Universitat de les Illes Balears

# Títol: Estudi sobre les idees prèvies i la seva relació amb les metodologies d'ensenyament-aprenentatge. Proposta per treballar la genètica a 4t d'ESO.

NOM AUTOR: CATALINA MARÍA ALEJANDRO MARÍN

**Memòria del Treball de Fi de Màster**

Màster Universitari de Formació del Professorat
(Especialitat/Itinerari de Biologia i Geologia)

de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curs Acadèmic 2017-2018

*Data 04/06/2018*

*Nom Tutor del Treball Maria del Carme Jaume Bosch*

*Nom Cotutor (si escau)* _____

## RESUM

L’alfabetització científica de la nostra societat és encara una tasca pendent. Alguns dels problemes als quals s’enfronta l’educació per aconseguir una bona alfabetització científica de la societat són les idees prèvies de l’alumnat i la falta de motivació d’aquest. El present treball pretén estudiar en detall les idees prèvies, sobretot aquelles relacionades amb el camp de la genètica, i les tendències metodològiques emprades per a l’ensenyament. A partir de la recerca bibliogràfica realitzada, aquest treball inclou una proposta metodològica per aconseguir l’aprenentatge significatiu dels estudiants de 4t d’ESO sobre genètica d’una forma engrescadora. Aquesta proposta està basada en una sèrie d’activitats, que segueixen les estratègies del constructivisme i la neuroeducació, i que van adreçades a corregir les idees prèvies errònies sobre genètica detectades en un grup de possibles estudiants de genètica a 4t d’ESO.

## PARAULES CLAU

Idees prèvies, genètica, constructivisme, canvi conceptual, neuroeducació.

## Índex

JUSTIFICACIÓ ..... 1
OBJECTIUS DEL TREBALL ..... 1
ESTAT DE LA QÜESTIÓ ..... 2
Alfabetització científica ..... 2
Què són les idees prèvies? ..... 4
Principals idees prèvies a l'àrea de biologia ..... 6
Principals idees prèvies relacionades amb la genètica ..... 7
Tendències educatives emprades en l'ensenyament de la biologia ..... 8
Model transmissió-recepció ..... 8
Model per descobriment ..... 9
Model constructivista ..... 10
Canvi conceptual ..... 12
Model de reconstrucció educativa ..... 14
La neuroeducació com a nova tendència educativa ..... 15
DESENVOLUPAMENT DE LA PROPOSTA ..... 17
Bases de la proposta ..... 17
Normativa de la proposta ..... 19
Qüestionari per a la detecció de les idees prèvies sobre genètica presents a l'alumnat ..... 19
Característiques de la mostra estudiada ..... 20
Anàlisi dels resultats extrets del qüestionari ..... 20
Activitats de la proposta ..... 28
Unitat didàctica de la informació hereditària ..... 31
Activitat 1. Què és el material hereditari? ..... 31
Activitat 2. Què en saps de la informació hereditària? ..... 33
Activitat 3. Com és l'ADN? ..... 33
Activitat 4. Investiguem el descobriment de l'ADN! ..... 35
Unitat didàctica de la cèl·lula ..... 35
Activitat 5. Quins organismes estan formats per cèl·lules? ..... 35

Activitat 6. Com es divideixen les cèl·lules? ..... 36
Activitat 7. Fem d'investigadors! ..... 37
Activitat 8. Com es reprodueixen les plantes? ..... 37
Activitat 9. Quant en saps de la cèl·lula? ..... 38
Unitat didàctica sobre l'herència i la transmissió del caràcters ..... 41
Activitat 10. A qui em semblo més? ..... 41
Activitat 11. Es hora de pensar! ..... 42
Activitat 12. S'hereten tots els caràcters? ..... 42
Activitats de consolidació conjunta dels aprenentatges de genètica ..... 43
Activitat 13. Creeu una nova espècie! ..... 43
Activitat 14. Es l'hora de l'autoavaluació! ..... 44
AVALUACIÓ QUALIFICATIVA ..... 45
AUTOAVALUACIÓ DEL PROFESSOR ..... 46
ATENCIÓ A LA DIVERSITAT ..... 47
CONCLUSIONS ..... 47
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES ..... 49
BIBLIOGRAFIA ..... 52
ANNEX 1: Qüestionari i pla d'explotació ..... 54
ANNEX 2: Activitat 2. Què en saps de la informació hereditària? ..... 64
ANNEX 3: Activitat 3. Com és l'ADN? ..... 65
ANNEX 4: Activitat 4. Investiguem el descobriment de l'ADN! ..... 68
ANNEX 5: Activitat 5. Quins organismes estan formats per cèl·lules? ..... 70
ANNEX 6: Activitat 6. Com es divideixen les cèl·lules? ..... 72
ANNEX 7: Activitat 7. Fem d'investigadors! ..... 77
ANNEX 8: Activitat 8. Com es reprodueixen les plantes? ..... 80
ANNEX 9: Activitat 10. A qui em semblo més? ..... 82
ANNEX 10: Activitat 11. Es hora de pensar! ..... 86
ANNEX 11: Activitat 12. S'hereten tots els caràcters? ..... 89
ANNEX 12: Activitat 13. Creeu una nova espècie! ..... 92
ANNEX 13: Tipus de possibles preguntes d'examen ..... 95
ANNEX 14: Rúbrica per a avaluar la participació i la feina dels equips cooperatius ..... 99

## JUSTIFICACIÓ

Un dels obstacles per aconseguir l'alfabetització científica de la nostra societat és la presència arrelada d'idees prèvies errònies sobre biologia. En concret, moltes d'aquestes idees errònies són tan fortes que es mantenen al llarg dels anys, malgrat s'estudiïn els mateixos temes vàries vegades durant l'etapa d'ensenyament secundari. De forma que alguns estudiants acaben l'Educació Secundària Obligatòria sense haver adquirit els coneixements bàsics correctes amb els que poder entendre la ciència que forma part de la seva vida, fet que dificulta que prenguin decisions de forma crítica i responsable. Un dels camps de la biologia on s'ha detectat una presència freqüent d'idees prèvies és la genètica. Per això, és un dels camps on les idees prèvies han estat més estudiades. Una de les possibles causes de la persistència d'aquestes idees podria ser el continuisme del model educatiu, ja que els temes es segueixen explicant igual que anys enrere, malgrat veiem que aquesta metodologia no aconsegueix erradicar les idees prèvies incorrectes. Per tant, no sols és crucial conèixer les idees prèvies que presenten els alumnes sobre la nostra assignatura, en el cas d'aquest TFM sobre genètica, sinó també quines són les noves tendències educatives per poder afavorir el canvi cap al coneixement dels conceptes correctes.

## OBJECTIUS DEL TREBALL

- Conèixer l'estat d'alfabetització científica dels alumnes de secundària.
- Entendre les característiques i la importància de les idees prèvies en l'ensenyament per aconseguir aprenentatges significatius.
- Descriure les principals idees prèvies errònies sobre biologia, en especial en el camp de la genètica.
- Investigar sobre les noves tendències educatives, entre elles les basades en estudis de neurociència sobre com aprenen els alumnes,

per afavorir el canvi conceptual des de les idees prèvies errònies cap als conceptes correctes.

- Dissenyar una proposta didàctica que afavoreixi el canvi conceptual de les idees prèvies errònies sobre genètica.

## ESTAT DE LA QÜESTIÓ

### Alfabetització científica

La necessitat d'ensenyar ciències va aparèixer en els inicis de la ciència moderna (Hurd, 1998; Vildósola, 2009). Ara bé, no és fins als anys 50 quan s'intenta donar una definició precisa del terme alfabetització científica (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Vildósola, 2009). El 1958, la Rockefeller Brothers Fundations va presentar un informe promovent no sols la formació de científics i enginyers, sinó també la formació científica de la ciutadania (Vildósola, 2009). D'aquesta forma no faria falta ser un científic per ser capaç d'entendre els canvis científics i tecnològics que es donaven a la seva societat (Vildósola, 2009).

Al llarg d'aquests anys hi ha hagut una gran quantitat de científics que han intentat definir què és l'alfabetització científica (Vildósola, 2009). Ara bé, encara que l'alfabetització científica estigui àmpliament acceptada com un resultat desitjat de l'educació científica, no tots els autors estan d'acord amb el què significa (DeBoer, 2000). Una de les raons per explicar la falta de consens en la definició d'alfabetització científica és el fet que sigui un concepte ample, que abasta temes educatius històricament significatius que han canviat al llarg del temps (DeBoer, 2000). Laugksch (2000) diu que no és possible proposar una definició absoluta sobre l'alfabetització científica perquè són les diferents interpretacions d'aquesta les que fan que aquest terme estigui mal definit i sigui un concepte confós i controvertit. DeBoer (2000) recull també el concepte d'alfabetització científica d'altres autors, com per exemple el de Bybee, que diu que el concepte d'alfabetització no és més que un eslògan útil per unir als

educadors amb l'objectiu de donar un major suport i millorar l'ensenyament de les ciències.

Deixant de banda la qüestió de si es pot definir exactament el que és l'alfabetització científica, el que sí que està clar és que l'alfabetització científica està cada vegada més present en els objectius dels currículums de ciència, ja que es pretén formar ciutadans que puguin prendre decisions de caràcter científic (OCDE, 2016; Decret 34/2015, publicat al BOIB núm. 73, de 15 de maig). Entre els estudis que pretenen mesurar el grau d'alfabetització científica a nivell internacional es troba l'informe PISA de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmics (OCDE). Aquest informe avalua cada tres anys el desenvolupament de les competències en comprensió lectora, matemàtiques i ciències en els alumnes de 15 anys. En concret, en el darrer informe del 2015 es va avaluar la competència científica i Espanya va igualar la mitjana de la OCDE amb 493 punts (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016a). Malgrat aquest resultat fos considerat com a positiu pel Ministeri d'Educació, Cultura i Esports, ja que s'havia superat la diferència educativa entre Espanya i la mitjana de l'OCDE del darrer informe, s'ha de destacar que aquest resultat no sols es degué a una millora dels resultats espanyols (pujada de 5 punts), sinó també a una baixada de 7 punts en la mitjana de l'OCDE (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016a). Ara bé, perquè es pugui donar una alfabetització científica real de la nostra societat és necessari canviar la tendència de descens en el nombre d'alumnes interessats en els estudis de ciències i matemàtiques. Aquesta tendència ja es va posar de manifest fa més de deu anys a l'informe de Rocard et al., (2007) i encara persisteix en l'actualitat (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016b).

En conclusió, la nostra societat té un nivell d'alfabetització científica bastant millorable, i una de les possibles raons és la falta de motivació de l'alumnat. Per tant, per aconseguir l'alfabetització científica de la nostra societat, primer de tot s'ha d'aconseguir motivar a l'alumnat, i per això, es necessita canviar el model tradicional d'ensenyament de les ciències.

**Què són les idees prèvies?**

Els estudiants no arriben a les aules com una pissarra en blanc sobre la que els professors hi posen informació. Els estudiants arriben a les aules amb concepcions prèvies pròpies que han anat construint a partir de les diverses fonts d'informació a les que han tingut accés (Caballero, 2008). Aquestes concepcions prèvies poden ser més o menys encertades i poques vegades coincideixen amb el coneixement científic establert (Caballero, 2008). A més, aquestes concepcions prèvies han rebut diversos noms al llarg de la història. Així doncs, Ausubel les va denominar preconceptes, Novak com a concepcions errònies, Osborne i Freyberg com a idees dels nins, Pozo i Carretero com a concepcions espontànies i Giordan i De Vechi com a representacions (Caballero, 2008). Ara bé, en els darrers anys es solen emprar els termes de concepcions o idees alternatives i d'idees prèvies per emprar una terminologia amb menys connotacions negatives (Campanario i Otero, 2000; Caballero, 2008). El terme de concepcions o idees alternatives evita afirmar que totes les concepcions prèvies dels alumnes són errades, i pel que fa al concepte d'idees prèvies, aquest fa referència a una concepció que no ha estat transformada a les aules per l'acció docent (Caballero, 2008).

El primer autor que va descriure l'existència d'aquestes idees prèvies va ser Bachelard l'any 1938 (Furió, Solbes i Carrascosa, 2004). En concret, va dir que estava sorprès pel fet que els professors, sobretot els de ciències, no entenguessin la falta de comprensió dels alumnes (Furió et al., 2004). A més, deia que els professors havien de ser conscients que els alumnes arriben a l'aula amb uns coneixements empírics ja constituïts, de forma que, per aconseguir el coneixement científic, els alumnes a classe no havien d'adquirir una cultura experimental, sinó que havien de canviar la cultura experimental per destruir els obstacles acumulats per la vida quotidiana (Furió et al., 2004). Al llarg del segle XX aquestes idees han estat l'objecte d'estudi de diversos autors com Piaget, Vienot i McDermott (Caballero, 2008).

Malgrat que alguns autors empren els termes d'error conceptual i d'idees prèvies sense distinció, en l'actualitat aquests dos termes tenen significats diferents (Furió et al., 2004). A didàctica de les ciències, un error conceptual es considera com una resposta incorrecta a un concepte determinat, però no és la idea que ha provocat aquesta resposta (Furió et al., 2004). Per tant, l'error conceptual va lligat a l'existència en el cervell de l'alumne d'una idea que no s'ajusta al coneixement acceptat, però sols es designa com a error conceptual a la resposta, no a la idea que motiva aquesta resposta (Furió et al., 2004).

Les idees prèvies en ciències en general es troben distribuïdes d'una manera àmplia, afecten un gran nombre d'alumnes, sobretot a l'inici dels seus estudis, i en determinats casos proporcionen als alumnes una resposta interna coherent a les preguntes que se'ls plantegen (Furió et al., 2004). Des de la infància les persones experimenten, a través de la interacció del medi amb els nostres sentits, una sèrie d'experiències físiques comunes independentment del seu medi social i cultural (Furió et al., 2004). El caràcter reiteratiu d'aquestes experiències fa que la gent interioritzi determinades explicacions com a evidències del sentit comú, que no necessiten ser qüestionades (Furió et al., 2004). A més, la majoria de les idees prèvies més resistents al canvi són les que estan ben fermades mentalment a altres idees, formant esquemes conceptuals coherents (Furió et al., 2004). Per exemple, en el camp de la biologia, en concret de l'evolució, es troben les següents idees interrelacionades: el medi indueix canvis en els éssers vius, sobretot a l'obligar-los a fer un major o menor ús d'un òrgan, aquests canvis adquirits s'hereten i són permanents en l'espècie i l'evolució lineal, no ramificada dels éssers vius, totes molt relacionades amb les concepcions finalistes de l'evolució, és a dir amb l'evolució com a progrés (Furió et al., 2004).

Entre les fonts d'idees prèvies, a part de les experiències de l'individu, es trobaria per exemple la falta de precisió del llenguatge comú. Aquest ajudaria a generar algunes idees de forma espontània que es podrien reforçar per aprenentatges inadequats en el medi social o en els mitjans de comunicació

(Campanario i Otero, 2000). Una altra possible font d'idees prèvies seria la transposició didàctica, que és el procés mitjançant el qual es transforma el saber científic perquè pugui ser ensenyat a l'escola (Chevallard, 1997). Per tant, la transposició didàctica fa que el que s'ensenya sigui qualitativament inferior al saber científic. Malgrat que amb la transposició didàctica es pretengui alfabetitzar científicament als alumnes, a vegades en aquest procés de simplificació hi pot haver algun factor, ja sigui el llibre o el mateix docent, que provoqui que es transmetin idees incorrectes. Per tant, la transposició didàctica pot ser una font d'idees alternatives o al manco, donar reforç a les idees prèvies amb les quals arriben els alumnes a classe.

Recapitulant, l'alfabetització científica depèn de diversos factors com factors socioeconòmics, la massificació de les aules, la falta de motivació de l'alumnat, les idees prèvies o el model educatiu, entre d'altres (Furió et al., 2004; Vildósola, 2009). En els darrers anys són varis els autors que han assenyalat la importància de les idees prèvies, ja que els resultats de l'aprenentatge no sols són conseqüència dels ensenyaments dels professors i les activitats realitzades, sinó també dels coneixements previs dels alumnes que influeixen en la interpretació del que aprenen a classe (Caballero, 2008). Per això, és important que els professors coneguin quines són les idees prèvies dels seus alumnes (Caballero, 2008). Seguint aquesta línia, en els darrers anys s'han desenvolupat noves estratègies d'aprenentatge, de disseny d'activitats i d'avaluació que tenen en compte les idees prèvies dels alumnes (Furió et al., 2004; Caballero, 2008) i que es desenvoluparan als següents apartats.

**Principals idees prèvies a l'àrea de biologia**

Consultant la bibliografia, s'han realitzat estudis sobre idees prèvies de biologia sobre diversos blocs temàtics, tal com es pot veure a la Taula 1.

Malgrat hi hagi idees prèvies errònies sobre diversos temes en el camp de la biologia, segons la bibliografia consultada les idees prèvies més estudiades són aquelles relacionades amb la genètica i l'evolució. Una possible explicació a

aquest fet podria estar lligada a què ambdós camps temàtics estan molt presents en els mitjans de comunicació, ja sigui amb notícies actuals, com les dels aliments transgènics o la clonació, o per notícies en el passat, com la publicació de la teoria de l'origen de les espècies i tota la controvèrsia que va suscitar. Per tant, la genètica i l'evolució són camps dels quals tothom en sent parlar als mitjans de comunicació, on no sempre el tema és tractat per experts.

**Taula 1.** Exemples d'idees prèvies més comunes sobre biologia en els alumnes d'educació secundària agrupades per blocs temàtics. Idees extretes de Jiménez (2003), Caballero (2008) i Hernández, Álvarez i Ruiz (2009).

| Bloc temàtic | Idees prèvies |
|---|---|
| **Salut i fisiologia** | Confusió entre alimentació i nutrició<br>Confusió entre excreció i defecació<br>La digestió sols es dona a l'estómac<br>Respiració únicament pulmonar |
| **Microorganismes** | Generació espontània<br>Són perjudicials<br>Confusió entre vacuna i antibiòtic |
| **Plantes** | S'alimenten d'aigua i terra<br>Fotosíntesi de dia i respiració de nit<br>No tenen reproducció sexual |
| **Animals** | Sols consideren animals a vertebrats i mamífers.<br>Antropomorfisme |
| **Ecologia i medi ambient** | Els ecosistemes sols estan formats per éssers vius |
| **Genètica** | Confusió gen/al·lel<br>Confusió mitosi/meiosi<br>Cromosomes sexuals únicament als gàmetes |
| **Evolució** | Els éssers vius evolucionen per adaptar-se al medi<br>Evolucionen els individus no les poblacions |

## Principals idees prèvies relacionades amb la genètica

A la Taula 1, sols es mostren les idees prèvies més comunes sobre genètica, estudiant, en general, les idees prèvies més comunes sobre biologia, però si entrem a analitzar en detall totes les idees prèvies descrites en el camp de la genètica, es detecta un major nombre d'idees prèvies.

Les principals idees prèvies sobre genètica es troben citades a Caballero (2008), Íñiguez i Puigcerver (2013) i a Ruiz, Banet i López (2017). A la Taula 2

es resumeixen les principals idees prèvies sobre genètica agrupades en categories a partir de tots els conceptes erronis detectats en l'alumnat per nombrosos autors.

