7.5 newtons. Si es talla un tros de la barra d'alumini que pesa 1 N i un tros de longitud exactament igual que la de coure, quant pesarà el tros de coure que queda després de fer el tall?

- a) 2.5 N;

- b) 5 N;
- c) no hi ha prou dades per fer el càlcul.

38.- Dues forces concurrents que formen entre si un angle recte i valen 3 i 4 N, donen una força resultant de:

- a) 5 N;
- b) 7 N;
- c) 1 N.

39.- La llei que descriu la magnitud de la força d'interacció entre dos cossos en funció de la distància que els separa, és donada per la relació següent:

$$F = A \frac{Z_1 Z_2}{R^2}$$

A és una constant

$Z_1 Z_2$  són les propietats dels cossos

R és la distància de separació

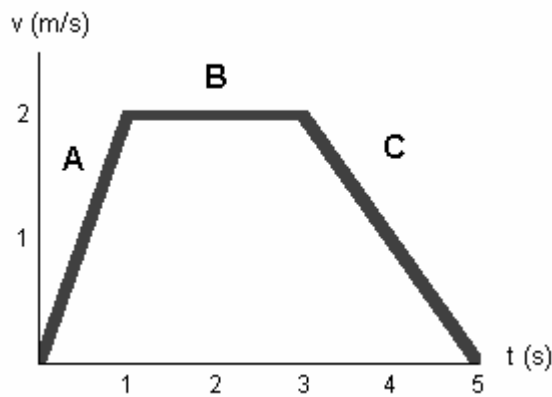
Els cossos estan a una distància d'1.5 m i s'atrauen amb una força d'interacció de F newtons. Quina distància ha de separar els cossos perquè la força d'interacció sigui F/2?

- a) 4.5 m;
- b) 2.12 m;
- c) no es pot calcular.

40.- (Les paraules en cursiva i entre cometes són inventades) La "*sinfonanza*" (S) de un "*catore*" és directament proporcional a la "*lanza*" (L) del "*catore*", al "*garone*" (G) aplicat i inversament proporcional a la "*punitá*" (P). Com s'expressa aquesta afirmació mitjançant una fórmula matemàtica?

- a)  $S = LG/P$ ;
- b)  $S = P/LG$ ;
- c)  $SLG = P$ .

41.- El gràfic següent descriu el comportament d'un mòbil. Quina afirmació és correcta?



- a) l'acceleració en A és negativa;
- b) la velocitat en B és zero;
- c) l'acceleració en C és de  $-1 \text{ m/s}^2$ .

Plantejament comú a les preguntes 42, 43, 44 i 45

La Sara va voler comprovar si la temperatura té algun efecte sobre el creixement de la floridura del pa (fermentació). Per a això va preparar un cultiu de fermentació en nou recipients que tenien la mateixa quantitat i el mateix tipus de substàncies nutritives. Va

mantenir tres recipients a 0°C, tres més a 90°C i els tres restants a la temperatura ambient (uns 17°C). Després de quatre dies va examinar els recipients i va prendre nota del creixement de la floridura.

42.- El factor que l'experimentador es preocupa per mantenir constant és:

- a) la temperatura dels recipients;
- b) la temperatura de la fermentació;
- c) la quantitat de la floridura.

43.- La variable dependent és:

- a) la temperatura dels recipients;
- b) el creixement de la floridura;
- c) el nombre de recipients a cada temperatura.

44.- La variable independent és:

- a) la temperatura dels recipients;
- b) el creixement de la floridura;
- c) el nombre de recipients a cada temperatura.

45.- Quina és la hipòtesi?

- a) la quantitat de floridura és determinada per la substància nutritiva que s'ha utilitzat;
- b) el nombre de recipients influeix en la floridura;
- c) la quantitat de floridura és afectada per la temperatura.

46.- En Joan es pregunta què influeix en el temps que tarden els glaçons de gel a fondre's. En Joan pensa que els factors que hi poden influir són: la grandària dels glaçons, la temperatura ambient i la forma dels glaçons. Finalment es decideix a comprovar la següent hipòtesi: la forma dels glaçons afecta el temps que tarden a fondre's. Quin disseny ha de seleccionar en Joan per comprovar la seva hipòtesi?

- a) utilitzar cinc glaçons, tots de la mateixa forma, però de pesos diferents; utilitzar cinc recipients idèntics, tots a la mateixa temperatura; observar el temps que tarden a fondre's;
- b) utilitzar cinc glaçons, tots del mateix pes, però de formes diferents; utilitzar cinc recipients idèntics, tots a la mateixa temperatura; observar el temps que tarden a fondre's;
- c) utilitzar cinc glaçons, tots del mateix pes, però cadascun amb una forma diferent als altres; utilitzar cinc recipients idèntics, amb temperatures diferents; observar el temps que tarden a fondre's.

Fig. 4.1.- Test de coneixements previs de la prova pilot



### 4.3.1.- Química

Aquest apartat no pretén ser una lliçó de Química amb les explicacions adequades dels diferents conceptes bàsics examinats en el test. Només fem referència a idees fonamentals d'aquesta disciplina que considerem els estudiants han de saber per poder assolir un rendiment acadèmic satisfactori en els estudis superiors.<sup>25</sup>

L'objectiu de la Química és conèixer la naturalesa de la matèria, saber de què està formada i interpretar els canvis que experimenten les substàncies quan reaccionen. Els tres nuclis o estructures conceptuals que l'estudiant adolescent ha de conèixer per comprendre la Química (Pozo, Gómez Crespo i altres, 1991; Gómez Crespo, 1996) són:

- la comprensió de la naturalesa discontinua de la matèria,
- la conservació de propietats no observables de la matèria,
- la quantificació de les relacions.

Els dos primers aspectes són fonamentals per entendre com està formada la matèria, per interpretar i comprendre'n les propietats i per comprendre les transformacions a què es veu sotmesa, els canvis físics i els canvis químics que experimenta. El tercer aspecte, la quantificació de les relacions, es refereix a la representació quantitativa de les lleis fisicoquímiques i a la seva aplicació pràctica.

---

<sup>25</sup> Aquest plantejament també s'aplica en els apartats de Física i de Biologia.

#### **4.3.1.1.- Naturalesa discontinua de la matèria**

La matèria, des del punt de vista científic, té una naturalesa corpuscular i discontinua, està formada per partícules que poden moure's, unir-se o combinar-se les unes amb les altres, sense que hi hagi absolutament res entre elles, cosa que implica el concepte de buit. La discontinuïtat de la matèria permet explicar, i per tant comprendre, els diferents aspectes de la seva estructura: els estats en què es presenta (sòlid, líquid i gasós), els canvis d'estat, la difusió dels gasos, els fenòmens de dissolució, etc. Tanmateix, la comprensió de la naturalesa corpuscular de la matèria és necessària per a la interpretació dels canvis químics o reaccions químiques.

Alguns estudiants conceben la matèria tal com la perceben: encara predomina allò que és observable sobre el que no ho és. L'alumnat ha de passar d'un model continu perceptible de la matèria a un altre completament abstracte i imperceptible que expliqui científicament els fenòmens observables.

Furió (1986) exposa diferents metodologies utilitzades en la detecció de les dificultats en l'ensenyament de la Química i facilita unes seleccions bibliogràfiques classificades segons els temes investigats, fet que demostra la preocupació per superar les deficiències que es detecten en l'aprenentatge de les ciències a l'escola secundària.

Segons Pozo, Gómez Crespo i altres (1991), algunes de les idees fonamentals que l'alumnat hauria d'haver assolit i consolidat a l'escola a l'edat de 14-16 anys són:

- la matèria està constituïda per partícules,
- entre les partícules hi ha buit,
- les partícules estan en continu moviment,

- la velocitat mitjana de les partícules augmenta en augmentar la temperatura,
- les partícules d'una mateixa substància conserven la seva forma i grandària,
- en els gasos, les partícules estan distribuïdes uniformement per tot l'espai o recipient en el que està contingut el gas.

A Driver i altres (1989) trobem a més que:

- quan dues substàncies gasoses diferents interactuen per formar una tercera substància, es representa com una reunió de diferents tipus de partícules.

Gentil i altres (1989) constaten que molts alumnes de segon de BUP, tercer de BUP i COU, encara no han assolit el concepte de discontinuïtat de la matèria. Els cursos de batxillerat haurien, segons els autors esmentats, de contribuir més a donar una adequada imatge qualitativa de la matèria, i fugir de l'operativisme cec d'alguns càlculs numèrics en què a vegades es cau a les classes de ciències.<sup>26</sup>

Els estudis realitzats amb l'objectiu de conèixer les idees que té l'alumnat sobre la concepció corpuscular de la matèria s'han centrat de forma general en la fase gasosa. De tota manera també es poden trobar estudis centrats en altres fases que permeten arribar a les mateixes conclusions (De Posada, 1993).

---

<sup>26</sup> Volem mencionar la creixent introducció en la bibliografia d'ús escolar d'exercicis qualitatius que faciliten la comprensió dels conceptes. Adjuntem a l'annex 13 alguns exercicis molt similars als seleccionats per aquesta prova continguts en un llibre de text escolar, concretament de Química per al batxillerat LOGSE en les modalitats de Ciències i de Tecnologia (Aliberas i altres, 1997).

Pertanyen a aquest bloc de contingut les qüestions 1, 3, 7 i 8. Les tasques 1 i 7 formen part d'un qüestionari dissenyat per Furió i Hernández (1983) per conèixer les idees d'alumnes d'EGB i BUP (11-15 anys) sobre els gasos.<sup>27</sup> Llorens (1991) presenta les qüestions 1 i 8 per investigar la introducció al model corpuscular dinàmic i a la difusió de gasos i vapors en l'aire. La referència per a les qüestions 3 i 8 es troba en Llorens (1988).

1.- Una de les propietats més conegudes de l'aire és la seva compressió. Això s'interpreta correctament dient:

- a) (distractor) l'aire és com una esponja (tot continu) que quan és sotmès a pressió es comprimeix;
- b) (correcta) entre les partícules existeixen espais buits que en fer pressió es fan més petits;
- c) (distractor) quan se sotmet a pressió les partícules es comprimeixen i se'n redueix la grandària.

Aquesta qüestió permet investigar si es comprèn que en exercir pressió un gas disminueix la distància que hi ha entre les partícules que el formen. El primer distractor permet observar els subjectes que no comprenen que entre les partícules hi ha un "espai buit" i el segon implica que les partícules del gas poden modificar la grandària.

Aquesta qüestió és mencionada també per Gil i altres (1991). Aquests autors, en una mostra de 241 alumnes de COU, troben un 18% de respostes incorrectes; percentatge d'error que Furió i Hernández (1983) comproven que es redueix fins al 2% en universitaris de segon curs de Químiques. El conjunt dels dos estudis demostren que en aquests nivells d'ensenyament (preuniversitari i universitari), un cop acabat l'aprenentatge bàsic, encara hi ha

---

<sup>27</sup> Bastants dels ítems que es troben en aquesta prova han estat utilitzats en molts estudis, i se'n poden trobar diferents referències. En aquest treball només en mencionem algunes, sobretot les que tenen a veure amb el grup d'edat que ens interessa, i aquelles de què hem extret dades estadístiques dels resultats obtinguts.

alumnes que atribueixen a les partícules (àtoms, molècules) que componen la matèria propietats macroscòpiques, de forma que expliquen transformacions com la fusió, la dissolució, etc., de substàncies, com si tinguessin lloc en les mateixes partícules.

3.- Si s'obre un flascó de perfum, poc temps després es pot olorar a una certa distància. Com creus que es mouen els vapors del perfum en l'aire de l'habitació?

- a) (distractor) com les ones que es produeixen en llançar una pedra en un estany;
- b) (distractor) el perfum desplaça l'aire perquè és més dens;
- c) (correcta) les partícules del perfum poden difondre's entre les de l'aire.

En l'estudi presentat per Llorens (1988) el 71% d'alumnes de 12 a 16 anys va respondre correctament a aquesta qüestió afirmant que cada partícula es mou constantment en qualsevol direcció de manera que les partícules de perfum poden difondre's entre les de l'aire. Les altres dues respostes no tenen res a veure amb la naturalesa discontinua de la matèria.

7.- S'escalfa una mica d'aigua en una olla tapada fins que es converteix tota en vapor. Quin creus que serà el volum ocupat pel vapor?

- a) (correcta) tot el recipient;
- b) (distractor) el mateix que el del líquid;
- c) (distractor) el mateix, però ocupant-ne la part alta.

En aquesta qüestió es pot diagnosticar la correcta comprensió que les partícules dels gasos ocupen tot l'espai del recipient tancat en què es troben i s'hi reparteixen uniformement.

8.- Quan s'escalfa aire, es dilata, és a dir:

- a) (distractor) augmenta la grandària de les partícules;
- b) (distractor) augmenta el nombre de partícules;
- c) (correcta) augmenta la distància entre les partícules.

En aquesta qüestió, Llorens (1988) presenta el 80.4% d'encerts. En escalfar-se l'aire, les partícules s'agiten més intensament (l'augment de la temperatura n'incrementa la velocitat mitjana) i augmenta la distància entre elles. Les altres dues alternatives impliquen acceptar les idees falses que un augment de temperatura provoca un augment de la grandària (el distractor "a") o del nombre de partícules (el distractor "c").

#### **4.3.1.2.- Conservació de propietats no observables de la matèria**

Un altre aspecte imprescindible per a la correcta comprensió de la Química és la conservació de propietats no observables de la matèria. La matèria pot transformar-se; habitualment això es classifica com a canvis físics (canvis d'estat, dissolucions) i com a canvis químics (oxidació, combustió). Per comprendre i interpretar aquests processos (canvis físics i químics) és necessari, des del punt de vista científic, tenir en compte la conservació de certes propietats no observables de la matèria.

Els estudis de Chastrette i Franco (1991) conclouen que l'alumnat posseeix una gran confusió entre el que són els canvis químics o les reaccions químiques i els canvis físics o transformacions físiques.

En els canvis o fenòmens físics es conserven les substàncies que hi intervenen, se'n manté la identitat i no canvia l'estructura microscòpica. Els canvis són reversibles i poden recuperar-se les substàncies intactes, tant en estructura com en quantitat.

En els canvis o reaccions químiques la identitat de les substàncies que participen en el procés es modifica, es produeix una reordenació o

reestructuració dels àtoms que les formen, i canvien, doncs, l'estructura microscòpica, de tal manera que la transformació no és reversible per mètodes físics. De tota manera es conserva el nombre total d'àtoms de cada element presents al principi i al final. En aquesta conservació estan basats els sistemes d'ajustament de les equacions químiques i els càlculs estequiomètrics que es realitzen en les reaccions químiques.

Com els estudis piagetians mostren, quasi la totalitat de les constants i conservacions que es poden establir respecte al món que ens envolta són el producte del nostre esforç cognitiu per comprendre-ho. El pensament dels estudiants tendeix més a centrar-se en allò que canvia que en allò que es conserva.

Els conceptes de massa i volum i la llei més general de la Química, la llei de la conservació de la massa, són coneixements bàsics que han d'utilitzar-se, encara que no explícitament, en la majoria de qüestions i problemes. La llei de conservació de la massa és considerada, generalment, molt senzilla i fàcilment comprensible perquè no implica un aparell matemàtic i perquè la seva definició és fàcilment memoritzable. Malgrat això, la seva aplicació suposa la comprensió enllaçada de molts conceptes fonamentals com substància, matèria, massa, volum, densitat i altres. Conèixer una definició, poder exposar-la correctament, no suposa comprendre els conceptes implicats (Oñorbe i Sánchez, 1992). Pot ser una definició memorística, repetitiva o compresa a menor nivell d'abstracció que el necessari per a la seva aplicació; també és possible que l'errada no es trobi en la comprensió de conceptes aïllats, sinó en la seva connexió.

La qüestió 5 és un exercici sobre la classificació general de la matèria.

5.- Si observem el nostre entorn, veurem diferents tipus de matèria segons la composició. Així, hi trobem mescles heterogènies, mescles homogènies, compostos químics i substàncies simples o elements. Quin grup d'exemples és correcte?

- a) (distractor) compostos químics com l'aigua, el diòxid de carboni i l'oxigen;
- b) (distractor) mescles heterogènies com la sorra de la platja i la dissolució d'aigua amb sucre;
- c) (correcta) mescles homogènies com l'aigua del mar i l'aire.

