

Disseny i aplicació d'un recurs innovador per fomentar l'aprenentatge significatiu en microbiologia

Un *Escape room* per comprendre la resistència als antibiòtics

Laura Martín Velaz

**Treball Final de Màster en Formació del Professorat de Secundària Obligatòria i Batxillerat,
Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes**

Universitat de Barcelona

Especialitat en: Biologia i Geologia

Tutoria: Íngrit Soriguera Gellida

Curs: 2024 – 2025



UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

RESUM

Després de reflexionar sobre la necessitat d'implementar metodologies actives en l'educació actual, en aquest treball es presenta el disseny, la implementació i l'avaluació d'una proposta didàctica innovadora basada en un *Escape room* (ER) educatiu per treballar la resistència als antibiòtics amb l'alumnat de 4t d'ESO. L'activitat es fonamenta en els principis de la ludificació, a partir dels quals es pretén promoure la motivació i la implicació de l'alumnat, junt amb el desenvolupament de competències transversals. Mitjançant aquesta metodologia activa, l'alumne esdevé protagonista del seu procés d'aprenentatge, en aquest cas, en la resolució d'un repte científic a través de l'ER. La proposta ha sigut implementada, amb una mostra de 20 alumnes, com a prova pilot en un centre educatiu. Per avaluar l'impacte i la valoració de l'activitat s'ha fet recerca quantitativa amb qüestionaris previs i posteriors a l'ER. Els resultats evidencien un augment en el coneixement del tema, una percepció positiva envers el treball de competències i una alta valoració de l'activitat, tant de l'alumnat com dels docents que han valorat la proposta. En síntesi, l'ER educatiu pot esdevenir una eina eficaç i transformadora, la qual pot fomentar l'aprenentatge significatiu i la implicació activa de l'alumnat.

Paraules clau

Educació secundària, Escape room, resistència als antibiòtics, ludificació, aprenentatge significatiu, competències transversals

ABSTRACT

After reflecting on the need to implement active methodologies in current education, this paper presents the design, implementation and evaluation of an innovative didactic proposal based on an educational escape room (ER) to work on antibiotic resistance with 4th ESO students. The activity is grounded in the principles of gamification, aiming to promote student motivation and engagement, as well as the development of transversal skills. Through this active methodology, students become protagonists of their own learning process, in this case, by solving a scientific challenge through the ER. The proposal was implemented as a pilot study in an educational centre with a sample of 20 students. To evaluate the impact and assessment of the activity, quantitative research was conducted using questionnaires before and after the ER. The results show an increase in content knowledge, a positive perception regarding the development of skills, and a high overall evaluation of the activity by both students and teachers who reviewed the proposal. In summary, educational ER can become effective and transformative tools that promote meaningful learning and active student engagement.

Keywords

Secondary education, Escape room, antimicrobial resistance, gamification, meaningful learning, transversal skills

AGRAÏMENTS

Vull expressar la meua gratitud a aquelles persones que m'han donat la seva ajuda i suport durant aquests mesos viscuts amb intensitat. Totes aquestes persones han fet possible que aquest treball es portés a terme.

En primer lloc, agrair a la meua tutora Íngrit Soriguera Gellida per tota la seva ajuda, recomanacions, dedicació i actitud positiva des del primer moment amb l'elaboració d'aquest treball.

En segon lloc, vull donar les gràcies als meus companys de Màster, que han esdevingut amics i un gran suport en els moments de més estrès i amb més càrrega de treball, a més d'agair-los per ensenyar-me tant i compartir aquestes ganes d'aprendre i ser docents, sé que tots esdevindran molt bons en aquesta bonica professió i deixaran petjada en els seus alumnes.

Agrair als meus amics, per preguntar-me com anava constantment i donar-me els ànims necessaris per seguir i mantenir-me motivada. També per saber els moments exactes on necessitava desconneció i proposar-me els plans necessaris per reconnectar.

També vull agrair especialment a una amiga, pel seu suport diari i imprescindible, i la seva companyia constant en tot aquest temps, a més de la seva col·laboració de forma directa a l'aportar material físic per introduir en aquest treball.

I, per últim, agrair a la meua família per ser un pilar essencial a la meua vida. Gràcies per estar en tots els moments durs i saber com empenyar-me endavant per a continuar avançant en els meus objectius.

ÍNDEX

RESUM.....	3
ABSTRACT.....	3
AGRAÏMENTS.....	4
1. INTRODUCCIÓ	8
1.1. <i>Justificació de la proposta didàctica</i>	8
1.1.1. Justificació personal	8
1.1.2. Justificació teòrica d'un Escape room	8
1.2. <i>Contextualització de la proposta d'innovació d'aula</i>	10
2. PREGUNTES DE RECERCA I OBJECTIUS	11
3. MARC TEÒRIC	11
3.1. <i>La societat actual i l'educació</i>	11
3.2. <i>L'aprenentatge significatiu i la motivació relacionada amb la ludificació</i>	12
3.3. <i>Tipus de metodologies actives i la necessitat de la seva implementació</i>	13
3.4. <i>Ludificació en l'aula</i>	14
3.5. <i>Escape room educatiu</i>	15
3.5.1. Elements clau que componen l'experiència d'un Escape Room educatiu	16
3.5.2. Tipus d'Escape rooms.....	17
3.5.3. Innovació didàctica: Escape room sobre els superbacteris	19
4. MARC METODOLÒGIC	20
4.1. <i>Disseny i implementació de l'Escape room</i>	20
4.1.1. Marc legislatiu i competències a desenvolupar	20
4.1.2. Context educatiu d'aplicació	21
4.1.3. Elements curriculars i pedagògics de la proposta didàctica	21
4.1.4. Descripció de l'activitat didàctica	22
4.1.5. Espais i recursos materials físics i/o tecnològics	35
4.1.6. Atenció a la diversitat	36
4.2. <i>Avaluació de l'impacte de l'Escape room a través de recerca quantitativa</i>	36
4.2.1. Disseny de la recerca i objectius.....	36
4.2.2. Instruments utilitzats	36
4.2.3. Mostra	37
4.2.4. Anàlisi i interpretació dels resultats	37
5. RESULTATS I DISCUSSIÓ	38
5.1. <i>Valoració docent de la proposta</i>	38
5.2. <i>Avaluació de coneixements: comparativa pretest i posttest</i>	39
5.3. <i>Avaluació de l'experiència educativa: valoració pretest i posttest</i>	43

6. PRÀCTICA REFLEXIVA DE LA PROPOSTA	48
7. CONCLUSIONS	49
8. LIMITACIONS DEL TREBALL.....	50
9. PROPOSTES DE MILLORA.....	50
REFERÈNCIES	52
ANNEXOS.....	56
ANNEX 1. Objectius didàctics i d'aprenentatge per l'alumnat de l'activitat	56
<i>ANNEX 2. Sabers treballats</i>	<i>57</i>
<i>ANNEX 3. Competències clau</i>	<i>57</i>
<i>ANNEX 4. Competències específiques</i>	<i>58</i>
<i>ANNEX 5. Vectors treballats</i>	<i>58</i>
<i>ANNEX 6. Criteris d'avaluació.....</i>	<i>59</i>
<i>ANNEX 7. Presentació sessió introductòria</i>	<i>59</i>
<i>ANNEX 8. Plantilla planificació Escape room.....</i>	<i>60</i>
<i>ANNEX 9. Carnet de científics.....</i>	<i>61</i>
<i>ANNEX 10. Prova 1: Casos clínics i un missatge secret.....</i>	<i>62</i>
<i>ANNEX 11. Prova 2: Fake news.....</i>	<i>64</i>
<i>ANNEX 12. Prova 3: Laboratori contaminat.....</i>	<i>68</i>
<i>ANNEX 13. Prova 4: L'antibiòtic correcte.....</i>	<i>69</i>
<i>ANNEX 14. Prova 5: Mutació genètica</i>	<i>70</i>
<i>ANNEX 15. Prova 6: Quin bacteri és?</i>	<i>71</i>
<i>ANNEX 16. Prova final: Com aturem el superbacteri?.....</i>	<i>73</i>
<i>ANNEX 17. Pressupost detallat de l'Escape room</i>	<i>75</i>
ANNEX 18. Qüestionari TFM.....	76
<i>ANNEX 19. Respostes del qüestionari realitzat a docents</i>	<i>80</i>
<i>ANNEX 20. Resultats comparativa abans i després de coneixements</i>	<i>81</i>
<i>ANNEX 21. Resultats abans i després de l'experiència de l'Escape room</i>	<i>84</i>

ÍNDEX DE TAULES I FIGURES

Taula 1. Descripció elements clau de cada prova de l'Escape room	23
Taula 2. Interpretació dels resultats del qüestionari a docents.	38
Taula 3. Resultats de les respostes a "Com descriuries què és un antibiòtic amb les teves paraules?".	40
Taula 4. Resultats preguntes iguals qüestionari previ i posterior a l'experiència	43
Taula 5. Classificació en categories de les respostes a «Com t'has sentit exactament durant l'experiència?». ...	47
Taula 6. Classificació en categories de les respostes a la pregunta sobre com millorarien l'activitat.	47
Figura 1. Gràfic quantitat de morts mundials per causes diferents.	9
Figura 2. Infografia dels tipus de metodologies actives per al s. XXI.....	14
Figura 3. Elements clau que componen l'experiència d'un Escape room educatiu	16
Figura 4. Tipus d'Escape room i enfocaments que es poden adaptar en el seu disseny.....	18
Figura 5. Representació gràfica de les etapes en el procés d'aprenentatge	18
Figura 6. Normativa i instruccions de l'Escape room	25
Figura 7. Conversa de WhatsApp mostrada al final del vídeo.....	26
Figura 8. Diapositiva amb les instruccions per realitzar la primera prova	26
Figura 9. Missatge resultant a l'acabar el qüestionari de la prova "Laboratori contaminat".	30
Figura 10. Resultats a «Quin dels microorganismes creus que pot desenvolupar resistència als antibiòtics?» ...	40
Figura 11. Resultats a la pregunta «Què creus que significa que un microorganisme desenvolupi resistència als antibiòtics?»	41
Figura 12. Resultats a la pregunta «Com es pot generar resistència als antibiòtics?»	41
Figura 13. Resultats a la pregunta «Quines mesures podrien ajudar a reduir la resistència als antibiòtics?»	42
Figura 14. Resultats a la pregunta «Què competències creus que et pot aportar un Escape room apart de treballar els continguts temàtics concrets?»	45
Figura 15. Resultats a la pregunta «Quin grau de dificultat consideres que tenia l'ER?»	46
Imatge 1. Material pertanyent a la prova 1 de l'Escape room	27
Imatge 2. Sobre "VIP" que s'entrega un cop resolen la prova 1 de l'Escape room.	27
Imatge 3. Secció de material de l'Escape room.	28
Imatge 4. Safata que s'utilitza com a filtre vermell per descodificar el missatge secret	28
Imatge 5. Targetes amb contingut a ambdues cares.	29
Imatge 6. Espai del laboratori destinat a la prova 3.....	30
Imatge 7. Material per realitzar la prova 4 «L'antibiòtic correcte»	31
Imatge 8. Exemplar d'una caixa amb el cadenat.....	32
Imatge 9. Material que conté la caixa que han d'obrir amb el codi que obtenen en la prova 4.....	33
Imatge 10. Proteïna física i full que es dona a l'alumnat quan fan correctament la prova 5.	33
Imatge 11. Sobre que conté tot el material de la prova 6.....	34

1. INTRODUCCIÓ

En aquest Treball Final de Màster es presenta un projecte d'innovació didàctica a l'aula que es basa en una proposta de ludificació per l'assignatura de Biologia i Geologia de 4t d'ESO. Es tracta d'una activitat per treballar els coneixements inicials adquirits al llarg d'una sessió introductòria sobre la «Resistència als antibiòtics», temàtica dintre de l'àmbit de Microbiologia. Concretament, es basa en la realització del disseny i la implementació d'un *Escape Room* educatiu que té lloc a l'aula, amb l'objectiu de fomentar la motivació i l'interès dels alumnes per la ciència, en concret de la Biologia.

Aquest treball es desenvolupa amb una modalitat A i B, principalment la d'un projecte d'innovació didàctica a l'aula, però, a més a més, s'ha posat en pràctica i s'ha avaluat raó per la qual també es realitzen apartats majoritàriament corresponents a la modalitat de treball de recerca.