**Taula 2.** Principals idees prèvies sobre genètica que presenta l'alumnat de secundària agrupades en categories. Idees extretes de Caballero (2008), Íñiguez i Puigcerver (2013) i Ruiz et al., (2017).

| Categories | Idees prèvies |
|---|---|
| **Informació hereditària dels éssers vius** | No tots els éssers vius estan formats per cèl·lules<br>No tots els éssers vius tenen gens i cromosomes<br>Alguns organismes tenen cromosomes però no gens<br>Les plantes no tenen reproducció sexual |
| **Localització del material hereditari** | La informació del material hereditari sols es troba en els gàmetes<br>Cada cèl·lula sols té la informació genètica necessària per a la seva pròpia funció<br>Els cromosomes sexuals sols es troben en els gàmetes |
| **Mecanismes d'herència** | L'ambient pot influir en l'aparició d'un determinat caràcter (factors ambientals tenen més influència que els hereditaris)<br>Mitosi és el mateix que meiosi<br>Determinades característiques les aporten els gens d'un progenitor i altres els gens de l'altre |
| **Comprensió de conceptes genètics bàsics** | Un gen i un al·lel són el mateix<br>Sols s'expressen les característiques dominants<br>Un cromosoma és el mateix que una cromàtide |

## Tendències educatives emprades en l'ensenyament de la biologia

### Model transmissió-recepció

És el model tradicional d'ensenyament, on els coneixements es transmeten per part del professor que domina la matèria mitjançant una classe magistral (March, 2006; Ortega, 2007). A més, aquest model considera als estudiants com una pàgina en blanc amb una actitud passiva, es basa en la memorística i té com a material curricular el llibre de text (March, 2006; Ortega, 2007). Per tant, segons el que hem vist, aquest no és un bon model per intentar afavorir el canvi des de les idees prèvies errònies cap als coneixements correctes, i d'aquesta forma millorar l'alfabetització científica dels alumnes. Es necessari un

model que permeti una major interacció amb l'alumnat, que no els tracti com a pissarres en blanc i que permeti detectar quines són les seves idees prèvies.

**Model per descobriment**

El model per descobriment va sorgir en les dècades dels 60-70 com a resposta al fracàs del model de transmissió-recepció. En concret, aquest model va sorgir a partir de les teories platejades per Piaget i es basa en el fet que l'alumne estigui compromès i sigui part activa del procés d'ensenyament (Pozo i Carretero, 1987). Segons les teories de Piaget, el professor no ha de proporcionar el conceptes científics a l'alumne, simplement ha de facilitar a l'alumne que descobreixi per ell mateix el coneixement (Pozo i Carretero, 1987). En concret, Piaget deia que cada vegada que se li ensenyava a un nin alguna cosa que hagués pogut descobrir per ell mateix, cosa que passava amb el model de transmissió-recepció, s'estava impedint que aquell nin ho entengués completament (Pozo i Carretero, 1987). A aquest model l'important és aplicar estratègies de pensament formal, i d'acord amb ell l'ensenyament es basa a plantejar i resoldre situacions obertes amb les que l'alumne podrà construir els principis i les lleis científiques (Campanario i Moya, 1999). Al ser els propis alumnes els que aprenien les coses fent-les es suposava que era més probable que les recordessin (Pozo i Carretero, 1987). A més, s'argumentava que amb aquest mètode la motivació dels alumnes per aprendre era major (Campanario i Moya, 1999). Ara bé, aquest model té molts de detractors, ja que es posa en dubte que els alumnes puguin descobrir els conceptes científics fonamentals per ells mateixos, i que hi hagi omnipotència i homogeneïtat del pensament formal, tal com pressuposa aquesta teoria (Pozo i Carretero, 1987). També es critica que presti poca atenció als continguts concrets respecte als procediments (Campanario i Moya, 1999). Una altra crítica al model per descobriment va ser la d'Ausubel, que va dir que no tot l'aprenentatge receptiu és forçosament memorístic, ni tot l'aprenentatge per descobriment és necessàriament significatiu (Campanario i Moya, 1999). A més, tal com hem vist, les idees prèvies poden sorgir de les pròpies experiències dels alumnes, per tant, amb aquest model d'aprendre sols a

través de les pròpies experiències es podrien estar formant i reforçant idees prèvies errònies, tal com ja van exposar autors com Gunstone i White o Driver (Campanario i Moya, 1999).

**Model constructivista**

A partir dels anys 80, sorgeix el model constructivista, un model que cada cop va tenir major presència en l'àmbit psicològic, filosòfic i educatiu (Novack, 1988). El model constructivista va sorgir com una corrent que s'enfrontava al conductisme on els estudiants es veien com a subjectius passius, pissarres en blanc que rebien tota la informació del seu mestre (Novack, 1988). Al model constructivista, l'alumne torna a ser part activa i interessada del procés d'aprenentatge i aporta els seus coneixements previs per construir nous coneixements, és a dir, és un model que es basa a construir coneixements a partir del que ja es sap (Driver, 1988; Novack, 1988). En concret, tal com cita Novack (1988), Ausubel, un dels principals autors d'aquest model, va dir que si hagués de reduir tota la psicologia educativa a un sol principi, sols enunciaria que el factor particular que més influeix en l'aprenentatge és el que l'alumne ja sap, i que això era el que s'havia d'esbrinar i ensenyar en conseqüència.

Hi ha diversos tipus de constructivisme, com el cognitiu, el sociocultural, el radical i el social (Serrano i Pons, 2011). El constructivisme cognitiu postula que la construcció del coneixement és individual, mentre que el constructivisme social situa el coneixement dins el procés d'intercanvi social (Serrano i Pons, 2011). Per altra banda, el constructivisme sociocultural diu que el coneixement s'adquireix amb la llei de doble formació, primer a nivell intermental i després a nivell intrapsicològic, de forma que el factor social té un paper determinant en la construcció del coneixement, encara que no és suficient perquè no reflexa els mecanismes d'internalització (Serrano i Pons, 2011). Finalment, el constructivisme radical diu que el coneixement està en la ment de les persones i, per tant, els individus no tenen més alternativa que construir el que coneixen sobre la base de la seva pròpia experiència. El coneixement no es rep de forma passiva, ni a través dels sentits, ni per la comunicació, sinó que es construeix

activament pel subjecte (Serrano i Pons, 2011). Actualment en la psicologia educativa s'han unit diverses corrents constructivistes per donar lloc al que s'anomena cognició situada (Serrano i Pons, 2011). En concret aquest corrent es forma en integrar les posicions més renovadores del constructivisme cognitiu i els constructivismes social i sociocultural (Serrano i Pons, 2011). Els elements implicats en la construcció del coneixement en la cognició situada són: el subjecte que construeix el coneixement, els instruments emprats i les relacions que s'estableixen entre els membres d'una comunitat (Serrano i Pons, 2011). Per tant, tal como citen Serrano i Pons (2011), l'enfocament constructivista emergent seria el resultat de la coordinació de dues perspectives: una perspectiva social, que consisteix en una visió on interactuen els processos col·lectius i compartits que tenen lloc a les aules, i una perspectiva psicològica, que consisteix en una visió constructivista cognitiva de l'activitat individual dels alumnes mentre participen a aquests processos compartits.

Díaz (2003) assenyala la potencialitat de la cognició situada per promoure l'aprenentatge significatiu en un context escolar. Tal com cita Díaz (2003), Ausubel deia que durant l'aprenentatge significatiu, l'alumne relaciona la nova informació amb els seus coneixements i experiències prèvies. Per tant, amb l'aprenentatge significatiu es va més enllà de la repetició memorística de continguts inconnexes i s'aconsegueix donar sentit al que s'ha après, entendre el seu àmbit d'aplicació i la seva rellevància en situacions acadèmiques i quotidianes (Díaz, 2003). Per a Díaz (2003) alguns exemples d'estratègies per a l'aprenentatge significatiu basades en la cognició situada serien:

- Aprenentatge centrat en la solució de problemes reals.
- Anàlisi de casos (per alguns autors aquesta estratègia estaria inclosa a la primera).
- Treball per projectes.

- Pràctiques situades o aprenentatge *in situ* en escenaris reals.
- Treball en equips cooperatius.
- Aprenentatge mitjançant les noves tecnologies de la informació i comunicació (TIC).

**Canvi conceptual**

Les idees prèvies poden ser encertades, però el més freqüent és que siguin errònies. En aquest cas, és necessari que es produeixi un canvi conceptual per poder adquirir un aprenentatge significatiu seguint el model constructivista (Caballero, 2008).

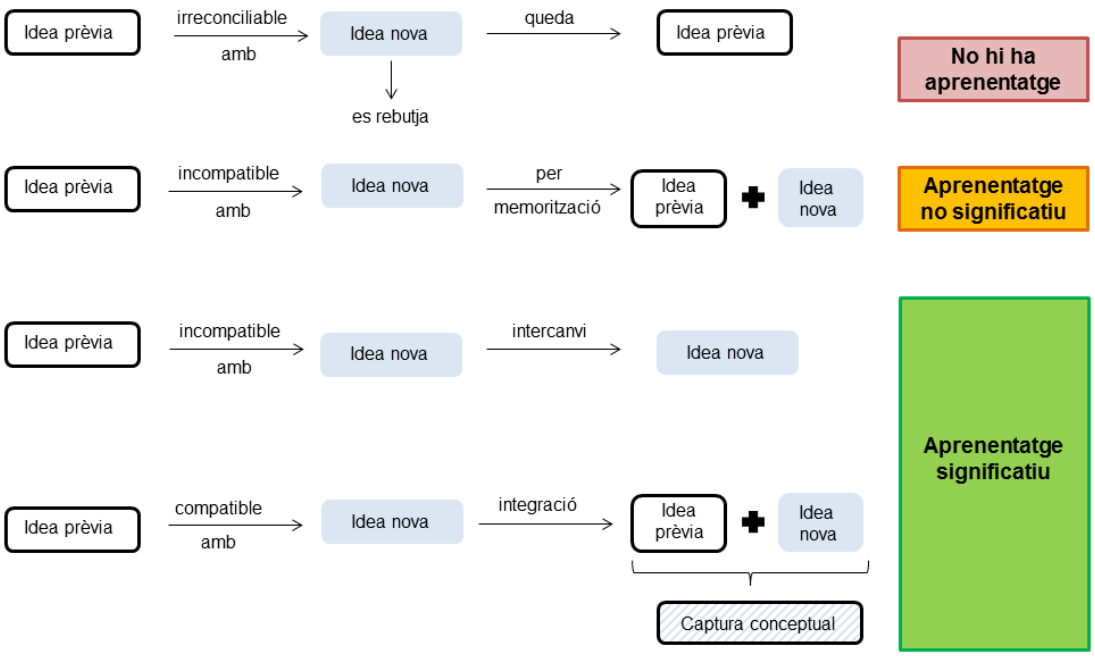



**Figura 1.** Formes sobre com es pot produir canvi conceptual. Figura d'elaboració pròpia modificada a partir de la de Jiménez (1991).

El canvi conceptual, tal com cita Caballero (2008) a partir de l'estudi de Hewson, es pot produir de tres formes:

- <u>Rebuig o memorització de la nova idea</u>. Es dóna per incompatibilitat entre la idea prèvia i la idea nova. Pot passar que sols es rebutgi la nova

idea per requerir una important reestructuració mental, o que sols es memoritzi la nova idea i persisteixi la presència de la idea prèvia errònia. Al primer cas, no es produeix aprenentatge, mentre que al segon sí es dóna aprenentatge, però aquest no és significatiu (Figura 1).

- Intercanvi de la idea prèvia per la nova. Això es dóna perquè ambdues són oposades i per tant, és necessari un intercanvi, una substitució d'una per l'altra. Es produeix aprenentatge significatiu (Figura 1).

- Mescla entre la idea prèvia i la nova. Aquesta situació es produeix quan la idea prèvia i la idea nova no són incompatibles i això és el que es coneix com a captura conceptual. A més, també es produeix aprenentatge significatiu (Figura 1).

Per tant, l'aprenentatge significatiu es pot donar tant amb la captura conceptual com amb l'intercanvi. Ara bé, tal com assenyala Jiménez (1991) en els primers anys el canvi conceptual sols es va identificar amb l'intercanvi, que es considerava una situació més nova i problemàtica que la captura. A més, diu que el procés de construir coneixement és depenent de la forma d'instrucció i que s'ha d'anar més enllà de l'aprenentatge memorístic (Jiménez, 1991). Seguint aquesta línia, i basant-se en l'estudi de diversos autors, Campanario i Otero (2000) diuen que sense un canvi metodològic no és possible que es doni el canvi conceptual. Seguint en aquesta línia, Furió et al. (2004), tenen clara la necessitat de contemplar l'aprenentatge dels coneixements científics en un sentit ampli. És a dir, como un procés en el que és necessari incorporar altres estratègies que no sols afavoreixin els canvis conceptuals, sinó també canvis metodològics i epistemològics (bàsicament, superació de visions deformades de la ciència) i canvis axiològics (tenint en compte els interessos dels alumnes, actituds cap a la ciència i el seu aprenentatge...). Per tant, per aconseguir el canvi conceptual i l'aprenentatge significatiu, és important que s'intentin aplicar noves metodologies, com les que ja hem anomenat a l'apartat anterior basades en la cognició situada.

**Model de reconstrucció educativa**

Tal com citen Furió et al. (2004) diverses estratègies d'orientació constructivista s'estan integrant en l'anomenat model de reconstrucció educativa. Segons aquest model, l'estructura dels continguts científics en l'ensenyament ha de ser construïda des d'una perspectiva educativa (Duit, 2006). Algunes persones vinculades a l'ensenyament de les ciències pensen que s'ha de simplificar l'estructura dels continguts científics perquè així els alumnes els puguin entendre (Duit, 2006). En canvi, pels defensors del model de reconstrucció educativa, aquesta simplificació de l'estructura dels continguts és considerada una visió errònia (Duit, 2006). En concret, segons el model de reconstrucció educativa per respondre a les necessitats dels alumnes, l'estructura dels continguts educatius ha de ser més complexa que la dels continguts científics. D'aquesta forma, es poden afrontar problemes com les potencialitats de l'aprenentatge i les possibles dificultats dels estudiants (Duit, 2006).

La investigació sobre aquest model s'ha realitzat integrant els tres components centrals d'aquest. En concret, el primer component consisteix en clarificar i analitzar el contingut de les ciències a ensenyar, no sols des del punt de vista històric sinó també des del punt de vista dels interessos socials i educatius. El segon component centra la investigació en les perspectives dels estudiants, (sobretot en els seus interessos, les seves habilitats i concepcions) respecte als fenòmens relacionats amb l'àrea de coneixement estudiada. En quan al tercer component, aquest es basa a dissenyar els ambients d'aprenentatge que han de predominar al currículum, sobretot en el disseny de materials educatius, activitats d'aprenentatge i seqüències d'aprenentatge (Furió et al., 2004).

Per tant, el model de reconstrucció educativa seria una alternativa a la simplificació de l'estructura dels continguts de ciència a l'ensenyament, simplificació que, com ja s'ha comentat, podria ser una font d'idees alternatives, o almenys, un reforç d'aquestes. Segons Furió et al. (2004), els autors que treballen amb aquest model de reconstrucció educativa obtenen resultats que els donen esperança respecte a la eficàcia dels aprenentatges aconseguits

sobre els tòpics de ciència ensenyats. Per tant, aplicar el model de reconstrucció educativa podria ajudar a millorar l'alfabetització científica de la nostra societat.

**La neuroeducació com a nova tendència educativa**

Fins ara hem vist que tots les tendències educatives es basaven en la psicologia, però actualment s'està posant de moda una nova tendència basada en la neurociència, l'anomenada neuroeducació. En concret, la neuroeducació és una tendència bastant nova, ja que, com cita Pallarés (2015), la primera referència sobre neuroeducació és de 1999. A més, no sols està basada en la neurociència, sinó que és interdisciplinària, ja que està basada en la interacció de tres àmbits de coneixements diferents: la neurociència, la psicologia i l'educació (Carballo, 2017). La neuroeducació té en compte, de l'àmbit de la neurociència, els coneixements de com funciona el cervell, de l'àmbit de la psicologia, les teories sobre el funcionament de la cognició i la conducta humana, i de l'àmbit de l'educació, les teories i pràctiques pedagògiques que expliquen com funcionen els processos d'ensenyament-aprenentatge (Carballo, 2017).

L'objectiu principal de la neuroeducació és integrar els coneixements sobre el funcionament i desenvolupament cerebral en l'àmbit educatiu per ajudar a millorar la pràctica pedagògica dels docents (Carballo, 2017).

Un dels investigadors espanyols més reconeguts dins l'àmbit de la neuroeducació és Francisco Mora, qui diu que sols es pot aprendre allò que t'emociona (Acción magistral, 2015; Educación Galicia, 2015). Segons Mora, ja no se li pot exigir a un alumne que presti atenció, ja que als pocs minuts l'alumne seguirà sense prestar atenció. La neuroeducació vol que no se li pugui exigir atenció a ningú, perquè l'atenció s'aconsegueix evocant la curiositat, ja que quan alguna cosa ens desperta la curiositat, tot d'una hi posem la nostra atenció. L'emoció és l'ingredient fonamental per poder ensenyar i pel qual el nin aprèn (Acción magistral, 2015; Educación Galicia, 2015). Una classe no s'ha de

començar dient el que es farà, el que s'ha de fer és crear bon ambient, fomentar l'empatia i transmetre algun missatge, com una experiència pròpia, perquè els alumnes es sorprenguin i segueixin la teva història (Acción magistral, 2015).

Avui en dia es saben moltes coses de l'atenció, no hi ha sols un tipus d'atenció, i així com hi ha molts tipus d'atenció, també hi ha molts de substrats neuronals de l'atenció (Educación Galicia, 2015). El que pretenen els estudis de neurociència cognitiva és conèixer el tipus d'atenció executiu, que és el que s'utilitza a l'escola, per evocar-lo i fer que els alumnes trobin interessant el que escolten a classe (Educación Galicia, 2015).

Segons Francisco Mora, aprendre és tan bàsic com menjar o beure (Educación Galicia, 2015). Ara bé, no podem entendre res sense tenir en compte el nostre procés evolutiu. Per això, s'han d'entendre els codis bàsics de funcionament del nostre cervell per poder ensenyar millor (Educación Galicia, 2015). La neuroeducació té en compte que l'aprenentatge és un procés que depèn de la repetició, i que per memoritzar coses noves, hem de desmemoritzar coses que ja es tenen al cervell. L'ésser humà no té una capacitat immensa d'emmagatzematge, nosaltres mateixos som conscients de que se'ns obliden les coses, i això es deu a que els nous coneixements necessiten en part l'espai dels vells coneixements, de les memòries prèvies. Conèixer això, ha de permetre als docents ensenyar millor i als alumnes aprendre millor (Educación Galicia, 2015).

La neuroeducació no ha entrat en detall sobre com s'han de tractar les idees prèvies, però si que parla de neuromites o falses veritats, que afecten a l'alfabetització científica de la societat, i que poden estar alimentades pels mitjans de comunicació. La neuroeducació diu que és molt perillós que aquests mites estiguin presents en els alumnes, ja que s'ancoren de tal manera al cervell que és molt difícil erradicar-los (Acción magistral, 2015; Educación Galicia, 2015). A més, també avisa de que és molt important erradicar aquests

mites del cervell dels docents, ja que molts d'ells encara els presenten, i hi ha perill de que els transmetin als seus alumnes (Acción magistral, 2015; Educación Galicia, 2015). Per tant, seguir metodologies educatives basades en la neuroeducació podria ser d'ajuda per aconseguir el canvi conceptual i l'aprenentatge significatiu i millorar l'alfabetització científica de la societat.

## DESENVOLUPAMENT DE LA PROPOSTA

### Bases de la proposta

La proposta d'aquest TFM per aconseguir el canvi conceptual i un aprenentatge significatiu segueix una perspectiva constructivista, en la que també es tindrà en compte la importància de l'emoció, destacada per la neuroeducació. Tal com s'ha vist a la Taula 1, les idees prèvies més comunes sobre biologia en els alumnes d'educació secundària pertanyen a diversos blocs temàtics, que a més, es reparteixen entre els cursos de primer, tercer i quart d'educació secundària (Decret 34/2015, publicat al BOIB núm. 73, de 15 de maig). Per tant, és difícil realitzar un proposta que pretengui aconseguir el canvi conceptual de totes aquestes idees alhora, ja que s'hauria de contextualitzar la proposta a tres cursos diferents, a cada un dels quals es tractarien en detall vàries de les idees prèvies de la Taula 1. En vista de que la genètica i la evolució són uns dels camps de la biologia on s'han realitzat més estudis sobre les idees prèvies de biologia, s'ha elegit realitzar la proposta didàctica sobre genètica a 4t d'ESO.