En aquesta qüestió es demana la distinció entre element, compost químic i mescla. S'ha constatat la dificultat per distingir els sistemes heterogenis de les dissolucions, i aquestes dels compostos químics (Llorens, 1991). Les mescles heterogènies no suposen tanta dificultat com les dissolucions, perquè poden ser distingides macroscòpicament. Els conceptes de compost químic i de dissolució no es poden distingir a nivell perceptiu. El procés de dissolució és interpretat per alguns alumnes com una disminució de la grandària de les partícules, com un pas de sòlid a líquid o com a desaparició.<sup>28</sup>

Escollir l'opció "a" com a correcta suposa confondre compost químic i substància pura simple o element químic; i escollir l'opció "b" suposa confondre les mescles heterogènies i les dissolucions (mescles homogènies).

Les qüestions 9, 20 i 24 es refereixen als fenòmens físics i químics.

9.- La nostra vida diària està plena d'exemples de fenòmens físics i químics. Quin grup d'exemples és correcte?

- a) (distractor) fenòmens físics com la dissolució de sal en aigua i la combustió de la fusta a la llar de foc;
- b) (distractor) fenòmens químics com la congelació de l'aigua i la cocció de l'ou;

<sup>28</sup> Adjuntem a l'annex 14 les preguntes emprades en l'estudi presentat per Fernández i altres (1988) amb 238 alumnes de segon de BUP i les dades obtingudes. Els resultats demostren les dificultats en la comprensió de la dissolució com a fenomen físic.



c) (correcta) fenòmens físics com l'ebullició de l'aigua i la caiguda d'una pedra.

En aquesta qüestió es demana als alumnes que diferenciïn entre fenòmens físics i reaccions químiques. És una adaptació de l'activitat descrita per Stavridou i Solomonidou (1989). Les diferències entre els dos tipus de canvis no són apreciables macroscòpicament, és necessari interpretar-les en termes corpusculars.

L'elecció del primer distractor implica considerar la combustió com un fenomen físic, de la mateixa manera que ho és la dissolució. El segon distractor considera la congelació de l'aigua com un fenomen químic, com la cocció de l'ou.

Des d'un punt de vista científic, el procés de canvi d'estat es caracteritza per produir-se una transferència d'energia (a pressió constant) del sistema que té més temperatura al que en té menys. Un altre aspecte important és que, durant el canvi d'estat, la temperatura resta constant, l'energia que guanya o perd la substància que canviarà d'estat s'utilitza per augmentar o disminuir el moviment de les partícules i, per tant, la seva energia cinètica. Els estudiants presenten dificultats per comprendre aquests conceptes (Borsese i altres, 1996). Segons l'article de Fernández i altres (1988), la vaporització presenta més dificultats per ser identificada com a fenomen físic que la solidificació.

20.- Quan l'aigua bull en una olla hi ha bombolles. De què estan formades aquestes bombolles?

- a) (distractor) d'aire;
- b) (correcta) de vapor;
- c) (distractor) de calor.

La gràfica següent mostra els resultats obtinguts per Osborne i Cosgrove (1983) en aquesta qüestió.

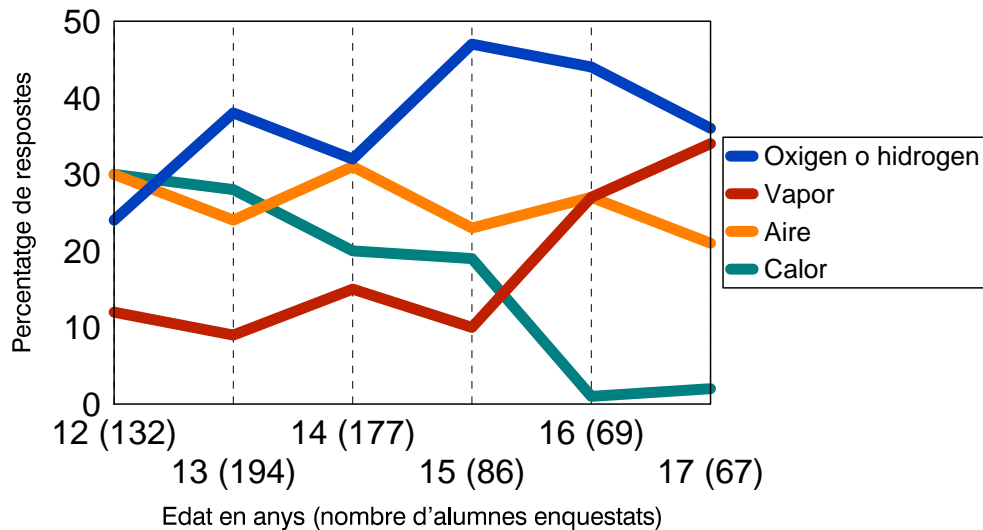


Fig. 4.2.- Resultats sobre les bombolles de l'aigua bullent (Osborne i Cosgrove, 1983)

24.- Es crema amb un llumí una mica d'alcohol en un plat, fins que no hi quedi líquid:

- a) (distractor) els gasos produïts continuen essent l'alcohol que hi havia, però en estat gasós;
- b) (correcta) els gasos obtinguts són noves substàncies, diferents de l'alcohol, que estan en estat gasós;
- c) (distractor) l'alcohol ha desaparegut i no s'ha convertit en res material.

En aquesta qüestió Carbonell i Furió (1987) observen que, a vegades, els alumnes continuen interpretant que la substància després de la combustió manté la identitat. Així, arriben a afirmar que l'alcohol en cremar-se, s'evapora, i escullen l'opció "a", com si es tractés d'un fenomen físic. Altres subjectes associen la reacció química amb la "desaparició" de la matèria, com es formula en l'alternativa "c".

Les qüestions 2 i 22 es refereixen a fenòmens químics com la combustió i l'oxidació. A l'escola es fa servir la comprensió dels processos de combustió i d'oxidació de certs metalls en contacte amb l'atmosfera per presentar el concepte de canvi químic, perquè són reaccions familiars per als alumnes. Existeixen contradiccions entre l'acceptació de l'oxigen com a necessari en aquests fenòmens químics i la comprensió del seu vertader paper. De fet, molts alumnes tenen clar el caràcter de transformació irreversible, però no l'entenen com a interacció química amb l'oxigen. A més, sovint s'observa una certa inconsistència en els plantejaments que fan segons el context experimental que se'ls presenta. Per exemple, la combustió d'un líquid s'associa a un procés d'evaporació (és a dir, a un fenomen físic), com hem mencionat anteriorment.

2.- Un tros de fòsfor es col·loca dins un matràs amb una mica d'aigua i es tanca hermèticament amb un tap. La massa del matràs i el contingut és de 205 g. Els raigs solars s'enfoquen, mitjançant una lent, sobre el fòsfor, que s'inflama. El fum blanc que es produeix es dissolt lentament en l'aigua. Després de refredar-se, es torna a mesurar la massa del matràs i del contingut. Com creus que serà?

- a) (distractor) més petita que 205 g;
- b) (correcta) 205 g;
- c) (distractor) més gran que 205 g.

Aquesta qüestió va ser experimentada en alumnes d'11 a 15 anys del Regne Unit dins del programa Assessment Performance Unit, APU (Donnelly i Welford, 1988). Tant sols el 21% dels enquestats va admetre la conservació de la massa, fet que demostra que la majoria d'alumnes té la impressió errònia que després d'un canvi químic (la combustió del fòsfor) i un canvi físic (la dissolució del fum blanc en l'aigua) la massa queda alterada. L'error més estès, segons investigacions esmentades per Pozo, Gómez Crespo i altres (1991), és que en la combustió i en l'oxidació es perd massa (aquesta idea correspon al primer distractor).

Oñorbe i Sánchez (1992) comparen els resultats obtinguts de l'aplicació de la llei de la conservació de la massa en processos de dissolució i en fenòmens de combustió. Feta la prova a 124 alumnes de COU de Ciències, en el primer cas troben el 75% de respostes correctes i només el 40% en el cas de la reacció química.

22.- Quan un clau de ferro s'oxida a l'aire lliure:

- a) (distractor) el clau oxidat pesa menys que abans;
- b) (distractor) el clau oxidat pesa el mateix que abans;
- c) (correcta) el clau oxidat pesa més que abans;

Bueso i altres (1988) obtenen en aquesta qüestió els següents percentatges de resposta correcta: en 29 alumnes de COU, el 65.5%; en 31 alumnes de primer curs de Biològiques, el 35.5% i en 35 alumnes de tercer curs de Químiques, el 94.3%.

Segons l'estudi de Landau i Lastres (1996) la llei de la conservació de la massa i el concepte de canvi químic són algunes de les dificultats que tenen els estudiants que ingressen al Ciclo Básico Común (CBC) de la Universitat de Buenos Aires.

23.- Un matràs de 100 ml tapat té una massa de 103.2 g. S'hi col·loca una certa quantitat d'aigua i 13.6 g de sal comuna, part de la qual queda dissolta. La massa del matràs amb l'aigua és de 163.5 g. Així doncs es pot dir que la massa total del matràs i el seu contingut és de:

- a) (distractor) 60.3 g;
- b) (correcta) 177.1 g;
- c) (distractor) 280.3 g.

Aquesta qüestió (Níaz, 1987) ens pot mostrar el grau de comprensió de la llei de la conservació de la massa en un procés de dissolució.

### 4.3.1.3.- Quantificació de les relacions

La quantificació de les relacions tracta de la representació quantitativa de les lleis fisicoquímiques i la seva aplicació pràctica. Aquest tema està directament relacionat amb els dos anteriors, la discontinuïtat i la conservació, i no podrà assolir-se mentre no s'hagin superat els altres dos. Això és degut al fet que la major part dels càlculs que s'han de realitzar en l'estudi de la Química estan basats en la mesura del nombre de partícules (àtoms, molècules) que intervenen en un procés.

Les principals aplicacions quantitatives de la Química són: càlculs amb mols, càlculs de nombre de partícules, aplicacions de les lleis dels gasos, concentració de dissolucions, ajustament de reaccions, càlculs estequiomètrics, aspectes cinètics d'una reacció i càlculs d'equilibri químic. La majoria dels càlculs químics es poden fer aplicant relacions de proporcionalitat, que se suposa no han de representar dificultats matemàtiques. La proporció és un esquema amplament descrit per Inhelder i Piaget (1972). Segons aquests autors la comprensió de les proporcions no apareix abans que les operacions formals s'hagin construït.

Les qüestions 4 i 6 es refereixen el concepte de mol. És un concepte químic tan fonamental com les idees d'àtom i de molècula. Va sorgir de la necessitat de relacionar les mesures realitzades a nivell macroscòpic, massa i volum, amb les fetes a nivell microscòpic, nombre de partícules.

El mol és la unitat de la quantitat de substància, una magnitud fonamental del Sistema Internacional i, a vegades, els alumnes no la

distingeixen de la massa.<sup>29</sup> És un concepte imprescindible per al desenvolupament de les relacions quantitatives en la majoria dels temes de Química: càlculs de nombre d'àtoms, de molècules, mesures dels gasos, concentracions de dissolucions, càlculs estequiomètrics.

Segons Furió i altres (1993), en les explicacions de substància química i de reacció química, els professors haurien de diferenciar suficientment els dos sistemes de referència epistemològica ressenyats per la psicologia cognitiva.

- El referent empíric, amb la seva visió macroscòpica que es pot entendre com un globalisme, ja que fixa l'atenció en les propietats de la matèria que, com un tot comú, es concreten en els conceptes de massa, pes i volum, bastant interioritzades amb processos de generalització inductiva.
- El referent atomista, com a visió microscòpica que explica aquests processos químics amb conceptes, com la quantitat d'àtoms, mitjançant processos d'abstracció reflexiva o de generalització constructiva.<sup>30</sup>

---

<sup>29</sup> El mol és la quantitat de substància que conté tantes entitats elementals (àtoms, molècules, ions) com àtoms hi ha en 0.012 kg (12 g) de carboni 12. La massa molar és la massa atòmica o molecular expressada en grams. La constant d'Avogadro ( $6.022 \cdot 10^{23}$ ) és el nombre d'entitats elementals que hi ha en un mol de qualsevol substància i, per tant, és el nombre d'àtoms de carboni que hi ha en 12 g de carboni 12.

<sup>30</sup> Caamaño (1994) en la tesis presentada a la Universitat de Barcelona, *Concepciones de los alumnos sobre la composición y la estructura de la materia y sobre el cambio químico. Comprensión de las formas simbólicas de representación*, formula les següents conclusions: "1. La enseñanza de la química presenta dificultades intrínsecas a la propia disciplina relacionadas con los diferentes niveles representacionales (macroscópico y microscópico: atómico-molecular y multi-atómico-molecular), con la multiplicidad de significados de algunos conceptos, con la diversidad de modelos que se utilizan, y con la ambigüedad de algunos términos y de algunos códigos de representación de la composición y de la estructura. 2. Los estudiantes construyen concepciones alternativas al atribuir significados diferentes a los conceptos y a las representaciones simbólicas, debido a razonamientos espontáneos y análogos superficiales y a la dificultad que supone la comprensión de procesos que requieren ser desglosados en varias etapas. También elaboran modelizaciones *híbridas* en un intento de hacer compatibles sus concepciones y los conceptos científicos o bien como una forma de simplificar la diversidad de los diferentes modelos que se les presentan."

Des d'un punt de vista operatiu la gran dificultat per al càlcul de mols és la utilització, com ja hem esmentat, del càlcul proporcional.<sup>31</sup>

Les qüestions 4 i 6 van ser utilitzades pel Grup Alkali (1990) per conèixer quines idees sobre el mol i les seves aplicacions posseïen els alumnes de BUP, COU i primer curs d'universitat i relacionar-les amb el seu nivell acadèmic. De les vint qüestions que van investigar, nosaltres n'hem seleccionat dues, corresponents a dos blocs temàtics diferents: la 4 d'"el mol com a unitat del Sistema Internacional" i la 6 de "relació nombre de partícules-massa molar".

4.- Què tenen en comú 1 mol d'aigua i 1 mol de diòxid de carboni?  
a) (correcta) el mateix nombre de molècules;  
b) (distractor) la mateixa massa;  
c) (distractor) el mateix volum.

Aquesta qüestió va obtenir el 58.3% de respostes correctes en 96 alumnes de COU i el 41.2% en 34 universitaris de primer curs de de la Facultat de Ciències (secció Físiques).

6.- Si comparem el nombre d'àtoms existents en 1 g de carboni i en 1 g de sodi, com penses que serà el resultat? (massa atòmica del carboni: 12 i del sodi: 23)  
a) (correcta) hi haurà més àtoms en 1 g de carboni;  
b) (distractor) hi haurà el mateix nombre d'àtoms;  
c) (distractor) hi haurà menys àtoms en 1 g de carboni.

---

<sup>31</sup> Exercicis que es poden plantejar a partir de la comprensió del concepte de mol i l'aplicació del càlcul proporcional:

- Quina massa de potassi té el mateix nombre d'àtoms que 12 g de carboni?
- Quina massa d'amoníac té el mateix nombre de molècules que àtoms hi ha en 12 g de carboni?
- Quina és la massa de dos mols de molècules d'aigua?
- Quina quantitat de substància hi ha en 36 g de carboni?
- Quina massa d'hidrogen es necessita per tenir els mateixos àtoms que 46 g de sodi?
- On hi ha més àtoms, en un mol d'àtoms d'alumini o en un mol d'àtoms de plom?

Aquesta qüestió va obtenir el 68.1% de respostes correctes en 96 alumnes de COU i el 94.1% en 34 universitaris de primer curs de de la Facultat de Ciències (secció Físiques). A nivell de COU els resultats de totes dues no van ser considerats gaire satisfactoris, si tenim en compte que l'alumnat ja havia treballat aquests temes.



### 4.3.2.- Física

En el camp de la Física, i sobretot en el de la Mecànica, és on s'han detectat i estudiat més errors conceptuals, que a l'hora són els que costen més de canviar. Carrascosa i Gil (1992), en el seu article "Concepciones alternativas en mecánica", que subtitulen "Dinámica: Las fuerzas como causa del movimiento", insisteixen en l'existència d'una coherència global del conjunt de falses preconcepcions.<sup>32</sup> Preconcepcions que recolzen les unes en les altres, com si es tractés d'una teoria global bàsica. Potser és precisament aquesta coherència un dels factors que pot explicar la persistència de l'error.