1.1. Justificació de la proposta didàctica

1.1.1. Justificació personal

A través de la formació que estic realitzant i l'experiència de pràctiques en un centre educatiu de secundària, he pogut observar la gran necessitat de desenvolupar estratègies didàctiques que permetin connectar els continguts del currículum amb situacions rellevants i d'interès amb l'alumnat, fent que siguin ells els protagonistes i el centre del procés d'ensenyament – aprenentatge.

Aquesta necessitat m'ha fet pensar en quina metodologia activa podria treballar i explorar per apropar-me als alumnes i fer-los més participatius i protagonistes en el seu aprenentatge. Una de les metodologies actives que més em criden l'atenció sempre ha sigut la ludificació. Així doncs, tota aquesta inquietud m'ha portat a la idea de dissenyar i explorar la eficàcia d'un ER educatiu. La meua intenció és utilitzar aquest recurs com a eina per arribar a abordar temes d'una manera més interactiva i lúdica.

En la meua trajectòria d'estudiant, després de fer el Grau de Biologia vaig realitzar el Màster de Microbiologia Avançada a la Universitat de Barcelona. Aquesta especialització cursada el darrer any m'ha portat a pensar en dissenyar un ER centrat en la Microbiologia, un àrea que crec que es treballa poc en secundària i Batxillerat.

1.1.2. Justificació teòrica d'un *Escape room*

La nostra societat actual es pot definir com una societat de canvi constant, incerta i molt marcada pel món digital i els grans avenços a nivell tecnològic, que han proporcionat la gran facilitat de poder accedir a la informació de forma immediata. Avui dia, els estudiants des de ben petits creixen en contacte amb les tecnologies i aquesta nova realitat ha provocat la transformació de les dinàmiques socials i culturals que, directament, han provocat la presentació de noves actituds davant el procés d'aprenentatge, les quals requereixen buscar noves estratègies pedagògiques i la transformació dels processos educatius (Furdu *et al.*, 2017).

La immersió dels estudiants en aquest entorn tecnològic influeix en les seves formes d'aprendre, relacionar-se i comunicar-se. Aquestes transformacions produïdes en la nostra societat provoquen la implicació de saber gestionar aquests canvis. Així doncs, l'educació ha d'evolucionar també amb la societat, tenint com a obligació adaptar-se a aquesta actualitat per respondre a les necessitats i expectatives de l'alumnat de les noves generacions, i així poder captar la seva atenció.

Un dels factors condicionants de l'aprenentatge és la motivació que té l'alumnat a l'hora de fer l'activitat (Tapia, 2005). Hi ha docents que reconeixen tenir dificultats per aconseguir motivar al seu alumnat i, a més, s'ha observat la problemàtica de la falta de participació activa dels estudiants en l'aprenentatge, la qual podria ser causada a la baixa motivació o al compromís de l'alumne (Zamora *et al.*, 2022).

Així doncs, un dels objectius de l'educació actual és millorar el procés d'ensenyament-aprenentatge, cosa que passa per la necessitat de superar les metodologies tradicionals i implementar metodologies actives que

afavoreixen un aprenentatge significatiu, a través d'un enfocament que promou la motivació, una major participació activa, el pensament crític i el treball en equip duent a terme un aprenentatge entre iguals (Rivera et al., 2022; Guitert et al., 2023).

Les metodologies actives es basen en aprendre fent; aprendre a partir d'experiències, i adopten un enfocament socioconstructivista. Aquest tipus de metodologies es centren en situar a l'estudiant al centre del procés d'aprenentatge i el fan protagonista, així l'estudiant forma part activa del seu propi procés d'ensenyament-aprenentatge (Guitert et al., 2023).

Una de les metodologies actives és la ludificació que, recollint una sèrie de definicions de diferents autors, es pot definir de forma general com: «l'ús d'estratègies, models, dinàmiques, mecàniques i elements propis dels jocs en contextos aliens a aquests, amb el propòsit de transmetre un missatge o uns continguts o de canviar un comportament, a través d'una experiència lúdica que propici la motivació, la implicació i la diversió», però l'aproximació més interessant des del punt de vista educatiu és aquella basada en el concepte *game thinking*, per això parlem de ludificar com plantejar un procés de qualsevol índole com es faria si s'estigués dissenyant un joc (Llorens et al., 2016, p. 25), [traducció pròpia].

Una estratègia metodològica que es troba dins de la ludificació és l'*Escape Room* (a partir d'ara, ER), model que potencia el desenvolupament de diverses habilitats de l'alumnat (Lázaro, 2019). Els *Escape Rooms* han evolucionat molt i, actualment, estan molt de moda i tenen molt d'èxit a la nostra societat. En els últims anys els docents estan introduint aquest model en les aules i obtenint resultats molt positius (Claudio et al., 2019). L'ER educatiu afavoreix al desenvolupament de varies competències com el treball en equip, la comunicació, presa de decisions, creativitat i el desenvolupament del pensament crític; promovent així al desenvolupament integral dels estudiants (Rivera et al., 2022; Zamora et al., 2022).

En aquest projecte l'ER tindrà la temàtica de «Resistència als antibiòtics», abordant la greu problemàtica actual que comporta. És molt important conscienciar als alumnes sobre l'ús correcte que han de fer dels antibiòtics i també apropar-los a conceptes rellevants com la diferència entre virus i bacteris. Es considera que cap al 2050 l'ús erroni d'antibiòtics provocarà que es creïn bacteris molt resistents i que sigui la primera causa de mort mundial, produint fins 10 milions de morts (Walsh, 2014; OMS, 2025) [figura 1]. Això ens mostra la gran amenaça que suposa per la salut la resistència als antibiòtics. Per aquesta raó, és necessari que l'alumnat adquireixi coneixements i prengui consciència en relació a aquesta temàtica.



Figura 1. Gràfic on es mostra la quantitat de morts mundials per causes diferents, entre elles la resistència a antimicrobians (marcada com RAM). Es mostra la quantitat estimada en 2020 per totes les causes i al 2050 per la causa de RAM, indicant 10 milions de morts mundials. Font: Programa de les Nacions Unides pel Medi Ambient (PNUMA).

El concepte d'ER educatiu fa referència a una experiència de joc on el subjecte o subjectes en qüestió s'enfronten al desafiament de sortir d'una habitació en la qual estan tancats. Per aconseguir sortir hauran de superar una sèrie de reptes de diferent dificultat i caràcter que els hi portaran a trobar la clau que els brindarà la sortida. Aquest tipus d'activitat és considerada una experiència de ludificació, ja que conté elements típics d'aquesta com la narrativa, el progrés, l'autonomia i el feedback, entre altres (Cordero, 2018).

Una de les problemàtiques més greus i importants a nivell de salut pública actualment és el problema de la resistència als antibiòtics, la mateixa Organització Mundial de la Salut la declara com una de les deu amenaces principals a les qual s'enfronta la humanitat (OMS. 2025). L'ús indiscriminat dels antibiòtics afavoreix l'aparició de bacteris resistents. Així doncs, a més de dur a terme avenços en el sector sanitari i en la recerca relacionada amb aquest problema, un dels punts importants per donar la volta a aquesta situació és conscienciar a la població (Ballén, 2023). Per tant, considero que és essencial que els alumnes puguin comprendre aquest tema en tots els nivells; des d'una perspectiva científica, ètica i social.

1.2. Contextualització de la proposta d'innovació d'aula

Com s'ha mencionat anteriorment, actualment, vivim en una societat caracteritzada per una evolució constant i també definida per la revolució tecnològica. Això ha tingut un efecte directe sobre les noves generacions i és que els joves han canviat la seva forma d'aprendre, interactuar i relacionar-se (Camacho, 2018).

El sistema educatiu no pot quedar-se enrere i ha de canviar paral·lelament per poder cobrir les actuals i noves necessitats que es van reproduint en els joves d'avui dia. Continuem mantenint de forma freqüent metodologies tradicionals, i aquestes no resulten d'interès ni promou la motivació i curiositat de l'alumnat, repercutint en el seu compromís amb el seu propi procés d'aprenentatge.

Així doncs, la introducció de metodologies actives com la ludificació, a través d'un ER, en el procés d'ensenyament-aprenentatge, podria proporcionar una alternativa per augmentar la motivació i interès dels alumnes, a més de fomentar un aprenentatge significatiu mitjançant aquesta proposta.

La proposta de dissenyar i posar en pràctica l'ER es realitzarà en el context específic de 4t d'ESO de l'Institut de Sales, Viladecans, Baix Llobregat, un centre d'educació que promou la innovació i busca la millora de l'educació cada any.

Aquest ER presenta la temàtica de «Resistència als antibiòtics», pertanyent a l'àrea de Microbiologia. Tot i que el tema dels microorganismes s'especifica en el currículum com a saber propi de 2n de Batxillerat, la seva introducció i implementació a 4t d'ESO es podria considerar adequada si es vincula amb altres sabers i competències d'aquesta etapa. Per exemple, aquesta activitat permet treballar sabers relacionats amb «Salut i malalties», així com els hàbits saludables afavorint la reflexió crítica sobre l'ús dels antibiòtics i les conseqüències de la seva resistència, i també contribueix al desenvolupament de competències específiques. Així doncs, en aquest sentit, l'ER és un recurs didàctic interdisciplinari que promou aspectes clau del currículum de l'etapa de 4t d'ESO, i també s'alinea amb el desenvolupament de competències clau de l'àmbit científic i ciutadà.

En atenció a tot això, es troba l'exigència d'implementar estratègies didàctiques innovadores que considerin aquesta temàtica i, a través de les quals, es promogui una participació activa i es fomenti la motivació, a més de facilitar el propi aprenentatge i comprensió de coneixements amb una experiència en primera persona i més pràctica.

2. PREGUNTES DE RECERCA I OBJECTIUS

En aquest treball s'han formulat les següents preguntes de recerca que han guiat el desenvolupament del treball?

- És senzill dissenyar un *Escape room* (ER) per l'alumnat de secundària?
- Un ER pot tenir impacte sobre els coneixements?
- Com valoren altres docents la viabilitat i aplicabilitat d'aquesta proposta didàctica?
- Com valora l'alumnat l'experiència d'aprenentatge després d'haver participat en un ER educatiu?

L'objectiu general del projecte és:

Dissenyar, posar en pràctica i avaluar una proposta innovadora basada en un *Escape room* (ER) educatiu a l'aula sobre «Resistència als antibiòtics», pertanyent a l'àrea de Microbiologia i aplicada a 4t d'ESO.

Tal com marca l'objectiu s'intueixen tres parts en el TFM. En primer lloc, el disseny i avaluació de l'ER per part de la persona autora del treball; en segon lloc, la implementació com a prova pilot amb l'alumnat de 4t d'ESO dins d'un context educatiu real i, finalment, l'anàlisi de l'experiència per part dels alumnes. Per tant, s'han determinat una sèrie d'objectius instrumentals que han delimitat el TFM en:

- Planificar i dissenyar una proposta didàctica innovadora basada en un ER educatiu.
- Implementar l'activitat a l'aula, amb un grup real d'alumnes del nivell de 4t d'ESO.
- Analitzar la viabilitat de la proposta des del punt de vista docent, recollint algunes valoracions d'altres professionals de l'educació per obtenir una retroalimentació.
- Avaluar l'impacte educatiu de l'ER mitjançant instruments quantitatius (qüestionaris previs i posteriors), per mesurar l'adquisició de coneixements i analitzar la valoració de l'experiència per part de l'alumnat.

3. MARC TEÒRIC

3.1. La societat actual i l'educació

La nostra societat actual no s'atura i es manté en contínua evolució. Estem vivint èpoques de grans canvis en tots els àmbits, canvis econòmics, polítics, culturals, socials i tecnològics (Lázaro, 2019). Això ja manifesta la gran necessitat que les institucions educatives també estan obligades a canviar, no poden quedar-se al marge i han d'adaptar-se a la nova realitat, ja que les demandes socials actuals del que un alumne ha de saber i saber fer a l'acabar l'etapa educativa han canviat molt (Pertusa, 2020).