El primer pas de la proposta consistirà en detectar les idees prèvies presents a l'alumnat, seguint la línia descrita a Furió et al. (2004) i Caballero (2008). Per això, es dissenyarà una enquesta amb el seu corresponent pla d'explotació per poder conèixer quines són les idees prèvies sobre genètica que presenten els estudiants abans de començar la unitat didàctica (UD). D'aquesta forma es dissenyarà la proposta didàctica tenint en compte quines són les idees prèvies

més comunes del nostre alumnat i, per tant, en quins aspectes de la UD s'ha de realitzar un major esforç per aconseguir el canvi conceptual.

A continuació es desenvoluparan les activitat per aconseguir el canvi conceptual de les idees prèvies sobre genètica comunes a l'alumnat segons els resultats de l'enquesta. Pel que fa a les estratègies que s'empraran per aconseguir l'aprenentatge significatiu, es farien servir: l'aprenentatge centrat en l'anàlisi de casos, pràctiques situades o aprenentatge *in situ* en escenaris reals, treball cooperatiu, aprenentatge mitjançant les noves tecnologies de la informació i comunicació (TIC) i estratègies basades en la neuroeducació per aconseguir sorprendre a l'alumnat. A més, per aconseguir el canvi conceptual i l'aprenentatge significatiu amb les activitats platejades, és seguirà la següent seqüència d'aprenentatge:

1. Introducció de noves idees. S'intentarà introduir les noves idees de forma que cridin l'atenció dels estudiants, per estimular així la seva curiositat i que els emocioni el que van a estudiar. A més, s'intentarà que l'alumne es senti insatisfet amb el que creia fins aleshores i es promourà el conflicte cognitiu. D'aquesta forma, s'aconseguirà construir nous coneixements, ja sigui, per substitució de les idees prèvies errònies per les noves idees o per la integració de les idees noves amb les idees prèvies si aquestes no són incompatibles.

2. Aplicació dels nous coneixements. S'intentarà consolidar l'aprenentatge assolit fins aquell moment.

3. Revisió dels aprenentatges. Es comprovarà que les activitats realitzades han ajudat als alumnes a aconseguir el canvi conceptual. Es pretén que els alumnes siguin conscients de tot el que han après, i que detectin si ja han assimilat tots els conceptes estudiats, o encara presenten alguna de les idees prèvies errònies detectades.

## Normativa de la proposta

La proposta metodològica per aconseguir el canvi conceptual i l'aprenentatge significatiu de genètica als alumnes de 4t d'ESO s'ajustarà als continguts sobre aquest tema presents al Decret 34/2015, publicat al BOIB núm. 73, de 15 de maig recollits a la Taula 3.

Cal destacar que no tots els continguts de la Taula 3 són exclusius de la genètica, ja que per exemple l'estudi de la cèl·lula, el cicle cel·lular i els àcids nucleics també es donen en el camp de la biologia cel·lular. Per tant, la Taula 3 inclou tots els continguts recollits al Decret 34/2015, publicat al BOIB núm. 73, de 15 de maig que tenen alguna relació amb la genètica.

**Taula 3.** Continguts de genètica recollits al Decret 34/2015, publicat al BOIB núm. 72, de 15 de maig.

| Quart curs. Bloc 1. L'evolució de la vida | |
|---|---|
| **Continguts** | La cèl·lula<br>Cicle cel·lular<br>Els àcids nucleics<br>ADN i genètica molecular<br>Procés de replicació de l'ADN<br>Concepte de *gen*<br>Expressió de la informació genètica. Codi genètic<br>Mutacions. Relació amb l'evolució<br>L'herència i la transmissió del caràcters. Introducció i desenvolupament de les lleis de Mendel<br>Aplicacions de les lleis de Mendel<br>Enginyeria genètica: tècniques i aplicacions. Biotecnologia. Bioètica. |

## Qüestionari per a la detecció de les idees prèvies sobre genètica presents a l'alumnat

El qüestionari proposat es troba a l'Annex 1 amb el seu corresponent pla d'explotació. Aquest qüestionari està format per dotze preguntes, de les quals dues són preguntes obertes, vuit són preguntes d'opció múltiple i dues són preguntes de vertader o fals. Ara bé, a les de vertader o fals s'ha donat una tercera opció perquè contestin que no ho saben. D'aquesta forma, s'intenta evitar que deixin la pregunta en blanc o la contestin a l'atzar.

Aquest qüestionari s'ha dissenyat a partir de modificacions dels qüestionaris de Caballlero (2008), Íñiguez i Puigcerver (2013) i Ruiz et al. (2017).

**Característiques de la mostra estudiada**

La genètica sol ser el que primer es dóna a l'inici del quart curs de la ESO, per tant, per detectar les idees prèvies que tenen els alumnes sobre aquest tema i fer una proposta didàctica, s'hauria de fer una enquesta a principi de 4t curs o a finals del 3r curs de educació secundària. L'estudi de la genètica no està inclòs en els blocs del currículum de biologia que es donen a 3r d'ESO, per tant, el coneixement sobre genètica dels alumnes de tercer és el mateix que el que tindran un parell de mesos més tard quan iniciïn el quart curs. Davant la impossibilitat de poder passar enquestes a principi de curs, al iniciar-se el període de pràctiques al centre per desembre, s'ha decidit emprar com a objecte d'estudi als alumnes de 3r d'ESO.

Es va passar al qüestionari (Annex 1) a 110 alumnes de 3r d'ESO de l'IES Ramon Llull que són potencials alumnes de biologia a 4t d'ESO, ja que en el moment del mostreig encara no s'havia fet l'elecció d'optatives per 4t d'ESO. Sols es va passar enquestes a alumnes d'un mateix institut perquè la proposta d'aquest TFM es basa a ajustar la metodologia emprada per ensenyar un tema als coneixements previs dels alumnes sobre aquest. Per tant, el propòsit d'aquesta enquesta sols era poder conèixer les idees prèvies dels possibles alumnes de biologia a 4t d'ESO, per adaptar la proposta didàctica als seus coneixements. En canvi, si el propòsit hagués estat fer un estudi exhaustiu de les idees prèvies de l'alumnat per comparar-les amb les descrites a la bibliografia, s'hauria d'haver fet un mostreig d'alumnes de varis centres per obtenir una mostra més heterogènia.

**Anàlisi dels resultats extrets del qüestionari**

Per facilitar l'anàlisi dels resultats s'aniran comparant les respostes de les preguntes relacionades amb cada una de les hipòtesis presents al pla d'explotació del qüestionari (Annex 1).

Resultats per a la hipòtesi 1

La hipòtesi 1 diu que els alumnes no tenen clar que és la informació hereditària, ni quines són les formes en les que poden trobar-la. Aquesta hipòtesi s'ha de confirmar o descartar a partir dels resultats de les preguntes 2 (Taula 4), 3 (Taula 5), 5 i 6.

A la Taula 4 es mostren els resultats de la pregunta 2, indicant el nombre d'alumnes que ha marcat cada una de les opcions i, entre parèntesi, el percentatge que representen. Com es pot observar, no es correspon el nombre d'alumnes que assignen gens a un determinat organisme amb el que els assignen cromosomes. Per tant, hi ha problemes per relacionar la presència de gens amb la de cromosomes, el que indica que segurament no tenen clars cap dels dos conceptes. A més, hi ha diferències en quan al tipus d'organismes en els que es troben aquestes estructures de la informació genètica (Taula 4). Als alumnes pareix que els sona més que els humans tenen gens i cromosomes, però no tenen tan clar que els tinguin altres organismes com plantes, fongs i bacteris (Taula 4).

**Taula 4.** Respostes a la pregunta 2 del qüestionari.

| Opció | Organisme | Cromosoma n (%) | Gens n (%) |
|---|---|---|---|
| **A** | Carnívors | 92 (83,6) | 99 (90,0) |
| **B** | Herbívors | 91 (82,7) | 97 (88,2) |
| **C** | Humans | 99 (90,0) | 109 (99,1) |
| **D** | Plantes | 69 (62,7) | 72 (65,4) |
| **E** | Fongs | 39 (35,4) | 50 (45,4) |
| **F** | Bacteris | 42 (38,2) | 48 (43,6) |
| **G** | No ho sé | 1 (0,9) | 1 (0,9) |

A la Taula 5 es mostren els resultats de la pregunta 3. Com es pot observar, en la pregunta 3 els estudiants no relacionen les formes en les que es troba la informació hereditària, ja que cada opció es triada per un % diferent d'alumnes, sent l'ADN i els gens les opcions que més els sonen (Taula 5).

**Taula 5.** Respostes a la pregunta 3 del qüestionari.

| Opció | Localització | n (%) |
|---|---|---|
| **A** | Cèl·lules | 64 (58,2) |
| **B** | ADN | 92 (83,6) |
| **C** | Cromosoma | 76 (69,1) |
| **D** | Gen | 90 (81,8) |
| **E** | Cromosoma sexual | 81 (73,6) |
| **F** | No ho sé | 2 (1,81) |

En quan als resultats de la pregunta 5, 46 alumnes (41,8% de la mostra) no van contestar o van contestar malament quan se'ls demanava que era un gen. 57 alumnes (51,8% de la mostra) van relacionar els gens amb l'ADN, o almenys amb la informació hereditària, i sols 7 alumnes (6,4% de la mostra) pareixien tenir clar el concepte de gen.

Els alumnes no sols tenen problemes per entendre el concepte gen, sinó també el concepte d'al·lel a partir dels resultats de la pregunta 6. En concret, respecte als resultats de la pregunta 6, 63 alumnes (57,3% de la mostra) no van contestar si un al·lel era el mateix que un gen, 35 alumnes (31,8% de la mostra) consideraven un al·lel com un gen i 12 alumnes (10,9%) consideraven que eren diferents.

Per tant, queda clar que la hipòtesi 1 es compleix, ja que els alumnes tenen problemes per entendre el concepte d'informació hereditària i com aquesta es pot trobar en vàries formes. En general, no associen l'ADN amb els gens i els cromosomes, ni amb la seva presència a les cèl·lules, pareix que els veuen com a coses no relacionades. A més, tampoc tenen clar el concepte d'al·lel.

<u>Resultats per a la hipòtesi 2</u>

La hipòtesi 2 diu que els alumnes no tenen clar on es localitza la informació hereditària. Per confirmar o descartar aquesta hipòtesi es tenen en compte els resultats de les preguntes 1 (Taula 6), 3 (Taula 5) i 4 (Taula 7).

A la Taula 6 es mostren els resultats de la pregunta 1. Com es pot observar, la majoria d'alumnes té clar que els humans estan formats per cèl·lules, però no

que tots els organismes de la llista tinguin cèl·lules, sobretot aquells que veuen més senzills com plantes, fongs i bacteris (Taula 6).

**Taula 6.** Respostes a la pregunta 1 del qüestionari.

| Opció | Ésser viu | n (%) |
|---|---|---|
| **A** | Carnívors | 95 (86,4) |
| **B** | Herbívors | 91 (82,7) |
| **C** | Humans | 105 (95,4%) |
| **D** | Plantes | 57 (51,8) |
| **E** | Fongs | 46 (41,8%) |
| **F** | Bacteris | 49 (44,5%) |
| **G** | No ho sé | 0 (0%) |

En quan als resultats de la pregunta 4, aquests es mostren a la Taula 7. Com es pot observar, la majoria dels alumnes tenen clar que la informació genètica es troba en els gàmetes, però no tenen tan clar que es trobi en les altres cèl·lules dels cos (Taula 7).

**Taula 7.** Respostes a la pregunta 4 del qüestionari.

| Opció | Tipus de cèl·lula | n (%) |
|---|---|---|
| **A** | Espermatozous | 98 (89,1) |
| **B** | Òvuls | 99 (90,0) |
| **C** | Cèl·lules del cervell | 51 (46,4) |
| **D** | Cèl·lules musculars | 53 (48,2) |
| **E** | Cèl·lules de l'intestí gruixat | 48 (43,6) |
| **F** | Cèl·lules de la pell | 50 (45,4) |
| **G** | No ho sé | 0 (0,0) |

Per tant, a partir de les respostes de les preguntes de les preguntes 1, 3 i 4 es compleix la hipòtesi 2, ja que pareix que els alumnes, per començar, ni tenen clar que els organismes estiguin formats per cèl·lules. A més, els costa relacionar que el material genètic estigui dins les cèl·lules, ja que l'associen més amb l'ADN i els gens, i si l'associen amb cèl·lules, ho fan preferentment amb els gàmetes, no amb totes les cèl·lules.

Resultats per a la hipòtesi 3

La hipòtesi 3 diu que els alumnes no tenen clar que els vegetals puguin tenir reproducció sexual. Per confirmar o descartar aquesta hipòtesi es té en compte el resultat de la pregunta 7 (Taula 8).

Tal i com es pot observar a la Taula 8, els alumnes pareixen tenir clar que els humans i els organismes propers que troben en el seu entorn tenen reproducció sexual, però no les plantes. Per tant, es confirma la hipòtesi 3 ja que pareix que la idea prèvia de que les plantes no tenen reproducció sexual està estesa a més del 50% de la mostra.

**Taula 8.** Respostes a la pregunta 7 del qüestionari.

| Opció | Organisme | n (%) |
|---|---|---|
| **A** | Humà | 110 (100,0) |
| **B** | Ca | 110 (100,0) |
| **C** | Planta | 47 (42,7) |
| **D** | Moix | 110 (100,0) |
| **E** | No ho sé | 0 (0,0) |

Resultats per a la hipòtesi 4

La hipòtesi 4 diu que els alumnes no diferencien bé entre els processos de divisió cel·lular, és a dir, entre el que és la mitosi i el que és la meiosi. Per acceptar o descartar aquesta hipòtesi es tenen en compte el resultats de les preguntes 8 i 9 del qüestionari.

En quan als resultats de la pregunta 8, 79 alumnes (71,8% de la mostra) van dir que amb la mitosi s'obtenen dues cèl·lules filles idèntiques, però sols 27 d'aquests 79 alumnes (24,5% de la mostra) van dir que les dues cèl·lules filles idèntiques tenien el mateix nombre de cromosomes. Per tant, pràcticament un 30% de la mostra no sabia definir mitosi, i el 70% restant no sempre entenia del tot el procés.

Respecte als resultats de la pregunta 9, 81 alumnes (73,6% de la mostra) van dir que la mitosi i la meiosi no eren el mateix. El 26,4% restant trobava que mitosi i meiosi són iguals o directament no es pronunciava perquè no ho sabia.

Per tant, segons les respostes de les preguntes 8 i 9 pareix que es compleix la hipòtesi 4, ja que quasi el 30% dels alumnes no tenen clar que mitosi i meiosi siguin processos diferents. A més, menys d'un 25% de la mostra pareix tenir del tot clar el que es produeix a la mitosi.

Resultats per a la hipòtesi 5

La hipòtesi 5 diu que els alumnes no tenen clar que totes les cèl·lules d'un organisme tenen la mateixa informació genètica. Per acceptar o descartar aquesta hipòtesi es tenen en compte les respostes de les preguntes 10 (Taula 9) i 12 (Taula 10).

A la Taula 9 es mostren els resultats de la pregunta 10 del qüestionari. Com es pot observar, més del 50% de la mostra pensa que els diferents tipus de cèl·lules que deriven del zigot no tenen la mateixa informació, ja que aquesta depèn de la funció que fan. Sols el 40,9% de la mostra creu que totes les cèl·lules d'un individu tenen la mateixa informació genètica (taula 9).

**Taula 9.** Respostes a la pregunta 10 del qüestionari.

| Opció | Resultat | n (%) |
|---|---|---|
| **A** | Aquest zigot acabarà donant lloc a totes les cèl·lules de l'individu i a cada tipus de cèl·lula (Ex: cèl·lula muscular) li donarà sols la informació necessària per realitzar la seva funció | 56 (50,9) |
| **B** | Aquest zigot acabarà donant lloc a totes les cèl·lules de l'individu i tots duran la mateixa informació hereditària | 45 (40,9) |
| **C** | La informació hereditària del zigot sols es transmetrà a les cèl·lules sexuals (òvuls o espermatozous) del nou individu | 8 (7,3) |
| **D** | No ho sé | 1 (0,9) |

Respecte als resultats de la pregunta 12, aquests es troben a la Taula 10. Com es pot observar, més del 50% dels alumnes de la mostra creuen que el color de pèl i d'ulls depèn sols d'un dels dos progenitors. A més, gairebé un 20% de la

mostra creu que és perquè ha rebut més informació genètica d'un dels dos progenitors, en aquest cas del pare. Així, sols un 29,1% de la mostra creu que els dos pares aporten la mateixa informació genètica al fill, i que la presència d'un caràcter o altre depèn de quina característica predomina (Taula 10).

**Taula 10.** Respostes a la pregunta 12 del qüestionari.

| Opció | Causa | n (%) |
|---|---|---|
| **A** | Dos espermatozous van fecundar un sol òvul | 0 (0,0) |
| **B** | En Lluís va rebre la mateixa quantitat d'informació genètica per part dels dos pares, però per les característiques esmentades predomina la informació genètica del pare | 32 (29,1) |
| **C** | En Lluís va rebre més quantitat d'informació genètica del pare i per això es pareix més a ell | 21 (19,1) |
| **D** | Les cèl·lules que determinen el color de pèl i d'ulls d'en Lluís sols tenen informació genètica del seu pare | 57 (51,8) |
| **E** | No ho sé | 0 (0,0) |

Per tant, amb els resultats extrets de les preguntes 10 i 12 queda confirmada la hipòtesi 5. Els alumnes no tenen clar que totes les cèl·lules d'un organisme tenen la mateixa informació genètica, i no entenen perquè a unes cèl·lules s'expressen característiques aportades per un progenitor i a altres no.

Resultats per a la hipòtesi 6

La hipòtesi 6 diu que els alumnes presenten idees lamarckianes i, per tant, creuen que el factors ambientals tenen més influència que els hereditaris. Per confirmar o rebutjar aquesta hipòtesis es té en compte el resultat de la pregunta 11 (Taula 11).

**Taula 11.** Respostes a la pregunta 11 del qüestionari.

| Opció | Resultat | n (%) |
|---|---|---|
| **A** | Tots els descendents naixeran amb un color de pell més obscur que els primers individus que van arribar a la illa | 52 (47,3) |
| **B** | Tots els descendents naixeran amb el mateix color de pell que els primers individus que van arribar a la illa | 44 (40,0) |
| **C** | Entre els descendents podrà haver individus que neixin amb la pell més obscura que els que van arribar a la illa mentre altres tindran el mateix color que els primers individus. | 13 (11,8) |
| **D** | No ho sé | 1 (0,9) |

Per tant, es compleix la hipòtesi 6, ja que gairebé el 50% dels estudiants creuen que els descendents tindran un color més obscur de pell des del seu naixement. A més, gairebé un 12% també creu que hi podria haver descendents amb diferents colors de pell. Aquests dos resultats demostren que la major part dels alumnes creuen que la radiació pot tenir més influència que els gens (Taula 11).

Resultats per a la hipòtesi 7

La hipòtesi 7 diu que els alumnes no tenen clar els mecanismes de l'herència dels caràcters. Per confirmar o rebutjar aquesta hipòtesis es té en compte el resultat de les preguntes 8, 9 i 12 (Taula 10).

Tal i com es pot observar a la Taula 10, els alumnes no tenen clar quins són el mecanismes de l'herència dels caràcters, ja que sols un 29,1% de la mostra creu que el fill rebi la mateixa quantitat d'informació genètica dels dos progenitors. Aquest resultat també es podria relacionar amb la manca de comprensió que tenen els alumnes sobre la mitosi i meiosi de les preguntes 8 i 9.

Per tant, basant-se en els resultats del qüestionari la proposta per ensenyar genètica ha de tenir en compte totes aquestes idees prèvies errònies abans de començar l'estudi dels experiments de Mendel, que és el que clàssicament s'ha considerat més important de la genètica de 4t d'ESO. Per tant, primer s'ha de realitzar un esforç per intentar eliminar les idees prèvies errònies sobre la informació hereditària, les formes en les que es pot trobar, quina és la seva localització i quins són els seus mecanismes transmissió. A més, la proposta també haurà de deixar clar què impliquen els processos de mitosis i meiosis, i que la reproducció sexual no és exclusiva d'animals.