---

<sup>32</sup> Carrascosa (1982, 1987) ha investigat sobre els errors conceptuals i la seva implicació en l'ensenyament de les ciències. Adjuntem el resum de la tesis doctoral realitzada per Carrascosa (1987), que il·lustra sobre la preocupació dels docents del camp de les ciències: "El trabajo dentro del campo específico de la didáctica de la física y química se inserta en la búsqueda de estrategias de enseñanza más adecuadas con las cuales tratar de una forma más efectiva el problema de la superación de los errores conceptuales. Para ello se comienza por plantear dos cuestiones fundamentales a las que dar respuesta:

1) Cuáles son las causas principales de la gran abundancia y persistencia de graves errores conceptuales cometidos en física y química por los alumnos y también por parte del propio profesorado?

2) Cómo conseguir influir de manera efectiva en la superación del problema de los errores conceptuales en física y química?

La respuesta a la primera cuestión constituye toda la primera parte de la tesis y se halla orientada por una primera hipótesis básica según la cual la persistencia de los errores se debe a que la enseñanza habitual no tiene en cuenta los preconceptos de los alumnos ni tampoco y fundamentalmente su metodología connatural de trabajo (metodología del sentido común o de la superficialidad). En cuanto a la segunda cuestión se halla asociada a otra hipótesis que consiste en afirmar que la superación efectiva de los errores conceptuales puede lograrse mediante una enseñanza de las ciencias que plantee el aprendizaje como construcción de conocimientos siguiendo pautas similares a las del trabajo científico.

Tras la profundización y fundamentación de ambas hipótesis se elabora un diseño de aborde múltiple para su contrastación (implicando a más de 3.500 alumnos y 200 profesores de física y química en activo). Los resultados verifican las dos hipótesis. Se incluye anexo con cuestiones de física y química específicamente diseñadas para detección de preconceptos."

### 4.3.2.1.- Mecànica

La Mecànica és la part de la Física que estudia el moviment. L'estudi del moviment, en Física, es fa a dos nivells diferents: el cinemàtic i el dinàmic. La Cinemàtica intenta fer una descripció matemàtica del moviment i la Dinàmica considera que les causes que provoquen el moviment d'una partícula són les interaccions que hi exerceixen la resta de partícules (la interacció entre dues partícules s'anomena força). És obvi que per comprendre correctament els conceptes de Dinàmica hom ha de disposar d'una base de coneixements físics, conceptes de Cinemàtica com moviment, velocitat, acceleració, i de coneixements matemàtics, com la descripció matemàtica del moviment (equacions, interpretacions gràfiques) i la representació de les magnituds vectorials.

Les lleis de Newton constitueixen la base de la Física escolar. Però, més de tres cents anys després de la publicació dels *Principia de Newton* continua essent un repte per al professorat de Física que l'alumnat compregui la interpretació newtoniana (Acevedo, 1989). Algunes de les idees del físic que va revolucionar la ciència de la Mecànica, per exemple sobre la caiguda dels cossos, resulten conceptualment difícils, possiblement perquè l'experiència diària (que no es dona en el buit) induïx l'estudiant a intuïcions pseudocientífiques. Un altre exemple similar és el concepte de fregament, sempre present en la vida quotidiana, ja que una persona ha d'empaitar un objecte si vol mantenir-lo en moviment.

Les idees prèvies, o regles intuïtives segons Driver i altres (1989), que es troben en aquest camp, amplament investigat en els grups d'edats que ens ocupa (Driver, 1986; Miguel, 1986; Hewson, 1990), són:

- el moviment constant necessita una força constant,
- la quantitat de moviment és proporcional a la quantitat de força,

- si un cos no es mou, no actua cap força sobre seu,
- si un cos es mou, hi ha una força que actua sobre seu en el sentit del moviment.

L'objectiu de la investigació que publiquen García Barneto i Barrios (1993) és conèixer les idees prèvies sobre qüestions físiques concretes i la seva evolució al llarg dels darrers cursos de l'escola i la universitat.<sup>33</sup> Els autors constaten que la universitat no serveix tampoc per perdre moltes preconcepcions que tenen l'origen en les primeres etapes de la formació. Una de les conclusions exposades per García Barneto i Barrios (1993) és la necessitat de conscienciar el professorat de la difícil i llarga tasca d'aconseguir que l'alumnat construeixi un cos coherent de coneixements, i de no caure en la il·lusòria creença de plantejar l'ensenyament de la ciència com la transmissió d'una matèria acabada, construïda per complet, amb explicacions per a tot i sense elements de dubte i discussió.

Maiztegui (1993) reflexiona sobre possibles línies de treball per presentar el concepte de força en un curs preuniversitari o universitari inicial. Segons ell caldria:

1. - construir un idioma propi de la Física; per exemple, l'expressió "una força s'aplica a un cos" és correcta, però no ho és "un cos té força",<sup>34</sup>
2. - reconèixer què succeeix quan sobre un cos s'aplica una força:
  - una força produeix una deformació del cos sobre el qual és aplicada;
  - una força produeix un canvi de les magnituds que descriuen el moviment d'un cos;<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> En aquest estudi apareixen percentatges d'error en la comprensió de conceptes de Mecànica molt elevats. Així, en l'apartat de forces obtenen el 80% d'errors i el 91% en el de caiguda dels cossos entre alumnes de COU. Aquestes dades milloren quan els enquestats són universitaris, concretament són del 71% i del 84%, respectivament.

<sup>34</sup> Segons l'autor: "el aprendizaje de la física tiene algo del aprendizaje de idiomas".

3. - clarificar l'origen de les forces:

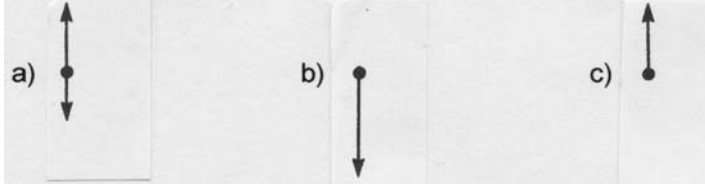
- les forces són el resultat d'interaccions entre cossos, les forces s'originen sempre en parelles;
- una força és conseqüència d'un fenomen de la natura, si es deixen a part les forces nuclears, la natura només ens ofereix la gravitació, l'electricitat i el magnetisme com a fenòmens que originen forces.

Les qüestions 10, 11, 12 i 27 es refereixen a la força i al moviment. Les qüestions 10, 11 i 12 investiguen "l'associació força moviment" (Gil i altres, 1991).

Malgrat que " $F = m \cdot a$ " és una de les fórmules més freqüentment emprada a l'escola (força és igual a massa per acceleració), molts alumnes relacionen la força amb la velocitat i no amb l'acceleració.<sup>36</sup>

10.- Es llança un cos des del terra verticalment cap amunt. Si es considera nul el fregament, assenyala quin dels següents esquemes representa correctament les forces que actuen sobre aquest cos:

a) (distractor)                      b) (correcta)                      c) (distractor)



<sup>35</sup> El resultat de l'acció d'una força sobre un objecte és l'acceleració d'aquest en la direcció i el sentit de la força.

<sup>36</sup> El fet que els estudiants apliquin una fórmula en la resolució de problemes no en garanteix la comprensió. Volem mencionar una afirmació de Mc Dermott (1984, cit. per Maiztegui, 1993, pàg. 222): "Una habilidad de los estudiantes para definir apropiadamente un concepto y aplicarlo en problemas estándar de física no implica necesariamente que el estudiante pueda aplicar correctamente ese concepto a una situación física verdadera."

L'alternativa correcta expressa que la força que actua sobre el cos és el pes representat amb un vector en direcció vertical i sentit descendent, i que causa una acceleració en la mateixa direcció i sentit, és a dir, en el sentit contrari al del moviment. Els subjectes que escullen el primer distractor afirmen que en llançar el cos se li comunica una força (representada pel vector amb sentit ascendent), part de la qual s'utilitza per vèncer el pes (representat pel vector amb sentit descendent); suposem que pensen que quan l'objecte arriba a la màxima alçada la força té un valor de zero i el pes fa baixar el cos. En el segon distractor només es reconeix una força en el sentit del moviment; en aquest enunciat queda reflectida l'associació entre força i velocitat (el vector dibuixat en l'opció "c" representa la magnitud velocitat).

Els resultats exposats per Carrascosa i altres (1991) són: en 241 alumnes de COU es va donar el 86% d'error i en 92 alumnes de segon curs de Químiques, el 80%. De la qüestió 10 hi ha moltes referències bibliogràfiques. Per exemple, Osborne i Freyberg (1991) comptabilitzen en el seu estudi que menys del 22% dels alumnes enquestats, de 13 a 17 anys, escullen el punt de vista newtonià.

Sebastià (1984) defensa la utilització de problemes qualitius com el descrit per detectar millor la comprensió dels conceptes. Sovint, afirma l'autor, els problemes quantitius no revelen la concepció que l'estudiant té del fenomen en qüestió, ja que pot ocultar la seva ignorància conceptual darrere una barrera de fórmules. Sebastià inclou la qüestió 10 en l'instrument dissenyat per aplicar a una mostra constituïda per 69 estudiants de BUP, 80 de COU, 143 de primer curs universitari i 53 graduats universitaris estudiants del certificat d'aptitud pedagògica (CAP).<sup>37</sup> Els percentatges d'encerts en aquest estudi són: 0%, 5%, 6.2% i 9.4%, respectivament pels diferents nivells educatius.

---

<sup>37</sup> Els estudiants universitaris i els graduats estaven adscrits a la facultat de Ciències.

11.- Un cos és llançat cap amunt per un pla inclinat. Quin dels tres esquemes representa correctament la força resultant que actua sobre el cos mentre puja?

a) (distractor)                      b) (distractor)                      c) (correcta)

Aquest exercici és una variant de l'anterior. En aquest cas es tracta d'un pla inclinat i es demana la identificació del vector que representa la força resultant. El primer distractor considera que la força resultant que actua sobre el cos té el mateix sentit que el seu moviment o la seva velocitat. Alguns subjectes poden escollir el segon distractor, principalment estudiants de nivells superiors, i intenten reconèixer en la representació la resultant d'un problema de composició de forces entre "la força que s'ha comunicat inicialment al cos i que l'impulsa cap amunt" i la força pes.

Carrascosa i Gil (1982) presenten els següents resultats: el 54% d'error en 181 alumnes de COU i el 68% en 140 de segon curs de Químiques. Aquesta qüestió també va ser emprada en la investigació duta a terme per Acevedo i altres (1989) amb una mostra de 65 adolescents de segon de BUP, i han de demostrar que la competència formal (parlant en termes piagetians), al menys en el raonament proporcional, resulta una condició necessària per adquirir esquemes conceptuals com el newtonià.

Les qüestions 10 i 11 també estan incloses en un test de tretze preguntes de Física molt simples (Vázquez Alonso, 1994) que pretenen diagnosticar l'existència o no de concepcions alternatives en una mostra de 118 persones entre professors i alumnes. Una part són estudiants d'últim curs universitari i l'altra són titulats superiors de diferents especialitats: Físiques (10), Químiques (20), Biològiques i afins com Geologia i Agrònoms (40),

Ciències de la salut, com Medicina i Veterinària (7), tècnics com Informàtica (6), Econòmiques (11) i Psicologia (23). Els resultats són de 60% d'errors en la primera pregunta i 58% en la segona.

12.- Quina de les següents afirmacions és correcta?

- a) (distractor) el moviment d'un cos sempre es dona en el sentit de la força resultant;
- b) (distractor) si en un instant donat la velocitat d'un cos és nul·la, la força resultant en aquest mateix moment també ho serà;
- c) (correcta) si sobre un cos no actua cap força o si la resultant és nul·la, no ha d'estar necessàriament en repòs.

Aquesta qüestió fa referència al mateix contingut de les preguntes 10 i 11 expressat mitjançant enunciats teòrics. En l'estudi de Carrascosa i Gil (1985) es troben els següents resultats: en 510 alumnes de COU hi ha el 89% d'error i en 140 de segon curs de Químiques el 73%.

27.- Un objecte A de massa  $m$  circula a una velocitat de 5 m/s, mentre que un altre objecte B de la mateixa massa ho fa a 6 m/s. Així doncs,:

- a) (distractor) l'A posseeix més força que el B;
- b) (distractor) el B posseeix més força que l'A;
- c) (correcta) una altra resposta.

Aquesta qüestió permet investigar si els enquestats creuen que els objectes en moviment "posseeixen força",<sup>38</sup> i la relació que s'estableix entre aquesta i la velocitat o la quantitat de moviment. Els resultats publicats en l'estudi de Carrascosa i Gil (1985) és que el 73.7% de 114 alumnes de COU i el 40.7% de 145 de professors d'ensenyament mitjà contesten erròniament. Aquests autors defensen que l'existència de "preconceptes" en els subjectes

---

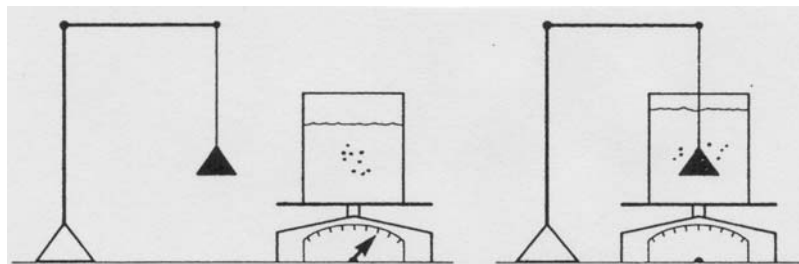
<sup>38</sup> Fixem-nos que en la redacció dels distractors s'utilitza intencionadament un llenguatge incorrecte des del punt de vista científic (tot i que s'utilitza en el llenguatge col·loquial). No és correcte afirmar que un cos "té força o posseeix força", el que succeeix és que sobre un cos actua una força o que un cos exerceix una força sobre un altre.

(de qualsevol edat i nivell educatiu) està íntimament lligada a una “metodologia de la superficialitat” que condueix a donar respostes “segures” i ràpides que són consequens de generalitzacions acritiques d’observacions qualitatives.

38.- Dues forces concurrents que formen entre si un angle recte i valen 3 i 4 N, donen una força resultant de:  
a) (correcta) 5 N;  
b) (distractor) 7 N;  
c) (distractor) 1 N

Aquest exercici de composició de forces respon a un enunciat prou conegut per molts estudiants,<sup>39</sup> de tota manera Vázquez Alonso (1990) presenta el següent resultat: el 49.30% d’encerts en 355 alumnes que comencen tercer de BUP.

13.- D’un suport penja un fil amb un tros de ferro. Al costat hi ha una balança amb un platet en què s’ha col·locat un recipient amb aigua. Si s’introdueix el tros de ferro amb molt de compte dins l’aigua (sense abocar-ne gens), s’observa que:



- a) (distractor) la balança assenyala menys pes que abans;  
b) (distractor) la balança assenyala el mateix pes que abans;

<sup>39</sup> En aquesta qüestió s’aplica un procediment matemàtic -la resolució d’un exercici de vectors amb la utilització del teorema de Pitàgores- a una representació de forces. Fixem-nos que es facilita molt l’exercici si donem al subjecte un enunciat que no exigeix cap raonament previ, no es tracta d’una situació real, sinó d’un “típic” exercici de classe de ciències descontextualitzat.



c) (correcta) la balança assenyala més pes que abans.

Un altre aspecte que també ofereix dificultats és el tercer principi de la Dinàmica o principi d'acció-reacció. Gil i altres (1991) presenten la qüestió 13. La referència de l'activitat es troba en Kaminski i Viennot (1989). Els alumnes han treballat el principi d'Arquímedes i la majoria accepten que el cos submergit aparentment pesa menys a causa de l'empenta, però no tenen en compte que aquesta empenta del líquid sobre el cos porta associada una força igual i de sentit contrari, que en la situació descrita farà que l'agulla assenyali un augment de la força exercida sobre el plat.

14.- En una cambra de buit es deixa caure un cos A des d'una certa alçada i tarda un segon a arribar al terra. Quan tardarà un altre cos B, de doble massa que l'anterior, que es deixa caure de la mateixa alçada?

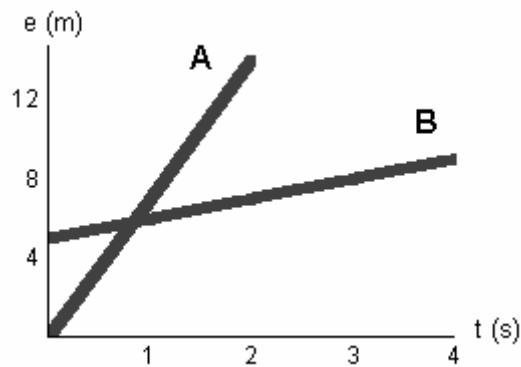
a) (distractor) el B tarda menys temps que l'A;  
b) (correcta) el B tarda igual temps que l'A;  
c) (distractor) el B tarda més temps que l'A.