Encara així, en l'educació, durant molts anys, ha predominat el model educatiu tradicional i encara ser conscients dels grans canvis de la societat i les noves necessitats actuals de l'alumnat, continuem observant aquest model tradicional de vegades en l'aula. Per satisfer les necessitats dels estudiants del segle XXI és indispensable adaptar altre enfocament, aquell en que l'alumne prengui més protagonisme i sigui el centre en el seu procés d'aprenentatge (CCAEC, 2024).

L'educació ha d'evolucionar amb la societat per aconseguir captar l'atenció dels estudiants i, per aquesta raó, és necessari portar a terme activitats que resultin més innovadores i dinàmiques per l'alumnat, a través de l'ús d'eines i recursos didàctics més actualitzats que permetin la connexió i compromís dels joves amb el seu aprenentatge.

Aquest nou enfocament introdueix metodologies que cerquen una transformació en l'experiència educativa, aquestes són les metodologies actives, les quals tenen el propòsit d'augmentar la motivació dels estudiants i es basen en el fet que el mateix alumne construeixi el seu coneixement a partir dels seus coneixements previs, buscant paral·lelament la manera que els estudiants participin activament en el seu aprenentatge (García-Brustenga i Gómez-Cardona, 2024).

Així doncs, és innegociable la necessitat actual de que l'educació evolucioni en paral·lel a la societat per cobrir tota necessitat present en l'alumnat. Per ser capaç de fer-ho, la innovació pedagògica juga un paper molt rellevant i busca la forma d'implementar noves metodologies d'ensenyament-aprenentatge que promoguin un aprenentatge significatiu, competencial i centrat en l'estudiant és clau (Pertusa, 2020).

3.2. L'aprenentatge significatiu i la motivació relacionada amb la ludificació

L'aprenentatge significatiu és una de les bases fonamentals per a una educació de qualitat, la qual es centra en la comprensió profunda i en l'adquisició de coneixements aplicables. Com estableix Ausubel (1983), aprendre significativament es dona quan s'atribueix significat a l'objecte d'aprenentatge a partir de coneixements previs. És a dir, l'aprenentatge significatiu es dona quan l'alumne relaciona la nova informació i els nous continguts amb els coneixements previs dels que ja disposa, integrant tot en la seva estructura cognitiva amb coherència i contribuint a la seva retenció a llarg termini i a una aplicació més efectiva.

Segons Coll i Solé (1989), la integració i assimilació de l'estudiant ha de ser d'una forma activa i partint de coneixements previs de l'alumnat. Així s'assegura la funcionalitat i memorització comprensiva dels continguts apresos, allunyant-se de la memorització repetitiva i permet que l'alumnat estableixi vincles entre el que coneixen i aprenen, cosa que facilita una millor transferència dels coneixements. Per aquesta raó, les estratègies adoptades en les intervencions pedagògiques han d'estar fonamentades en partir dels coneixements previs de l'alumnat, per fer-ho avançar en la seva construcció de significats.

Un dels factors clau en l'èxit educatiu i un element essencial per afavorir aquest tipus d'aprenentatge és la motivació. Com expressen García-Bacete i Domenech (1997), la motivació és un conjunt de processos implicats en l'activació, direcció i persistència de la conducta cap a un objectiu. Quan l'estudiant està motivat existeix una major disposició per aprendre, fet que resulta essencial per garantir la implicació de l'alumnat.

La motivació pot ser intrínseca —quan el mateix interès per la tasca prové del propi subjecte— o extrínseca, quan prové de recompenses externes o reconeixement el qual encamina a l'execució de la tasca. En ambdós casos, mantenir un nivell elevat de motivació incrementa la possibilitat d'aconseguir un aprenentatge significatiu i un rendiment acadèmic òptim (García-Bacete i Domenech, 1997).

En aquest context, les metodologies actives sorgeixen com una eina eficaç per fomentar i promoure l'aprenentatge significatiu i enllaçar-lo amb la motivació, ja que les metodologies actives situen l'alumne com a protagonista del seu procés d'aprenentatge i es promou una participació i implicació actives, amb el propòsit d'aconseguir estudiants crítics i reflexius (Pertusa, 2020).

L'aprenentatge significatiu i la motivació es retroalimenten de forma positiva. De fet, alguns estudis en Psicologia de l'Educació, entre ells el de Deci i Ryan (2000), estableixen que els alumnes mostren una major motivació quan consideren que experimenten un aprenentatge que connecta amb les seves experiències prèvies, i que els continguts que aprenen tenen una aplicació directa i pràctica en la seva vida personal o professional.

Segons Trujillo (2015), els mètodes d'aprenentatge contextualitzats i col·laboratius ajuden als alumnes a relacionar els nous coneixements amb experiències prèvies, facilitant la seva comprensió i retenció en entorns educatius. A més, es destaquen diverses estratègies pedagògiques, com un enfocament vivencial, que promouen una participació activa dels estudiants, establint així el paper d'agent actiu en la construcció del seu coneixement (Salazar *et al.*, 2024).

La ludificació, un tipus de metodologia activa basada en la incorporació de mecàniques de joc en entorns educatius, s'ha consolidat com una metodologia efectiva per augmentar la motivació i fomentar l'aprenentatge significatiu (Perdomo Vargas i Rojas Silva, 2019). En aquest sentit, Deci i Ryan (2000) estableixen la teoria de l'autodeterminació, en què suggereixen que la motivació incrementa quan es satisfan tres necessitats psicològiques: autonomia, competència i connexió social. La ludificació pot arribar a satisfer aquestes necessitats i afavorir així l'actitud cap a l'aprenentatge.

Com una de les estratègies didàctiques més rellevants de la ludificació a l'aula es troba l'ER educatiu, una activitat que té el propòsit que els estudiants resolguin una sèrie de reptes i enigmes amb un temps determinat, cosa que afavoreix un entorn d'aprenentatge actiu i immersiu. A més, es promou una implicació emocional, la qual segons Vygotsky (1978) és clau per l'aprenentatge; experimentar emocions positives en el procés d'aprenentatge estimula la comprensió i consolidació profunda dels coneixements.

D'altra banda, l'ER és un recurs que promou la motivació mitjançant el treball cooperatiu, dit amb altres paraules, la dinàmica grupal i sentiment de competència generat per enfrontar un ER fomenta la motivació social, la qual és un factor a destacar per potenciar l'aprenentatge significatiu (Martínez *et al.*, 2021).

Així doncs, hi ha una relació estreta i directa entre aprenentatge significatiu i motivació, la qual va marcada per un factor clau que és la percepció de l'alumnat envers la utilitat i aplicabilitat del que aprèn. Quan l'estudiant percep que allò que aprèn és rellevant, útil i transferible, estarà molt més motivat i predisposat a implicar-se d'una forma activa en el seu aprenentatge, formant un procés d'aprenentatge més durador (Coll i Solé, 1989; Deci i Ryan, 2000). La ludificació, i en particular l'ER, s'estableix com una proposta metodològica efectiva i que potencia tant la motivació com l'aprenentatge significatiu, fet que contribueix de manera efectiva a assolir una educació de qualitat, significativa i competencial.

3.3. Tipus de metodologies actives i la necessitat de la seva implementació

Les metodologies actives afavoreixen un aprenentatge significatiu i contextualitzat, basant-se en un enfocament centrat en l'alumnat, convertint-lo en protagonista del seu procés d'aprenentatge (Guitert *et al.*, 2023).

Avui dia els docents s'enfronten al repte d'aconseguir involucrar als alumnes i, envers això, les metodologies actives són formades amb la idea de promoure activitats més interactives i col·laboratives que proclamin una major participació dels alumnes (Rivera *et al.*, 2022). Els estudiants aprenen millor quan s'involucren activament i també s'ha demostrat que l'ús de metodologies actives augmenta, a més de la participació dels estudiants, la seva motivació (Zamora *et al.*, 2022).

D'altra banda, l'aplicació de les metodologies actives estaria orientada també a facilitar l'adquisició de competències clau com el treball en equip, la presa de decisions, la resolució de problemes, el pensament crític, entre altres, i, a més, poder aplicar el que s'ha après en diferents contextos de la vida quotidiana (Pertusa, 2020).

Així doncs, s'observa la necessitat real d'implementar aquest tipus de metodologies, amb les quals intentar assolir un aprenentatge competencial i personalitzar el procés d'ensenyament-aprenentatge de l'alumnat, ja que aquestes permeten adaptar l'aprenentatge a les diverses necessitats i ritmes de cada alumne. Alguns tipus de metodologies actives són (Figura 2):

- | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| - Aprenentatge basat en problemes | - Aprenentatge i servei (ApS) | - Tallers |
| - Aprenentatge basat en recerca | - Ludificació | - Pensament visual |
| - Aprenentatge basat en projectes | - Classe inversa | - Joc de rol |
| | - Estudi de casos | |
| | - Mètode expositiu | |

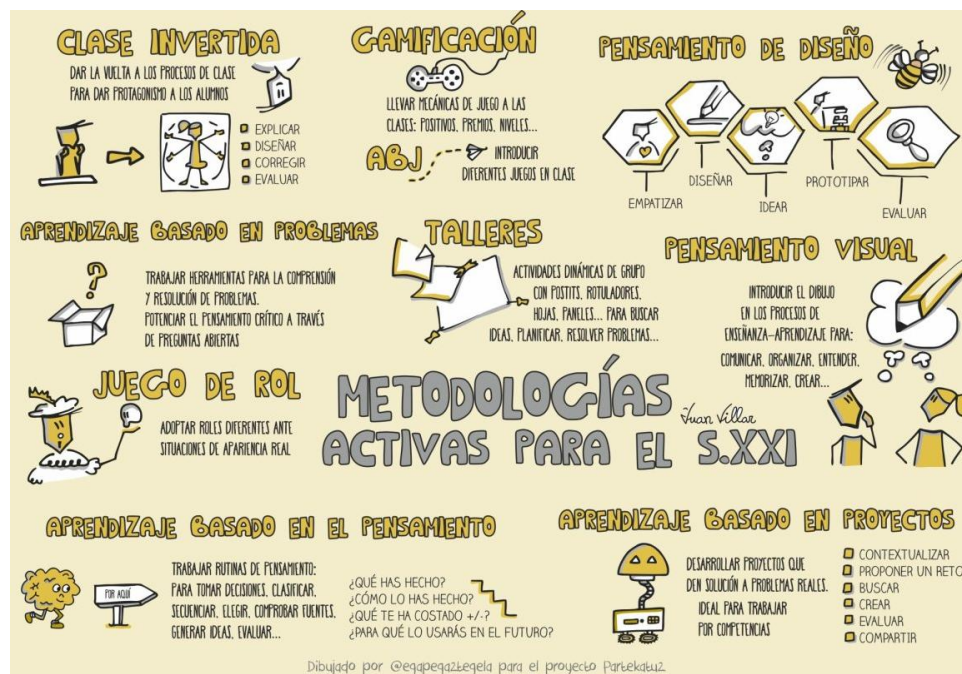


Figura 2. Infografía dels tipus de metodologies actives per al s. XXI. Font: Juan Villar.

3.4. Ludificació en l'aula

La ludificació prové del terme «gamificació» (anglicisme derivat de la paraula *gamification*) i és una de les metodologies actives que s'ha desenvolupat en els últims anys. Segons Llorens *et al.* (2016), a través de la recopilació de diverses descripcions, la ludificació es defineix com «l'ús d'estratègies, models, dinàmiques, mecàniques i elements propis dels jocs en contextos aliens a aquests, amb el propòsit de transmetre un missatge o uns continguts o de canviar un comportament, a través d'una experiència lúdica que propici la motivació, la implicació i la diversió» [traducció pròpia, p. 25]. Una definició de ludificació breu seria «la utilització de mecàniques de joc en entorns no lúdics» (Tajuelo i Pinto, 2021).

La ludificació tracta de crear un espai inspirador i motivat per l'alumnat (Marin, 2015), es basa en crear propostes que siguin atractives i promoguin el seu interès per enfrontar el repte plantejat, fet que té un impacte directe sobre la motivació, concretament provoca un increment d'aquesta (Lázaro, 2019), ja que segons Vassileva (2012), la «Mecànica de jocs» ha desenvolupat una sèrie de patrons o retroalimentacions que esdevenen motivacionals per aquells qui participen, és a dir, faciliten la promoció d'una implicació major dels participants. Els patrons als que fa referència són: propietat (possessió d'insígnies o altres), assoliment (representació per aconseguir alguna cosa), estat (nivell del jugador a cada moment), o bé, col·laboració comunitària i missions (reptes o competició amb límit de temps).