**Activitats de la proposta**

A continuació es proposen activitats per aconseguir el canvi conceptual de totes aquelles idees prèvies errònies sobre genètica detectades en l'alumnat analitzat. Com hi ha molts de continguts de genètica en el currículum de 4t d'ESO (Taula 3), aquests es solen dividir en mínim 3 unitats didàctiques que es solen estudiar en diferent ordre segons l'editorial. Aquestes tres unitats didàctiques solen ser:

- Unitat didàctica sobre la cèl·lula i el cicle cel·lular.
- Unitat didàctica sobre la informació hereditària. Aquesta unitat inclou: els àcids nucleics, ADN i genètica molecular, procés de replicació de l'ADN, concepte de gen, expressió de la informació genètica (codi genètic), mutacions i la seva relació amb l'evolució, enginyeria genètica, biotecnologia i bioètica.
- Unitat didàctica sobre l'herència i la transmissió del caràcters, introducció, desenvolupament i aplicació de les lleis de Mendel.

Per tant, és difícil incloure totes les activitats per aconseguir el canvi conceptual de les idees prèvies errònies sobre genètica detectades en una mateixa unitat didàctica. Aquest TFM proposa que tots el continguts de genètica s'expliquin en les 3 unitats didàctiques diferents ja anomenades, estudiant primer la informació hereditària, després la cèl·lula i el cicle cel·lular, i finalment l'herència i transmissió de caràcters. D'aquesta forma, si els alumnes tenen clar el concepte d'informació hereditària i quines són les formen en les que poden trobar-se, després podran entendre millor el que passa a la mitosi i la meiosi, i finalment, comprendre com funcionen els mecanismes de l'herència.

A la Taula 12, es mostra el resum de les activitats proposades a cada una d'aquestes unitats didàctiques per aconseguir el canvi conceptual de les idees prèvies errònies detectades. A més, s'inclouen dues activitats de consolidació

que es faran al final de les tres unitats didàctiques, i que ajudaran a veure si realment s'ha aconseguit el canvi conceptual de les idees prèvies errònies detectades en el qüestionari (Taula 12).

Per treballar aquestes tres unitats didàctiques, cada una d'elles empraria 10 o 12 sessions, per tant un major nombre de sessions de les que es poden observar a la Taula 12. Aquesta diferència en el nombre de sessions es deu al fet que la proposta d'aquest TFM sols es basa a dissenyar activitats amb les que intentar canviar les idees prèvies errònies d'un grup d'estudiants, idees que han estat detectades a partir d'un qüestionari. Aquest qüestionari s'ha centrat en intentar detectar les idees prèvies sobre genètica que estan més arrelades entre la població segons estudis anteriors. Per tant, aquest TFM sols proposa activitats amb les quals intentar canviar les idees prèvies errònies sobre certs elements del temari de genètica, però no inclou activitats per tractar tots els elements del temari de genètica. Per això, s'ha de tenir en compte que en aquestes tres unitats didàctiques no sols s'inclourien les activitats proposades en aquest TFM, sinó que també s'haurien d'incloure activitats sobre la resta d'elements del temari de genètica, dels quals no s'ha detectat la presència d'idees prèvies a l'alumnat en aquest TFM.

**Taula 12.** Resum de les activitats de la proposta.

| UD | Activitat | Tipus d'activitat | Temps | Lloc |
|---|---|---|---|---|
| **La informació hereditària** | 1. Què és el material hereditari? | Introducció noves idees i generació de conflicte cognitiu | 50' | Classe |
| | 2. Què en saps de la informació hereditària? | Aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 45' | Classe |
| | 3. Com és l'ADN? | Aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 55' | Classe |
| | 4. Investiguem el descobriment de l'ADN! | Aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 50' | Aula d'informàtica |
| **La cèl·lula** | 5. Quins organismes estan formats per cèl·lules? | Introducció noves idees i generació de conflicte cognitiu | 50' | Aula d'informàtica |
| | 6. Com es divideixen les cèl·lules? | Introducció noves idees i generació de conflicte cognitiu, aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 50' | Classe |
| | 7. Fem d'investigadors! | Aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 50' | Laboratori |
| | 8. Com es reprodueixen les plantes? | Introducció noves idees i generació de conflicte cognitiu, aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 50' | Laboratori |
| | 9. Quant en saps de la cèl·lula? | Aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 50' | Classe |
| **Herència i transmissió de caràcters** | 10. A qui em semblo més? | Introducció noves idees i generació de conflicte cognitiu | 50' | Classe |
| | 11. Es hora de pensar! | Aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 50' | Aula d'informàtica |
| | 12. S'hereten tots els caràcters? | Introducció noves idees, generació de conflicte cognitiu, aplicació de les noves idees i canvi conceptual | 50' | Classe |
| **Activitats de consolidació** | 13. Creeu una nova espècie! | Aplicació de les noves idees i canvi conceptual. | 50' | Classe |
| | 14. Es l'hora de l'autoavaluació! | Revisió dels aprenentatges | 30 ' | Classe |

**Unitat didàctica de la informació hereditària**

**Activitat 1. Què és el material hereditari?**

Durada: 50 minuts
Recursos: Projector, maquetes de cèl·lules, ADN i cromosomes

Amb aquesta primera activitat es pretén que els alumnes entenguin el concepte de material hereditari i com aquest es pot trobar en diferents formes a les cèl·lules. Es pretén que els alumnes entrin en conflicte i es sentin insatisfets amb algunes de les idees prèvies errònies que presenten, com que alguns organismes tenen cromosomes però no gens, que no tots els éssers vius estan formats per cèl·lules o que no tots els éssers vius tenen gens i cromosomes. A més, també s'explicarà el concepte d'al·lel, concepte que pel qüestionari havíem detectat que no estava clar, i el concepte de cromàtide.

Respecte a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis de la neuroeducació. Aquesta activitat pretén cridar l'atenció de l'alumne, despertar la seva curiositat per aconseguir que l'alumne dubti del que sabia, i que així, amb pròximes activitats es pugui donar canvi conceptual.

Primer, es projectarà en la pantalla una diapositiva amb 4 fotografies: una molècula d'ADN, un cromosoma amb dues cromàtides, una cèl·lula animal i un gen, aquesta darrera bàsicament serà una ampliació d'una fotografia d'un cromosoma assenyalant un part. I es demanarà als alumnes que veuen i si creuen que les 4 fotografies representen el mateix. Es deixaran uns 5 minuts de pluja d'idees, els alumnes copiaran aquestes idees en els seus quaderns i el professor se les guardarà per tenir-les en compte. Després, el professor traurà una maqueta d'ADN i els explicarà breument que és l'ADN i quina es la seva estructura amb l'ajuda del projector i la maqueta (5 minuts). A continuació, el professor traurà una maqueta d'un parell de cromosomes homòlegs, cada un d'ells amb dues cromàtides i on es vegi que els cromosomes tenen bandes de diferents colors que representen els gens. D'aquesta forma, amb la ajuda de la

maqueta i el projector es podrà explicar el concepte de cromosoma i la seva relació amb l'ADN, i els conceptes de cromàtide i de gen. A més, en tenir cromosomes homòlegs es podrà explicar el concepte d'al·lel i indicar que són els al·lels en la maqueta, assenyalant en els dos cromosomes homòlegs dues bandes en la mateixa posició i del mateix color (15 minuts). Finalment, el professor traurà tres maquetes, una de cèl·lula procariota i dues de cèl·lules eucariotes (una de cèl·lula animal i una de cèl·lula vegetal). Així, amb l'ajuda de les maquetes els farà veure que en totes les cèl·lules, independentment de la seva organització, es troba el material genètic. Ara bé, explicarà que l'ADN, depenent del seu grau de compactació, el trobarem amb diferents formes. L'ADN es pot trobar en forma dels cromosomes típics, com els de les maquetes de cromosomes a les cèl·lules eucariotes, o en canvi, es pot trobar en forma de cabdell, com passa a la cèl·lula procariota on sols hi ha un únic cromosoma bacterià i mai tindrà la forma del cromosoma de la maqueta de cromosoma (5 minuts).

Per acabar la classe, s'aplicarà una estratègia de treball cooperatiu com és fer un inventari cooperatiu. El professor demanarà als alumnes que facin un inventari de tot el que han après en aquesta classe sobre el material hereditari. Per això, es deixarà uns 5 minuts perquè cada alumne faci el seu inventari de forma individual. Exhaurit aquest temps es demanarà als alumnes que facin una línia davall del seu llistat. A continuació, es deixaran 10 minuts perquè els alumnes s'aixequin, cerquin a la llista d'altres companys coses que ells no han pensat i consideren que són correctes i les escriguin a la seva llista davall la línia que han pintat. En els darrers 5 minuts de la classe el docent demanarà a l'atzar a diversos alumnes que comparteixin amb la resta de la classe un element de la seva llista que hagin escrit ells i un element que hagin trobat a la llista d'un altre company (en cas que n'hagin trobat algun de nou a la llista dels companys). Per tant, aquesta activitat inclou avaluació formativa per part del mateix estudiant (autoavaluació del que ha après).

**Activitat 2. Què en saps de la informació hereditària?**

Durada: 45 minuts
Recursos: Fitxa i bolígrafs de colors

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes demostrin que han entès el concepte de material hereditari i les seves formes. L'activitat consisteix a emplenar una fitxa, amb la que es podrà veure si han entrat en conflicte amb les seves idees prèvies i s'ha aconseguit un canvi conceptual.

Pel que fa a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme. Aquesta activitat es basa a aplicar els nous coneixements, a la primera part de la fitxa (dibuix), i en revisar els aprenentatges a la segona part (revisió de pluja d'idees de l'activitat 1). Per tant, el dibuix de la fitxa serveix per consolidar l'aprenentatge assolit amb l'activitat 1, mentre que la revisió de la pluja d'idees de la segona part de la fitxa serveix perquè els alumnes siguin conscients del que han après, i també serveix al professor per veure si encara romanen idees prèvies errònies.

A l'Annex 2 s'inclou la fitxa, tal com la veurien els alumnes. Es deixarien 15 minuts perquè els alumnes fessin la fitxa. A continuació, es deixarien 15 minuts perquè els mateixos alumnes corregissin la fitxa mitjançant coavaluació (avaluació formativa). Per tant, seria un altre company de classe el que corregís la feina d'un alumne amb un bolígraf d'un altre color. Finalment, en els darrers 15 minuts de classe es corregiria la fitxa a la pissarra entre tots ajudant a fixar les noves idees.

**Activitat 3. Com és l'ADN?**

Durada: 55 minuts
Recursos: Fitxa i materials aportats pels alumnes

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes acabin d'aclarir el concepte d'ADN, portador de la informació hereditària, entenent quins són els seus components. A més, es pretén que els alumnes aprenguin a treballar en grups cooperatius heterogenis que formarà el professor.

Pel que fa a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme, cercant que els alumnes assoleixin un aprenentatge significatiu a partir de treball en grups cooperatius heterogenis.

Primer de tot, en els darrers 5 minuts de la classe anterior dedicada a l'activitat 2, el professor organitzarà als alumnes en els grups cooperatius heterogenis per aquesta UD i repartirà la fitxa de l'activitat 3 (Annex 3). D'aquesta forma, cada membre del grup podrà pensar a casa com faria la maqueta i dur el material que necessiti per posar en pràctica la seva idea.

El dia de l'activitat, el professor indicarà que cada grup ha d'elegir un nom que els representi i ha de fabricar un model d'ADN. Com cada membre del grup haurà fet un disseny per a la maqueta i haurà dut el material per realitzar-la, el primer que han de fer els alumnes de cada grup és decidir quin disseny els agrada més, o fins i tot, crear un nou disseny mesclant les idees de varis integrants. Un pic decidit el disseny, tindran tota la sessió per fer la maqueta amb els materials que han dut i per emplenar les preguntes de la fitxa (Annex 3).

Es realitzarà avaluació formativa fent que els alumnes avaluïn les maquetes mitjançant la coavaluació amb una graella que està inclosa a la fitxa (Annex 3). Un cop acabada l'activitat, el professor avaluarà tant la maqueta com la fitxa per realitzar una avaluació qualificativa. Per treure la nota de cada maqueta el professor farà una mitjana entre la nota que ell posaria i les notes que ha posat cada grup, mitjançant la graella de la fitxa, a aquella maqueta.

**Activitat 4. Investiguem el descobriment de l'ADN!**

Durada: 50 minuts (aula d'informàtica). Si necessiten més temps es pot completar la fitxa a casa
Recursos: Ordinadors i fitxa

Amb aquesta activitat no sols es pretén que els alumnes acabin d'aclarir el concepte d'ADN, entenent quins són els seus components, sinó també, que facin feina en grups cooperatius i a fer ús de les TIC per cercar informació.

Respecte a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme, cercant que els alumnes assoleixin un aprenentatge significatiu a partir de treball en grups cooperatius heterogenis i aprenentatge mitjançant les noves tecnologies de la informació i comunicació (TIC).

A l'Annex 4 s'inclou la fitxa, tal com la veurien els alumnes. L'avaluació de la fitxa de cada grup la farà el professor i serà de tipus qualificativa.

**Unitat didàctica de la cèl·lula**

**Activitat 5. Quins organismes estan formats per cèl·lules?**

Durada: 50 minuts
Recursos: Ordinadors i fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes entenguin què és una cèl·lula i que tots els organismes tenen cèl·lules. Per tant, amb aquesta activitat es pretén que els alumnes entrin en conflicte, i es sentin insatisfets amb la idea prèvia errònia que presentaven al qüestionari, de què no tots els éssers vius estan formats per cèl·lules.

Respecte a la metodologia, aquesta serà de tipus constructivista. L'alumne haurà d'omplir una fitxa, la primera pregunta de la qual serveix per veure si els resultats són pareguts als obtinguts en el qüestionari, o si per contra, els

alumnes, a l'estudiar el material genètic, han relacionat aquest amb la presència de cèl·lules i, per tant, ja veuen que tots aquests organismes estan formats per cèl·lules. Respecte a la resta de la fitxa, bàsicament es cerca que els alumnes assoleixin un aprenentatge significatiu mitjançant l'ús de les noves tecnologies de la informació i comunicació (TIC).

A l'Annex 5 s'inclou la fitxa tal com la veurien els alumnes. L'avaluació d'aquesta activitat la farà el professor i serà de tipus qualificativa.

**Activitat 6. Com es divideixen les cèl·lules?**

Durada: 50 minuts
Recursos: Fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes entenguin els conceptes de mitosi i meiosi. Per tant, es pretén que els alumnes entrin en conflicte i es sentin insatisfets amb les seves idees prèvies errònies de què mitosi és el mateix que meiosi, que el material hereditari sols es troba als gàmetes, que cada cèl·lula sols té la informació genètica necessària per a la seva pròpia funció i que els cromosomes sexuals sols es troben als gàmetes. A més, també s'introduiran els conceptes de cromàtide i cromosomes homòlegs.

Pel que fa a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme, cercant que els alumnes assoleixin un aprenentatge significatiu a partir del treball per parelles. En concret, es seguirà l'estratègia de parelles cooperatives de lectura i per això, el professor agruparà als alumnes per parelles heterogènies.

A l'Annex 6 s'inclou la fitxa tal com la veurien els alumnes. Respecte a l'avaluació de la fitxa, es realitzarà avaluació formativa fent que els alumnes avaluïn les fitxes d'altres companys (coavaluació).

**Activitat 7. Fem d'investigadors!**

Durada: 50 minuts
Recursos: Microscopis, pissarra, mostres tissulars i fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes demostrin que han entès el procés de la mitosi.

Pel que fa a la metodologia, s'emprarà l'estratègia de la pràctica situada, i a més, es farà feina en grups cooperatius heterogenis. Per tant, es seguiran estratègies emprades pel model constructivista.

La fitxa que seguiran els alumnes per realitzar la pràctica es troba a l'Annex 7. L'avaluació de les fitxes la farà el professor mitjançant avaluació qualificativa.

**Activitat 8. Com es reprodueixen les plantes?**

Durada: 50 minuts
Recursos: Lupes binoculars, flors de tardor, patates germinades i fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes demostrin que han entès que els gàmetes, formats a partir de la meiosi, es troben implicats en la reproducció sexual. Per tant, es pretén que els alumnes entrin en conflicte i es sentin insatisfets amb la seva idea prèvia errònia de què les plantes no tenen reproducció sexual.

Respecte a la metodologia, s'emprarà l'estratègia de la pràctica situada, i a més, es farà feina en grups cooperatius heterogenis. Per tant, es seguiran estratègies emprades pel model constructivista. Bàsicament es tindran vàries plantes al laboratori, algunes amb reproducció sexual, que presentaran flors, i una amb reproducció asexual perquè vegin les diferències. S'explicarà mitjançant una fitxa en què consisteix la flor i que té gàmetes i, a partir d'això

s’espera que els alumnes relacionin la presència de gàmetes amb la possibilitat que les plantes puguin presentar reproducció sexual.

Les flors que s’empraran per a la pràctica dependran de la disponibilitat de plantes amb flor segons l’època de l’any. Com els temes de genètica són els primers del curs escolar, aquesta pràctica es realitzarà entre setembre i desembre. Per tant, el tipus de plantes emprades seran aquelles que floreixin a la tardor com: *Erica multiflora* (xiprell), *Rosmarinus officinalis* (romaní), *Chrysanthemum coronarium* (margalida), *Citrus limon* L. (llimonera), *Arbutus unedo* L. (arbocera). A més, es demanarà que cada alumne porti almenys una planta amb flor per tenir més varietat de plantes a examinar. Per altra banda, també s’empraran patates germinades per veure un exemple de reproducció asexual.

La fitxa que seguiran els alumnes per realitzar la pràctica es troba a l’Annex 8. L’avaluació de la fitxa la farà el professor mitjançant avaluació qualificativa.

**Activitat 9. Quant en saps de la cèl·lula?**

Durada: 50 minuts
Recursos: Ordinador pel professor, projector, Jeopardy i fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes demostrin que han entès la teoria cel·lular, els processos de divisió cel·lular i que la reproducció sexual no és exclusiva d’animals. L’activitat consisteix en un joc, Jeopardy, al que jugaran per grups heterogenis i amb la que es podrà veure si han entrat en conflicte amb les seves idees prèvies i s’ha aconseguit un canvi conceptual.

Respecte a la metodologia, s’empraran bàsicament els principis del constructivisme, cercant que els alumnes assoleixin un aprenentatge significatiu a partir de l’aprenentatge mitjançant les noves tecnologies de la informació i comunicació (TIC) i fent feina en grups cooperatius heterogenis.

Per dur a terme aquesta activitat el professor prepararà un Jeopardy mitjançant la web de JeopardyLabs. El professor serà el que controlarà el joc des del seu ordinador, el projectarà als alumnes i aquests seran els concursants. Cada equip estarà format pels quatre alumnes dels equips cooperatius establerts al principi de la UD i tindrà un número que l'identifiqui. Per assignar el número a cada equip es farà un sorteig abans d'iniciar el joc, i l'ordre en què concursaran els equips dependrà d'aquest número. L'enllaç per accedir al joc d'aquesta activitat és: jeopardylabs.com/play/la-cllula-4t-deso. Un cop s'ha accedit al joc, s'ha d'indicar el nombre d'equips que jugaran i s'ha de fer clic sobre el botó "Start". A la Figura 2 es veu l'aspecte del Jeopardy projectat indicant els diferents equips que jugarien, en cas que per exemple hi hagués 6 equips.