Laburú i Carvalho (1992) intenten parametritzar algunes idees i dificultats trobades en la comprensió del concepte d'acceleració, d'importància fonamental en la Física, ja que és el fil conductor entre la Cinemàtica i la Dinàmica. Per a la correcta comprensió de l'acceleració, s'ha de disposar d'altres coneixements (velocitat, temps, proporcionalitat). Segons els autors, aquests coneixements estan subjectes al desenvolupament de determinats factors cognitius.

En Gil i altres (1991) es planteja la qüestió 14 dins l'apartat de "caída de graves". Els distractors permeten evidenciar la idea errònia segons la qual la durada de la caiguda dels cossos, en condicions d'absència de fregament, guarda una proporcionalitat amb la massa. Carrascosa i Gil (1982) presenten els següents resultats: de 181 alumnes de COU el percentatge d'error és del

54%, i en alumnes de segon curs de Químiques el percentatge d'error és del 39%.

16.- En la figura següent es representa la gràfica espai-temps de dos mòbils A i B:



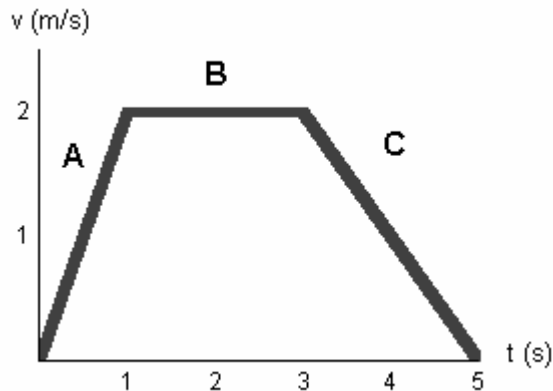
En l'instant  $t = 2$  s, es pot afirmar que la velocitat amb què es mou el mòbil A serà:

- a) (distractor) menor que la de B;
- b) (distractor) igual que la del B;
- c) (correcta) més gran que la del B.

Aquesta qüestió fa referència a la comprensió del concepte físic de velocitat i a la interpretació d'una representació gràfica com la proposada.<sup>40</sup> L'activitat és proposada per Gil i altres (1991) i per Mc Dermott i altres (1987). És necessari reconèixer que els pendents de totes dues línies representen la velocitat, és a dir, la relació espai-temps, de cada mòbil.

41.- El gràfic següent descriu el comportament d'un mòbil. Quina afirmació és correcta?

<sup>40</sup> En la qüestió 16 els mòbils presenten un moviment uniforme, és a dir, amb velocitat constant.



- a) (distractor) l'acceleració en A és negativa;
- b) (distractor) la velocitat en B és zero;
- c) (correcta) l'acceleració en C és de  $-1 \text{ m/s}^2$ .

Aquesta qüestió és similar a la 16, però exigeix un grau superior de raonament respecte a l'anterior. L'enunciat respon a un plantejament conegut de la bibliografia escolar. L'objectiu és aplicar a la resolució de la pregunta dos coneixements: en primer lloc, la comprensió de les magnituds cinemàtiques velocitat i acceleració i, en segon lloc, l'aplicació d'un coneixement procedimental, la lectura de representacions gràfiques.

Les qüestions 17 i 29 fan referència a conceptes corresponents a l'estàtica dels fluids.

17.- Se submergeixen totalment en aigua els següents objectes:

- bola de ferro de 2 litres; (1)
- cilindre de plàstic de 2 litres; (2)
- caixa de suro de 2 litres; (3)
- ampolla de vidre de 2 litres. (4)

Observem l'aigua desplaçada i:

- a) (distractor) els objectes 2 i 3 desplacen més aigua que els altres;
- b) (correcta) tots quatre desplacen la mateixa aigua;
- c) (distractor) l'objecte 1 és el que desplaça menys aigua.

29.- Es disposa de dos vasos iguals plens d'aigua fins al mateix nivell. En un s'hi submergeix totalment el cos M i en l'altre el cos N, de manera que només es pot observar el canvi de nivell de l'aigua. Un cop feta aquesta operació, resulta que el nivell de l'aigua que conté M és més alt que el que conté N. Això és degut que:

- (distractor) la forma de M és diferent que la de N;
- (distractor) la massa de M és més gran que la de N;
- (correcta) el volum de M és més gran que el de N.

En el seu article Gutiérrez i Rodríguez (1987) presenten activitats amb l'objectiu de detectar les idees intuïtives que té l'alumnat sobre conceptes relacionats amb l'estàtica dels fluids. Concretament, la qüestió 29 els autors la situen dins el concepte fonamental de densitat. La tasca requereix un nivell 2B en els estadis psicoevolutius proposats per Piaget (Shayer i Adey, 1986), és a dir, un nivell avançat en les operacions concretes.

La investigació desenvolupada per Bullejos de la Higuera i Sampedro (1990) amb alumnes que accedeixen a segon de BUP, confirma que no tot l'alumnat d'aquest curs diferencia els conceptes de massa i volum i no apliquen correctament la noció de densitat.

Fernández (1987) presenta un estudi sobre el grau de persistència de certs preconceptes sobre l'estàtica dels fluids realitzat en 156 alumnes de segon de BUP. Les qüestions es van plantejar abans de l'estudi de l'estàtica dels fluids, i dos mesos després. Així el percentatge d'encerts en la primera prova va ser del 9.6% i en la segona del 36.9%. Hi ha idees que apareixen fortament arrelades, per exemple quan se submergeix un sòlid en un líquid:

- el volum del líquid desplaçat no té cap relació amb el volum de l'objecte;
- el volum de líquid desplaçat té relació amb la massa o el pes del cos submergit;
- el volum de líquid desplaçat té relació amb la massa o el pes del líquid en què se submergeix el cos.

Si l'alumnat no comprèn la idea que el volum del líquid desplaçat per un cos sòlid submergit en ell és igual al seu volum, no pot arribar a comprendre ni a resoldre correctament els problemes relacionats amb el principi d'Arquímedes. Però, com demostra en el seu article Barral (1990), els estudiants poden memoritzar l'estructura gramatical d'un principi (com el d'Arquímedes) amb facilitat i, per tant, descriure'l verbalment de forma correcta, mentre que, contràriament, no és fàcil comprendre'l.

Segons Shayer i Adey (1986) perquè un alumne compregui que el volum del líquid desplaçat per un cos submergit en ell no depèn del pes del cos, el seu desenvolupament cognitiu ha de trobar-se en l'estadi inicial de les operacions formals, segons la classificació de Piaget.

La qüestió 28 es refereix a l'energia mecànica, concretament al teorema de la conservació de l'energia.<sup>41</sup>

28.- Des de l'extrem d'una plataforma que és a una certa alçada sobre el terra, es llança un mòbil cap amunt. L'energia mecànica total és:

- a) (correcta) la mateixa en totes les posicions;
- b) (distractor) més gran en el nivell de la plataforma;
- c) (distractor) més gran en el punt més alt que arriba.

L'energia com a concepte no té gaire a veure amb l'experiència diària, encara que la paraula s'utilitzi sovint, quasi sempre de forma imprecisa i amb un significat ambigu (Sevilla, 1986). Només pot comprendre's el concepte després d'altres conceptes bàsics com els de força i treball.

---

<sup>41</sup> Quan un punt material es mou de manera que l'única força que hi exerceix treball és la força pes, la suma de l'energia cinètica i de l'energia potencial del punt material es manté constant en tots els punts de la trajectòria.

Les principals conclusions de l'estudi de Hierrezuelo i Molina (1990) quan analitzen les respostes d'alumnes de segon de BUP sobre el tema de l'energia són:

- la principal dificultat conceptual rau en la diferenciació entre força i energia, dificultat que sorgeix de la confusió que hi ha entre “la força dels objectes que es mouen” i el concepte d'energia cinètica, que hauria de substituir aquesta idea;
- l'alumnat mostra una preferència per resoldre els problemes “dinàmicament” en lloc “d'energèticament”; s'ha de considerar que en el currículum escolar es dedica, normalment, més temps a l'estudi de la Dinàmica que al de l'energia; la magnitud que els estudiants tendeixen a utilitzar espontàniament és la de força, més que la d'energia;
- el principi de conservació de l'energia juga un paper important en la comprensió de què és l'energia;
- es confonen els significats de força, energia i treball.

Els autors insisteixen en una constatació que ja hem mencionat en la nostra recerca: sovint els estudiants són capaços de definir correctament un terme i fins i tot aplicar una fórmula per calcular una determinada magnitud, però no es pot considerar un aprenentatge de qualitat si no són capaços d'utilitzar els conceptes físics per descriure una situació física.

Vázquez Alonso (1990) presenta el següent resultat a la qüestió 28: el 30.24% d'encerts en 334 alumnes que accedeixen a COU, molts dels quals afirmen que l'energia “es gasta”.

### 4.3.2.2.- Calor i temperatura

Hem observat en la bibliografia d'ús escolar que aquestes magnituds es presenten indistintament en les disciplines de Física i de Química. Amb tot hem decidit de col·locar les qüestions que es refereixen a aquestes magnituds en l'apartat de Física.<sup>42</sup>

La temperatura és un dels paràmetres que descriuen l'estat d'un sistema. És una característica dels cossos, una magnitud física fonamental, com la massa i el volum. La temperatura és una propietat macroscòpica que expressa l'estat d'agitació o moviment desordenat de les partícules; està, doncs, relacionada amb l'energia cinètica d'aquelles partícules.<sup>43</sup> El coneixement de la temperatura constitueix una informació essencial per predir els canvis que es produiran en un sistema quan interactuï amb un altre sistema.

La calor és un paràmetre que descriu les interaccions entre els sistemes; de manera més precisa: és un procés de transferència d'energia. Diem que un sistema guanya o perd energia en forma de calor quan aquesta transferència es pot atribuir a la diferència de temperatura entre el sistema que perd l'energia i el que la rep. La diferència de temperatura entre dos sistemes determina la transferència de calor. És important adonar-se que la transferència de calor és únicament una manera d'alterar l'energia interna

---

<sup>42</sup> Si considerem un programa de Química, després d'haver estudiat les propietats de la matèria i les reaccions químiques, es pot introduir l'alumne al camp de la termodinàmica estudiant l'energia implicada en els processos químics. La termodinàmica estudia l'aspecte energètic de les transformacions produïdes en un sistema.

<sup>43</sup> En aquest mateix capítol ens hem referit a l'energia cinètica i a l'energia potencial (ambdues són energia mecànica) que són conseqüència del comportament macroscòpic del sistema. Ens referim ara al total d'energia de les partícules deguda a processos microscòpics i que s'anomena energia interna del sistema. L'energia interna d'un sistema depèn de la temperatura: com més temperatura, més energia interna; evidentment, també depèn d'altres factors, com ara la composició química o la fase en què es troba la matèria.

d'un sistema. De fet, un sistema pot canviar la seva energia interna sense que l'energia se li transfereixi en forma de calor. No s'ha de confondre l'energia interna d'un sistema i la forma de transferència d'energia entre sistemes o calor.

L'aprenentatge del concepte de calor necessita estar en possessió dels requisits conceptuals corresponents, en particular els de temperatura i d'energia (Hierrezuelo, 1986; Vázquez Díaz, 1987).

Moltes experiències de la nostra vida diària impliquen alguna forma de transferència d'energia entre objectes que estan a diferents temperatures, per això és important comprendre el concepte de calor. Si bé tant la temperatura com l'energia descriuen l'estat d'un sistema, la temperatura és un paràmetre intensiu, mentre que l'energia és extensiu i, per tant, està directament relacionat amb la quantitat de substància.

Les qüestions 15, 18 i 19 pertanyen a un test sobre calor, temperatura i energia interna per a alumnes de Física general de l'Instituto de Física de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) a Porto Alegre (Brasil), publicat per Lang da Siveira i Moreira (1996). Els autors, que han publicat altres estudis de les àrees de Mecànica i d'electricitat, defensen que els coneixements previs dels alumnes, siguin científics o no, tenen una gran influència en l'aprenentatge de nous coneixements. De fet, animen els lectors a construir i validar tests amb aquest objectiu.

L'ítem 15 correspon a la comprensió del concepte de calor i el 19 al concepte de calor i de temperatura.



15.- Per parlar de calor:

- a) (distractor) és suficient un únic sistema;
- b) (correcta) són necessaris com a mínim dos sistemes;
- c) (distractor) és suficient un únic sistema, però ha d'estar calent.

19.- Considera dues esferes idèntiques, l'una es col·loca en un forn i l'altra en un congelador. Quina diferència hi haurà entre les dues immediatament després de treure-les del forn i del congelador respectivament?

- a) (distractor) la quantitat de calor continguda en cadascuna;
- b) (correcta) la temperatura de cadascuna;
- c) (distractor) l'una conté calor i l'altra no.

En la qüestió 18 es pregunta sobre l'equilibri tèrmic,<sup>44</sup> quan objectes a diferents temperatures es mantenen en contacte i arriben a igualar les seves temperatures. En aquest procés, l'objecte que estava a més temperatura perd energia interna, que passa a l'objecte que estava a una temperatura inferior, fins que les temperatures respectives s'igualen. Els alumnes tenen dificultats per considerar l'ambient com un sistema que participa en l'equilibri tèrmic.

18.- Dos cubs metàl·lics A i B es posen en contacte. A està a més temperatura que B. Tots dos estan a més temperatura que l'ambient. Després d'un cert temps la temperatura final d'A i de B serà:

- a) (correcta) igual a la temperatura ambient;
- b) (distractor) igual a la temperatura inicial de B;
- c) (distractor) la mitjana entre les temperatures inicials d'A i de B.

Lang da Siveira i Moreira (1996) presenten els següents resultats: de 168 alumnes enquestats, 136 (el 81%) responen correctament a la pregunta 15, a la 18, 123 (el 73%) i a la 19, 88 (el 52%). L'article presenta una anàlisi estadística molt completa i una vàlida predictiva de la puntuació en el test sobre el rendiment acadèmic en l'estudi de la termodinàmica.

<sup>44</sup> Aquesta qüestió és tractada també per Driver i altres (1989).

21.- Dos tupins són escalfats per dos fogonets idèntics (amb la mateixa flama). L'A té doble quantitat d'aigua que el B. Quan bull l'aigua de cada tupí, se'n mesura la temperatura:

- a) (distractor) l'A té la temperatura més baixa que el B;
- b) (correcta) l'A i el B tenen la mateixa temperatura;
- c) (distractor) l'A té la temperatura més elevada que el B.

En aquesta qüestió s'aplica la comprensió dels conceptes de calor i temperatura a un fenomen físic, un canvi d'estat. No sempre que se subministra calor a un sistema s'hi produeix un augment de temperatura. És freqüent associar calor amb augment de temperatura; fins i tot la paraula "escalfar" de vegades no sabem si es refereix al subministrament d'energia en forma de calor o a un dels seus efectes, l'augment de la temperatura. Driver i altres (1989) presenten la dificultat que tenen els estudiants per entendre l'estabilitat de la temperatura durant aquest procés, tot i que sovint han fet experiments amb la fusió del gel i amb l'ebullició de l'aigua i han rebut explicacions d'aquests fenòmens físics en relació amb la teoria cinètica molecular de la matèria. Per exemple, afirmen que la temperatura d'un objecte està relacionada amb la grandària o amb la quantitat, o que la temperatura és una mesura de la "quantitat de calor" (o "de fred") que posseeix un objecte.

### 4.3.2.3.- Electricitat

Segons Cudmani i Fontdevila (1990) i Salinas de Sandoval i altres (1996), l'experiència docent mostra que, en general, l'aprenentatge de l'electromagnetisme, tant a l'escola com als nivells bàsics de la universitat, ofereix sèries dificultats als estudiants. Aquests autors van investigar els coneixements amb què accedeixen els estudiants a la instrucció superior.

Cudmani i Fontdevila (1990) van fer una primera consulta als estudiants mitjançant unes preguntes obertes, la principal de les quals era: "Què sap vostè de l'electricitat?" Van respondre 105 estudiants de Ciències Exactes i 103 de Bioquímica, Químiques i Farmàcia. A partir de les respostes obtingudes elaboren l'enquesta tancada, a fi de poder analitzar millor els resultats. La qüestió 26 forma part d'aquest qüestionari. L'objectiu de la pregunta és identificar la unitat d'una magnitud física concreta. Per aquesta segona part van ser consultats 112 estudiants del curs d'ingrés de Ciències Exactes i 136 de Bioquímica, Químiques i Farmàcia.