La ludificació és una estratègia didàctica innovadora i positiva, amb l'objectiu d'incrementar el rendiment acadèmic i facilitar la comprensió significativa dels coneixements treballats a classe. De fet, segons Zamora *et al.* (2022), la ludificació és una metodologia eficaç per incrementar la implicació dels alumnes en el seu propi procés d'ensenyament-aprenentatge.

D'altra banda, les activitats de ludificació presenten valor afegit perquè, a més de facilitar l'aprenentatge de coneixements, també promou el desenvolupament d'habilitats socials i creatives, tot dins d'un entorn on la motivació, la diversió i la interacció acostumen a tenir un paper clau (Clarke *et al.*, 2017). Així, aquest tipus de metodologia activa presenta avantatges com: l'augment de la motivació, esforç i implicació de l'estudiant, l'estimulació de la competència social, la promoció de la participació activa i el treball col·laboratiu, a més del foment d'un aprenentatge significatiu (Guitert *et al.*, 2023), tots aquests components clau en el procés d'aprenentatge.

Així, l'aplicació de la ludificació a l'aula ens aporta la implicació activa de l'alumne al realitzar la tasca i el treball constant al llarg del temps (ús d'experimentació), amb resultats quasi bé sempre positius (Lázaro, 2019). A través de la major implicació i participació durant la tasca, causada pel propi gaudiment al resoldre-la, incrementa el seu compromís a realitzar-la i assimilar els continguts d'una forma més determinant.

Dins de la ludificació es troba l'ER, establert com una recurs didàctic efectiu per assolir coneixements de manera significativa i promoure la participació activa de l'alumnat. A través d'aquesta eina es proporciona un entorn atractiu i interactiu pels estudiants on poden posar a prova i aplicar el que han après, a més de desenvolupar altres habilitats competencials com el pensament crític i treball en equip (Zamora *et al.*, 2022).

3.5. *Escape room* educatiu

L'origen dels *Escape Rooms* es fixa al Japó, a l'any 2007, i eren *Escape Rooms* (ER) físics que s'inspiraven en videojocs d'aventures i resolució d'enigmes entre un grup de jugadors. Aquests van evolucionar ràpidament i van tenir una acceptació arreu del món pel que es van expandir; primer a Àsia i després per tota Europa i Austràlia (Lázaro, 2019). Al 2013 van aparèixer en Espanya, en concret a Barcelona, i s'ha convertit en una activitat molt popular (Claudio i Piqueras, 2019).

Un ER es basa en que la persona que juga, tancada en una habitació, ha de complir un objectiu concret (normalment, es tracta d'un objectiu comú ja que es fa en equip) en un temps límit per sortir de l'habitació, produint així una experiència amb intensitat, ja que consisteix a que resolgui una sèrie d'enigmes o reptes abans que acabi el temps (Zamora *et al.*, 2022).

A partir d'aquest concepte i el seu èxit a nivell nacional es va considerar el seu potencial pedagògic, adaptant-lo així sí al món educatiu. Així mateix, l'ús de l'ER educatiu s'ha desenvolupat els darrers anys com una eina didàctica dins de la metodologia activa de la ludificació, fomentant l'aprenentatge significatiu per mitjà de la resolució d'enigmes i reptes (Zamora *et al.*, 2022).

Si més no, el trasllat d'aquestes activitats lúdiques a l'àmbit educatiu no són necessàriament d'una manera similar. Un ER educatiu no té perquè tenir com a objectiu sortir d'una sala (en aquest cas, una aula), sinó que es pot fer ús d'elements i mecàniques de joc amb una finalitat didàctica, en la qual s'inclouen enigmes, proves i altres que han de resoldre's en grup buscant d'aconseguir un objectiu comú (Calvo Roselló i López Rodríguez, 2021).

Transformar l'aprenentatge en una experiència atractiva i vivencial per l'alumnat seria l'objectiu principal. Un ER educatiu ha de proporcionar experiències positives als estudiants i promoure la motivació d'aprendre fent, a través de l'emoció i curiositat que han de provocar els reptes; i també fomentar competències com el treball col·laboratiu, la presa de decisions, la comunicació, la gestió del temps i el pensament crític, entre altres (Zamora *et al.*, 2022; Lázaro, 2019). Amb aquest recurs didàctic l'estudiant es desenvolupa en l'àmbit intel·lectual, social, psicològic i emocional, tot des d'un context curricular (Rivera *et al.*, 2022).

Els ER es basen en principis constructivistes i seguint l'enfocament socio-constructivista de Vygotsky i Ausabel, ja que els alumnes desenvolupen i fan la construcció del seu propi coneixement a través de l'experiència directa que viuen amb els desafiaments plantejats (Vygotsky, 1978). Aquest tipus d'activitat els permet connectar i relacionar els continguts acadèmics amb situacions estimulants i contextualitzades al seu entorn proper (Eukel *et al.*, 2017).

Anteriorment s'ha mencionat la teoria de l'autodeterminació de Deci i Ryan (2000), la qual concreta que l'alumne es motiva quan perceben autonomia, competència i relació social realitzant una activitat; i aquests aspectes són treballats a l'ER. Així doncs, l'enfocament lúdic que es dona en aquest recurs didàctic fomenta la motivació intrínseca dels alumnes, a causa de l'atracció i emoció que els hi genera l'experiència fent que augmenti el seu compromís i la seva implicació en ella i en el seu propi procés d'ensenyament-aprenentatge, reflectint positivament sobre el seu rendiment acadèmic (Rivera *et al.*, 2022).

Per tant, la ludificació és una metodologia que genera una activació emocional. Com estableix García-Bacete i Domenech (1997), en el procés d'aprenentatge tenen un paper rellevant tant les variables contextuais com les personals afectivo-emocionals, i en aquestes últimes trobem les emocions com un factor clau per l'aprenentatge. En aquest cas, a través de l'ER i la narrativa s'activa la part emocional de l'alumnat creant una experiència memorable per aquest, ja que juga una combinació d'elements com la sorpresa, el desafiament i la satisfacció al superar els enigmes dissenyats. Aquesta activació emocional esdevé fonamental per afavorir la comprensió i retenció dels coneixements a llarg termini (López-Pernas, et al., 2019).

En definitiva, l'ER educatiu fomenta la motivació i implicació, l'emoció i un aprenentatge significatiu. Aquest plantejament interactiu i dinàmic busca facilitar l'adquisició dels nous coneixements i, a més, el desenvolupament de competències clau i fonamentals que resultaran útils pel seu futur i per enfrontar els reptes que esdevenen en la realitat actual.

3.5.1. Elements clau que componen l'experiència d'un Escape Room educatiu

Per dissenyar un ER educatiu que resulti efectiu i útil pel procés d'aprenentatge dels estudiants és necessari que es valorin els següents elements que esdevenen essencials (figura 3):

- **Objectius d'aprenentatge:** abans de començar amb l'ER s'han d'establir els objectius d'aprenentatge, relacionant directament l'experiència amb ells i, posteriorment, avaluar-los (Claudio et al., 2019).
- **Narrativa atractiva:** la història inicial és un element fonamental per establir el context de l'activitat i donar-li sentit. És necessari que la narrativa atregui a l'estudiant, ja que això permet augmentar la implicació de l'alumnat en la tasca (Rivera et al., 2022).
- **Enigmes i reptes:** són la part central d'aquest recurs didàctic. Han de ser acords amb els objectius d'aprenentatge, però també és important que resultin atractius pels estudiants (Claudio et al., 2019).
- **Dificultat:** ha d'existir un equilibri en la dificultat dels reptes. Posar un enigma difícil al principi provocarà la desmotivació de l'alumne just començar i això no permetrà assolir un aprenentatge significatiu.
- **Temps:** no s'ha d'establir un ER de molt temps, encara que poden existir variacions en funció del tipus i l'experiència. És convenient que els reptes no tinguin una dedicació molt llarga perquè es produiria el mateix efecte que la dificultat, hi hauria una disminució de la motivació dels estudiants. Així, s'ha d'establir una limitació temporal per l'activitat, amb una pressió moderada, establint un estrès positiu.
- **Tema i espai:** és interessant que es presenti l'espai físic adaptat al tema de l'ER, amb la finalitat que els alumnes puguin tenir una experiència més immersiva.
- **Avaluació:** com a docents ens permet obtenir informació del progrés i aprenentatge dels alumnes al llarg de l'ER. Ara bé, els estudiants agraeixen una retroalimentació immediata, ja que augmenta la seva motivació. Això es pot establir a través de pistes extra, premis... (Claudio et al., 2019).

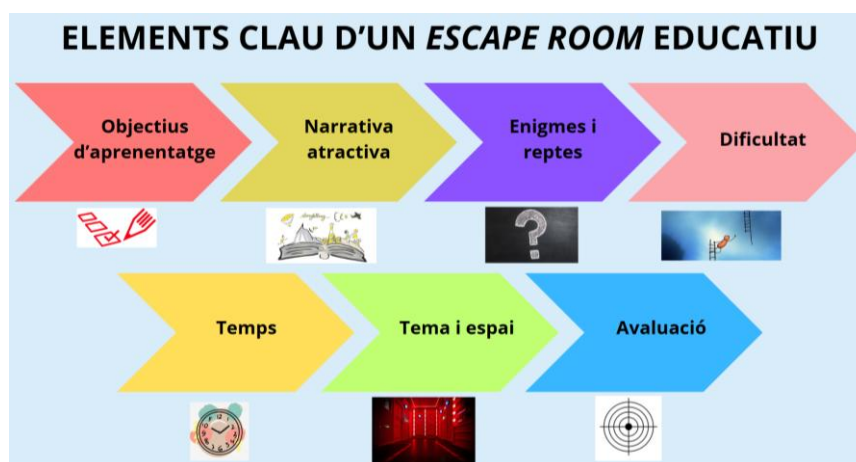


Figura 3. Esquema dels elements clau que componen l'experiència d'un *Escape room* educatiu. Font: elaboració pròpia amb plantilla de Canva.

Tenint en compte aquests elements es busca aplicar l'ER de la forma més efectiva, pretenent que els estudiants puguin desenvolupar habilitats com la creativitat i el pensament crític a través de la resolució de problemes, però també que treballin en equip i col·laborin entre ells. Aquest recurs didàctic es basa en una proposta dins de la ludificació per millorar el rendiment acadèmic i la motivació dels alumnes, facilitant l'aprenentatge significatiu a través de l'enfocament desafiant i interactiu que presenta aquesta metodologia (Lázaro, 2019).

3.5.2. Tipus d'*Escape rooms*

En l'àmbit educatiu els ER es poden classificar segons diferents criteris: el format, el context, o el tipus de dinàmica que s'aplica. Igualment, de forma general es troben alguns tipus d'ER educatiu més coneguts (figura 4), ja que s'implementen més habitualment:

1. **ER físic o presencial:** és com un ER original, format tradicional que es fa dins d'una sala o aula. Es tracta de resoldre les diverses proves dins de l'aula i, a mesura que aquestes es resolten, els participants avancen amb l'objectiu de resoldre la prova final o sortir. Normalment, aquest tipus d'ER disposa d'un temps límit, fent que sigui més emocionant. Al ser presencial disposa d'elements físics i es fomenta així la manipulació de materials i la col·laboració, esdevenint una experiència més immersiva i dinàmica (Ayuso, 2019; Moura i Santos, 2020).
2. **ER digital o virtual:** es basa en un tipus d'ER en què tot el disseny és digital. Els participants resolen les proves i els enigmes mitjançant una plataforma online. En aquest tipus s'utilitzen aparells electrònics com ordinadors, tauletes o mòbils i és característic l'ús de recursos com vídeos, codis QR, webs interactives... Aquest tipus d'ER ha agafat més força en els últims anys, a partir del confinament arran de la pandèmia provocada per la Covid-19 (Escape up, s.d.).
3. **ER híbrid:** es tracta d'una combinació d'elements de l'ER presencial i digital. Les proves plantejades introdueixen objectes físics, però la resolució d'alguns reptes són a través de dispositius digitals o codis en línia. Així, aquest tipus d'ER manté l'experiència presencial, però incorpora una complexitat a l'introduir les eines digitals. És un tipus d'ER ideal per fomentar diversos entorns d'aprenentatge (Eukel, Frenzel i Cernusca, 2017).
4. **Breakout educatiu:** és una variant de l'ER. En aquest cas, l'objectiu no és sortir o escapar, sinó que és obrir una caixa tancada final aconseguint una sèrie de codis secrets, els quals porten als participants a solucionar un problema. Un dels materials característics dels Breakout són unes caixes especials anomenades Breakout Box i aquest tipus d'ER tenen una estructura molt clara i serveix per treballar continguts concrets (Miró, 2018).
5. **ER a l'aire lliure:** manté el plantejament d'un ER físic, però les proves i reptes es troben a l'aire lliure. A nivell educatiu es realitzen en un espai delimitat, però aquests ER a l'aire lliure poden fer-se arreu d'un entorn gran o, fins i tot, ciutat (Martín *et al.*, 2024).