**Figura 2.** Exemple del que veurien els alumnes si juguen 6 grups cooperatius.

Com es pot observar a la Figura 2 en el joc hi ha 20 preguntes ordenades en 4 categories: cèl·lula, mitosi, meiosi i mescla, aquesta darrera és una categoria que pot incloure preguntes de qualsevol de les categories anteriors. Les preguntes, a part d'estar ordenades per categories, tenen diferent puntuació i com major sigui la puntuació de la pregunta, major és la complexitat d'aquesta. El joc es desenvoluparà per rondes, i a cada ronda cada equip ha d'elegir una pregunta que ha de respondre obligatòriament en 30 segons, no pot passar el torn. Per això, és important que l'equip valori si es troba preparat per elegir preguntes més fàcils o més difícils, ja que si la fallen, no sols perdran la possible puntuació d'aquella pregunta, sinó que també es restarà aquesta

puntuació del seu marcador. En aquest exemple, a l'haver 20 preguntes per 6 equips, hi hauria 3 rondes de preguntes. Les 2 preguntes sobrants es jugarien a una ronda final on tots els equips participarien a la vegada i cada pregunta la podria contestar el primer grup que aixequés la mà. A cada torn de pregunta si l'equip encerta, el professor farà clic sobre el símbol "+" d'aquell equip i es sumarà la puntuació de la pregunta encertada, mentre que si l'equip falla, el professor farà clic sobre el símbol "–" d'aquell equip i es restarà la pregunta errada (vegeu Figura 2). A totes les rondes, tant les 3 normals com les de la ronda final, hi ha possibilitat de rebot. És a dir, si l'equip que ha triat la pregunta falla, un altre equip pot aixecar la mà i obtenir el rebot. Ara bé, l'equip del rebot ha d'estar molt segur de què saben la resposta perquè si la saben puntuaran, però si la fallen se'ls restarà la puntuació del marcador. Al finalitzar el joc, guanya l'equip amb una major puntuació.

En cas que el nombre d'equips fos superior es podrien afegir més preguntes perquè almenys cada equip tingués tres rondes de preguntes. Per fer-ho, el professor hauria d'editar el joc amb l'opció "Edit" de la pantalla inicial que surt en posar l'enllaç del joc. Per tant, aquest joc és susceptible de canvis en funció del nombre d'alumnes que el professor sàpiga que té a classe.

Pel que fa a l'avaluació d'aquesta activitat, no hi hauria avaluació qualificativa, sols es faria avaluació formativa mitjançant l'autoavaluació dels alumnes de cada grup. Per això, a l'inici del joc el professor repartiria una fulla per equip amb les 20 preguntes del joc desordenades perquè no poguessin saber la categoria de les preguntes. Cada vegada que un equip triés una pregunta, la resta de grups intentaria contestar aquella pregunta a la fulla. Un cop contestada en veu alta, ja fos per l'equip que l'havia triada o per l'equip del rebot, el professor projectaria la resposta a la pantalla i els altres grups podrien corregir la seva resposta a la fulla. Per projectar la resposta a la pantalla el professor sols hauria de triar la opció "Reveal Correct Response" que apareix quan es projecta cada pregunta a la pantalla.

**Unitat didàctica sobre l'herència i la transmissió del caràcters**

**Activitat 10. A qui em semblo més?**

Durada: 50 minuts
Recursos: Fotografies dels alumnes amb els seus pares i fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes entenguin que els dos progenitors aporten la mateixa quantitat d'informació genètica i que no sempre s'expressen les característiques dominants. Per tant, amb aquesta activitat es pretén que els alumnes entrin en conflicte i es sentin insatisfets amb algunes de les idees prèvies errònies que presenten, com que determinades característiques les aporten els gens d'un progenitor i altres els gens de l'altre o que sols s'expressen les característiques dominants.

Pel que fa a la metodologia s'empraran bàsicament els principis de la neuroeducació i el constructivisme fent ús de l'estratègia de treball en grups cooperatius. Aquesta activitat pretén cridar l'atenció de l'alumne, despertar la seva curiositat i aconseguir que l'alumne dubti del que sabia perquè amb pròximes activitats es pugui donar canvi conceptual. Cada alumne haurà d'omplir una fitxa que conté vàries preguntes i explicacions que introdueixen noves idees. A aquesta fitxa, es combina tant el treball individual com el treball en equips cooperatius. En concret, les preguntes 1 i 3 de la fitxa les treballarà cada alumne de forma individual, mentre que la resta les treballarà amb l'equip cooperatiu. A més, la fitxa té dues parts amb les quals es volen tractar diferents idees. La primera part de la fitxa (preguntes 1-4) serveix perquè els alumnes entenguin que genèticament no s'assemblen més a un dels seus dos progenitors. Per dur a terme aquesta part és necessari que cada alumne porti una fotografia d'ell amb els seus pares o diverses fotografies, a cada una de les quals surti ell y/o els seus pares. En canvi, a la segona part de la fitxa es pretén que els alumnes entenguin els conceptes de gens dominants i recessius, i com no sempre s'expressen els gens dominants.

La fitxa que seguiran els alumnes per realitzar la pràctica es troba a l'Annex 9. L'avaluació de la fitxa la farà el professor mitjançant avaluació qualificativa.

**Activitat 11. Es hora de pensar!**

Durada: 50 minuts
Recursos: Ordinadors i fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes demostrin que han entès que els dos progenitors aporten la mateixa quantitat d'informació genètica i que no sempre s'expressen les característiques dominants. L'activitat consisteix en l'ús de les TIC i en emplenar una fitxa, així es podrà veure si els alumnes han entrat en conflicte amb les seves idees prèvies i s'ha aconseguit un canvi conceptual.

Respecte a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme. Aquesta activitat consisteix a resoldre problemes usant les TIC, ja que aquests problemes es troben en un programa informàtic. El programa "El Joc dels Gens" de Josep M. Llort Planchadell, planteja problemes de genètica a contextos reals, fent que els estudiants es sentin com si fessin una feina al món laboral. Aquest programa inclou problemes de genètica on els enunciats no donen totes les dades. Per això, els estudiants han de planificar i realitzar encreuaments per obtenir-ne de noves. Per tant, els problemes de la web, serveixen per consolidar l'aprenentatge assolit amb l'activitat 10.

A l'Annex 10 s'inclou la fitxa, tal com la veurien els alumnes. L'avaluació de la fitxa la durà a terme el professor mitjançant avaluació qualificativa. A més amb aquesta activitat, en posar a prova els coneixements de l'estudiant, també es dóna avaluació formativa, ja que el mateix alumne pot comprovar tot el que ha après i que li permet contestar a les preguntes del joc.

**Activitat 12. S'hereten tots els caràcters?**

Durada: 50 minuts
Recursos: Fitxa

Amb aquesta activitat es pretén que els alumnes entenguin que hi ha determinades característiques que no són genètiques, sinó que es donen com a resposta individual a unes determinades condicions ambientals i que no s'heretaran. Per tant, amb aquesta activitat es pretén introduir noves idees en els alumnes, que aquests entrin en conflicte i es sentin insatisfets amb la idea que certs factors ambientals tenen més influència que els hereditaris, i que finalment es doni canvi conceptual. Aquest tòpic es seguirà tractant en el tema d'evolució, per això aquí sols es tracta el tema en general sense entrar en detall a explicar les teories de Darwin i Lamarck.

Pel que fa a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme, cercant que els alumnes assoleixin un aprenentatge significatiu a partir de la resolució de problemes. A més, s'emprarà una estratègia d'aprenentatge cooperatiu, ja que l'alumne haurà d'aprendre a fer un resum per parelles.

A l'Annex 11 s'inclou la fitxa, tal com la veurien els alumnes. L'avaluació de la fitxa la realitzaran els mateixos alumnes mitjançant coavaluació (avaluació formativa).

**Activitats de consolidació conjunta dels aprenentatges de genètica**

**Activitat 13. Creeu una nova espècie!**

Durada: 50 minuts
Recursos: Fitxa i llapis de colors

Aquesta activitat pretén que els alumnes apliquin tots els nous coneixements que han anat adquirint sobre ADN, gens, al·lels, cromosomes, meiosi, mitosi, herència dominant i codominància. Per tant, aquesta activitat serveix per veure si hi ha hagut canvi conceptual. I a més, si algun dels membres del grup encara no havia assolit el canvi conceptual, aquesta activitat pot servir perquè els membres del grup l'ajudin a arribar a aquest canvi conceptual.

Pel que fa a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme, cercant que els alumnes assoleixin un aprenentatge significatiu a partir de treball en grups cooperatius heterogenis.

A l'Annex 12 s'inclou la fitxa, tal com la veurien els alumnes. L'avaluació d'aquesta activitat serà una avaluació qualificativa i la farà el professor.

**Activitat 14. Es l'hora de l'autoavaluació!**

Durada: 30 minuts
Recursos: Qüestionaris inicials completats

Aquesta activitat es realitzaria al completar les tres unitats didàctiques de genètica i es basaria en l'autoavaluació per part dels alumnes. Amb aquesta activitat es pretén revisar si els alumnes han corregit les seves idees prèvies errònies, detectades en el qüestionari inicial, després de l'estudi de la genètica. En ser els mateixos alumnes els que revisen el seu test inicial, ells mateixos poden ser conscients de quines idees presentaven abans d'iniciar l'estudi de la genètica, i de tot el que han après al llarg d'aquests mesos que ha fet que canviessin les seves idees prèvies. Aquesta activitat, a més de servir a l'alumne per veure tots els canvis conceptuals que ha experimentat, també serveix al professor per veure si l'alumne ha sabut detectar tots aquests canvis o encara presenta algunes de les idees prèvies de l'inici. Per tant, ajudaria al professor a saber si encara ha de plantejar alguna activitat més per aconseguir el canvi conceptual de les idees que no s'han corregit.

Pel que fa a la metodologia, s'empraran bàsicament els principis del constructivisme, cercant que els alumnes siguin conscients de quines idees presentaven abans d'iniciar l'estudi de la genètica, i de tot el que ha après al llarg d'aquests mesos.

A aquesta activitat, cada alumne agafarà el seu qüestionari inicial, que reconeixerà pel seu codi secret. A continuació, tindrà 30 minuts per llegir el

qüestionari inicial i pensar si vol fer canvis en el que va contestar. En concret, haurà de marcar si la seva resposta a cada pregunta va ser correcta o no amb un bolígraf verd i justificar el perquè amb una petita frase.

En finalitzar l'activitat el professor tornarà a recollir els qüestionaris per veure si els alumnes han corregit totes les idees prèvies errònies o si algunes d'elles han sobreviscut. En funció dels resultats, es podrien plantejar més activitats per intentar canviar les idees prèvies errònies persistents.

## AVALUACIÓ QUALIFICATIVA

En finalitzar cada unitat didàctica d'aquesta proposta es faria un examen escrit en el qual s'inclourien preguntes per comprovar que s'hagués donat el canvi conceptual. A l'Annex 13 s'inclouen algunes de les preguntes que es podrien fer en els exàmens per comprovar el canvi conceptual. La nota final de cada UD es trauria contant un 60% de la nota de l'examen de la UD, un 30% de la nota mitjana de les activitats d'avaluació qualificativa de la UD i un 10% de la participació i la feina dels equips cooperatius en aquella UD. En el cas de les dues activitats de consolidació, aquestes s'inclourien al final de la unitat didàctica sobre l'herència i la transmissió dels caràcters, per ajudar a aplicar conceptes abans de l'examen d'aquesta unitat, però la nota d'aquestes activitats no es tindria en compte dins aquesta UD. La nota d'aquestes dues activitats tindria un valor propi al final de l'avaluació tal com s'explica més tard.

Per avaluar cada UD s'hauria de dissenyar: una rúbrica per l'examen, una rúbrica per avaluar les activitats, i una rúbrica que es podria emprar per avaluar tant la participació com la feina dels equips cooperatius a totes les unitats didàctiques treballades. Aquesta rúbrica comuna per poder avaluar el funcionament dels grups cooperatius i la participació es troba a l'Annex 14. Per poder avaluar mitjançant aquesta rúbrica, el professor tindria en compte tant les seves observacions com l'autoavaluació dels grups cooperatius al final de cada

UD. En aquesta autoavaluació els grups avaluarien el seu funcionament i farien propostes de millora per treballar la següent UD.

Com la realització de les tres unitats didàctiques de la proposta ocuparà tot el primer trimestre, la nota d'aquest trimestre es calcularia de la següent forma: 30% de la nota final de la UD de la informació hereditària, 30% de la nota final de la UD de la cèl·lula, 30% de la UD sobre l'herència i la transmissió dels caràcters, 5% de la nota final de l'activitat 13 (consolidació) i 5% de la nota de l'activitat 14 (consolidació).

## AUTOAVALUACIÓ DEL PROFESSOR

Al finalitzar cada unitat didàctica el professor avaluaria la seva tasca mitjançant la rúbrica de la taula 13.

**Taula 13.** Rúbrica per autoavaluar la tasca docent.

| Criteris | Gens | Poc | Suficient | Molt |
|---|---|---|---|---|
| He explicat els criteris d'avaluació a l'inici de la UD? | | | | |
| He comprovat els coneixements previs dels estudiants abans d'iniciar la UD? | | | | |
| He tingut en compte els coneixements previs dels alumnes per preparar la UD? | | | | |
| He realitzat activitats per fomentar la motivació de l'alumnat? | | | | |
| He aconseguit una elevada participació dels alumnes en les activitats? | | | | |
| He preparat activitats inclusives per tots els alumnes? | | | | |
| He promogut el treball cooperatiu? | | | | |
| He plantejat alguna activitat que no ha funcionat tal com l'havia planejada? | | | | |
| He utilitzat diferents tipus d'avaluació? | | | | |
| He pogut complir la seqüenciació que tenia prevista? | | | | |
| He pogut comprovar el canvi conceptual de les idees prèvies errònies detectades? | | | | |

## ATENCIÓ A LA DIVERSITAT

En aquesta proposta es té en compte que a l'aula es pot trobar una elevada diversitat, ja que cap alumne és igual a l'altre. Per tant, en cas de tenir alumnes amb necessitats educatives especials es faria una adaptació personalitzada d'aquesta proposta per cada un d'aquests alumnes. Per poder dur a terme aquesta adaptació, es comptaria amb el suport del departament d'orientació del centre i s'intentaria que els suports es donessin a l'aula, perquè aquests alumnes no s'haguessin de separar de la resta de companys.

Aquesta proposta inclou molt de treball cooperatiu, sobretot en equips cooperatius heterogenis, per tant, de base ja és una proposta que procura la inclusió. Els grups cooperatius heterogenis permeten que els alumnes amb més dificultats per seguir el ritme de treball puguin tenir el suport dels alumnes que segueixen el curs a bon ritme. A més, tal com s'ha comentat es farien adaptacions personalitzades pels alumnes que ho necessitessin. Per exemple, si un alumne presentés problemes d'escriptura, es podria fer que pogués contestar l'examen i totes aquelles activitats que s'han de presentar de forma individual de forma oral.

## CONCLUSIONS

1. L'alfabetització científica dels alumnes a Espanya és bastant millorable, i entre les possibles raons d'aquest resultat es troben la falta de motivació de l'alumnat i la presència d'idees prèvies errònies.

2. Les idees prèvies errònies es troben àmpliament distribuïdes a la nostra societat i estan molt arrelades, ja que solen proporcionar als alumnes una resposta interna coherent a les preguntes que se'ls plantegen.

3. És necessari un canvi en la metodologia d'ensenyament, ja que el model tradicional, no sols és poc efectiu per corregir les idees prèvies errònies, sinó que tampoc ajuda a motivar a l'alumnat.

4. El model per descobriment és efectiu per millorar la motivació de l'alumnat, però no per corregir idees prèvies errònies, ja que el propi model pot ajudar a formar i reforçar idees prèvies errònies.

5. No totes les idees prèvies errònies són incompatibles amb les idees correctes, i per això es pot aconseguir aprenentatge significatiu mesclant ambdues idees.

6. És imprescindible tenir en compte les idees prèvies dels estudiants, siguin o no compatibles amb les idees correctes, perquè es doni aprenentatge i millori l'alfabetització científica de la nostra societat.

7. El model constructivista, a més de millorar la motivació de l'alumnat també serveix perquè es doni aprenentatge significatiu tenint en compte les idees prèvies de l'alumnat.

8. Les idees prèvies de biologia estan lligades a tots els seus camps temàtics, sent les idees prèvies dels camps de la genètica i l'evolució molt estudiades per la seva elevada presència als mitjans de comunicació.

9. Les idees prèvies de genètica més detectades a la bibliografia són aquelles relacionades amb la informació genètica i les formes en les quals es troba, la seva localització i els mecanismes de l'herència.

10. La metodologia educativa actual hauria de tenir en compte el conjunt d'estratègies proposades per la neuroeducació i el constructivisme, com el treball cooperatiu, per facilitar la interacció entre els alumnes i l'aprenentatge

entre iguals. D'aquesta forma es podria aconseguir la motivació de l'alumnat i la seva alfabetització científica.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES


Acción magistral. (31 juliol 2015). Charla digital con Francisco Mora [Arxiu de vídeo]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=FStDya28dlw [Consultat: 07/05/2018].

Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, *26*(2), 227-244.

Campanario, J. M. i Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, *17*(2), 179-192.

Campanario, J. M. i Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, *18*(2), 155-169.

Carballo, A. (2017). Neuroeducación: de la neurociencia al aula. *Integración: Revista sobre ceguera y deficiencia visual,* 70. Número monogràfic sobre atenció primerenca ISSN 0214-1892.

Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber Enseñado* (1ª ed.). Buenos Aires: Aique.

DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 582-601.

Decret 34/2015, publicat al BOIB núm. 73, de 15 de maig, pel qual s'estableix el currículum de l'educació secundària obligatòria a les Illes Balears.

Díaz, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista electrónica de investigación educativa*, *5*(2), 1-13.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, *6*(2), 109-120.

Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, *11*(30), 741-770.

Educación Galicia. (13 abril 2015). Neuroeducación. Entrevista a Francisco Mora Teruel [Arxiu de video]. Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=8E3Y-t6j0GE&feature=youtu.be [Consultat: 07/05/2018].

Furió, C., Solbes, J. i Carrascosa J. (2004). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, *48*, 64-78.

Hernández, M. C., Álvarez, E. i Ruiz, R. (2009). La selección natural: aprendizaje de un paradigma. *Teorema: Revista internacional de filosofía*, *28*(2), 107-121.

Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science education*, *82*(3), 407-416.

Íñiguez, F. J. i Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, *10*(3), 307-323.

Jiménez, M. P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las ciencias*, *9*(3), 248-256.

Jiménez, M. P. (2003). *La enseñanza y el aprendizaje de la biología*. En M. P. Jiménez, A. Camaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci y A. dePro, *Enseñar Ciencias* (1ª ed) (pp.119-146). Barcelona: Graó.

Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, *84*(1), 71-94.

March, A. F. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio Siglo XXI*, *24*, 35-56.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2016a). *PISA 2015. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos . Informe Español*. Madrid: Secretaria General Técnica.

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2016b). *Datos y cifras del sistema universitario español. Curso 2015-2016.* Madrid: Secretaria General Técnica.

Novack, J. (1988). Constructivismo humano: un consejo emergente. *Revista Enseñanza de las ciencias*, *6*(3), 213-223.

OCDE. (2016). *PISA 2015 Resultados Clave*. Secretaria General de la OCDE.

Ortega, F. J. R. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, *3*(2), 41-60.

Pallarés, D. (2015). Hacia una conceptualización dialógica de la neuroeducación. En *Participación educativa, 4*(7) (pp. 133-141). Madrid: Consejo Escolar del Estado. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Pozo, J. I. i Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, *38*, 35-52.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walwerg Henriksson, H.Y. i Hemmo, V. (2007). *Science Education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Bruselas: European Commision.

Ruiz, C.; Banet, E. i López, L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biològica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciències*, *14*(3), 550-569.

Serrano, J. M. i Pons, R. M. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *13*(1), 1-27.

Vildósola, X. (2009). *Las actitudes de professores y estudiantes, y la influencia de factores de aula en la transmisión de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza secundaria*. (Tesi doctoral, Universitat de Barcelona). Recuperada de http://www.tdx.cat/handle/10803/1325.

## BIBLIOGRAFIA

Torres, A. (2017). “Hay que acabar con el formato de clases de 50 minutos”. *El Pais*. Recuperat de https://elpais.com/economia/2017/02/17/actualidad/1487331225_28454.html [Consultat: 06/04/2018]

Revista Educación 3.0. (2017). Francisco Mora en SIMO EDUCACIÓN 2017. ¿Qué es neuroeducación? De la emoción al conocimiento [Arxiu de video]. Recuperat de https://youtu.be/SzUa-IrpKZc [Consultat: 06/04/2018]

## ANNEX 1: Qüestionari i pla d'explotació

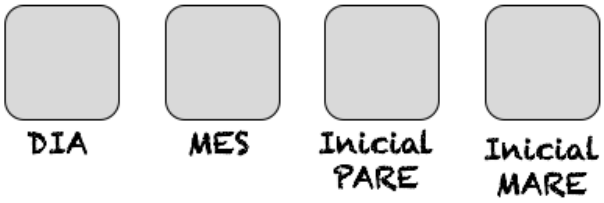
**Què en saps de genètica?**

Amb aquest qüestionari es pretén saber quin és el teu grau de coneixement sobre genètica. Sols es pretén millorar la teva experiència com a estudiant. Per tant, contesta amb sinceritat a les preguntes, ja que dels resultats dependrà la forma en què es treballarà aquest tema a classe.