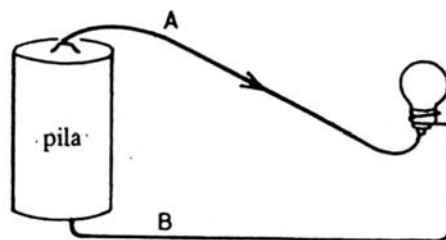
26.- La intensitat del corrent elèctric es mesura en:

- a) (correcta) ampers;
- b) (distractor) quilowatts-hora;
- c) (distractor) volts.

Aquesta pregunta també fou emprada en un estudi de Vázquez Alonso (1990). La prova es va passar a 591 alumnes que començaven segon de BUP i va obtenir el 31.30% d'encerts.

La qüestió 25 es refereix al coneixement de la manera com circula el corrent elèctric en un circuit simple,<sup>45</sup> requisit previ per entendre altres temes, com els circuits en sèrie i en paral·lel, el potencial elèctric, l'energia elèctrica, etc. Un circuit elèctric està format per un generador encarregat de subministrar energia a les càrregues elèctriques, uns conductors per on circulen les càrregues i uns receptors que són aparells la funció dels quals és transformar l'energia de les càrregues en altres formes d'energia. El corrent elèctric també passa per l'interior del generador.

25.- Una pila està connectada a una bombeta. La bombeta està encesa. Quina de les següents afirmacions sobre el corrent elèctric en el cable B és correcta?



- a) (distractor) no hi ha corrent en el cable B;
- b) (distractor) el corrent va en el sentit de la pila a la bombeta;
- c) (correcta) el corrent va en el sentit de la bombeta a la pila.

Els models conceptuals del corrent elèctric en els circuits senzills que s'han analitzat en les respostes dels subjectes de diferents estudis (Driver i altres, 1989; Manrique i altres, 1989) són els que veurem a continuació.

- “El model unipolar”: no hi ha corrent en el cable de retorn. Essencialment, només es considera actiu un terminal de la pila. Alguns subjectes pensen

<sup>45</sup> Mencionem alguns dels coneixements que han de disposar els estudiants per tal de raonar la resposta: constitució atòmica de la matèria, partícules atòmiques, càrrega elèctrica, aïllants i conductors, forces electrostàtiques d'atracció i de repulsió, camp elèctric, corrent elèctric.

que només cal un cable i altres consideren necessaris els dos, però es tracta d'un enllaç passiu.

- “El model de xoc de corrents” (corrents en col·lisió): el corrent flueix fins a la bombeta des d'ambdós terminals de la pila. És un intent clar d'assimilar la necessitat d'un segon cable al model de font-consumidor.
- “El model científic”: el corrent va en un sentit dins el circuit i es conserva.

Aquesta qüestió ha estat emprada en diferents estudis (Carrascosa i altres, 1991; Gil i altres, 1991). En 239 alumnes de COU s'obté el 67% de respostes errònies i en 92 alumnes de segon curs de Químiques el 30%.

Osborne i Freyberg (1991) afegixen un distractor més, el que podríem anomenar un quart model de corrent elèctric. Seria “el model pèrdua d'intensitat” consistent a reconèixer el sentit correcte del corrent elèctric (model científic), però imaginant que el corrent, després de passar per la bombeta, perd intensitat (“força” en un llenguatge acientífic). L'enquestat que opta per aquest distractor demostra que no coneix la llei d'Ohm, malgrat que s'estudia a la secundària i constitueix el fonament de les pràctiques d'electricitat típiques en el laboratori. Presentem la gràfica dels resultats obtinguts en alumnes de 10 a 18 anys (Osborne i Freyberg, 1991).

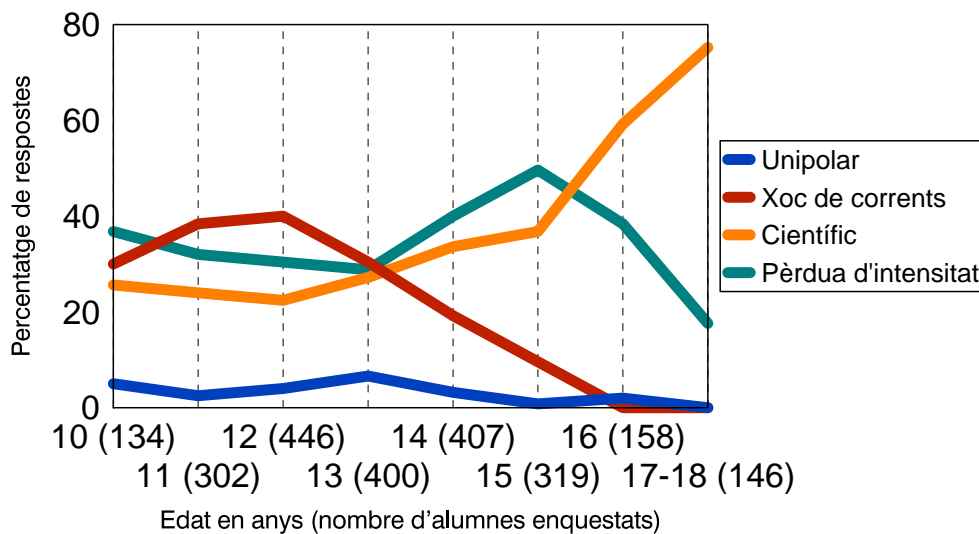


Fig. 4.3.- Resultats sobre models del corrent elèctric (Osborne i Freyberg, 1991)

Citem per acabar l'apartat de Física la conclusió que es troba en l'article de Varela (1996) sobre els esquemes conceptuals alternatius que presenten els alumnes de 12 a 18 anys en el camp de la Física (Mecànica, calor i electricitat). L'autora insisteix en la certesa de molts dels esquemes que ha estudiat, alguns presents en aquest treball, persisteixen en estudiants universitaris, i es mostren resistents als processos d'ensenyament realitzats. Varela conclou fent referència a una cita de la professora francesa L. Viennot, pionera en aquest camp d'investigació: "No existe ninguna tendencia importante del pensamiento de los alumnos de la cual el profesor lúcido no detecte alguna huella en sus propios razonamientos. Sólo es necesario pasar a contextos más complejos." (Viennot, 1989, pàg. 11).

### 4.3.3.- Biologia

Comparats amb la Física i la Química, pocs conceptes biològics han estat investigats des del punt de vista de la comprensió que els alumnes en tenen. Són menys freqüents els estudis que tracten directament i oberta les idees dels alumnes sobre la matèria i la seva composició aplicades a la matèria viva. Cal, però, destacar les següents aportacions: Serrano (1987), Giordan (1987), Jiménez Aleixandre (1987), De Manuel i Grau (1996) i Pérez de Eulate (1993). Aquest darrer estudi presenta una interessant revisió bibliogràfica referent a la comprensió de conceptes relacionats amb la nutrició humana.<sup>46</sup> Lucas (1986) intenta trobar una explicació de per què es fan menys anàlisis sobre els preconceptes en Biologia. Segons ell això és degut al fet que és molt més difícil preparar una situació biològica que es pugui investigar i que les explicacions de la majoria dels fenòmens biològics requereixen recórrer a contextos químics o físics.

L'ensenyament de la Biologia no comporta grans problemes quan ens dediquem a nivells purament descriptius de la realitat macroscòpica, però quan s'aborden aspectes com ara funcions vitals o estructures i funcions cel·lulars hi ha serioses dificultats. Els coneixements bàsics d'aspectes

---

<sup>46</sup> El títol de la tesi doctoral de Pérez de Eulate presentada el 1992 a la facultat de Ciències de la Universitat del País Basc és *Utilización de los conceptos previos de los alumnos en la enseñanza-aprendizaje de conocimientos en biología. La nutrición humana*. Transcrivim el resum de la seva investigació: "Desde hace algunas décadas se viene insistiendo en la importancia de conocer los conocimientos previos de los estudiantes para conseguir aprendizajes significativos. En la primera parte de nuestro trabajo hemos comprobado la existencia de graves errores conceptuales sobre cuatro conceptos relacionados con la nutrición (digestión, circulación, respiración y excreción) en diferentes niveles educativos (6º y 8º de EGB, 1º de BUP y magisterio) y en diferentes centros escolares. A partir de esta constatación se plantea la segunda parte de este trabajo, en ésta tratamos de mostrar la posibilidad de superar dichas deficiencias, ensayando un modelo que tenga en cuenta dichos preconceptos, en los niveles de 6º y 8º de EGB sobre los temas de digestión en sentido amplio y respiración. Como contrastación en otras cuatro clases se utiliza para impartir el mismo tema el modelo propio del centro. Los resultados apuntan a la existencia de una mayor eficacia del modelo propuesto."

fisiològics demanen coneixements químics o hi estan relacionats i també exigeixen un procés d'abstracció, perquè l'alumne ha de passar d'una visió macroscòpica, "l'organisme viu com unitat", a una visió microscòpica, "la cèl·lula com unitat funcional de l'ésser viu" (en què tenen lloc una sèrie de reaccions bioquímiques).

El model atómicomolecular de la constitució de la matèria és imprescindible per entendre els processos biològics relacionats amb la fisiologia cel·lular. Els professors de Ciències naturals saben que un dels obstacles més importants de l'aprenentatge de molts processos biològics és precisament el desconeixement de conceptes químics (Mondelo i altres, 1994). L'alumne necessita comprendre que la composició atòmica és universal, tant en la matèria viva com en la inert, i ha d'acceptar que totes dues estan sotmeses a les mateixes lleis.

És clar, doncs, que la investigació en l'ensenyament de la Biologia ha d'estar unida a la investigació en la docència d'altres disciplines científiques. En l'estudi realitzat per Bardanca i altres (1993), els mateixos enquestats reconeixen que la principal aplicació de la comprensió dels conceptes químics d'àcid-base és la biològica, per exemple en l'estudi del procés de la digestió. Cal disposar de coneixements d'energia i d'òptica per poder-los aplicar a contextos biològics, com la respiració cel·lular i la fisiologia de l'ull. O, com recorda Cervantes (1987), és necessari comprovar el grau de coneixement de conceptes físics com calor i temperatura, abans d'introduir l'alumne en conceptes de termodinàmica, que seran imprescindibles per estudiar les reaccions bioquímiques.



### 4.3.3.1.- La cèl·lula eucariota

En Biologia és cabdal comprendre l'organització i l'estructura cel·lulars dels éssers vius. Pot esdevenir difícil, ja que no es pot derivar de l'evidència o de l'observació quotidiana, però constitueix la base per entendre els processos fisiològics.

Les qüestions 30, 31 i 32 corresponen a la teoria cel·lular.<sup>47</sup> L'estudi d'alguns aspectes bàsics sobre on i com es transmet la informació hereditària s'inicia, en el nostre sistema educatiu, en els nivells de l'ensenyament secundari. Se suposa que, abans d'aquest moment, els estudiants no han desenvolupat els esquemes de raonament necessaris, ni posseeixen els coneixements pertinents que els permetin comprendre els conceptes elementals de genètica.

En els enunciats de les qüestions 30 i 32 es pressuposa que els estudiants associen les cèl·lules humanes a cèl·lules eucariotes i que recorden informacions tan bàsiques com que el nucli és l'òrgànul que conté la informació genètica de la cèl·lula, responsable de la transmissió del missatge genètic a través de les generacions i de donar a la cèl·lula les instruccions perquè creixi i es desenvolupi.<sup>48</sup>

---

<sup>47</sup> La teoria cel·lular es pot resumir en quatre punts fonamentals.

- La cèl·lula és la unitat anatòmica i fisiològica de tots els éssers vius, ja que tots els organismes estan constituïts per una cèl·lula o més.
- La cèl·lula és la unitat d'origen, és a dir, que cada cèl·lula procedeix d'una altra cèl·lula anterior, per la divisió d'aquesta.
- La informació genètica necessària per al manteniment de l'existència de la cèl·lula i la producció de noves cèl·lules es transmet d'una generació a la següent.
- Les reaccions bioquímiques que constitueixen el metabolisme tenen lloc a les cèl·lules.

El dogma central de la Biologia molecular, enunciat per Francis Crick el 1970, és: la informació genètica continguda en l'ADN és transcrita en forma d'ARN i és traduïda a proteïnes.

<sup>48</sup> Amb l'excepció d'algunes cèl·lules com els hematies que no tenen nucli, les neurones que no tenen centrosomes, i els òvuls i els espermatozous, totes les altres cèl·lules de l'home són capaces de dividir-se i donar dues cèl·lules filles genèticament idèntiques a elles. El temps de

Banet i Ayuso (1995) analitzen les idees de l'alumnat sobre aquests conceptes. La qüestió 30 correspon a l'apartat teòric "informació hereditària en cèl·lules humanes".

30.- De les següents cèl·lules humanes: la cèl·lula muscular, el leucòcit, l'òvul, l'espermatozou i la cèl·lula del cervell, quines tenen cromosomes?

- a) (distractor) l'òvul i l'espermatozou;
- b) (correcta) totes;
- c) (distractor) cap.

Els resultats indiquen que només el 41.2% dels estudiants de tercer de BUP van considerar que els cromosomes es troben en totes les cèl·lules del cos humà.<sup>49</sup>

La qüestió 32 correspon a l'apartat "informació hereditària i diferenciació cel·lular".

32.- El cos humà presenta una gran diferenciació cel·lular. Quina de les afirmacions següents és correcta?

- a) (distractor) les cèl·lules són diferents perquè porten informació hereditària diferent;
- b) (correcta) encara que les cèl·lules siguin diferents, totes porten la mateixa informació hereditària;

durada del cicle cel·lular o cicle de la vida d'una cèl·lula (des que s'ha format fins que es divideix en dues noves cèl·lules i desapareix com a tal) és variable, però com a mitjana podem parlar de 20-24 hores.

<sup>49</sup> La substància fonamental del nucli és la cromatina, un complex de nucleoproteïnes que representa el genoma de les cèl·lules eucariotes. Quan cada combinació entre ADN i proteïnes està tan enrotllada que en permet la identificació individual (apareix en el període de divisió cel·lular) tenim els cromosomes; és a dir, els cromosomes són estructures individualitzades que es troben als nuclis de les cèl·lules quan aquestes es van a dividir. Les unitats que determinen els caràcters hereditaris, els gens, estan situats en els cromosomes. Totes les cèl·lules d'un individu (excepte les cèl·lules germinals), i tots els individus d'una mateixa espècie, es caracteritzen per tenir el mateix nombre de cromosomes. L'espècie humana té 46 cromosomes, 2 dels quals són els cromosomes sexuals. Ara bé no tots els gens s'expressen simultàniament, és a dir, no totes les proteïnes es sintetitzen a la vegada.

c) (distractor) la informació hereditària només la porten les cèl·lules reproductores.

En l'estudi mencionat, el 32.3% dels subjectes afirma que totes les cèl·lules humanes tenen la mateixa informació hereditària.

La investigació presentada per Caballer i Giménez (1992) observa que encara que els estudiants tinguin assumida la constitució estructural, existeix una gran dificultat a l'hora d'entendre el funcionament dels organismes complexos com a resultat del funcionament cel·lular coordinat.<sup>50</sup>

La qüestió 31 forma part d'aquest estudi i s'aplica a alumnes de diferents nivells, entre els quals hi ha 61 estudiants de COU de l'opció biosanitària, per tant estudiants que cursen Biologia.

31.- De les següents afirmacions digues quina és falsa:

- a) (distractor) a mesura que els nens i les nenes es fan grans, els ossos van creixent, això és degut a un procés de proliferació cel·lular;
- b) (distractor) alguns òrgans produeixen unes substàncies que faciliten el funcionament del nostre cos; per exemple, les cèl·lules de les glàndules salivals produeixen substàncies que faciliten la digestió dels aliments;
- c) (correcta) els animals incorporen oxigen a través de l'aparell respiratori; aquest oxigen passa a la sang, però no arriba a totes les cèl·lules del cos.

Caballer i Giménez (1992) analitzen els resultat de l'estudi i conclouen que:

- el 85.9% dels subjectes no atribueix el creixement del ossos a una proliferació cel·lular;
- el 85.9% no atribueix el funcionament de les glàndules a l'acció individual i coordinada de les cèl·lules constituents;

---

<sup>50</sup> La teoria cel·lular considera que la cèl·lula és la unitat fisiològica de tots els organismes, en el sentit que duu a terme les funcions bàsiques de tots els éssers vius.