Paral·lelament, segons Wiemker, Elumir i Clare (2015), un ER pot dissenyar-se amb tres enfocaments bàsics diferents:

- **Model lineal:** l'ER s'ha de fer en un ordre específic. La solució d'una prova porta a la prova següent, i així de forma successiva. Així, es tracta d'una estructura guiada.
- **Model obert:** l'ER es pot fer en qualsevol ordre ja que les proves no segueixen una estructura determinada, sinó que poden resoldre's segons el que els participants vulguin.
- **Model multilineal:** es tracta d'una sèrie de reptes amb camins lineals que es poden fer de forma paral·lela. És a dir, hi ha diversos camins i hi ha una combinació; proves que han de realitzar-se amb un ordre i altres que no és necessari.

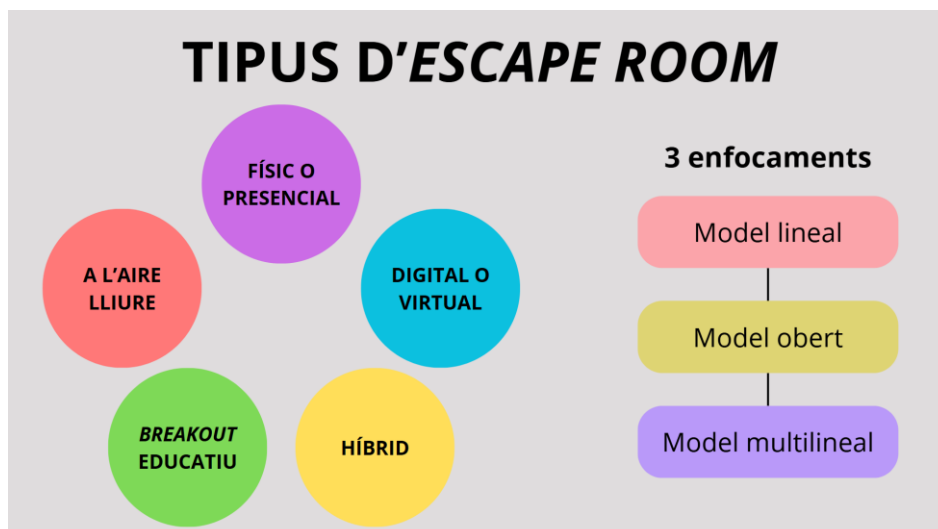


Figura 4. Representació esquemàtica dels tipus d'Escape room i enfocaments que es poden adaptar en el seu disseny. Font: elaboració pròpia amb plantilla de Canva.

Els tipus d'ER mencionats són els tipus d'ER principals, sobretot en l'àmbit de l'educació. En aquest sentit, els ER també poden variar en funció la finalitat pedagògica, és a dir, l'objectiu d'aprenentatge. La implementació dels ER educatius encaixen majoritàriament amb activitats d'aplicació, dintre del cicle d'aprenentatge (Jorba i Santmartí, 1994) [figura 5], on es facilita als alumnes consolidar els continguts treballats a classe o d'avaluació, i on el docent valora les competències i coneixements adquirits d'una manera més pràctica.

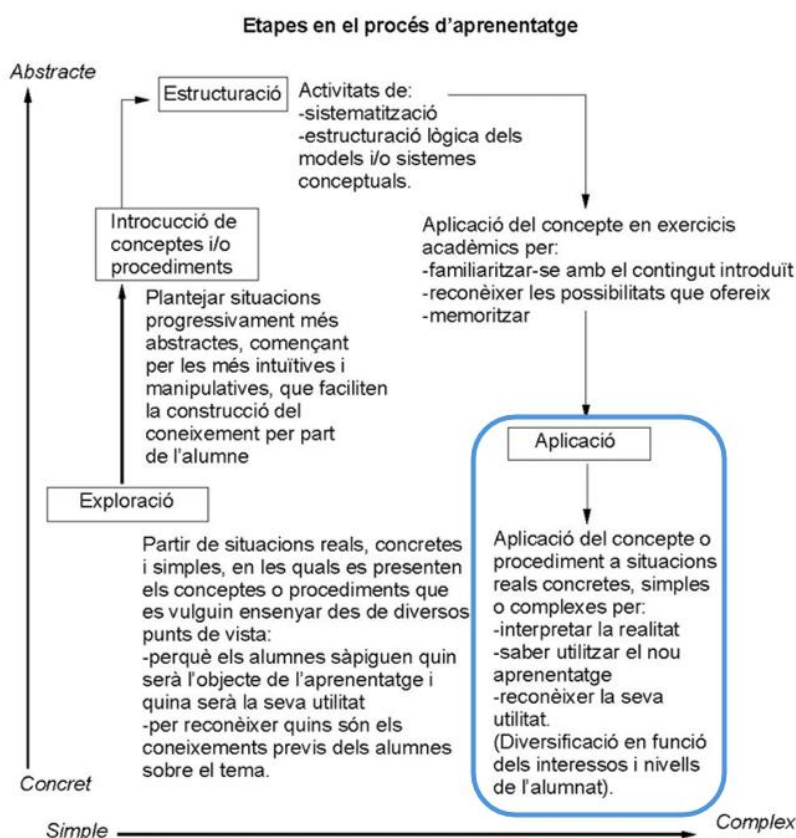


Figura 5. Representació gràfica de les etapes en el procés d'aprenentatge amb l'eix de les x que indica activitats de més simples a més complexes, i l'eix de les y que indica activitats de més concretes a abstractes. Les activitats d'aplicació es situen a les activitats que són més complexes i concretes, a la figura l'etapa d'aplicació està marcada amb un quadre blau. Font: Jorba i Santmartí, 1994.

Igualment, també es poden trobar altres finalitats a l'hora d'implementar un ER educatiu com podria ser activar coneixements previs (introducció) o treballar amb un enfocament només en habilitats i competències (transversal) (Veldkamp *et al.*, 2020).

3.5.3. Innovació didàctica: *Escape room* sobre els superbacteris

La proposta de l'ER com a estratègia didàctica per abordar el tema de la resistència als antibiòtics representa una proposta d'innovació educativa. La innovació didàctica implica introduir, de manera estructurada, canvis en la pràctica educativa, amb la finalitat de transformar i millorar el desenvolupament de l'ensenyament i els resultats d'aprenentatge dels alumnes (Basco-Isern *et al.*, 2011). És a dir, la innovació educativa és un procés complex i continu de millora educativa i aquest implica el revisar i transformar pràctiques educatives amb l'objectiu d'adaptar-se als reptes actuals de l'educació (Camacho, 2018).

Així doncs, amb l'ER es vol presentar una proposta d'innovació que es centri en l'aprenentatge actiu i significatiu. Realment, la innovació didàctica té el propòsit de millorar els processos d'ensenyament i aprenentatge, afavorint la participació de l'alumnat i el desenvolupament de competències (Zabala i Arnau, 2007). En aquest sentit, el propòsit de dissenyar un ER basat en una alerta sanitària causada per un superbacteri és oferir un context immersiu, amb el qual es permet treballar continguts de microbiologia amb un enfocament més pràctic i contextualitzat.

En l'ER dissenyat els alumnes de 4t d'ESO assumeixen el paper d'un grup de científics i científiques, els quals han d'enfrontar-se a una alerta sanitària a nivell local a causa d'un bacteri multiresistent que s'està propagant per l'hospital de la seva ciutat. Amb aquesta narrativa immersiva, contextualitzada i propera al seu entorn, se'ls hi presenta un objectiu principal: identificar el bacteri multiresistent i trobar el tractament més efectiu. Per fer-ho, han de començar a resoldre proves relacionades amb el diagnòstic microbiològic, la comprensió dels mecanismes de resistència, la identificació del bacteri causant i la decisió del tractament més adequat.

A més, amb aquest format més ludificat es vol promoure la motivació, la implicació activa del propi alumnat i la col·laboració entre iguals, afavorint així un aprenentatge competencial, ja que a través d'aquesta dinàmica, a més de treballar sabers curriculars, també es desenvolupen competències com el treball en equip, el pensament crític i la presa de decisions.

Els continguts que es tracten tenen el seu punt de partida en la necessitat de comprendre què són els superbacteris, un terme informal amb el qual es fa referència a tots els bacteris que han generat una resistència amb el temps a antibiòtics que abans acostumaven a utilitzar-se contra ells, però es poden estendre diverses definicions sobre el que és un superbacteri (Navarro *et al.*, 2021). Els superbacteris, de forma general i en termes col·loquials, són els bacteris que han desenvolupat resistència a diversos antibiòtics, dificultant o inclòs impossibilitant el seu tractament (CDC, 2019).

També, un dels propòsits principals de l'activitat és que els alumnes comprenguin què és la resistència als antibiòtics i quin impacte té això sobre la salut. La resistència antimicrobiana (o resistència als antibiòtics) és el fenomen pel qual els bacteris són capaços de resistir a substàncies, en aquest cas antibiòtics, que resulten nocives en primer termini per ells. Aquesta resistència pot esdevenir de forma innata, per mutacions espontànies, o bé, per l'adquisició de nous gens resistents a través dels mecanismes de transferència horitzontal, propis dels bacteris (Martínez, 2009).

Els antibiòtics són substàncies químiques que actuen sobre bacteris, evitant la seva multiplicació o eliminant-los. No tenen efecte sobre cap altre microorganisme com virus, fongs o protozous, només s'utilitzen per prevenir i tractar infeccions bacterianes. La resistència als antibiòtics és un fenomen natural, com s'ha esmentat anteriorment, però l'ús inadequat d'aquests fàrmacs; automedicació, interrupció del tractament, fer ús per infeccions víriques, entre altres, ha promogut a l'acceleració del procés i la selecció de soques bacterianes resistents (OMS, 2025).

Segons la mateixa Organització Mundial de la Salut (2025), la resistència als antibiòtics és avui dia una de les majors amenaces per la salut mundial. Alguns estudis, com el de Cassini *et al.* (2019), estimen que més de 33.000 persones moren a Europa anualment per infeccions causades per bacteris resistents. El problema es troba en el fet que si no s'adopten mesures estrictes i efectives, qualsevol infecció comuna d'un bacteri es tornaria mortal, com era abans de l'etapa pre-antibiòtica.

Per aquest motiu, el propòsit principal d'aquesta activitat és comprendre que són els superbacteris i per què la seva existència representa una greu amenaça a nivell de salut pública. Per això, s'han de fixar els següents objectius:

- Diferenciar entre bacteris i virus, i conèixer el mecanisme d'acció dels antibiòtics, és a dir, el seu funcionament i la seva acció selectiva (només bacteris).
- Comprendre els mecanismes de desenvolupament de resistència: mutacions genètiques, transferència gènica horitzontal i selecció natural. En aquest cas, no cal que coneguin tots els processos, però sí quins mecanismes hi ha i fent més èmfasi en les mutacions, ja que és un concepte que ja han treballat.
- Conèixer algunes proves diagnòstiques que s'utilitzen i el paper que tenen, com l'antibiograma.
- Prendre consciència de l'impacte de la problemàtica de resistència als antibiòtics en la salut global.
- Reflexionar sobre pràctiques inadequades d'ús dels antibiòtics i la seva relació amb l'aparició de bacteris resistents, junt amb les repercussions sanitàries i socials que esdevé el mal ús dels antibiòtics.