Recorda que aquest qüestionari no és un examen, per tant no hi ha respostes errònies, sempre seran encertades si respons sincerament el que TU saps.

El qüestionari és anònim de manera que no has de posar el teu nom, sinó que hauràs de posar un codi secret que només coneixeràs tu! Nosaltres amb aquest codi únicament sabrem que cada qüestionari pertany a una persona diferent. En canvi, tu, en ser l'únic que coneix el codi, podries ser capaç de consultar el que vas posar al qüestionari si d'aquí a uns mesos t'entra curiositat pel que sabies abans. Per començar, escriu el teu número secret seguint les següents passes: (1) En el primer requadre posa el teu dia de naixement, (2) en el segon requadre posa el teu mes de naixement, (3) en el tercer requadre posa la inicial del nom del teu pare i (4), en el quart requadre posa la inicial del nom de la teva mare. Et deixem un exemple: El número secret per a un alumne que hagués nascut el dia 10 de maig, si els noms del seu pare i la seva mare fossin Toni i Maria, seria: 10 05 T M.

Ara escriu el teu:




**Moltes gràcies per la teva col·laboració!**

1. Quins d'aquests éssers vius estan formats per cèl·lules? Marca amb una "X" les teves opcions.

| | | |
|---|---|---|
| A | Carnívors | |
| B | Herbívors | |
| C | Humans | |
| D | Plantes | |
| E | Fongs | |
| F | Bacteris | |
| G | No ho sé | |

2. Quins d'aquests éssers vius tenen cromosomes? I quins tenen gens? Marca amb una "X" les teves opcions.

| | **Organisme** | **Cromosoma** | **Gens** |
|---|---|---|---|
| A | Carnívors | | |
| B | Herbívors | | |
| C | Humans | | |
| D | Plantes | | |
| E | Fongs | | |
| F | Bacteris | | |
| G | No ho sé | | |

3. On es troba la informació hereditària? Marca amb una X les teves opcions.

| | | |
|---|---|---|
| A | Cèl·lules | |
| B | ADN | |
| C | Cromosoma | |
| D | Gen | |
| E | Cromosoma sexual | |
| F | No ho sé | |

4. Quines d'aquestes cèl·lules tenen informació hereditària? Marca amb una X les teves opcions.

| | | |
|---|---|---|
| A | Espermatozous | |
| B | Òvuls | |
| C | Cèl·lules del cervell | |
| D | Cèl·lules musculars | |
| E | Cèl·lules de l'intestí gruixat | |
| F | Cèl·lules de la pell | |
| G | No ho sé | |

5. Què és un gen?

6. Un gen és el mateix que un al·lel? Marca una de les tres opcions.

| | | |
|---|---|---|
| A | Sí | |
| B | No | |
| C | No ho sé | |

7. Quins d'aquests organismes tenen reproducció sexual? Marca amb una X les teves opcions.

| | | |
|---|---|---|
| A | Humà | |
| B | Ca | |
| C | Planta | |
| D | Moix | |
| E | No ho sé | |

8. Què és la mitosi?

9. És la meiosi el mateix que la mitosi?

| | | |
|---|---|---|
| A | Sí | |
| B | No | |
| C | No ho sé | |

10. Si s'ajunta un òvul i un espermatozou es formarà un zigot. Marca amb una X el que creus que passarà després:

| | | |
|---|---|---|
| A | Aquest zigot acabarà donant lloc a totes les cèl·lules de l'individu i a cada tipus de cèl·lula (Ex: cèl·lula muscular) li donarà sols la informació necessària per realitzar la seva funció | |
| B | Aquest zigot acabarà donant lloc a totes les cèl·lules de l'individu i totes duran la mateixa informació hereditària | |
| C | La informació hereditària del zigot sols es transmetrà a les cèl·lules sexuals (òvuls o espermatozous) del nou individu | |
| D | No ho sé | |

11. Un grup d'individus de pell molt clara es van traslladar de Suècia a una illa del Carib amb un clima càlid i elevada radiació solar. Com a conseqüència d'haver estat sotmesos a aquesta elevada radiació, la pell d'aquesta gent es va anar tornant més obscura al llarg de la seva vida. Després de diverses generacions vivint a aquesta illa, creus que els descendents tindran un color de pell ja més obscur des del moment del seu naixement? Marca una de les següents opcions amb una X.

| | | |
|---|---|---|
| A | Tots els descendents naixeran amb un color de pell més obscur que els primers individus que van arribar a l'illa | |
| B | Tots els descendents naixeran amb el mateix color de pell que els primers individus que van arribar a l'illa | |
| C | Entre els descendents podrà haver-hi individus que neixin amb la pell més obscura que els que van arribar a l'illa mentre altres tindran el mateix color que els primers individus. | |
| D | No ho sé | |

12. En Lluís té els ulls marrons i el pèl negre com el seu pare, mentre la seva mare és rossa amb els ulls verds. Per què creus que en Lluís es pareix més al seu pare? Marca amb una X l'opció que creguis correcta.

| | | |
|---|---|---|
| A | Dos espermatozous van fecundar un sol òvul | |
| B | En Lluís va rebre la mateixa quantitat d'informació genètica per part dels dos pares, però per les característiques esmentades predomina la informació genètica del pare | |
| C | En Lluís va rebre més quantitat d'informació genètica del pare i per això es pareix més a ell | |
| D | Les cèl·lules que determinen el color de pèl i d'ulls d'en Lluís sols tenen informació genètica del seu pare | |
| E | No ho sé | |

**Pla d'explotació del qüestionari**

Amb aquest qüestionari es pretén detectar els coneixements sobre genètica que presenta l'alumnat, i identificar les idees prèvies errònies que mantenen. Per tant, totes les preguntes van dirigides a conèixer el que saben els estudiants.

**Informació que es vol obtenir de cada pregunta del qüestionari**

Pregunta 1. Amb aquesta pregunta es vol saber si els alumnes saben quins organismes tenen estructura cel·lular. S'ha donat l'opció G de no ho sé, per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 2. Amb aquesta pregunta es vol saber si els alumnes creuen que alguns organismes poden tenir cromosomes però no gens. I a més, si els alumnes relacionen la presència de cromosomes amb la presència de cèl·lules, ja que s'han posat els mateixos organismes que en la pregunta 1. S'ha donat l'opció G de no ho sé, per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 3. Amb aquesta pregunta es pretén saber si els estudiants relacionen aquests termes amb l'herència biològica. S'ha donat l'opció F de no ho sé, per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 4. Amb aquesta pregunta es vol saber si els alumnes creuen que la informació hereditària sols es troba als gàmetes o també es troba a la resta de cèl·lules. S'ha donat l'opció G de no ho sé, per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 5. Amb aquesta pregunta es vol saber si els alumnes tenen clar els conceptes de gen. Al ser una pregunta oberta s'han establert distints nivells de resposta per tal d'analitzar més fàcilment les contestacions dels alumnes.

Nivell 0: No contesta o contesta malament.
Nivell 1: Sap que els gens són fragments d'ADN o almenys els relaciona amb l'ADN.
Nivell 2: Diu que els gens són fragments d'ADN que codifiquen per una proteïna/macromolècula.

Pregunta 6. Amb aquesta pregunta es vol saber si els alumnes saben què són els al·lels i per tant si poden diferenciar entre gen i al·lel. S'ha donat l'opció C de no ho sé per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 7. Amb aquesta pregunta es vol saber si està generalitzada la idea que les plantes no tenen reproducció sexual. S'ha donat l'opció E de no ho sé per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 8. Amb aquesta pregunta es vol saber si els alumnes tenen clar el concepte de mitosi. En ser una pregunta oberta s'han establert distints nivells de resposta per tal d'analitzar més fàcilment les contestacions dels alumnes.

Nivell 0: No contesta o contesta malament.
Nivell 1: Sap que al final de la mitosi una cèl·lula es divideix en dues.
Nivell 2: Sap que la mitosi és el procés de divisió cel·lular pel qual es reparteix el material genètic de la cèl·lula mare en dues cèl·lules filles idèntiques que tindran el mateix nombre de cromosomes.

Pregunta 9. Amb aquesta pregunta es vol saber si els alumnes tenen clar el concepte de meiosi i per tant poden diferenciar entre mitosi i meiosi o no. S'ha donat l'opció C de no ho sé per evitar que donin una resposta a l'atzar si no saben res dels dos conceptes o almenys d'un d'ells.

Pregunta 10. Amb aquesta pregunta es vol veure si els alumnes saben que totes les cèl·lules d'un individu tenen la mateixa informació genètica, o si per contra, creuen que cada cèl·lula sols té la informació necessària per a la seva pròpia funció. S'ha donat l'opció D de no ho sé, per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 11. Amb aquesta pregunta es planteja la possibilitat que l'ambient pot influir en l'aparició d'un determinat caràcter, per tant es pretén saber si els alumnes creuen que els factors ambientals tenen més influència que els

hereditaris. S'ha donat la opció D de no ho sé, per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

Pregunta 12. Amb la pregunta 12 es vol veure si els estudiants tenen clar que semblar-se més a un progenitor no és degut a haver rebut més quantitat d'informació genètica per part seva, simplement es deu al fet que la informació genètica d'un progenitor sobre un cert caràcter pot predominar sobre la de l'altre. S'ha donat l'opció D de no ho sé, per evitar que donin una resposta a l'atzar si no ho saben.

**Hipòtesis a corroborar**

Cada pregunta del qüestionari aporta informació rellevant per ella mateixa, però s'ha decidit fer una sèrie d'hipòtesis que responen als objectius principals del qüestionari. Les hipòtesis es poden contestar analitzant les respostes de dues o més preguntes, o fins i tot, amb les respostes d'una sola pregunta.

Hipòtesi 1. Els alumnes no tenen clar que és la informació hereditària, ni quines són les formes en les quals podem trobar-la.

Es compararan les respostes de les preguntes 2, 3, 5 i 6.

Hipòtesi 2. Els alumnes no tenen clar on es localitza la informació hereditària.

Es compararan les respostes de les preguntes 1, 3 i 4.

Hipòtesi 3. Els alumnes no tenen clar que les plantes puguin tenir reproducció sexual.

Es tindrà en compte el resultat de la pregunta 7.

Hipòtesi 4. Els alumnes no diferencien bé entre els processos de divisió cel·lular.

Es compararan les respostes de les preguntes 8 i 9.

Hipòtesi 5. Els alumnes no tenen clar que totes les cèl·lules d'un organisme tenen la mateixa informació genètica.

Es compararan les respostes de les preguntes 10 i 12.

Hipòtesi 6. Els alumnes presenten idees lamarckianes i creuen que els factors ambientals tenen més influència que els hereditaris.

Es tindrà en compte el resultat de la pregunta 11.

Hipòtesi 7. Els alumnes no tenen clar els mecanismes de l'herència dels caràcters.

Es compararan els resultats de les preguntes 8, 9, i 12.

**Post-qüestionari**

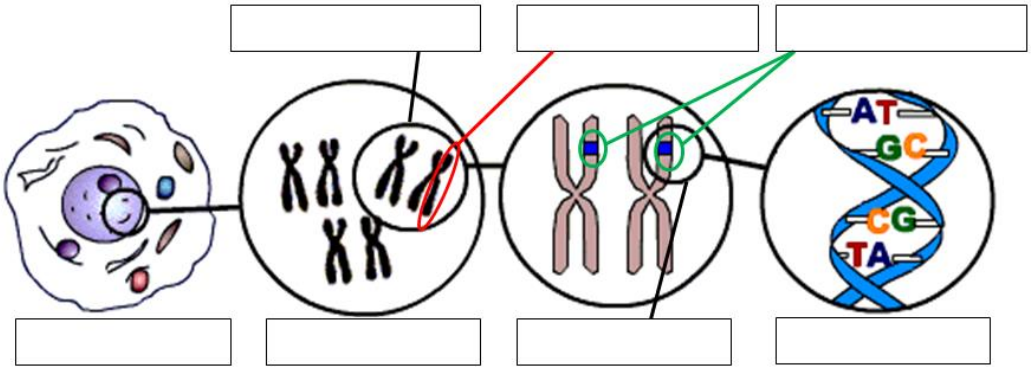
A partir dels resultats del qüestionari, es sabrà fins on arriben els coneixements dels alumnes sobre genètica i quins són els conceptes erronis més comuns que presenten. A partir d'aquestes dades es dissenyaran les activitats amb diverses metodologies per intentar aconseguir el canvi conceptual de tots els conceptes erronis detectats. Per tant, la proposta per ensenyar genètica s'enfocarà a donar prioritat a les qüestions que els alumnes haurien de reforçar per tal de tenir una visió adequada d'aquest tema.

Un pic aquesta proposta es pogués dur a terme, una forma de comprovar l'efectivitat de la metodologia emprada seria mitjançant autoavaluació dels

alumnes dels seus qüestionaris inicials, que reconeixerien pel seu codi individual. D'aquesta forma els alumnes podrien ser conscients de tot el que han après durant l'estudi de la genètica, i com ha canviat el seu coneixement des de l'inici d'aquest. A la vegada, el professor podria detectar quines són les idees més difícils de canviar i, per tant, on ha de seguir concentrant els seus esforços.

## ANNEX 2: Activitat 2. Què en saps de la informació hereditària?

1. Emplena els buits amb el que has après amb la activitat 1.



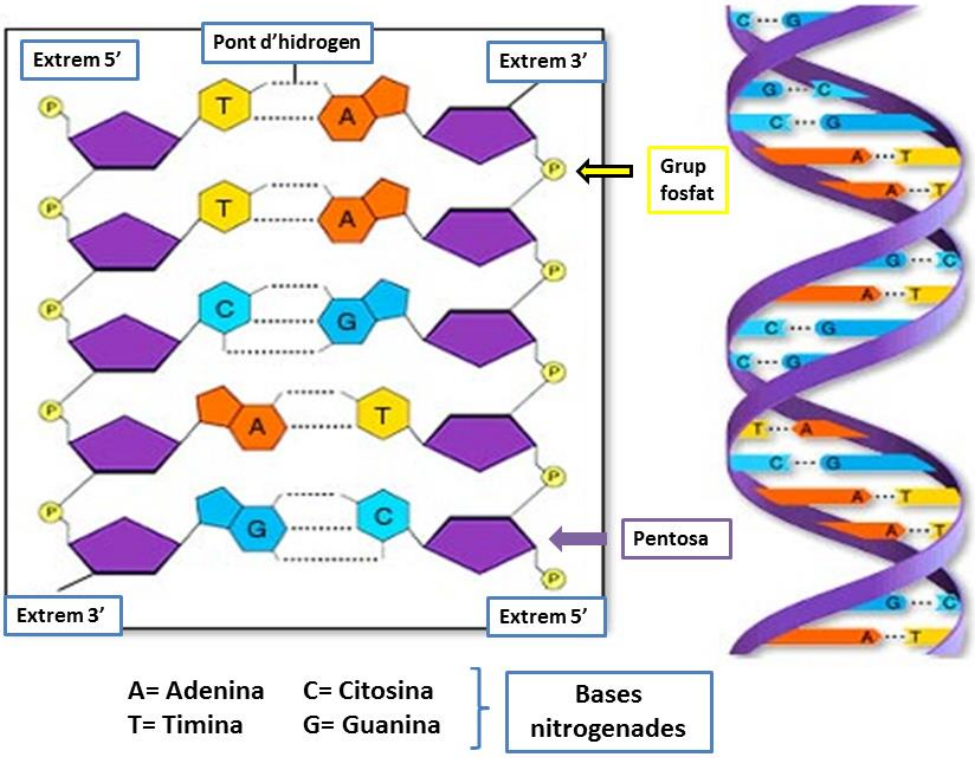

Imatge modificada a partir de la imatge extreta de: www.ataxia-y-ataxicos.es

2. Escriu les idees que han sorgit a la pluja d'idees de l'activitat 1, digues si ara les consideres vertaderes (V) o falses (F) i el perquè.

## ANNEX 3: Activitat 3. Com és l'ADN?

1. Llegiu el següent text i observeu la següent imatge:

L'ADN és la macromolècula portadora de la informació hereditària i està formada per dues cadenes de nucleòtids que són complementàries i formen una doble hèlix. Aquesta macromolècula es forma per la unió d'unes molècules orgàniques bàsiques anomenades nucleòtids. I com és un nucleòtid? Un nucleòtid està format per un grup fosfat, una pentosa (desoxiribosa) i una base nitrogenada. A cada cadena de l'ADN els nucleòtids s'uneixen entre ells a través del seu grup fosfat. En canvi, els nucleòtids de les dues cadenes complementàries s'uneixen entre ells a partir de les seves bases nitrogenades mitjançant un pont d'hidrogen. Als nucleòtids hi pot haver 4 tipus de bases nitrogenades, i la unió d'aquestes no es dóna a l'atzar, sinó que sempre es donen els mateixos emparellaments (vegeu imatge).




Imatge modificada a partir de: https://geneticabioterio.wordpress.com/genetica-molecular/

2. Dibuixeu el disseny que empraríeu per construir una molècula d'ADN indicant el material que empraríeu per representar cada component.

3. Escriviu pas per pas el procés que seguiríeu per construir la vostra maqueta.

4. Construïu la vostra maqueta d'ADN

5. Valoreu les maquetes dels vostres companys amb una nota numèrica a cada apartat (escala de 0 a 10) i poseu una nota mitjana. A més, indiqueu si cada maqueta té o no aspectes a millorar, i si en té, heu d'escriure quins a la quarta columna.

| **Nom del grup** | **Elecció de materials** | **Adequació de la maqueta al model d'ADN** | **Té aspectes a millorar?** | **Nota final** |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

## ANNEX 4: Activitat 4. Investiguem el descobriment de l'ADN!

Empleneu aquesta fitxa entre els membres del grup cooperatiu a partir de les dades que trobeu per internet. Recordeu citar les fonts de les que heu extret la informació al final de la fitxa (apartat "Referències").

1. Què és un nucleòtid? Dibuixeu i expliqueu breument els seus components.

2. Marqueu si aquesta frase és vertadera (V) o falsa (F) i expliqueu el perquè.

| | | |
|---|---|---|
| Tant l'ADN com l'ARN són portadors de la informació hereditària | V | F |

3. Digueu quines característiques diferencien l'ADN de l'ARN.

4. Qui eren Watson i Crick? Què van descobrir? Escriviu una breu biografia d'aquests dos científics, centrant-vos en com van dur a terme el seu gran descobriment científic (màxim 1 foli).

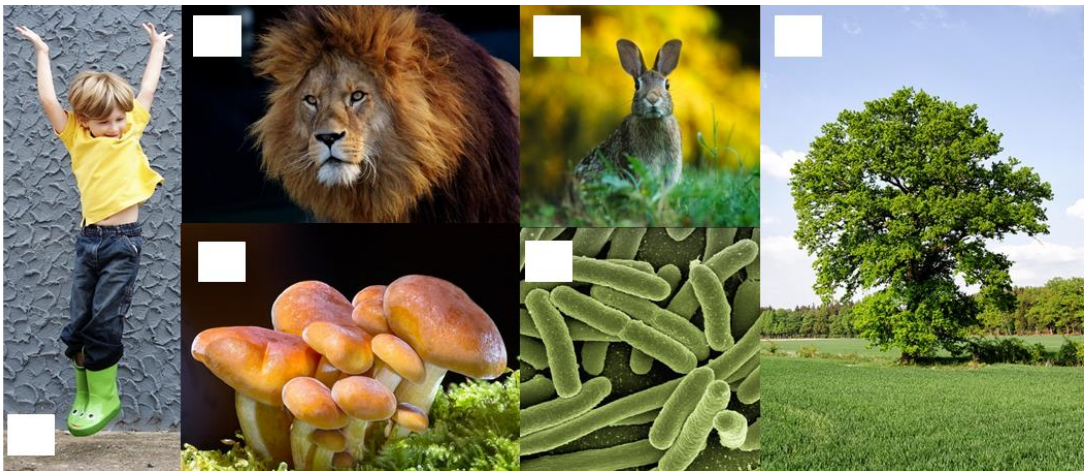
5. Qui era Rosalind Franklin? A quin descobriment va participar sense que se li donés reconeixement? Escriviu una breu biografia d'ella (màxim 1 foli). Al final de la biografia, poseu un breu paràgraf de reflexió sobre si considereu que la seva feina ha tingut un reconeixement just o injust.