- el 37% no relaciona el fenomen de la distribució d'oxigen amb la composició cel·lular dels éssers vius.<sup>51</sup>

Com es pot deduir d'aquests percentatges, són més fàcils d'entendre els processos derivats de les necessitats de les cèl·lules constituents (com el transport d'oxigen) que els processos derivats del servei de les cèl·lules al funcionament global de l'organisme (creixement o secreció).

#### 4.3.3.2.- Organització estructural i funcional del cos humà

Les qüestions 33 i 34 han estat seleccionades a partir d'exercicis de Biologia de secundària.

34.- Quina de les següents afirmacions és correcta?  
a) (distractor) la lactosa és un monosacàrid;  
b) (distractor) el colesterol és un àcid gras;  
c) (correcta) l'ADN és un àcid nucleic.

Aquesta qüestió demana a l'alumne un coneixement de les biomolècules que formen part de la composició química del cos humà.

33.- Quin dels tres ítems presenta una ordenació correcta dels seus exemples quant el grau creixent de complexitat o de nivell d'organització (de menor a major)?  
a) (distractor) l'hemoglobina, l'aminoàcid i l'adipòcit;  
b) (distractor) l'aigua, el múscul i les lipoproteïnes;  
c) (correcta) el mitocondri, el múscul i el fetge.

---

<sup>51</sup> Banet i Nuñez (1990) i García Zaforas (1991) presenten en els seus estudis les dificultats per comprendre el procés de la respiració cel·lular.

En aquesta qüestió es tracta d'establir jerarquitzacions que relacionin diferents components del cos humà. Proposem exemples de biomolècules, òrgans, cèl·lules, teixits i òrgans.<sup>52</sup>

Banet i Nuñez (1988,1989) han treballat la comprensió del tema de la digestió,<sup>53</sup> tant des del punt de vista anatòmic com fisiològic.<sup>54</sup> La qüestió 35 ha estat aplicada a alumnes de tercer de BUP i de tercer de l'especialitat de Ciències de l'Escola Universitària de Magisteri.

35.- De les afirmacions següents, quina és la que millor explica en què consisteix la digestió?  
a) (correcta) descompondre els aliments en substàncies nutritives més senzilles;

---

<sup>52</sup> Les biomolècules formen part de la composició química de l'ésser humà (bioquímica estructural), els òrgans i la cèl·lula són estudiats en Biologia, els teixits i els òrgans pertanyen a l'estudi de l'anatomia i la fisiologia. En els currículums dels estudis secundaris tots aquests components es treballen en assignatures globals, la diferenciació en disciplines separades no té lloc fins a l'àmbit universitari.

<sup>53</sup> Procés que es duu a terme a l'aparell digestiu. La digestió forma part de les funcions de nutrició, l'objectiu de les quals és subministrar a les cèl·lules el material necessari perquè puguin desenvolupar les activitats vitals.

<sup>54</sup> Banet va dirigir el 1994 a la Universitat de Múrcia la tesi doctoral de Nuñez titulada *Constructivismo y enseñanza de las ciencias. Aplicación al estudio de la nutrición humana en educación secundaria obligatoria*. Transcrivim el resum de la tesi: "El trabajo se inscribe en el marco del modelo constructivista de la enseñanza y el aprendizaje y consiste en la aplicación de los principales supuestos del mismo al estudio de la nutrición humana en educación secundaria obligatoria, centrándose en dos aspectos: describir los conocimientos previos de una amplia muestra de estudiantes pertenecientes a aquellos niveles educativos en que se lleva a cabo el estudio de estas nociones y comprobar la eficacia de una propuesta de enseñanza sobre dicho tópico en dos grupos de 8º de EBG (2º de ESO). La exploración realizada nos ha permitido obtener una amplia gama de conocimientos previos sobre cada uno de los procesos que intervienen en la nutrición y sobre esta función en su conjunto, que han sido clasificados según el grado de articulación que presentan en concepciones puntuales, esquemas conceptuales y modelos conceptuales. Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que a pesar del estudio sucesivo de estas nociones, es muy escaso el número de estudiantes que logra el aprendizaje de los aspectos esenciales de la nutrición, predominando concepciones alternativas. El análisis de los resultados correspondientes a la intervención didáctica en el aula indica que la enseñanza basada en planteamientos constructivistas contribuye al aprendizaje significativo de estas nociones y a fomentar en los alumnos una actitud positiva hacia las ciencias."

- b) (distractor) obtenir l'energia necessària per al manteniment de l'organisme;
- c) (distractor) transportar els aliments pel cos.

Els resultats de l'estudi esmentat mostren que el concepte de digestió és comprès pel 81% dels alumnes de tercer de BUP i el 75% dels universitaris de Magisteri.

#### 4.3.4.- Altres qüestions

Bandiera i altres (1995) descriuen una investigació sobre la formació científica dels estudiants al començament dels estudis universitaris. La formació científica s'ha d'entendre, segons aquests autors, com una forma de "comunicació especial" que no pot realitzar-se si no es dominen habilitats bàsiques, ja siguin generals, interdisciplinars o específicament disciplinars. L'assoliment d'aquestes habilitats ha de ser un objectiu fonamental, i no es pot córrer el risc de confiar a l'espontaneïtat els processos de selecció d'informació, d'organització dels coneixements o de perfeccionament dels instruments lògics que constitueixen el bagatge personal de qui ingressa en estudis superiors.

Per Lemke (1997) l'aprenentatge de la ciència implica aprendre a parlar en l'idioma que li és propi; implica emprar aquest llenguatge conceptual tan especial quan es llegeix i s'escriu, es raona i es resolen problemes i en la vida quotidiana; implica aprendre a comunicar-se en aquest idioma. Lemke utilitza l'expressió *talking science* i la defineix així (Lemke, 1997, pàg.17):

"Hablar científicamente" significa observar, describir, comparar, clasificar, analizar, discutir, hipotetizar, teorizar, cuestionar, retar, argumentar, diseñar experimentos, llevar a cabo procedimientos, juzgar, evaluar, decidir, concluir, generalizar, divulgar, escribir, disertar, y enseñar en y mediante el idioma de la ciencia.

Per a dur a terme la seva investigació, Bandiera i altres (1995) van encarregar a un grup de docents de la Universitat La Sapienza de Roma, amb competències disciplinars heterogènies, que dissenyessin un instrument idoni per avaluar l'estudiant sobre un cert nombre d'habilitats i, al mateix temps, proporcionar als docents universitaris informació sobre l'estat de les habilitats cognitives amb les quals els estudiants es presenten a la universitat.

Es van realitzar enquestes als docents universitaris i els resultats permeten resumir les seves expectatives quant a les habilitats bàsiques en la tradicional terna: “llegir, escriure i fer càlculs”. Es considera que s’ha assolit un domini adequat de les habilitats mencionades quan se sap fer una lectura crítica que distingeixi allò essencial d’allò secundari o superflu, se sap elaborar textos escrits que respectin les regles gramaticals, sintàctiques i lògiques i, per últim, se sap comprendre i utilitzar la matemàtica com a llenguatge per expressar conceptes, per exemple, de Física. En l’aspecte específic de la lectura de textos científics, no cal conèixer només un conjunt de conceptes (en funció del nivell del text), sinó també posseir una capacitat d’interpretació que impliqui el domini del llenguatge verbal i un ampli coneixement del llenguatge matemàtic, en particular algebraic i gràfic.

“Fer càlculs” no es refereix solament a l’aritmètica, sinó també a l’àlgebra elemental amb què s’expressen formalment les lleis físiques i en què els conceptes troben el significat precís. A més, l’habilitat de llegir, interpretar (i construir) gràfiques i taules és necessària per a la comunicació de resultats experimentals i per comparar les dades experimentals amb les teories.

A l’hora d’aplicar la seva recerca a les ciències experimentals, centraren la investigació en unes determinades habilitats.

## 1. Transposició de llenguatges

### 1.1. Del llenguatge verbal al llenguatge algebraic i gràfic

#### 1.1.1. Transposició en fórmula

#### 1.1.2. Transposició en gràfica

### 1.2. Del llenguatge algebraic al llenguatge verbal

### 1.3. Del llenguatge gràfic al llenguatge verbal

## 2. Lectura de dades experimentals



Les qüestions 16 i 41,<sup>55</sup> malgrat que no corresponen a l'estudi a què ens referim, exigeixen l'habilitat reflectida en el punt 1.3: la transposició del llenguatge gràfic al llenguatge verbal.

La qüestió 40 correspon a aquesta investigació, concretament a l'apartat 1.1.1.

40.- (Les paraules en cursiva i entre cometes són inventades) La "*sinfonanza*" (S) de un "*catore*" és directament proporcional a la "*lanza*" (L) del "*catore*", al "*garone*" (G) aplicat i inversament proporcional a la "*punitá*" (P). Com s'expressa aquesta afirmació mitjançant una fórmula matemàtica?

- a) (correcta)  $S = LG/P$ ;
- b) (distractor)  $S = P/LG$ ;
- c) (distractor)  $SLG = P$ .

En aquest tipus de tasques, es constata que l'alumne prefereix afrontar pragmàticament "problemes concrets" que demanin l'aplicació d'una regla o fórmula per a la solució d'un "exercici", especialment si l'àmbit fenomenològic i el lèxic utilitzats en l'exercici són els propis d'un sector disciplinari determinat.

Els resultats obtinguts en l'estudi presenten un baix domini dels instruments de lectura. Si l'escola, àdhuc la universitat, no promou la lectura comprensiva, resulta afavorida la pràctica de la memorització passiva i de l'aplicació automàtica de regles i fórmules. També les altres habilitats bàsiques presenten nivells baixos d'assoliment. És obvi que les investigacions com la proposada no tenen únicament finalitats de documentació, sinó que poden orientar els ensenyaments preuniversitàries, poden prefigurar instruments de diagnòstic que ajudin a escollir el tipus d'estudis universitaris

---

<sup>55</sup> Aquestes qüestions han estat comentades anteriorment en aquest mateix capítol.

que poden afrontar els estudiants amb menys dificultats i amb la màxima probabilitat d'èxit.

La qüestió 36 correspon a un exercici matemàtic plantejat de la mateixa manera com apareix en les classes de secundària.

36.- Si en la següent equació  $3x/2 + y = 12$  el valor de  $y$  és 6, el valor de  $x$  serà:

- a) (correcta) 4;
- b) (distractor) 9;
- c) (distractor) 36.

Les qüestions 37 i 39 formen part d'una prova (Braga, 1987), corresponent a l'apartat titulat "desenvolupament intel·lectual". A la universitat de La Concepción (Xile) el 45% dels subjectes que ingressen a l'àrea de les Ciències físiques i matemàtiques fracassen el primer any; una gran majoria d'aquests estudiants no presenten el nivell adequat de raonament. Per avaluar el nivell de raonament d'entrada van dissenyar i validar un instrument, basant-se en les proves originals del mateix Piaget i d'altres que han estat emprades en diversos països amb aquests mateixos objectius.<sup>56</sup>

37.- Una barra d'alumini de 25 cm de longitud pesa 3 newtons i una barra de coure del mateix diàmetre i longitud pesa 7.5 newtons. Si es talla un tros de la barra d'alumini que pesa 1 N i un tros de longitud exactament igual que la de coure, quan pesarà el tros de coure que queda després de fer el tall?

- a) (distractor) 2.5 N;
- b) (correcta) 5 N;
- c) (distractor) no hi ha prou dades per fer el càlcul.

---

<sup>56</sup> Shayer i Adey (1986) indiquen que constantment es demana a l'alumnat l'ús del mètode científic en activitats de l'àrea de Ciències. Aquests autors es qüestionen si aquesta exigència és raonable, és a dir, si és adequada a la capacitat cognitiva d'aquests estudiants.

39.- La llei que descriu la magnitud de la força d'interacció entre dos cossos en funció de la distància que els separa, és donada per la relació següent:

$$F = A \frac{Z_1 Z_2}{R^2}$$

A és una constant

$Z_1 Z_2$  són les propietats dels cossos

R és la distància de separació

Els cossos estan a una distància d'1.5 m i s'atrauen amb una força d'interacció de F newtons. Quina distància ha de separar els cossos perquè la força d'interacció sigui F/2?

- a) (distractor) 4.5 m;
- b) (correcta) 2.12 m;
- c) (distractor) no es pot calcular.

Palacios i altres (1989) presenten una investigació que analitza la influència del nivell piagetia de desenvolupament cognitiu, mitjançant un test sobre l'adquisició de sis habilitats científiques diferents.<sup>57</sup> Segons el seu parer, "els processos de la ciència" es caracteritzen, bàsicament, pels següents trets peculiars:

- cada procés és una destresa intel·lectual específica emprada pels científics i aplicable a la comprensió d'un fenomen;
- cada procés correspon a una conducta identificable com a típicament científica que pot ser apresada pels estudiants;
- els processos són transferibles a altres dominis de contingut i contribueixen al pensament racional sobre qüestions quotidianes.

Les qüestions 42, 43 i 44 corresponen a l'habilitat de "reconeixement de variables" (dependent, independent, de control).

---

<sup>57</sup> Nigro (1995) insisteix també en la necessitat de desenvolupar habilitats com ara construir hipòtesis, elaborar i interpretar experiències i comunicar els resultats i les conclusions finals.

Plantejament comú a les preguntes 42, 43, 44 i 45

La Sara va voler comprovar si la temperatura té algun efecte sobre el creixement de la floridura del pa (fermentació). Per a això va preparar un cultiu de fermentació en nou recipients que tenien la mateixa quantitat i el mateix tipus de substàncies nutritives. Va mantenir tres recipients a 0°C, tres més a 90°C i els tres restants a la temperatura ambient (uns 17°C). Després de quatre dies va examinar els recipients i va prendre nota del creixement de la floridura.

42.- El factor que l'experimentador es preocupa per mantenir constant és:

- a) (correcta) la temperatura dels recipients;
- b) (distractor) la temperatura de la fermentació;
- c) (distractor) la quantitat de la floridura.

43.- La variable dependent és:

- a) (distractor) la temperatura dels recipients;
- b) (correcta) el creixement de la floridura;
- c) (distractor) el nombre de recipients a cada temperatura.

44.- La variable independent és:

- a) (correcta) la temperatura dels recipients;
- b) (distractor) el creixement de la floridura;
- c) (distractor) el nombre de recipients a cada temperatura.

Els resultats d'aquest estudi mostren que tan sols el 16% de l'alumnat de segon de BUP respon correctament.<sup>58</sup>

La qüestió 45 correspon a l'apartat de "reconeixement d'hipòtesi".

45.- Quina és la hipòtesi?

- a) (distractor) la quantitat de floridura és determinada per la substància nutritiva que s'ha utilitzat;
- b) (distractor) el nombre de recipients influeix en la floridura;

---

<sup>58</sup> Aquest alumnat es distribueix en: 9% d'alumnes concrets, 58% en transició i 33% formals consolidats. Segons l'estudi, el 24% dels alumnes formals tenen adquirida aquesta destresa.

c) (correcta) la quantitat de floridura és afectada per la temperatura.

El 41% dels alumnes identifiquen la hipòtesi correcta.<sup>59</sup>

La qüestió 46 correspon a l'apartat "reconeixement de dissenys experimentals".

46.- En Joan es pregunta què influeix en el temps que tarden els glaçons de gel a fondre's. En Joan pensa que els factors que hi poden influir són: la grandària dels glaçons, la temperatura ambient i la forma dels glaçons. Finalment es decideix a comprovar la següent hipòtesi: la forma dels glaçons afecta el temps que tarden a fondre's. Quin disseny ha de seleccionar en Joan per comprovar la seva hipòtesi?

- a) (distractor) utilitzar cinc glaçons, tots de la mateixa forma, però de pesos diferents; utilitzar cinc recipients idèntics, tots a la mateixa temperatura; observar el temps que tarden a fondre's;
- b) (correcta) utilitzar cinc glaçons, tots del mateix pes, però de formes diferents; utilitzar cinc recipients idèntics, tots a la mateixa temperatura; observar el temps que tarden a fondre's;
- c) (distractor) utilitzar cinc glaçons, tots del mateix pes, però cadascun amb una forma diferent als altres; utilitzar cinc recipients idèntics, amb temperatures diferents; observar el temps que tarden a fondre's.

Responen correctament a aquesta habilitat el 75% del total de la mostra analitzada.<sup>60</sup>

---

<sup>59</sup> El 59% dels subjectes en el nivell formal.

<sup>60</sup> El 86% dels alumnes formals.

### 4.3.5.- Taula d'especificacions

Segons Del Rincón i altres (1995) la taula d'especificacions és un element aconsellable per comprovar que la prova objectiva mesura realment el que l'investigador desitja mesurar. Mitjançant la taula s'estableixen relacions entre els objectius i els coneixements.