La proposta inclou la necessitat d'aplicar coneixements previs i l'adquisició de nous sabers, en aquest cas, sobre la resistència als antibiòtics i les seves implicacions, tant a nivell clínic com social. D'aquesta manera, a través de l'experiència de l'ER, els alumnes no només assimilaran els coneixements de manera significativa, sinó que també se'ls hi facilitarà prendre consciència sobre el seu paper com a ciutadans responsables, ja que a l'entendre com es genera i propaga la resistència als antibiòtics i estar més informats, podran adoptar actituds més compromeses que ajudin a preservar l'eficàcia dels antibiòtics per a les futures generacions.

4. MARC METODOLÒGIC

Aquest treball es basa en el disseny i implementació d'un ER en el nivell de 4t d'ESO, com a estratègia didàctica per abordar la resistència als antibiòtics i la greu problemàtica que comporta.

L'enfocament metodològic d'aquest treball inclou, d'una banda, tot el disseny de l'ER amb una classe introductòria sobre la temàtica «Resistència als antibiòtics» i, d'altra banda, la creació i aplicació d'un conjunt de qüestionaris previs i posteriors sobre coneixements de resistència als antibiòtics i també sobre l'experiència de l'activitat destinats a l'alumnat, a més d'un breu qüestionari per obtenir feedback de la proposta per part de companys de professió. Tot amb el propòsit d'avaluar l'impacte educatiu i l'eficàcia de tota la intervenció a través d'una recerca majoritàriament quantitativa.

4.1. Disseny i implementació de l'Escape room

4.1.1. Marc legislatiu i competències a desenvolupar

La legislació en la que es basa aquest treball i proposta és en el Decret 175/2022, de 27 de setembre, pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica englobant el currículum bàsic de l'educació primària, l'educació secundària obligatòria o els cicles formatius de grau bàsic, tal com es recull a la Llei orgànica 3/2020, del 29 de desembre, per la qual es modifica la Llei orgànica 2/2006, de 3 de maig, d'educació (LOMLOE).

En el currículum es promou una educació competencial, orientada al desenvolupament integral i al seu compromís com a ciutadà. A més, posa èmfasi en la necessitat d'adoptar metodologies actives per afavorir l'aprenentatge significatiu i la participació activa. En aquest sentit, la proposta de l'ER es tracta d'una estratègia metodològica relacionada amb els principis d'innovació pedagògica recollits pel Departament d'Educació. L'activitat permet desenvolupar sabers i competències de l'àmbit científic i en contextos propers a l'alumnat.

4.1.2. Context educatiu d'aplicació

El nivell educatiu pel qual s'ha dissenyat aquesta proposta és 4t d'ESO, etapa educativa que correspon a l'últim any de l'Educació Secundària Obligatoria i sent un punt crític pel futur pròxim dels estudiants.

L'activitat està pensada per fer-la a l'assignatura de Biologia de 4t d'ESO, assignatura que és una optativa en aquest nivell, per tant, els alumnes provenen de grups diferents. Es tracta d'un grup d'un total de 23 alumnes, un d'ells absentista totalment i dos amb faltes d'assistència recurrents. És un grup heterogeni i el centre educatiu està situat en un entorn urbà i amb disposició de recursos tecnològics suficients per dur a terme l'activitat.

L'activitat serà aplicada com a metodologia activa basada en la ludificació. En aquest cas, l'ER es realitzarà al Laboratori de Ciències Naturals del propi institut i es realitzarà en una sessió de Biologia amb els alumnes de 4t d'ESO, concretament el temps destinat a l'ER serà de 50 minuts.

4.1.3. Elements curriculars i pedagògics de la proposta didàctica

Aquesta proposta educativa dissenyada amb l'ER sobre la resistència als antibiòtics té com objectiu principal facilitar la consolidació dels coneixements de l'alumnat i promoure l'adquisició de coneixements més dinàmica, activa i contextualitzada. En aquest sentí, es parteix d'una temàtica molt rellevant per a la societat i actual.

A més d'abordar els continguts conceptuals, altre objectiu didàctic d'aquesta innovació és desenvolupar diverses competències com són el treball en equip, la creativitat, la presa de decisions i el pensament crític, entre altres, a més de fomentar la motivació i l'interès de l'alumnat envers les ciències. Per polir i concretar més aquests objectius, es desglossen i també es proposen altres objectius d'aprenentatge per a l'alumnat en l'annex 1.

D'altra banda, amb la realització de l'ER es pretén que els alumnes prenguin consciència sobre la greu amenaça que comporta el problema de la resistència als antibiòtics, alhora que consolidin diversos sabers establerts al currículum de l'educació secundària obligatòria. Els sabers que es treballen es troben dins de l'àrea de projecte científic i genètica i evolució a nivell de 4t d'ESO. Si més no, el tema de la resistència als antibiòtics forma part dels continguts propis de batxillerat, pel que també desenvoluparan sabers corresponents a aquesta etapa educativa. Tots els sabers tractats amb l'ER es recullen en una taula que es pot consultar a l'annex 2.

A nivell competencial, la proposta pretén desenvolupar cinc de les vuit competències clau definides a la LOMLOE: la competència de comunicació lingüística, la matemàtica i en ciència, tecnologia i enginyeria, la competència digital, la competència personal, social i d'aprendre a aprendre i la ciutadana. Així mateix, també es treballaran les competències específiques 2, 4 i 5 corresponents a l'àrea de Biologia i Geologia en 4t d'ESO, d'acord amb el Decret 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica (annexos 3 i 4).

En relació amb l'enfocament global del currículum, es consideren els sis vectors clau descrits per la LOMLOE. A través de les diferents proves i reptes de l'ER es pretén treballar la ciutadania democràtica i la consciència global, la universalitat del currículum, la qualitat de les llengües, entre altres. A l'annex 5 es pot veure de forma detallada els vectors que s'aborden.

Finalment, en quant a l'avaluació de l'activitat, es tracta d'una proposta didàctica orientada a aplicar els coneixements en un entorn més pràctic i un context més proper a la realitat. Com indiquen Jorba i Santmartí (1994) (figura 5), les activitats d'aplicació es basen en l'aplicació del concepte o procediment a situacions concretes i reals, per així interpretar la realitat, utilitzar aquest aprenentatge i poder reconèixer la seva utilitat.

En aquest treball, principalment, es vol avaluar quin impacte té l'ER com a proposta innovadora a l'aula en relació a la seva viabilitat i aplicabilitat. Per tant, essencialment es farà una observació pròpia per veure com es desenvolupen els estudiants durant l'activitat. Si l'ER es valora amb un impacte positiu en la seva implementació, amb la finalitat d'avaluar a l'alumnat, a més de fer una sessió de retroalimentació entre tots del que els hi ha semblat i què han après, es podrien seguir els criteris d'avaluació establerts a les competències específiques 2, 4 i 5 del currículum que treballen els alumnes amb aquest tipus de tasca, en funció de la implicació i grau d'assoliment tant individual com grupal (annex 6).

4.1.4. Descripció de l'activitat didàctica

L'activitat didàctica es basa en el disseny i implementació d'un ER educatiu com a eina d'aprenentatge significatiu. Aquest parteix d'una narrativa contextualitzada, una alerta sanitària provocada per la propagació d'una infecció causada per un bacteri multiresistent (superbacteri) en l'hospital local. Tota l'activitat està estructurada en diferents fases: una sessió introductòria prèvia, la realització de l'ER amb set proves i una reflexió conjunta final.

La proposta es fonamenta en els principis d'aprenentatge actiu, on l'alumnat té un paper protagonista en el seu procés d'aprenentatge. Segons Minner *et al.* (2010), la implicació activa de l'alumnat en processos de resolució i aplicació facilita i afavoreix l'adquisició de coneixements. L'ús d'un ER respon a l'objectiu de promoure un aprenentatge actiu, contextualitzat i vivencial. Com assenyalen Ramírez-Quesada i de Jesús Villa (2024), aquest tipus d'activitats poden generar efectes positius en l'aprenentatge si són aplicades de forma adequada.

A més, Kapp (2012) estableix la importància de la utilització de dinàmiques de joc i el reconeixement de premis o incentius, ja que pot actuar com un element de motivació extrínseca. Així, en aquest ER hi ha un premi simbòlic al final per l'alumnat, amb la idea de contribuir a mantenir la seva atenció i interès al llarg de tot l'ER.

No obstant això, malgrat tots els beneficis pedagògics que pot aportar un ER, també s'ha de tenir present que la metodologia basada en ER pot presentar algunes limitacions. Alguns autors com Fotaris i Mastoras (2019) expressen que aquest tipus d'activitats, encara afavorir algunes competències com la presa de decisions i la col·laboració, també poden restringir altres com la creativitat quan no s'han plantejat dinàmiques diferents o activitats diverses al llarg de tots els reptes.

4.1.4.1. Sessió d'introducció

La sessió prèvia a l'ER té com objectiu explicar els conceptes clau relacionats amb la resistència als antibiòtics. La idea és preparar a l'alumnat per a la temàtica que es treballarà i generar interès. Aquesta sessió didàctica inclourà els conceptes següents:

- Què són els antibiòtics i el seu mecanisme d'acció (només actuen sobre bacteris).
- Com adquireixen els mecanismes de resistència als antibiòtics: mutacions gèniques i altres mecanismes de transmissió, sense entrar en gran detall.
- La prova de l'antibiograma com eina de diagnòstic per determinar la sensibilitat bacteriana.
- L'impacte de la resistència antimicrobiana en salut pública.
- Desinformació i mites sobre l'ús dels antibiòtics.
- Alternatives a l'ús dels antibiòtics (breu explicació de la teràpia fàgica).

Es pretén que aquesta sessió sigui el més dinàmica possible i es creïn debats dirigits i enfrontaments de diferents perspectives a la classe. La presentació de suport es pot visualitzar amb l'enllaç que es troba a l'annex 7.

4.1.4.2. Planificació de l'Escape room

L'ER estarà planificat i dissenyat per afegir diverses proves i reptes que incloguin els conceptes prèviament treballats a la sessió introductòria. Es tracta d'un ER lineal, tipus d'ER en què les proves es resolen amb un ordre concret, una rere l'altra, per avançar fins a la prova final (annex 8 per veure plantilla de planificació de l'ER).

Entre la sessió introductòria i la realització de l'ER hi ha una diferència de 3 setmanes. Així, es podrà observar com l'alumnat desenvolupa l'ER i si els hi ajuda a recordar, assimilar i aplicar conceptes treballats a classe. L'ER es desenvoluparà en una sessió d'una hora, la qual el temps destinat a fer l'ER en sí serà de 50 minuts. L'alumnat es dividirà en 4 equips de 5 persones, i cada equip ha de superar les diferents proves en ordre seqüencial per arribar a l'última, on hauran de col·laborar entre tots. L'objectiu de l'activitat és identificar el superbacteri responsable de les infeccions i decidir el tractament més efectiu.

4.1.4.3. Seqüència i descripció de les proves

La proposta té una estructura ludificada i s'opta per una metodologia activa i vivencial amb la resolució de reptes contextualitzats amb la finalitat de potenciar la motivació intrínseca i la participació activa dels alumnes. Abans de la descripció detallada de cada prova, a la taula 1 es pot visualitzar informació sobre els elements clau de cadascuna: els objectius d'aprenentatge, la narrativa que segueix, la dificultat, el temps, les competències, sabers i vectors treballats, entre altres.