6. A partir del que heu descobert, a quins científics creieu que se'ls hauria d'atribuir el descobriment de la doble hèlix?

7. Referències

## ANNEX 5: Activitat 5. Quins organismes estan formats per cèl·lules?

1. Marca amb una X quins d'aquests organismes estan formats per cèl·lules



Imatge d'elaboració pròpia a partir d'imatges lliures de copyright

2. Mira el següent vídeo:

https://www.youtube.com/watch?v=LjDJ1VRg8Dk

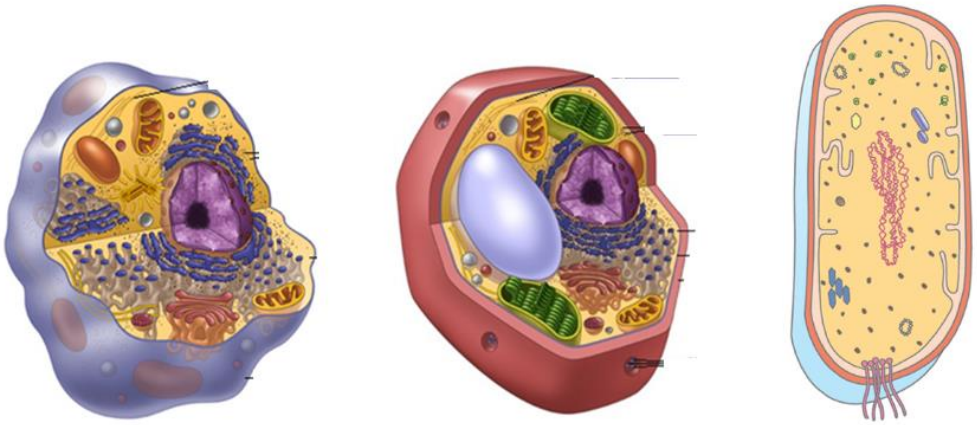
3. Entra a la següent pàgina web:

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena5/index_4quincena5.htm

3.1. Visita tots els apartats de la web (excepte l'apartat 6) que trobaràs en el panell esquerre de la pàgina.

3.2. Fes les activitats interactives dels subapartats "Generalidades", "Célula procariota" i "Célula eucariota" de l'apartat 3.

4. Marca el lloc on es troba el material hereditari en aquestes cèl·lules i digues a quin tipus cel·lular pertanyen:



Imatge modificada a partir de les imatges extretes de: https://www.emaze.com/@ALTCTOWZ i https://www.hiru.eus/es/biologia/la-celula-estructura-y-funcion

5. Digues quines d'aquestes afirmacions són vertaderes (V) o falses (F) respecte al que diu la teoria cel·lular. En cas que siguin falses explica el perquè.

| | |
|---|---|
| Tots els éssers vius estan formats per cèl·lules | |
| La cèl·lula sols és portadora de la informació hereditària | |
| A la cèl·lula es duen a terme totes les funcions dels éssers vius | |
| Les cèl·lules surten de forma espontània en el medi, el que explica com surten els bolets. | |
| Una planta està formada per cèl·lules | |
| Cada cèl·lula prové d'una cèl·lula preexistent | |

## ANNEX 6: Activitat 6. Com es divideixen les cèl·lules?

1. Llegiu els següents dos textos entre vosaltres. Per això, l'alumne A llegirà el text A en veu alta mentre l'alumne B l'escolta atentament. En finalitzar aquest text, l'alumne B li ha de demanar a l'alumne A quina és la idea principal. Si tots dos esteu d'acord, marqueu el més destacat en el text, en canvi, si no ho esteu, haureu de donar els vostres arguments al vostre company fins que arribeu a un consens. A continuació passareu al text B canviant els rols, és a dir l'alumne B passa a llegir i l'alumne A escolta (20 minuts).

**Text A**

La mitosi és el procés mitjançant el qual s'assegura que el nombre de cromosomes d'una cèl·lula eucariota es mantingui a la següent generació quan aquesta dóna lloc a dues cèl·lules filles. Per això, abans que es produeixi la mitosi l'ADN s'ha de duplicar. Un cop la cèl·lula mare entra en mitosi podem dividir aquest procés en quatre fases: profase, metafase, anafase i telofase.

- A la profase la cromatina es condensa i apareixen els cromosomes amb dues cromàtides germanes que ja vam veure anteriorment. A més desapareixen el nuclèol i la membrana nuclear, i els centríols es mouen cap als extrems de la cèl·lula formant unes fibres que es denominen fus mitòtic.

- A la metafase els cromosomes es disposen en el centre de la cèl·lula a causa de l'acció de les fibres del fus mitòtic que es troben unides a cada cromosoma pel centròmer.

- A l'anafase les cromàtides germanes de cada cromosoma es separen i migren cada una a un pol de la cèl·lula per l'acció de les fibres del fus mitòtic.

- Finalment a la telofase comença a formar-se la membrana nuclear, desapareix el fus mitòtic i els cromosomes es descondensen formant cromatina.

Per completar la divisió cel·lular, després de la mitosi (divisió del nucli) es produeix la citocinesi, que és la divisió del citoplasma i així és com s'obtindrien dues cèl·lules filles idèntiques a partir d'una cèl·lula somàtica.

**Text B**

La meiosi consisteix en dues divisions cel·lulars successives però és un procés reduccional, ja que a partir d'una cèl·lula diploide es formen quatre cèl·lules haploides. Per tant, les cèl·lules filles tenen la meitat del contingut d'ADN que la cèl·lula inicial, i a més són genèticament diferents entre elles. Aquest procés és el que es dóna en la formació de gàmetes. A cada una de les dues divisions cel·lulars successives que es donen a la meiosi també trobem les quatre fases ja descrites a la mitosi, encara que amb certes diferències. A més, sols es dóna la duplicació de l'ADN abans de la primera divisió cel·lular de la meiosi.

A la primera divisió cel·lular de la meiosi les quatre fases s'anomenen com: profase I, metafase I, anafase I i telofase I.

-A la profase I es condensa la cromatina i apareixen els cromosomes homòlegs. Aquests s'aparellen i intercanvien fragments d'ADN (sobreencreuament) assegurant que les cèl·lules filles siguin genèticament diferents de la mare. També desapareixen el nuclèol i la membrana nuclear, i els centríols es mouen cap als extrems de la cèl·lula formant el fus mitòtic.

- A la metafase I els cromosomes homòlegs es disposen per parelles en l'equador de la cèl·lula i cada cromosoma homòleg està unit pel centròmer a un pol diferent de la cèl·lula.

- A l'anafase I els cromosomes homòlegs es separen, ja que cada un és arrossegat a un pol diferent pel fus mitòtic.

- A la telofase I comença a formar-se la membrana nuclear, desapareix el fus mitòtic i els cromosomes es descondensen formant cromatina.

Aquestes fases van seguides de la citocinesi i donen com a resultat dues cèl·lules filles haploides.

En canvi, la segona fase de la meiosi és igual que una mitosi, encara que sense la duplicació de l'ADN anterior a aquesta, on les fases es diran: profase II, metafase II, anafase II i telofase II. A aquesta segona fase el que es separen són les cromàtides germanes, també anirà seguida de la citocinesi i el resultat ja són quatre cèl·lules filles haploides.

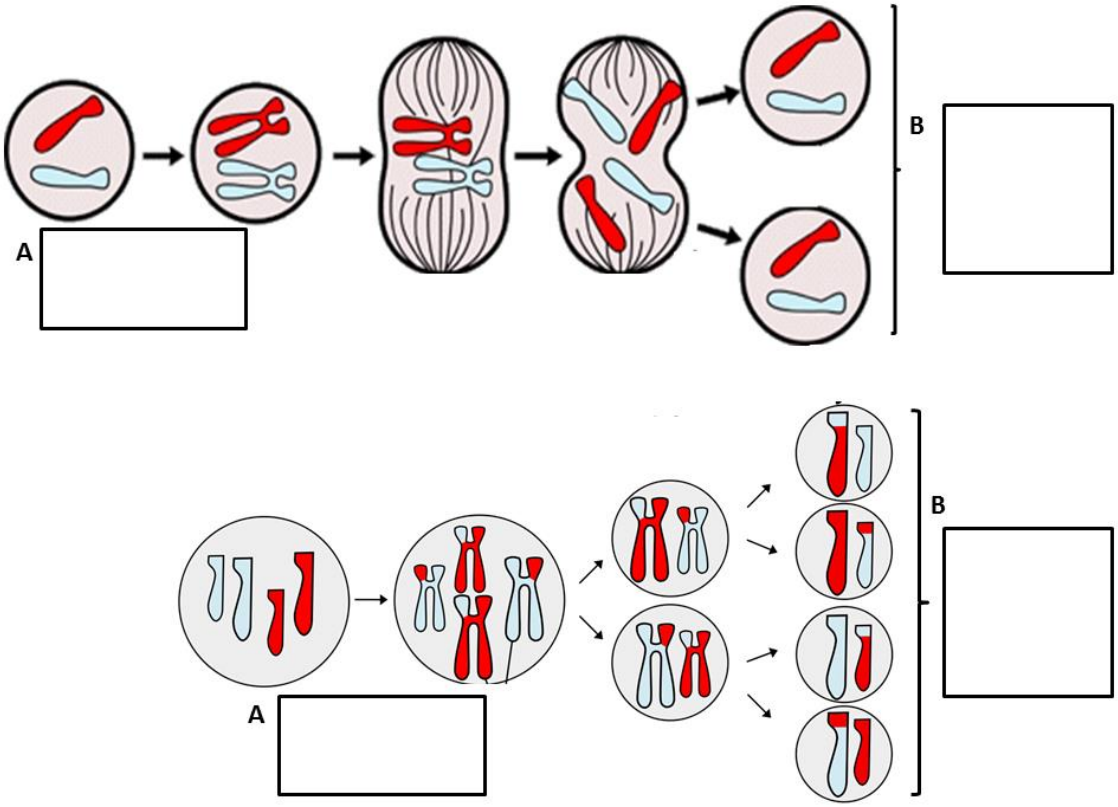
2. A l'acabar els dos textos, heu de fer un resum entre els dos a partir del que heu destacat mentre el llegíeu (5 minuts).

3. Contesteu a les següents qüestions (15 minuts):

-Digueu quines d'aquestes afirmacions són vertaderes (V) o falses (F). Si són falses, expliqueu el perquè

| | | |
|---|---|---|
| A | Si una cèl·lula diploide fa mitosi, al final obtenim dues cèl·lules haploides | |
| B | A la mitosi es pot donar recombinació entre els cromosomes homòlegs | |
| C | La meiosi consisteix en dues mitosis successives | |
| D | Els cromosomes sexuals sols es troben en els gàmetes | |
| E | Amb la mitosi aconseguim que totes les cèl·lules d'un organisme tinguin la mateixa informació genètica | |
| F | Si un organisme diploide que es reprodueix sexualment vol formar gàmetes ha de dividir-se per mitosi | |
| G | Sols es dóna duplicació de l'ADN abans de la meiosi | |
| H | Tant el creixement com la reproducció asexual es produeixen per la divisió de les cèl·lules somàtiques en un procés que es diu mitosis | |

-Escriviu damunt de cada dibuix quin procés de divisió cel·lular es dóna en cada un d'ells, el procés que es produeix als requadres amb les lletres A i el resultat que es dóna als quadres amb les lletres B.




Imatge modificada a partir de la imatge extreta de: https://www.bioexplorer.net/differences-between-mitosis-and-meiosis.html/

-Completeu aquesta taula amb el que heu après.

| | Mitosi | Meiosi |
|---|---|---|
| **Cèl·lules implicades** | | |
| **Nombre de divisions** | | |
| **Què passa a l'anafase?** | | |
| **Marca amb una X quin dels dos processos és més llarg** | | |
| **Resultat** | | |
| **Aporta variabilitat?** | | |
| **Per què es dóna cada procés?** | | |

4. Coavaluació (10 minuts).

-A quina parella us ha tocat coavaluar? Poseu el noms dels membres de la parella que us ha tocat avaluar.

-Marqueu els aspectes a millorar que presenta la fitxa dels vostres companys amb un bolígraf verd. Si trobeu que alguna resposta no és correcta escriviu el perquè.

## ANNEX 7: Activitat 7. Fem d'investigadors!

Mizushima Hiro, un científic de la universitat de Tokio ens ha enviat un treball molt especial. Es veu que al Japó s'ha posat molt de moda menjar cebes en miniatura. Hi ha certes varietats de ceba molt petites, però la demanda és tan gran que els productors locals no donen abast, ni tenen més lloc en el camp per sembrar més cebes en miniatura. A causa d'aquesta moda, ara la gent no menja cebes normals i tones d'aquesta ceba s'estan tirant al fems cada dia. Els productors no volen deixar de cultivar ceba normal, perquè no saben quant de temps durarà aquesta moda de les cebes en miniatura, però a la vegada no volen tenir les elevades pèrdues econòmiques que ara tenen. Així que li han encarregat al doctor Hiro que dissenyi un fàrmac que inhibeixi la mitosi de les cèl·lules i d'aquesta forma es podria controlar el creixement de la ceba normal perquè es quedi en la mida desitjada. En Hiro ja ha dissenyat 6 possibles fàrmacs i els ha aplicat al meristema de les cebes normals, però no ha pogut comprovar si funcionen o no perquè està molt enfeinat amb la seva recerca. Així que ens ha demanat a nosaltres que comprovem si aquests 6 fàrmacs funcionen mirant les preparacions histològiques que ell ens ha enviat.

Organitzeu-vos en els grups cooperatius de 4 persones establerts pel professor al principi de la UD. A cada grup se li donarà una mostra de meristema de ceba normal (control) i una mostra de meristema de ceba normal tractada amb un dels fàrmacs d'en Hiro. Mireu les mostres amb el microscopi òptic i observeu si veieu diferències entre el meristema control i el meristema tractat amb un dels fàrmacs. Per poder diferenciar si es dóna mitosi, us adjuntem fotografies de com es veuen les cèl·lules de ceba en mitosis al final d'aquesta fitxa. Quan observeu les dues mostres contesteu a les següents preguntes:

1. Veieu que ocorre mitosis en les cèl·lules del meristema de ceba normal (control)? En cas afirmatiu, dieu en quines fases de la mitosi heu trobat les cèl·lules.

2. Escriviu el nom del fàrmac que ha emprat el doctor Hiro a la mostra de ceba tractada que us ha tocat.

3. Veieu que ocorre mitosis en les cèl·lules del meristema de ceba normal tractat amb el vostre fàrmac? En cas afirmatiu, dieu en quines fases de la mitosi heu trobat les cèl·lules.

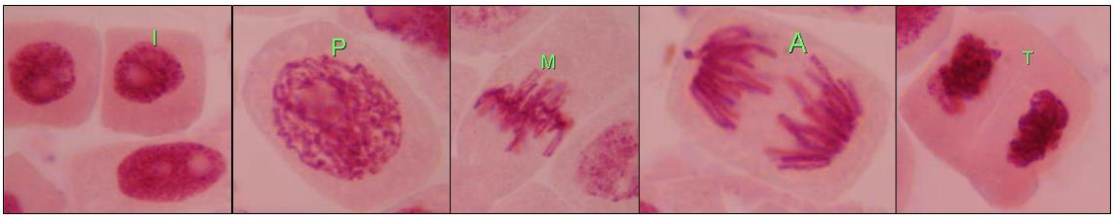
4. D'acord amb els resultats que heu observat, creieu que el fàrmac del qual heu observat l'efecte és efectiu pel doctor Hiro? Expliqueu el perquè.

5. El primer grup que acabi de mirar les seves mostres, ha de copiar aquesta graella a la pissarra on tots els grups posaran si el seu fàrmac ha estat efectiu o no.

| **Fàrmac** | **Efectiu?** |
|---|---|
| Fàrmac 1 | |
| Fàrmac 2 | |
| Fàrmac 3 | |
| Fàrmac 4 | |
| Fàrmac 5 | |
| Fàrmac 6 | |

6. Partint dels resultats observats per tots els grups, que li hauríem de dir al doctor Hiro? Cada grup cooperatiu ha d'escriure una breu carta al doctor Hiro explicant-li si trobeu que ha de seguir cercant nous fàrmacs o no, i el perquè.

Exemples de cèl·lules en mitosi




Interfase Profase Metafase Anafase Telofase

Imatge modificada a partir de les imatges extretes de: http://ciclocelular.galeon.com/index.html

## ANNEX 8: Activitat 8. Com es reprodueixen les plantes?

1. Llegiu el següent text:

Sabies que les flors tenen òrgans reproductors? La majoria de les flors són hermafrodites, tenen una part masculina i una part femenina. La masculina està formada pels estams mentre que la part femenina s'anomena pistil. Els estams tenen dues parts: el filament i les anteres. Les anteres són les estructures on es troba el pol·len, el qual conté les cèl·lules espermàtiques (gàmetes masculins). Per altra banda, el pistil té forma de gerro i s'hi distingeixen tres parts: estigma, estil i ovari, on com us podreu imaginar pel seu nom és on es troben els òvuls.

2. Observa a simple vista les diferents flors que us ha proporcionat el professor i les que vosaltres heu dut i intenteu identificar tots els components de la part masculina i femenina de la flor.

3. Lleveu delicadament alguns dels pètals de les flors per poder veure les parts masculines i femenines d'una forma més clara. Poseu d'una en una les flors que teniu a la lupa binocular i intenteu observar els components de la part masculina i femenina de la flor. Dibuixeu les parts de la flor d'una de les plantes, ja sigui de les proporcionades pel professor o de les que vosaltres heu portat, indicant el nom vulgar i científic d'aquesta espècie. Si teniu dubtes sobre quina planta és demaneu al professor que us ajudi.

4. En vista que la flor és un òrgan reproductor i que en les diverses estructures que has vist es troben els gàmetes de la planta, quin tipus de reproducció creus que té una planta amb flors?

5. Si féssiu un anàlisi cromosòmic de la planta, seria igual el nombre de cromosomes en els gàmetes que en les cèl·lules de les fulles? Per què?

6. Observeu la patata. S'observen brots. Quina possible explicació en trauríeu per explicar la presència d'aquests brots?

7. Per tant, quin/s tipus de reproducció poden presentar les plantes?

## ANNEX 9: Activitat 10. A qui em semblo més?

1. Mira atentament la teva fotografia amb els teus pares. A quin dels teus dos progenitors creus que t'assembles més genèticament? (2 minuts)

2. Posa't a fer feina amb el grup cooperatiu amb el qual has fet feina aquesta UD. Cada grup tindrà assignat un número i cada membre del grup també tindrà un número de l'1 al 4 assignat que heu de recordar. Intercanvia la teva fotografia amb la dels teus companys de grup. Escriu en cada cas a quins dels seus dos progenitors s'assemblen més genèticament els teus companys (5 minuts).