En una dimensió de la taula situem els continguts qüestionats en el test, continguts que poden ser conceptuals i procedimentals. Com hem descrit abans en aquest mateix capítol, hi ha ítems que es refereixen a més d'un concepte o procediment, o que barregen conceptes amb procediments.

En l'altra dimensió col·loquem els objectius. En el nostre treball aplicarem la categorització feta per Kempa (1986), que tanmateix està basada en la més coneguda i clàssica de Bloom (1956, 1979).

La Taxonomy of Educational Objectives original de Bloom comprèn sis nivells cognitius (coneixement, comprensió, aplicació, anàlisi, síntesi i avaluació).<sup>61</sup> Els estudis posteriors agrupen els tres darrers objectius i presenten solament quatre nivells (Kempa, 1986, pàg. 53-54; Rodríguez i altres, 1992, pàg. 262).

- Nivell 1: Coneixement i record de fets, hipòtesis, teories, conceptes, terminologia i convencions científiques.
- Nivell 2: Comprensió dels coneixements científics i les seves relacions manifestades en l'habilitat dels estudiants per explicar i interpretar la informació presentada i per expressar-la en diferents formes.

---

<sup>61</sup> "In education, a taxonomy is a classification constructed according to one or several explicit principles" (De Lansheere, 1990, pàg. 179).

- Nivell 3: L'aplicació del coneixement científic a situacions noves.<sup>62</sup> Aquesta habilitat implica que l'alumne és capaç de seleccionar dels coneixements anteriors aquells que són interessants per resoldre una nova situació.
- Nivell 4: Anàlisi, síntesi i avaluació de la informació científica, que implica la descomposició en les seves parts constituents (anàlisi) i la reorganització en una nova estructura (síntesi). Addicionalment, la informació pot ser avaluada.<sup>63</sup>

Hem dissenyat una taula amb els objectius agrupats en dos blocs. El primer bloc d'objectius avalua la comprensió dels conceptes i n'inclou, òbviament, el coneixement. Amb aquest objectiu avaluem les habilitats per conèixer i recordar conceptes, teories, terminologia; i també les habilitats per

---

<sup>62</sup> El verb aplicar l'emprem també a l'hora de referir-nos a habilitats que corresponen a l'objectiu de comprensió (nivell 2). Per exemple, parlem de l'aplicació necessària d'una teoria científica per tal de comprendre un fet observable. Això podria provocar alguna confusió a l'hora de classificar. També hem de tenir en compte que una mateixa situació pot ser nova per a uns estudiants i no ser-ho per a altres.

<sup>63</sup> Òbviament, trobem modificacions en les explicacions dels nivells segons els diferents autors, a més s'ha de tenir en compte la dificultat a l'hora de traduir. Creiem interessant mencionar la formulació de De Landsheere (1990, pàg. 179 i 180): "(a) Knowledge: recall or recognition of specific elements in a subject area. The information possessed by the individual consists of specifics (terminology, facts), ways and means of dealing with specifics (conventions, trends, sequences, classifications, categories, criteria, universals), and abstractions in a field (principles, generalizations, theories, and structures). (b) Comprehension: (i) Translation: the known concept or message is put in different words or changed from one kind of symbol to another. (ii) Interpretation: a student can go beyond recognizing the separate parts of a communication and see the interrelations among the parts. (iii) Extrapolation: the receiver of a communication is expected to go beyond the literal communication itself and make inferences about consequences or perceptibly extend the time dimensions, the sample, or the topic. (c) Application: use of abstractions in particular and concret situations. The abstractions may be in the form of general ideas, rules of procedure, or generalized methods. The abstractions may also be technical principles, ideas, and theories which must be remembered and applied. (d) Analysis: breakdown of a communication into its constituent elements or parts such that the relative hierarchy of ideas is made clear and/or the relations between the ideas expressed are made explicit. One can analyse elements, relationships, organizational principles. (e) Synthesis: the putting together of elements and parts so as to form a whole. This involves arranging and combining in such a way as to constitute a pattern of structure not clearly there before. (f) Evaluation: evaluation is defined as the making of judgments about the value of ideas, works, solutions, methods, material, and so on. Judgments can be in terms of internal evidence (logical accuracy and consistency) or external criteria (comparison with standards, rules...)"

comprendre coneixements científics i les seves relacions. Els estudiants han de manifestar la seva habilitat per explicar i interpretar la informació presentada i per expressar-la de diferents formes. El segon bloc pretén l'aplicació dels continguts, és a dir, avalua les habilitats per aplicar el coneixement científic a situacions noves. L'alumnat ha de ser capaç de seleccionar dels coneixements anteriors aquells (tant conceptuals com procedimentals) que necessita per resoldre noves situacions.

Presentem a continuació la taula d'especificacions del test de coneixements previs.

<u>Continguts</u>	<u>Objectius</u>		<u>%</u>
	Comprensió	Aplicació	
Naturalesa discontinua de la matèria	1, 8	3, 7	28 %
Classificació de la matèria	5		
Fenòmens físics i químics	9, 20	24	
Llei de la conservació de la massa		2, 22, 23	
Concepte de mol	4	6	
Conceptes de moviment, velocitat, acceleració i força	12, 14	10, 11, 27	37%
Tercera llei de Newton		13	
Conceptes bàsics de Cinemàtica (velocitat i acceleració) i interpretació de gràfiques		16, 41	
Conceptes bàsics d'estàtica de fluids (massa, volum, densitat)		17, 29	
Teorema de la conservació de l'energia mecànica		28	
Calor i temperatura	15	18, 19, 21	
Corrent elèctric	25, 26		13%
Cèl·lula eucariota	30, 32	31	
Composició química del cos humà	33, 34		
La digestió	35		
Raonament matemàtic: equació de 1r grau		36	
Raonament matemàtic: proporcionalitat		37	
Raonament matemàtic: teorema de Pitàgores		38	



Raonament matemàtic: sistema d'equacions		39	22%
Transposició de llenguatges: del llenguatge verbal a l'àlgebraic	40		
Reconeixement de variables (dependent, independent, de control) i d'hipòtesi	42, 43, 44, 45		
Reconeixement de dissenys experimentals	46		
<b>TOTAL</b>	<b>22</b> <b>47.8%</b>	<b>24</b> <b>52.2%</b>	

Fig. 4.4.- Taula d'especificacions del test de coneixements previs de la prova pilot

De totes maneres l'aplicació de qualsevol taxonomia comporta limitacions. En el seu article, Rodríguez i altres (1992, pàg. 262) recorden: "La mayor dificultad estriba en evaluar tales categorías por separado, siempre que el aprendizaje sea significativo y no puramente memorístico". En la conclusió sobre "The Cognitive Domain" De Landsheere (1990, pàg. 185), després d'haver exposat les principals taxonomies, exposa: "Not one of these taxonomies can be considered as entirely satisfying. [...] The taxonomy of Bloom and his associates has already been used successfully by hundreds of curriculum and test developers throughout the world. Furthermore, it has stimulated fruitful discussion and reflection on the problem of objectives."

## 4.4.- ELABORACIÓ DE LA PROVA DE COMPRENSIÓ LECTORA

---

Per a l'elaboració de la prova hem seleccionat dos models d'exercicis de comprensió lectora que inclouen diferents aspectes descrits en la revisió bibliogràfica sobre el tema. En el primer hi ha tres textos. En finalitzar cada escrit es formulen quatre preguntes objectives d'opció múltiple sobre el contingut. En el segon es demana, després de la lectura d'un article de premsa, que responguin tres preguntes obertes.<sup>64</sup> Recordem que la nostra intenció és dissenyar un exemple representatiu de prova que permeti diagnosticar els coneixements previs dels estudiants abans de començar els estudis de Fisioteràpia.

Un altre comentari previ és que força elements considerats en la revisió bibliogràfica sobre la comprensió lectora estan presents en el plantejament i en els enunciats de la primera part de la prova, el test de coneixements previs, perquè, en definitiva, qualsevol tasca a realitzar implica una correcta comprensió lectora.

Com que cada matèria posseeix una terminologia específica que li és pròpia, és evident que s'ha de conèixer un cert nombre de paraules pertanyents als vocabularis especialitzats abans d'abordar la lectura àmplia i independent de cada disciplina. Els textos escollits per al conjunt de la prova tracten temes que corresponen a diferents àrees del currículum acadèmic de

---

<sup>64</sup> L'exercici tipus test constitueix el que anomenem segona part de la prova i l'exercici de resposta oberta correspon al que en diem tercera part de la prova.

l'alumnat,<sup>65</sup> amb l'objectiu d'atendre la "flexibilitat lectora" (Català i altres, 1996). Els estudiants han d'estar preparats per llegir qualsevol mena de material, ja que una bona habilitat per llegir no garanteix que l'estudiant llegeixi comprensivament en totes les àrees del currículum. L'aptitud per adaptar-se a la naturalesa del text és considerada per molts experts com un requisit important per aconseguir una bona comprensió.<sup>66</sup>

Tenim present que la comprensió lectora depèn de la capacitat del lector per posar en joc els coneixements previs (Sánchez, 1988) o l'activació i l'utilització dels esquemes o estructures cognitives del lector (Santelices, 1990). Seleccionem dos textos, "La sang artificial" i "Oncògens i càncer", sobre els quals hom suposa que l'alumnat disposa de coneixements previs adquirits a l'escola secundària. En els altres textos seleccionats, "La degradació del sòl" i "La vaga frontera entre salud y enfermedad", també tenim present aquesta idea, ja que l'aprenent, a causa de l'experiència que té de la vida, les curiositats intel·lectuals i la cultura en la qual es mou, disposa d'una sèrie de coneixements previs, no lligats directament al currículum escolar. Per aquest motiu els dos textos suara esmentats pertanyen a l'àmbit de la divulgació, l'un correspon a un recull d'articles sobre matèries relacionades amb l'ecologia i l'altre pertany a un suplement periodístic, concretament "Ciencia y Salud" del diari *La Vanguardia*.

Optem per textos d'una llargada suficient per presentar una estructura interna que permeti establir la coherència entre les frases, relacionar els diferents paràgrafs i distingir la informació essencial de la secundària, o sigui,

---

<sup>65</sup> Hem de tenir en compte els plans d'estudi cursats pels subjectes i el que estan a punt d'iniciar.

<sup>66</sup> Entenem aptitud com la disposició o capacitat natural o adquirida per fer alguna cosa.

que permeti la intervenció de l'alumnat a nivell microestructural i macroestructural,<sup>67</sup> i que pugui inferir, jerarquitzar i organitzar la informació.

A l'hora de redactar les preguntes per avaluar la comprensió lectora dels textos,<sup>68</sup> utilitzem el criteri semàntic dels proposats per Mateos (1991) que inclou els criteris lèxic i sintàctic i cerca una comprensió global del significat del text.

---

<sup>67</sup> Recordem que microestructura es refereix a la coherència proposicional i macroestructura a la coherència estructural.

<sup>68</sup> Ens referim tant a la prova objectiva com a la prova oberta.

### **4.4.1.- Elaboració de la segona part de la prova: el test de comprensió lectora**

A les preguntes objectives d'aquesta part pretenem que l'estudiant situï o identifiqui idees o informacions explícitament manifestes en el text (reconeixement i evocació), per exemple: detalls, idees principals, una seqüència, causa i efecte. Aquests aspectes corresponen, segons Català i altres (1996), a la comprensió literal del text o reconeixement de tot allò que explícitament figura en el text.

Les característiques tècniques de les qüestions plantejades són les següents.<sup>69</sup>

- Cercar la claredat d'expressió.
- Procurar la brevetat d'expressió, evitant construccions gramaticals massa carregades.
- Referir cada ítem a una sola idea.
- Presentar la major part de les preguntes en forma positiva.
- Intentar que totes les alternatives d'un enunciat estiguin relacionades acceptablement i gramaticalment amb l'afirmació, amb la finalitat de no donar pistes a l'estudiant.
- Tenir en compte, en la majoria dels casos, la longitud relativa de les alternatives, és a dir, procurar que totes les alternatives tinguin la mateixa longitud o semblant. Quan això no és possible, procurar que en cap cas la desigualtat en la longitud d'alguna alternativa doni algun indici a l'alumnat per saber quina és la correcta.
- Procurar no posar certs termes que actuen de determinants específics: sempre, mai.

---

<sup>69</sup> Ens són de gran utilitat les reflexions aportades per Català i altres (1996) que adaptem al nostre estudi.

- En els casos que la afirmació correcta porta alguna paraula utilitzada en el text, perquè aquesta circumstància no actuï de determinant específic, procurar que algunes d'aquestes paraules també apareguin en els distractors, per evitar l'efecte de ressonància.
- Evitar l'ús de "totes les anteriors" i de "cap de les anteriors", perquè no és recomanable quan es vol comprovar la capacitat de discriminació de l'alumnat entre les alternatives de diversos graus de certesa.
- Evitar que una alternativa se solapi parcialment o inclogui una o més de les altres respostes.
- Per evitar que l'alternativa correcta sigui col·locada majoritàriament en una determinada posició que pugui donar indicis a l'alumnat, situar les alternatives correctes a l'atzar, però mirant que cadascuna de les tres posicions sigui emprada aproximadament el mateix nombre de vegades.
- Fer que les preguntes que es formulen a continuació de cada text segueixin un ordre de coherència per a la comprensió del text i es desenvolupin seguint-ne l'estructura.
- Ordenar els textos segons la dificultat que presenta la lectura, amb la finalitat d'animar l'estudiant a tractar de resoldre tots els ítems.
- Donar un temps limitat a l'estudiant disposa per a la resolució de la pregunta, adequat a l'extensió i dificultat de cada text.<sup>70</sup>
- No contemplar la possibilitat de rellegir l'escrit quan es responen les qüestions o deixar es llegeixin abans que el text.

Adjuntem a continuació la primera versió de la segona part de la prova, el test de comprensió lectora. Els resultats correctes es troben en l'annex 15.

<p><b><u>COMPENSIÓ LECTORA</u></b>  <b>Temps màxim: 12 minuts</b></p>
---

<sup>70</sup> La velocitat lectora és un resultat del domini de les habilitats de descodificació i de comprensió, és donada per la rapidesa amb què la ment pot captar allò que se li ofereix per ser llegit (Català i altres, 1996).

### **Indicacions**

Seguidament trobaràs tres lectures. Cadascuna és seguida d'un qüestionari que has de contestar.

Llegeix atentament i ràpida el primer text. Quan t'ho indiquin gira el full i respon a les preguntes. Tria la millor resposta basada en el que has comprès del text. Tingues en compte que en aquest moment ja no el pots consultar.

A continuació i quan t'ho indiquin, repeteix el procés amb cadascun dels dos textos restants.

### **ESPERA A REBRE LA INDICACIÓ PER GIRAR EL FULL**

#### **1.- La sang artificial** (temps de lectura 2 minuts)

Fa pocs anys, als Estats Units, un testimoni de Jehovà va rebre una transfusió de sang. És sabut que la interpretació de la Bíblia segons els testimonis de Jehovà els impedeix acceptar sang d'altri. Però el líquid rebut en aquella ocasió no era sang humana, sinó un compost anomenat Fluosol, utilitzat com a substitut artificial de la sang en casos d'urgència.

Aquest seria un dels casos en què la sang artificial, en cas de poder-se obtenir, seria útil. Cal dir per avançat que no sembla possible obtenir un líquid que substitueixi totalment la sang.

Les primeres transfusions de sang de què es té notícia es realitzaren a l'Edat Mitjana. Algunes foren reeixides i d'altres no, a causa del desconeixement de l'existència de diversos grups sanguinis, descobriment que féu l'austriacoamericà Karl Landsteiner el 1900. Landsteiner va descobrir quatre grups sanguinis: A, B, AB i 0. Per a realitzar transfusions cal considerar el grup sanguini.

A la I Guerra Mundial les transfusions van salvar molts ferits. A partir de llavors se'n realitzaren més sovint, passant directament la sang del donant al malalt. Més tard, el 1940, es descobrí el factor Rhesus (Rh), gràcies a Landsteiner i Alexander S. Wiener.

El 1941, Wiener i Peters demostraren que certs problemes presentats en les transfusions podien venir de la incompatibilitat entre el Rh+ i el Rh-. A més, es descobriren sistemes per a conservar la sang, evitant que la donació es fes en el mateix moment en què es necessités.