Taula 1. Descripció detallada dels elements clau de cada prova de l'Escape room

PROVES	Objectius d'aprenentatge	Narrativa atractiva	Enigmes i reptes	Dificultat	Temps	Tema i espai	Avaluació	Competències, sabers i vectors
Casos clínics i missatge secret	Comprendre la importància del bon ús dels antibiòtics	Repte comença amb un missatge en format WhatsApp que anuncia un desordre en els casos clínics	Classificar casos clínics en funció de si requereixen tractament amb antibiòtics o no. Descobrir missatge ocult.	Fàcil-mitjana	5-7 min	Salut, antibiòtics Taula laboratori, racó d'anàlisi clínica	Resposta correcta en la classificació Lectura del missatge ocult	C: científica, ciutadana, comunicació lingüística S: salut, tractaments amb antibiòtics V: ciutadania democràtica i consciència global, aprenentatge competencial, universalitat del currículum
Fake news	Detectar els errors sobre l'ús dels antibiòtics en la notícia. Reflexionar sobre la desinformació	Anàlisi de notícies falses en el context d'una crisi sanitària	Identificar els quatre errors i formar la pista següent amb les diferents paraules obtingudes.	Fàcil	5-7 min	Salut Taula laboratori, racó de «premsa»	Missatge final en ordre, format a partir dels errors trobats	C: comunicació lingüística, científica, ciutadana, personal i social S: salut, ús racional dels antibiòtics i reconeixement i utilització de fonts fiables d'informació científica V: qualitat educativa en les llengües, ciutadania i consciència global
Laboratori contaminat	Identificar pràctiques d'higiene per prevenció d'infeccions	Descobrir les zones de contaminació del laboratori	Realitzar test de prevenció d'infeccions i de superfícies contaminades	Fàcil-Mitjana	8 min	Salut, prevenció d'infeccions. Zona quarantena	Detecció amb llum UV de les pistes i qüestionari correcte.	C: social, científica, ciutadana S: higiene, transmissió d'infeccions V: ciutadania i consciència global, benestar emocional

PROVES	Objectius d'aprenentatge	Narrativa atractiva	Enigmes i reptes	Dificultat	Temps	Tema i espai	Avaluació	Competències, sabers i vectors
L'antibiòtic correcte	Interpretar antibiogrames	Identificar l'antibiòtic que encara té efectivitat	Analitzar antibiogrames i identificar antibiòtic efectiu	Mitjana	8 min	Microbiologia clínica Laboratori, zona antibiogrames	Identificació correcta del disc antibiòtic	C: científica, digital, personal i d'aprendre a aprendre S: microbiologia, mecanismes de resistència bacteriana i interpretació de proves diagnòstiques V: aprenentatge competencial, ciutadania democràtica, benestar emocional
Mutació genètica	Comprendre el concepte de mutació genètica i el seu paper en la resistència	El bacteri ha mutat i per això és resistent. Cal analitzar la seqüència genètica	Transcripció i traducció d'ADN	Alta	10-12 min	Genètica molecular Taula laboratori	Seqüència proteica i interpretació de la proteïna correcta	C: científica, personal i d'aprendre a aprendre S: mutacions, expressió gènica V: universalitat del currículum, aprenentatge competencial
Quin bacteri és?	Identificar el bacteri causant de les infeccions	Descobrir quin és el bacteri responsable	Interpretar els resultats i comparar les informacions	Alta	10 min	Microbiologia Laboratori zona de microscopis	Identificació bacteri correcte i obtenció d'una paraula de la pista	C: científica, comunicació lingüística S: microbiologia, interpretació d'informació científica V: ciutadania democràtica i consciència global, perspectiva de gènere
Tractament efectiu	Decidir entre tots el tractament més efectiu	Decisió final per aturar el superbacteri	Llegir informació dels tractaments i consensuar la decisió final	Mitjana	10 min	Microbiologia Laboratori	Decisió correcta i argumentada	C: científica, social, ciutadana S: reflexió sobre tractaments V: aprenentatge competencial, ciutadania, benestar emocional

Normativa *Escape room*

A l'inici de l'ER es dona a l'alumnat unes instruccions i normes a seguir, perquè la sessió es desenvolupi amb normalitat, indicant el nombre de persones, on es troben els materials per fer-lo, la tasca del docent com a *Game Master* i les normes de convivència entre els membres del grup, tal com es veu en la figura 6.

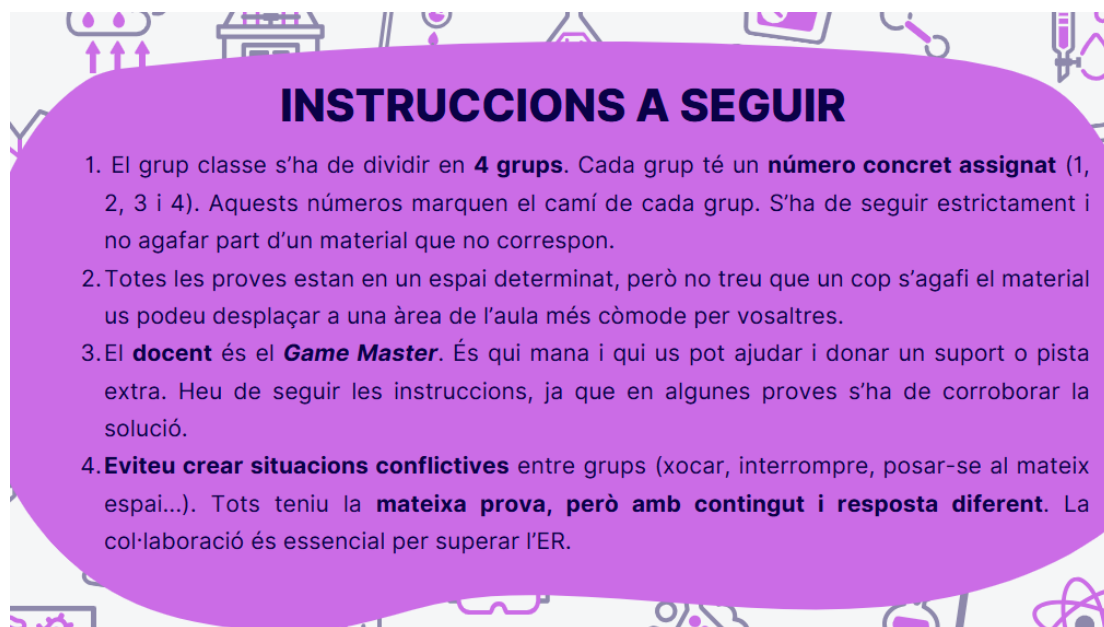


Figura 6. Normativa i instruccions a seguir per l'alumnat a l'*Escape room*. Font: elaboració pròpia amb plantilla de Canva.

Narrativa inicial

Al marc teòric s'ha especificat la rellevància d'una bona narrativa. L'ER s'estableix en un context concret el qual busca apropar-se a l'entorn de l'alumnat. En aquest cas, el context és el següent:

- A l'hospital de Viladecans (hospital local) s'han detectat 10 casos greus d'infecció d'un superbacteri. L'hospital comença a estar desbordat i es troben davant d'una alerta sanitària amb la qual comença a esdevenir por i inquietud entre la població. Per combatre el problema és necessari el treball dels científics. Els alumnes són investigadors qualificats i treballen en un laboratori, on reben una trucada important i els hi demanen la seva col·laboració. La infecció bacteriana es podria propagar ràpidament, i els alumnes tenen la responsabilitat d'identificar el superbacteri i decidir el tractament per solucionar aquest greu problema, però han de treballar a contrarellotge.

La narrativa es presenta en format vídeo, dissenyat i creat per elaboració pròpia. És un vídeo breu, amb duració d'un minut, que presenta la narrativa. Al vídeo es mostren titulars de notícies, s'especifica que hi ha una alerta sanitària i se'ls informa que han trucat al seu laboratori demanant la seva ajuda. També es determina l'objectiu que tenen: identificar el bacteri que causa la infecció i decidir el tractament final. El vídeo presenta una música de fons d'acció i misteri per establir una connexió amb la trama de l'escenari presentat. El vídeo es pot visualitzar al següent enllaç: <https://www.powtoon.com/s/gqRhFd7qXCX/1/m/s>

A la part final del vídeo es troba una imatge que mostra la conversa d'un grup de WhatsApp anomenat "*Science team*" i amb la qual es deriva a començar la primera prova «Casos clínics i un missatge secret» (figura 7). Posteriorment, es mostra una diapositiva amb les instruccions per la primera prova (figura 8).

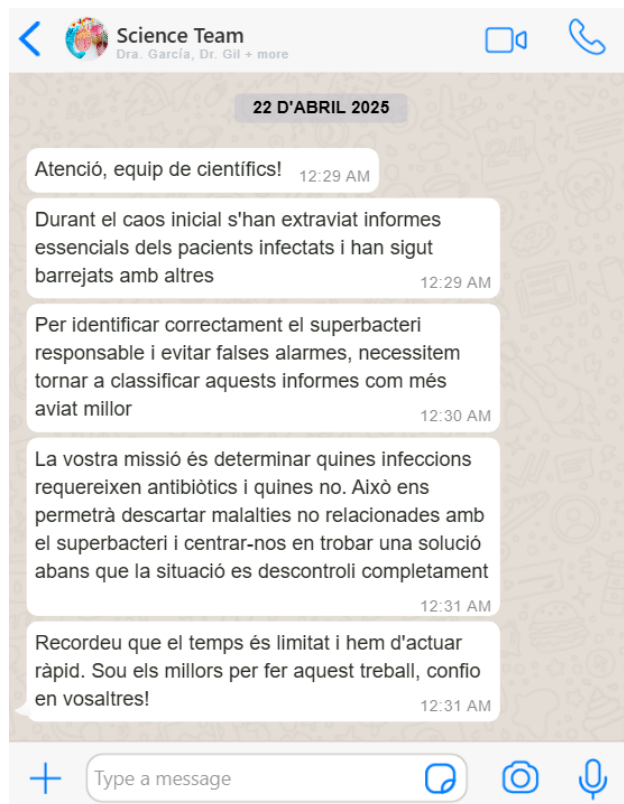


Figura 7. Conversa de WhatsApp mostrada al final del vídeo amb què es presenta la narrativa. Aquest missatge porta als alumnes a realitzar la primera prova. Font: imatge elaboració pròpia.

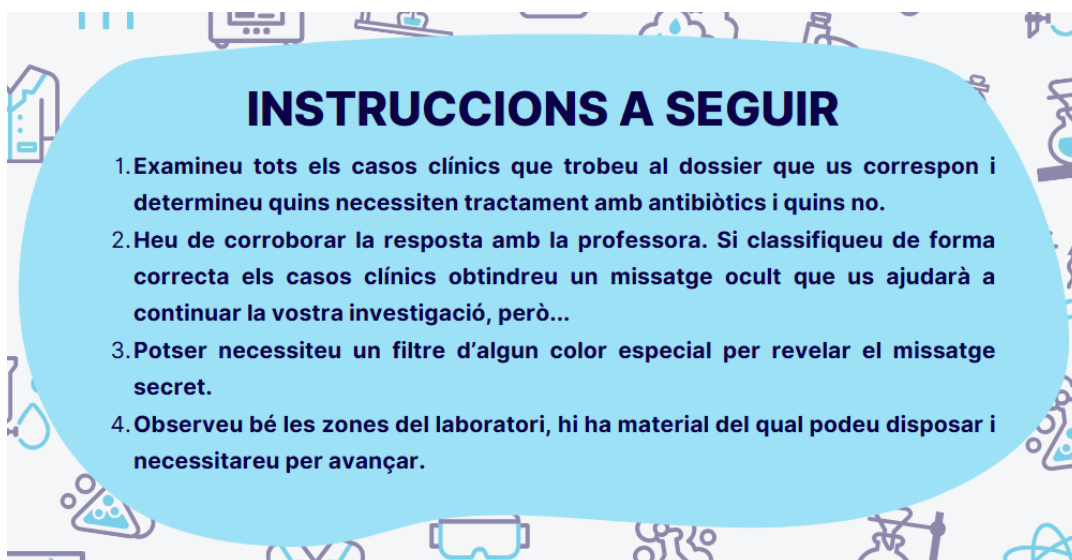


Figura 8. Diapositiva amb les instruccions que els alumnes han de seguir per realitzar la primera prova. Font: plantilla Canva, contingut elaboració pròpia.

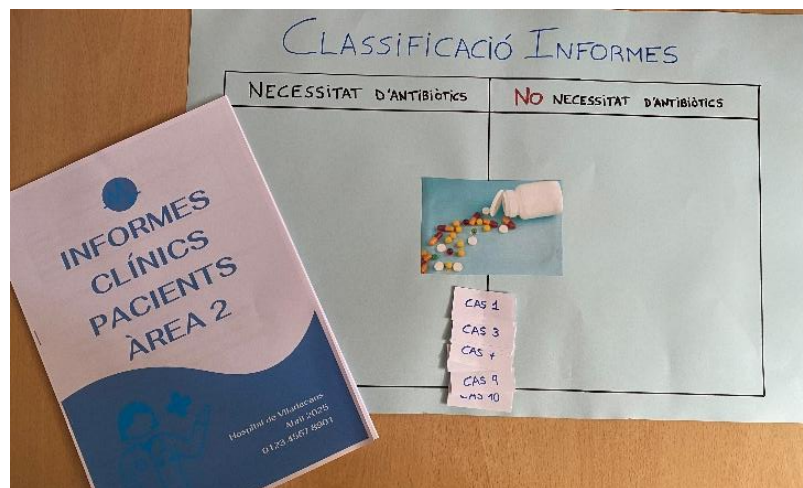
Amb això es pretén presentar el context als alumnes i establir l'inici de l'ER. Un cop els alumnes hagin visualitzat el vídeo i llegit les instruccions per la prova inicial, es projectarà durant tota la sessió un compte enrere a la pantalla a partir de 50 minuts.