3. Llegeix aquest text de forma individual (5 minuts):

Com suposo que recordes, els gàmetes es formen per meiosi. Per tant cada gàmeta sols conté la meitat de la informació genètica que té cada cèl·lula dels teus progenitors. Així, quan s'ajunten els dos gàmetes a la fecundació i donen lloc al zigot, aquest té el mateix nombre de cromosomes que les cèl·lules dels seus pares, i per tant el 50% del seu ADN prové d'un progenitor i el 50% restant de l'altre. El que pot passar és que un fill s'assembli més físicament o a un dels dos progenitors perquè per certes característiques s'expressin els gens

d’un progenitor i no de l’altre. I perquè sols s’expressa el gen d’un progenitor per un caràcter? Perquè es dóna el que es coneix com a herència dominant. Quan es dóna aquest tipus d’herència, la presència d’una sola còpia del gen dominant fa que s’expressi aquesta característica i que no s’expressi la característica codificada per l’al·lel que ens ha aportat l’altre progenitor. És a dir, que un dels dos al·lels és dominant sobre l’altre. Si presentem dos al·lels diferents per a un caràcter, som heterozigots i s’expressarà l’al·lel dominant. Per això, pot passar que per determinats caràcters ens assemblem més a un dels dos progenitors, perquè és ell el que ens va aportar l’al·lel dominant per aquell caràcter. Ara bé, si tenim dos al·lels iguals, es diu que som homozigots per a aquest caràcter, independentment de quin dels dos al·lels s’expressi, el resultat sempre és el mateix perquè són iguals. Així per exemple, si som homozigots per a un caràcter recessiu, presentarem el caràcter recessiu, per tant, no sempre s’expressen les característiques dominants. A més també es pot donar codominància, és a dir, que cap dels dos al·lels domini sobre l’altre i per tant, en el cas d’un heterozigot aquest presentarà un aspecte que és una mescla de l’expressió dels dos al·lels paterns.

4. Llegeix la següent afirmació:

“Genèticament no ens assemblem més a un progenitor que a l’altre, ja que cada un d’ells ens aporta la meitat de la nostra informació genètica”

Els membres del grup amb els números 2 i 4 hauran de pensar arguments per donar suport a aquesta afirmació, mentre que els números 1 i 3 hauran de pensar arguments per qüestionar-la. Cada membre tindrà dos minuts per posar els seus arguments de forma individual a un foli. A continuació, cada parella tindrà tres minuts més per compartir els seus arguments i decidir quins defensaran com a parella, millorant cada un en el seu paper la seva argumentació amb les idees que li ha donat el company. Després, les dues parelles tindran 10 minuts per debatre sobre el tema emprant els seus arguments. Finalment, cada membre escriurà quins són els arguments a favor i

en contra definitius (3 minuts), escrivint en el seu foli els arguments unificats de la postura contrària. Cada un dels membres ha d'adjuntar el seu foli d'aquesta activitat de controvèrsia acadèmica junt amb aquesta fitxa quan l'entregui.

5. Completeu la següent graella entre els membres del grup (5 minuts):

| **Caràcter** | **Nombre d'alumnes que el presenten** |
|---|---|
| Ulls clars (verd o blau) | |
| Ulls marrons | |
| Lòbul de l'orella aferrat | |
| Lòbul de l'orella separat | |
| Pèl llis | |
| Pèl arrissat | |
| Línia del pèl en forma de pic | |
| Línia del pèl recta | |
| Capacitat d'enrotllar la llengua en forma d'u | |
| Sense capacitat d'enrotllar la llengua en forma d'u | |

6. El membre número 1 de cada equip ha d'apuntar el nombre de membres del seu grup que presenten aquestes característiques a la pissarra per poder completar aquesta taula entre tota la classe (5 minuts).

| **Caràcter** | **G1** | **G2** | **G3** | **G4** | **G5** | **G6** | **G7** | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ulls clars (verd o blau) | | | | | | | | |
| Ulls marrons | | | | | | | | |
| Lòbul de l'orella aferrat | | | | | | | | |
| Lòbul de l'orella separat | | | | | | | | |
| Pèl llis | | | | | | | | |
| Pèl arrissat | | | | | | | | |
| Línia del pèl en forma de pic | | | | | | | | |
| Línia del pèl recta | | | | | | | | |
| Capacitat d'enrotllar la llengua en u | | | | | | | | |
| Sense capacitat d'enrotllar la llengua en u | | | | | | | | |

7. D’acord amb els resultats de la taula entre els membres del vostre grup cooperatiu heu de contestar a les següents preguntes (10 minuts):

- Quins són els caràcters que més s’expressen a la classe? Per què penseu que es dóna aquesta situació?

- Quin tipus d’herència presenten tots els caràcters estudiats a classe?

- Com explicaríeu que alguns dels vostres companys presentin les característiques menys freqüents a la classe?

## ANNEX 10: Activitat 11. Es hora de pensar!

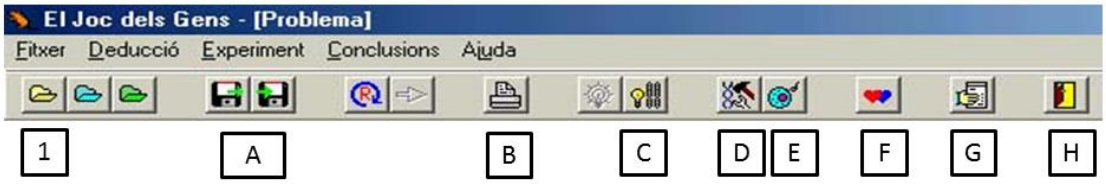
**PART A**

1. Obri el programa "El Joc dels Gens" que ja es troba instal·lat en els ordinadors de l'aula d'informàtica.

2. Veuràs que surt una barra d'eines amb carpetes de diferents colors, que indiquen el tipus de problemes que es poden fer.

3. Clica a la carpeta groga (1) que és la de problemes de genotips. Elegeix un d'aquests dos problemes: "Els ratolins albins" o "Uns de l'Espanyol". Pots entrar en els dos primer per veure quin t'agrada més.

4. Un pic hagis entrat a un dels dos problemes, veuràs que s'activen altres opcions a la barra d'eines




Imatge modificada a partir d'una captura de pantalla del joc

- Els dos botons de l'opció A et permeten guardar el joc (1r boto) o recuperar del disc el problema des d'on el vas deixar un altre dia (2n botó).
- El botó B et permet imprimir la pantalla.
- El botó C et permet fer prediccions sobre els genotips dels diferents animals de cada problema.
- El botó D et permet manipular genèticament els individus del problema, s'hagin d'encreuar o no. Et deixa canviar el seu genotip, tant modificant al·lels de cromosomes somàtics, com canviant el sexe dels individus.
- El botó E permet canviar el genotip dels animals a encreuar.

- Botó F et permet seleccionar l'encreuament que farem per tal d'obtenir la informació necessària per comprovar les hipòtesis inicials.
- El botó G et permet recollir les conclusions de la recerca, però sols després d'haver realitzat els encreuaments necessaris per comprovar les hipòtesis.
- El botó H us permet sortir del problema.

5. Tria un dels dos jocs, llegeix bé el problema, anota l'enunciat del problema, els fenotips possibles, els al·lels que hi intervenen i el tipus d'herència.

6. Prova de manipular genèticament els individus amb el botó D.

7. Prova de fer canvis en el genotip sols dels animals a encreuar pitjant el botó E.

8. Un pic decideixis com vols que siguin els animals a encreuar, fes una captura de pantalla i guarda-la.

9. Fes les prediccions dels genotips dels individus problema clicant sobre el botó C. Has d'escriure un petit text emprant un llenguatge científic que justifiqui cada predicció. Fes una captura de pantalla i guarda-la.

10. Fes els encreuaments clicant sobre el botó F. Fes tots els encreuaments que siguin necessaris per poder verificar o rebutjar les teves hipòtesis inicials.

11. Un pic fets els encreuaments necessaris i amb els resultats de les descendències, corregeix tots els genotips i explicacions que no es corresponguin amb ells. Torna a fer una captura de pantalla després de pitjar el botó C per mostrar les hipòtesis verificades.

12. Clica el botó G per obtenir les conclusions de la recerca per part de l'ordinador.

13. Amb totes les dades que has anat apuntant o de la que tens captures de pantalla has de realitzar un informe amb els següents apartats:

- Enunciat i informació inicial del problema.
- Hipòtesis i deduccions fetes sobre el genotip de cadascun dels animals.
- Informació dels encreuaments que has fet per comprovar les hipòtesis.
- Resultats de la descendència d'algun encreuament. Indica si sempre s'han manifestat els caràcters dominants o no i explica el perquè.
- Correcció d'hipòtesis o verificació d'aquestes d'acord amb els resultats obtinguts.
- Conclusions de la recerca.

Si et sobra temps després d'acabar la part B, pots entrar a l'altre joc, però no fa falta que apuntis res, simplement segueix practicant el que ja saps.

## ANNEX 11: Activitat 12. S'hereten tots els caràcters?

1. Llegeix el següent text (10 minuts):

El 50% del nostre ADN ens l'aporta la nostra mare i l'altre 50% el nostre pare, ja que com recordaràs cada nou individu es forma a partir de la unió de dos gàmetes: òvul (l'aporta la mare) i espermatozou (l'aporta el pare). Per tant, tots els caràcters que heretem són aquells que estan presents a l'ADN dels nostres progenitors. Cada progenitor ens aporta una variant de cada gen, i aquestes variants reben el nom d'al·lels. I si tenim la mateixa informació del pare i la mare, per què em pareixo més a la meva mare? El que passa és que molts dels caràcters que presentem tenen herència dominant, és a dir, que si cada pare ens aporta un al·lel diferent, un dels dos al·lels domina sobre l'altre. Com a conseqüència sols s'expressa el caràcter determinat per l'al·lel dominant. Per això et pots parèixer més físicament a un progenitor que l'altre. Ara bé, no totes les nostres característiques es deuen als nostres gens, ja que l'ambient pot canviar el nostre aspecte físic. Per exemple, a l'estiu quan vas a la platja et bronzeges i durant uns mesos la teva pell té un color més obscur de l'habitual. El bronzejat és un mecanisme natural de la nostra pell per protegir-nos dels efectes perjudicials d'una elevada radiació, que és la que dóna a l'estiu. Ara bé, un pic s'acaba l'estiu la teva pell es va clarejant de nou fins a adquirir la teva tonalitat de sempre. Per què? Perquè genèticament tu tens aquell color de pell que has heretat dels teus pares, i el bronzejat sols ha estat una resposta del teu cos davant una determinada situació. I si un dia tu tens fills, dóna igual si els tens a l'estiu o l'hivern, ells tindran un color de pell que dependrà dels gens pel color de pell que es troben en el teu ADN i en l'ADN del seu altre progenitor. Per tant, sols s'hereten els caràcters que es troben codificats a l'ADN dels progenitors, no s'hereten totes les variacions d'un caràcter que es poden donar com a resposta a una situació temporal de l'ambient.

2. El pare d'en Marc va entrenar més de vuit hores diàries al llarg de 25 anys per ser campió olímpic dels 100 metres llisos. En concret, va guanyar 3 olimpíades seguides amb una marca de 10 segons. Avui en Marc, s'ha proposat arribar a la marca del seu pare sense cap tipus d'entrenament confiant ser tan ràpid com el seu progenitor. Creus que en Marc haurà heretat la velocitat del seu pare? Per què? (5 minuts)

3. Un home i una dona culturistes esperen un fill. Com creus que serà el nen quan neixi? Haurà heretat els músculs dels seus dos pares? Per què? (5 minuts)

4. Quin paper creus que juga la genètica i quin paper juga l'ambient en el temps que tarda algú en córrer els 100 metres llisos? O en la massa muscular que algú té? (5 minuts)

5. Intercanvia la teva fitxa amb el teu company de pupitre i marca amb un bolígraf verd les respostes amb les quals no estiguis d'acord. En cas que no estiguis d'acord, escriu la resposta que tu donaries (10 minuts).

6. Recupera la teva fitxa i llegeix les anotacions que t'ha fet el teu company. Has canviat d'opinió sobre alguna de les teves respostes inicials? Per què t'ha convençut el canvi que ha fet el teu company? (10 minuts)

7. Escriu amb el teu company de pupitre un resum sobre què heu après amb aquesta activitat consensuant la vostra resposta (5 minuts).

## ANNEX 12: Activitat 13. Creeu una nova espècie!

1. Penseu entre tots els membres del grup cooperatiu en una hipotètica nova espècie animal o vegetal amb reproducció sexual. Poseu-li un nom i digueu quin nombre de cromosomes tindria un individu adult (màxim 10 cromosomes).

2. Dibuixeu el cariotip d'un individu adult de la vostra nova espècie. Pot ser mascle o femella.

3. Dibuixeu el cariotip que podria portar un possible gàmeta que formés el vostre individu adult.

4. Dibuixeu en detall un parell de cromosomes homòlegs del vostre individu adult assenyalant cada parella d'al·lels amb el mateix color. Cada cromosoma pot contenir com a màxim 10 gens. A cada gen li heu d'assignar una lletra diferent, i devora cada al·lel heu de posar aquesta lletra indicant si presenten l'al·lel dominant o recessiu. Procureu que l'individu sigui homozigot per a certs caràcters i heterozigot per a uns altres.

5. Empleneu la següent taula, indicant el nom que heu assignat a cada gen del cromosoma de l'exercici anterior, per quina característica codifiquen els gens d'aquest cromosoma, per quines característiques codifica cada al·lel, el genotip del vostre individu, el tipus d'herència que té aquest caràcter i el fenotip que presentaria el vostre individu. En cas que el vostre individu fos homozigot per algun caràcter, també heu de descriure quines serien les característiques de l'altre al·lel encara que ell no el presenti a la columna "Característica de cada al·lel".

| Gen | Característica | Característica de cada al·lel | Genotip individu | Tipus d'herència | Fenotip individu |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

## ANNEX 13: Tipus de possibles preguntes d'examen

A l'examen de cada una de les tres unitats didàctiques proposades en aquest TFM s'inclourien preguntes per comprovar el canvi conceptual de les idees prèvies errònies estudiades i preguntes sobre la resta de conceptes del temari de genètica no estudiats en aquest TFM. A continuació s'inclouen algunes de les preguntes que es podrien emprar en els exàmens per comprovar el canvi conceptual de les idees prèvies errònies estudiades en aquest TFM.

**Exemples de preguntes per a l'examen de la unitat didàctica de la informació hereditària**

1. Dibuixa un parell de cromosomes homòlegs i indica tots els seus components.

Aquesta pregunta serviria per veure canvi conceptual de les següents idees prèvies errònies: 1) un gen i un al·lel són el mateix i 2) Un cromosoma és el mateix que una cromàtide. Aquesta segona idea no ha estat directament estudiada amb el qüestionari perquè és difícil que un alumne de 3r d'ESO hagi llegit alguna cosa sobre cromàtides. Per tant, aquesta pregunta serveix per comprovar si l'ensenyament del terme cromàtide ha ajudat a l'alumne a entendre el concepte o ha contribuït a fer que l'alumne hagi format una idea errònia sobre ell.

2. Els cardiomiòcits són les cèl·lules que s'encarreguen de la contracció del cor, mentre que un espermatogoni és la cèl·lula mare que dóna lloc als espermatozous. Creus que aquests dos tipus cel·lulars de funcions diferents quan es troben en el mateix individu presenten el mateix material hereditari? Raona la teva resposta.

Aquesta pregunta serviria per veure el canvi conceptual de les següents idees prèvies: 1) a informació del material hereditari sols es troba en els gàmetes i 2)

cada cèl·lula sols té la informació genètica necessària per a la seva pròpia funció.

3. La policia està investigant un robatori a la caixa fort d'un banc. No han trobat empremtes dactilars però sí que han trobat un pèl amb el seu fol·licle. Creus que la policia podrà saber el gènere del lladre? Quina molècula creus que emprarà la policia per determinar la identitat del sospitós?

Aquesta pregunta serviria per veure el canvi conceptual de les següents idees prèvies errònies: 1) els cromosomes sexuals sols es troben en els gàmetes i 2) la informació del material hereditari sols es troba en els gàmetes.

**Exemples de preguntes per a l'examen de la unitat didàctica de la cèl·lula**

1. Per a cada un dels següents organismes indica si presenten o no cèl·lules, gens i cromosomes. A més, indica si presenten o no reproducció sexual. Justifica les teves respostes.

Humà:

Llop:

Tigre:

Cérvol:

Rata:

Llimoner:

Xampinyó:

Pneumococ:

Aquesta pregunta serviria per veure canvi conceptual de les següents idees prèvies errònies: 1) no tots els éssers vius estan formats per cèl·lules, 2) no tots els éssers vius tenen gens i cromosomes, 3) alguns organismes tenen cromosomes però no gens i 4) les plantes no tenen reproducció sexual.

2. Indica si les següents afirmacions són vertaderes o falses. En cas de ser falses explica el perquè.

A) No tots els éssers vius estan formats per cèl·lules.
B) A la cèl·lula es duen a terme totes les funcions dels éssers vius.
C) Les cèl·lules surten de forma espontània en el medi, el que explica com surt la floridura al pa.

Aquesta pregunta serviria per veure canvi conceptual de la idea prèvia errònia sobre genètica de que no tots els éssers vius estan formats per cèl·lules. A més, també serviria per detectar una idea prèvia errònia sobre els microorganismes com és que aquests presentin generació espontània, idea prèvia errònia que també es tracta a l'estudiar la teoria cel·lular.

3) Anomena les principals diferències entre mitosi i meiosi.

Aquesta pregunta serviria per veure el canvi conceptual en la idea prèvia errònia que la mitosi és el mateix que la meiosi.

**Exemples de preguntes per a l'examen de la unitat didàctica sobre l'herència i la transmissió dels caràcters**

1. Una parella de raça negra contracta a una dona de raça blanca com a ventre de lloguer. De quin color creus que tindrà la pell el nadó?

Aquesta pregunta serviria per veure el canvi conceptual en la idea prèvia errònia que els factors ambientals tenen més influència que els hereditaris.

2. Na Marta té els ulls marrons, el lòbul de l'orella separat i el pèl llis. El seu pare té els ulls verds, el lòbul de l'orella junt i el pèl llis. La seva mare té els ulls marrons, el lòbul de l'orella separat i el pèl arrissat. Creus que na Marta sols ha heretat els gens que codifiquen pel color dels ulls i per la forma de l'orella de la seva mare i el gen pel tipus de cabell del seu pare? Raona la teva resposta.

Aquesta pregunta serviria per veure el canvi conceptual en la idea prèvia errònia que determinades característiques les aporten els gens d'un progenitor i altres els gens de l'altre.

3. Es creuen dos cans de pèl negre i tenen quatre cans: tres de pèl negre i un de pèl blanc. Com pots explicar aquest resultat? Quins genotips presenten els pares i els fills? Quin tipus d'herència creus que presenta aquest caràcter?

Aquesta pregunta serviria per veure el canvi conceptual en la idea prèvia errònia de què sols s'expressen les característiques dominants.

## ANNEX 14: Rúbrica per a avaluar la participació i la feina dels equips cooperatius

| Ítem | Nivell | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Fluix** | **Millorable** | **Correcte** | **Expert** |
| 1. Col·labora i participa en el grup de treball | Té actituds individualistes. No es preocupa pel bon funcionament del grup | Participa en el treball de grup, però no sol tenir iniciativa pròpia | Participa i aporta idees. Té una actitud activa en el grup | Participa i aporta idees. Té una actitud activa i promou que els altres també la tinguin |
| 2. Ajuda als companys | Quasi mai | Ocasionalment, però mai per iniciativa pròpia | Sovint i per iniciativa pròpia | Cohesiona el grup i sempre es preocupa perquè tots entenguin l'activitat |
| 3. S'esforça i aprofita el temps | Perd el temps. Sols treballa després d'un toc d'atenció | Fa el mínim que se li encomana, però no sempre ho acaba a temps i no fa res per iniciativa pròpia | Fa feina per iniciativa pròpia i sempre té les tasques acabades a temps | L'interessa tot el que fa i treballa per saber més. Sempre té les tasques acabades a temps i fetes de forma precisa |
| 4. Fa les tasques individuals encomanades | Mai entrega les tasques | Ocasionalment entrega les tasques | Normalment entrega les tasques | Sempre entrega les tasques |
| 5. Participa a classe | Mai participa a classe | Sols participa a classe quan el professor li demana | Sovint participa a classe de forma activa | Sempre participa a classe activament. Es nota que està interessat |

Per tant, a la rúbrica hi haurà quatre qualificacions (fluix, millorable, correcte i expert) i sols la qualificació de fluix és negativa. Les qualificacions de la rúbrica traduïdes a nota numèrica (escala de 0 a 10) serien:

- Fluix: De 0 a 4.
- Millorable: De 5 a 6.
- Correcte: De 7 a 8.
- Expert: De 9 a 10.