Actualment la donació de sang està completament reglamentada. N'hi ha, però, una gran mancança. La quantitat recollida no cobreix les necessitats. I no deixa d'haver-hi problemes de contaminació, agreujats ara amb l'aparició del virus de la SIDA. Abans que aquest perill arribés, hi havia altres problemes, com el de les hepatitis.

Duran, X. (1990). *En el llindar del futur*. Barcelona: Edicions Proa.

### **ESPERA A REBRE LA INDICACIÓ PER GIRAR EL FULL**

#### **Preguntes sobre el text. Marca la millor resposta.** (temps 1 minut)

1.- La sang artificial:

- a) es diu Fluosol;
- b) no és admissible per als testimonis de Jehovà;

c) no és possible en l'actualitat.

2.- Les primeres transfusions de sang:

- a) es realitzaren en la I Guerra Mundial;
- b) es realitzaren en l'Edat Mitjana;
- c) foren un descobriment de Karl Landsteiner.

3.- El coneixement del factor Rhesus (Rh) va fer possible:

- a) evitar incompatibilitats en les donacions de sang;
- b) conservar la sang;
- c) reglamentar les transfusions de sang.

4.- Actualment les donacions de sang:

- a) no són fiables perquè no estan completament reglamentades;
- b) no presenten cap problema;
- c) no són suficients per atendre la demanda.

### **ESPERA A REBRE LA INDICACIÓ PER GIRAR EL FULL**

**2.- La degradació del sòl** (temps de lectura 2 minuts 30 segons)

Els sòls propers a abocadors industrials poden patir contaminacions profundes. L'aigua de pluja arrossega les substàncies tòxiques des de l'abocador cap a altres zones i es genera una situació potencialment perillosa. També l'agricultura pot determinar contaminacions edàfiques: l'ús excessiu d'adobs no solament contribueix a l'eutrofització de les aigües, sinó que deixa com a residu quantitats importants de metalls pesants, com el cadmi i el zinc. A Catalunya, el consum de fertilitzants és de l'ordre de 120 kg/ha de conreu com a mitjana. No és una quantitat extrema, ja que es poden trobar en altres llocs valors clarament superiors. Els plaguicides encara poden resultar més problemàtics. En conjunt, són un factor de contaminació important.

L'erosió dels sòls és ja un procés inquietant per a nosaltres. Fins ara, Catalunya no ha patit una desertització biològica, però es produeixen nombrosos fenòmens de degradació dels sòls i de pèrdua de productivitat. Només cal anar a veure les conseqüències d'alguns incendis forestals a zones particularment fràgils. En molts casos, les característiques del relleu i la bona regeneració de la vegetació fan que l'impacte final sigui menor. Les pèrdues efectives de sòl estan directament relacionades amb la cobertura de la vegetació.

Tot i amb això, la restauració de les zones afectades no és la norma, i fins i tot podem dir que tenim un coneixement massa rudimentari de les tècniques a emprar en iniciatives restauradores. L'erosió ocasiona pèrdues de sòl forestal i agrícola.

La degradació dels sòls pot prendre altres formes com ara la salinització. Així mateix, l'explotació abusiva dels aqüífers condueix a la introgressió d'aigua marina en algunes zones d'intensa ocupació com és el cas del Camp de Tarragona, on les aigües de reg esdevenen salades. Són salades també en altres llocs, per les característiques del substrat, la qual cosa fa que les terres de regadiu en resultin afectades per una neosalinització (La Llitera, el Segrià). Tanmateix, val a dir que sovint som nosaltres mateixos els qui no sabem veure el sòl de conreu com a un recurs de gran vàlua que cal preservar. Al delta del Llobregat o a l'horta de València es malmet el sòl de conreu tot ocupant-lo amb habitatges, fàbriques i magatzems, i fins i tot pistes de tennis.

Cousteau i altres (1990). *Una sola terra*. Barcelona: Gustavo Gili/Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.



## ESPERA A REBRE LA INDICACIÓ PER GIRAR EL FULL

**Preguntes sobre el text. Marca la millor resposta.** (temps 1 minut 30 segons)

5.- La contaminació de sòls amb metalls pesants:

- a) es localitza en sòls propers a abocadors industrials;
- b) és deguda a l'abús de fertilitzant en l'agricultura;
- c) a Catalunya presenta una mitjana de 120 kg/ha.

6.- Després d'un incendi forestal:

- a) les pèrdues de sòl depenen del relleu de la zona afectada i de la capacitat de regeneració de la vegetació;
- b) el territori pateix una desertització biològica que no afecta la degradació del sòl;
- c) l'actual coneixement de tècniques restauradores ens permet evitar l'erosió del sòl.

7.- Segons el text:

- a) l'abús de plaguicides constitueix la causa més important de degradació del sòl a Catalunya;
- b) actualment la salinització de les aigües de reg és inevitable;
- c) en algunes zones l'ocupació humana no preserva el sòl de conreu.

8.- De la lectura del text podem deduir:

- a) que la degradació del sòl és un fet multicausal;
- b) que la degradació del sòl s'evitaria en un 100% controlant els abocadors industrials;
- c) que la degradació del sòl és un fet inevitable.

## ESPERA A REBRE LA INDICACIÓ PER GIRAR EL FULL

**3.- Oncògens i càncer** (temps de lectura 3 minuts)

Actualment s'ha pogut comprovar que la majoria dels *mutàgens* són *carcinògens* (o *cancerígens*), i viceversa; no obstant, el desenvolupament d'un càncer no es deu a l'acció exclusiva d'una substància mutàgena que provoca una lesió genètica, ja que, pel que sembla, es necessita l'actuació conjunta de nombrosos factors. Segons la hipòtesi de l'iniciador-promotor, perquè es produeixi la transformació cancerosa (neoplàstica), excepte en els escassos càncers d'origen víric (virus oncògens), és necessària la cooperació entre dos tipus de substàncies: l'*iniciador* (agent que causa la *mutació*) i el *promotor* o *cocarcinogen* (reforça la potència del carcinogen).

L'*iniciador* o *agent mutagen* és qualsevol element capaç de causar alteracions a la seqüència de bases de determinats gens, anomenats *protooncògens*, que es transformen en *oncògens*.

Els *protooncògens* probablement formen una família heterogènia de gens que participen en el control de la divisió i el desenvolupament de les cèl·lules normals en els organismes pluricel·lulars; per això, la seva transformació en *oncògens* afecta fonamentalment el creixement i la diferenciació cel·lular: les cèl·lules canceroses estan menys diferenciades que les normals i es divideixen indefinidament, a diferència de les cèl·lules normals, que envelleixen i moren després d'un nombre limitat de divisions.

La conseqüència final és una proliferació desordenada de cèl·lules que sostenen els nutrients necessaris dels teixits envaïts: això comporta la disminució o pèrdua de l'activitat

dels teixits, provocant que l'organisme s'aprimi i, finalment, mori a causa de la consumició de les seves reserves energètiques i proteiques malgastades per la contínua divisió de les cèl·lules cancerígenes, l'única funció de les quals és crear una massa informe que només menja i es reproduïx, i acaba destruint l'organisme exhaust del qual procedeix.

El *promotor* és l'altre element necessari perquè es produeixi un càncer. La seva tasca consisteix a induir recombinacions gèniques que afavoreixin l'expressió dels *oncògens*; és a dir, facilita els mecanismes perquè la *mutació cancerígena* es transcriu i es tradueixi, de manera que arriba a desenvolupar-se el tumor; per exemple, com a conseqüència de la recombinació gènica es pot inserir un potent *promotor* de la transcripció de l'*oncogen*, capaç de provocar la seva expansió desmesurada i originar nombroses còpies de RNAm que, en traduir-se, generen un excés de factors proteics estimulants de la mitosi. Però no sempre el canvi molecular que indueix l'aparició del càncer té aquest origen.

Panadero i altres (1990). *Biologia COU*. Sant Adrià del Besòs: Bruño.

### **ESPERA A REBRE LA INDICACIÓ PER GIRAR EL FULL**

**Preguntes sobre el text. Marca la millor resposta.** (temps 2 minuts)

- 9.- Segons la hipòtesi de l'iniciador-promotor, el desenvolupament d'un càncer:
- a) és degut al fet que la majoria de mutàgens són carcinògens o cancerígens;
  - b) és degut a la cooperació entre un mutagen (iniciador) i un cocarcinogen (promotor);
  - c) és degut a la cooperació entre un protooncogen (iniciador) i un cancerigen (promotor).
- 10.- El mutagen és:
- a) l'element que indueix recombinacions gèniques que donen lloc a l'aparició del tumor;
  - b) sinònim de protooncogen;
  - c) l'element que altera la seqüència de bases de determinats gens.
- 11.- Els oncògens:
- a) alteren el creixement i la diferenciació cel·lular;
  - b) probablement són els gens encarregats del control de la divisió de les cèl·lules;
  - c) tenen una única funció, menjar i reproduir-se indefinidament.
- 12.- Les cèl·lules canceroses:
- a) faciliten els mecanismes perquè la mutació cancerígena arribi a desenvolupar un tumor;
  - b) sostenen els nutrients necessaris dels teixits envaïts;
  - c) sempre tenen un mateix origen.

**HAS ACABAT LA PROVA. RECORDA QUE NO POTS RETROCEDIR.**

Fig. 4.5.- Test de comprensió lectora de la prova pilot

#### **4.4.2.- Elaboració de la tercera part de la prova: la part oberta de comprensió lectora i expressió escrita**

A la tercera part de la prova, coherentment amb la revisió bibliogràfica, incloem l'expressió escrita com una bona manera d'avaluar el nivell de comprensió lectora. Seguint les pautes de León (1990), distingim dues vessants: l'objectiva, que inclou les dues primeres preguntes (la intenció de l'autor i el títol), i la creativa, que correspon a la tercera pregunta (conseqüències dels diferents conceptes de salut en el tractament dels malalts).

En aquest segon exercici de comprensió lectora no cerquem de comprovar només la comprensió literal, sinó els nivells superiors de comprensió lectora. Les preguntes requereixen que el lector manipuli la informació explícita, és a dir, reorganitzi la informació rebuda per tal de fer-ne una síntesi comprensiva. Recordem que segons Hernández i García (1991), l'essencialització informativa és una de les habilitats lectores més imprescindibles per arribar a copsar la informació essencial d'un text.

La primera pregunta està inspirada en l'aportació d'Alonso-Tapia (1995). Segons aquest autor comprendre un text implica entendre la intenció amb què l'autor l'escriu. Català i altres (1996) consideren que analitzar la intenció de l'autor és una tasca que correspon al nivell crític o profund.

Posar un títol que englobi el sentit d'un text (segona pregunta) és una tasca que Català i altres (1996) descriuen com el que ells anomenen reorganització. Recordem que segons León (1989), elaborar el títol d'un text exigeix a l'alumnat buscar un esquema general que reculli les característiques més importants de la informació llegida.

La tercera pregunta permet esbrinar els nivells de comprensió inferencial o interpretativa i crític o profund. La comprensió inferencial o interpretativa exigeix que el raciocini i la imaginació vagin més enllà de la pàgina impresa. És la veritable essència de la comprensió lectora, ja que és una interacció constant entre la persona que llegeix i el text. D'aquesta manera es combina la informació del text amb el que se sap per extreure'n conclusions. El lector se situa en el nivell crític o profund quan expressa opinions i emet judicis; això requereix que el subjecte doni respostes que indiquin que ha fet un judici avaluatiu per comparació d'idees presentades en el text amb un criteri intern proporcionat per les seves experiències, els seus coneixements previs o els seus valors; o bé amb un criteri extern presentat per altres persones o altres fonts escrites.

Adjuntem a continuació la primera versió de la tercera part de la prova.

### **COMPREENSIÓ LECTORA I EXPRESSIÓ ESCRITA**

**Temps màxim: 15 minuts**

#### **Indicacions**

Llegeix atentament l'article següent, publicat a la revista *Ciencia y Salud* del diari *La Vanguardia* l'11 de gener del 1997, i respon les preguntes formulades al final.

Un nonagenari, amb la ment sorprenentment clara, va afirmar: "Com que no fumava ni bevia, i em cuidava, em deien que tindria salut i que viuria molts anys. Mentien. Tinc molts anys; però de salut, gens ni mica!"

Des que es va començar a comprendre el funcionament del cos humà, la seva fisiologia i les seves disfuncions i, sobretot, a partir del naixement de l'antibioticoteràpia, s'ha anat controlant, si no vencent, un creixent nombre de malalties que anteriorment eren causa directa o indirecta de mort. Aquesta tendència, que es manté, es manifesta en forma d'allargament clar de l'expectativa de vida. Vivim, i vivirem, més anys que els nostres avantpassats. És això sinònim d'increment de salut? Certament, té a veure amb la salut, però és sinònim només d'envelliment de la població.

L'augment de l'esperança de vida té una altra cara fosca: l'aparició d'entitats patològiques pròpies de la vellesa. Artrosi, Alzheimer, Parkinson, arterioesclerosi, diabetis, hipertensió, insuficiències cardíques, respiratòries... són malalties cada vegada més generalitzades, encara que també més ben tractades. Els avenços mèdics permeten que el que abans era mortal avui dia, sense arribar a curar-se, es controli. No mata, però tampoc desapareix, i acompanya durant tota la vida qui ho pateix. Així doncs, paradoxalment, els tractaments efectius incrementen l'arrelament de mals crònics en la població, una població que

mor menys, però que cada vegada és més vella i està més malalta. ¿Significa aquest panorama que la medicina és iatrogènica (que causa malaltia) o que viure molts anys és poc saludable? Per respondre cal comprendre el significat de la paraula *salut*. La salut és mesurable, però no quantificable, en absolut. Un pot estar sanet o sanot, o més o menys sa, molt sa o saníssim. La Salut, amb majúscula, total o absoluta, és un mite inassolible. També és un atribut. Hi ha elements i actituds més o menys sans que promouen, arriben o perjudiquen la salut. L'esport és sa, i també ho són les pomes, riure... si no se n'abusa. Quina és la seva relació amb la malaltia? És evident que les malalties són un factor important, que degraden la salut, però no ho són tot. La simple absència de malalties, enteses com a entitats clinicopatològiques, no és cap garantia de salut. Ni tan sols quan l'absència de malaltia va acompanyada d'una situació econòmica folgada. A diferència del que passa al Tercer Món, on la fam i les plagues són fomentades per la misèria, la societat occidental pot considerar que gaudeix de benestar. Però fins i tot en els països socialment avançats hi ha gent, en teoria sana, que és víctima d'estats hipocondríacs que expressen els dèficits emocionals, els temors mal resoltos, la insatisfacció per la pròpia vida, la falta d'afecte... I això, sense que es pugui considerar malaltia, no és de cap manera salut.

També se'ns presenta el cas contrari: hi ha gent amb malalties indiscutibles que pot gaudir d'un estat de salut envejable. Perquè això sigui així cal assumir la situació i superar-la. Una simple calvície androgènica pot ser una obsessió malaltia per a uns, mentre que una diabetis insulínica pot ser una simple anècdota si qui la pateix, assumint la injecció d'insulina igual que la necessitat de menjar diàriament, dedica i centra els seus esforços a gaudir de viure amb plenitud. I és que la salut, concepte complex, no depèn solament dels metges, sinó també dels pares, els mestres, els amics i la pròpia vitalitat.

En aturar-se a pensar en la paraula *salut*, un s'adona que no es refereix senzillament a l'absència de malaltia. És una cosa diferent, que implica una altra qüestió: és un ideal, un concepte antropològic. Per això, quan des de diferents perspectives s'ha intentat definir-la, no s'han aconseguit més que declaracions de principis.

El 1946, acabada la Segona Guerra Mundial i amb Europa en plena reconstrucció, l'OMS va introduir el concepte de benestar en la definició de la salut. El 1976, un any després de la mort del dictador Franco, el X Congrés de Metges i Biòlegs de Llengua Catalana, celebrat a Perpinyà, descrivia la salut en sintonia de llibertat com "aquella manera de viure autònoma, solidària i joiosa". Però la frase que potser la defineix millor prové d'una veu brillant, tot i que aliena al món sanitari. Segons l'escriptor barcelonès Manuel Vázquez Montalbán la salut és, senzillament, "la capacitat de gaudir de la vida".

ÀXEL OLIVERES I GILI  
Metge

**Preguntes sobre el text. Respon de forma breu, clara i ordenada.**

- 1.- Quina creus que és la intenció fonamental de l'autor en escriure aquest article?
- 2.- Quin títol li posaries?
- 3.- Quines creus que poden ser les conseqüències dels diferents conceptes de salut en el tractament dels malalts?

Fig. 4.6.- Part oberta de comprensió lectora i expressió escrita de la prova pilot