A més del vídeo, per incentivar l'interès i curiositat de l'alumnat des d'un principi, es trobaran en una taula «carnets de científics», donant una pista del rol que desenvoluparan. Cada alumne té el seu amb una imatge seva i el seu nom i cognom. Aquests carnets els hauran d'agafar quan entrin, i la idea és donar el context i un misteri de la millor forma (annex 9 pel disseny del carnet de científic).

Prova 1: Casos clínics i un missatge secret

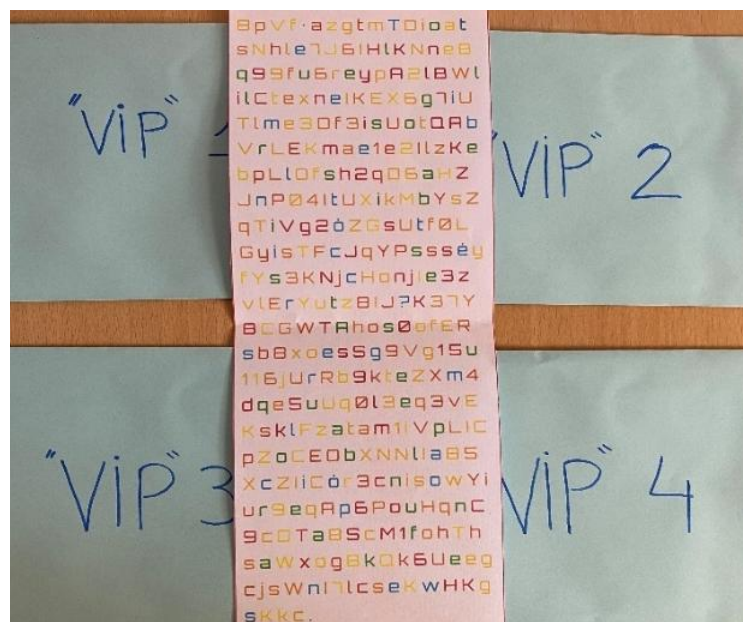
La primera prova de l'ER té com a finalitat introduir als alumnes en la temàtica dels antibiòtics i el seu ús adequat a través d'una activitat interactiva. L'objectiu concret és que els alumnes aprenguin a diferenciar malalties d'origen bacterià i víric i apliquin el raonament clínic en la presa de decisions sobre el tractament necessari, en aquest cas, identificant quan es requereixen els antibiòtics. Així, de manera indirecta, també podran reflexionar sobre l'ús inadequat d'aquests.

Per aquesta activitat els participants disposaran d'un dossier amb 10 casos clínics diferents, amb la descripció de situacions mèdiques reals. En una taula del laboratori trobaran aquests dossiers (un per grup) amb quatre cartolines (una per grup). En aquestes hi haurà una taula amb dues columnes: «necessitat d'antibiòtics» i «no necessitat d'antibiòtics» (vegeu Imatge 1). Els alumnes hauran de classificar els casos clínics segons si el cas descrit necessita tractament amb antibiòtics o no.



Imatge 1. Material pertanyent a la prova 1 de l'Escape room. Es visualitza l'informe amb els casos clínics i la cartolina on han de classificar els casos (petites targetes denominades amb cas X, X sent un número de l'1 al 10). Font: elaboració pròpia.

Quan hagin classificat els casos, hauran de passar per la figura del docent per validar les respostes. En cas correcte se'ls hi entrega un sobre "VIP" on hi haurà un missatge secret amb codificador de colors (imatge 2).



Imatge 2. Sobre "VIP" que s'entrega un cop resolen la prova 1 de l'Escape room. En aquest sobre disposen el missatge secret escrit amb codificador de colors. Font: elaboració pròpia.

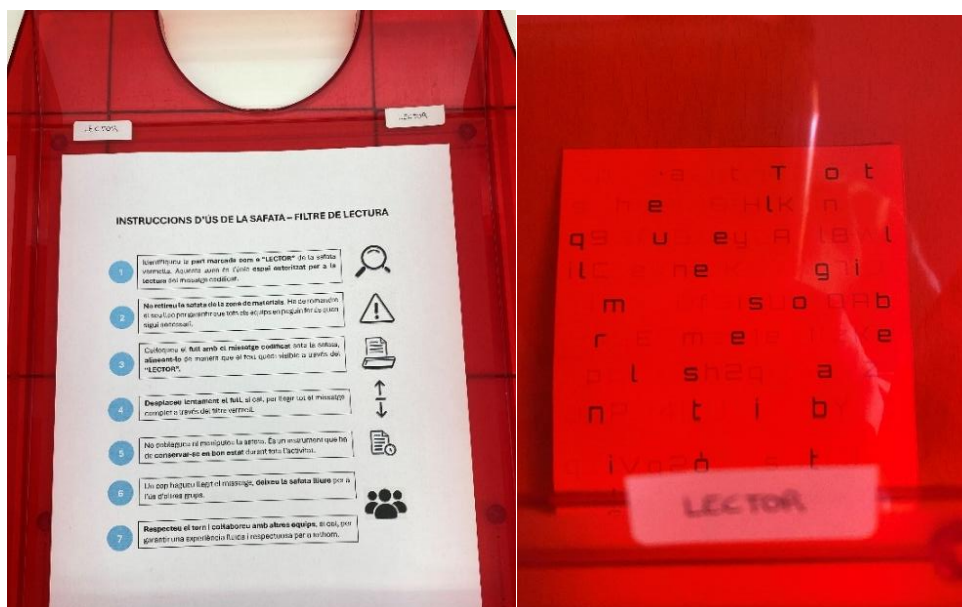
Al laboratori hi haurà una «secció de material» per algunes de les proves (imatge 3). Hauran de descobrir que necessiten un filtre vermell per revelar la informació oculta. El filtre vermell se'ls proporciona a partir d'una safata vermella que trobaran en aquesta secció de materials.



Imatge 3. Secció de material de l'Escape room a disposició dels alumnes al llarg de les diferents proves. Es troba en un espai concret del laboratori on pot accedir tothom i està marcat amb un cartell que posa «Secció material». Font: elaboració pròpia.

A la safata vermella hi ha un full enganxat amb les instruccions a seguir i un petit adhesiu amb la paraula «Lector», indicant que han d'utilitzar aquesta part per llegir el missatge (imatge 4). El missatge codificat ho podran llegir fàcilment amb el filtre vermell i el seu contingut és el següent:

Tot el que llegim sobre els antibiòtics és cert? Assegurem que la població no rep una *fake news*. [Aquest missatge codificat es pot veure de forma completa a l'annex 10].



Imatge 4. Safata amb filtre vermell per descodificar el missatge secret. A mà esquerra la safata amb el full d'instruccions i dues seccions marcades com a «LECTOR». A mà dreta, la forma en que han de fer servir la safata per llegir el missatge i es pot visualitzar com es llegeix aquest. Font: elaboració pròpia (annex 10).

Aquest missatge, que revelaran amb el filtre vermell, deriva als alumnes a la següent prova que els convida a reflexionar sobre la importància de contrastar la informació, en aquest cas, sobre els antibiòtics i el seu ús.

Prova 2: Fake news sobre els antibiòtics

L'objectiu d'aquesta prova és conscienciar i fer reflexionar a l'alumnat sobre la desinformació i els mites comuns i existents sobre els antibiòtics. En aquesta prova els alumnes han d'analitzar una notícia falsa. El contingut d'aquesta notícia és inventat i contextualitzat al que s'ha tractat a la sessió introductòria, i en el cos d'aquesta notícia es presenten alguns mites comuns i certa desinformació sobre els antibiòtics.

La prova tracta de llegir la notícia la qual conté quatre errors principals (annex 11 per visualitzar les notícies realitzades). Els alumnes han d'analitzar-la i trobar els errors, i per cada error identificat i justificat de forma correcta, el grup rebrà una paraula del missatge que necessiten per continuar. Quan trobin els quatre errors podran unir les paraules i obtenir la pista següent que necessiten per passar a la següent prova, que és: «Detecta contaminació àrea quarantena» (imatge 5).

"Els antibiòtics són capaços de destruir no només els bacteris patògens, sinó també els virus i els fongs."	Els antibiòtics només funcionen contra bacteris, no virus ni fongs. PARAULA CLAU: DETECTA
"Els metges recomanen prendre antibiòtics davant de qualsevol símptoma de malaltia per prevenir complicacions."	Els antibiòtics no han de prendre's sense prescripció ni com a mesura preventiva per qualsevol símptoma. PARAULA CLAU: CONTAMINACIÓ
"Si deixes de prendre antibiòtics quan et sents millor, no passa res i el cos pot acabar eliminant els microorganismes sense problemes."	Deixar el tractament abans d'hora pot afavorir la resistència als antibiòtics. PARAULA CLAU: ÀREA
"Quan un bacteri es torna resistent, és convenient augmentar la dosi de l'antibiòtic fins que el microorganisme desaparegui."	Això pot empitjorar la resistència i s'ha de consultar un metge per un nou tractament. PARAULA CLAU: QUARANTENA
ERROR (per davant)	PISTA (per darrere)

Imatge 5. Targetes amb contingut a ambdues cares. Cara principal del davant amb un error que conté la notícia i cara del darrere amb la justificació de l'error i una paraula clau que forma part de la pista que necessiten per continuar. Font: elaboració pròpia.

Prova 3: Laboratori contaminat

La següent prova anomenada «Laboratori contaminat» té com a propòsit que els alumnes aprenguin sobre la propagació de les infeccions bacterianes i la importància de la prevenció d'aquestes, evitant la seva transmissió amb mesures de prevenció com la higiene rigorosa.

Els alumnes a partir de la pista anterior hauran d'observar el laboratori. L'àrea destinada a aquesta prova estarà determinada amb uns cartells específics que marquen la zona de quarantena i, a més, trobaran un full d'instruccions (annex 12). Els alumnes s'hauran de dirigir a aquesta àrea on es trobaran diversos fulls en blanc distribuïts en diferents tamborets, i només quatre fulls del total simularan una superfície contaminada, la qual correspondrà a un equip concret (imatge 6). Així doncs, en alguns fulls es trobarà la superfície contaminada i una pista, tot escrit en tinta invisible que serà visible només amb llum ultraviolada (UV).



Imatge 6. Espai del laboratori destinat a la prova 3 i delimitat amb dos cartells on es determina «Àrea en quarantena». En aquesta secció hi ha diversos tamborets amb fulls en blanc, quatre d'ells amb una superfície contaminada que amaga la pista.

Els alumnes hauran de cercar, mitjançant els bolígrafs que disposen de llum UV que se'ls hi facilita, la superfície contaminada que correspon al seu equip. Els fulls concrets que simulen l'àrea contaminada presenten en tinta invisible la nota següent: «Contaminació detectada grup X. Agafeu el sobre corresponent al teu grup que està enganxat a la porta del laboratori», X sent el número concret de l'equip (de l'1 al 4, números que s'assignen al principi de l'ER).

Aquest sobre disposarà només d'un *pendrive* dins, el qual hauran de posar a l'ordinador i trobaran un únic document amb un enllaç, que els portarà a fer un qüestionari sobre la propagació d'infeccions i mesures de prevenció. Aquest qüestionari ha sigut realitzat amb el programa *Genially* i disposa de 5 preguntes. El qüestionari que s'inclou en aquesta prova es pot visualitzar i fer amb el següent enllaç:

<https://view.genially.com/67ebf81496d590c25d5d2860/interactive-content-questionari-prevencio-infeccions>

Una vegada l'equip respon a totes les preguntes de forma correcta, els sortirà un missatge que els deriva a la següent prova (figura 9).

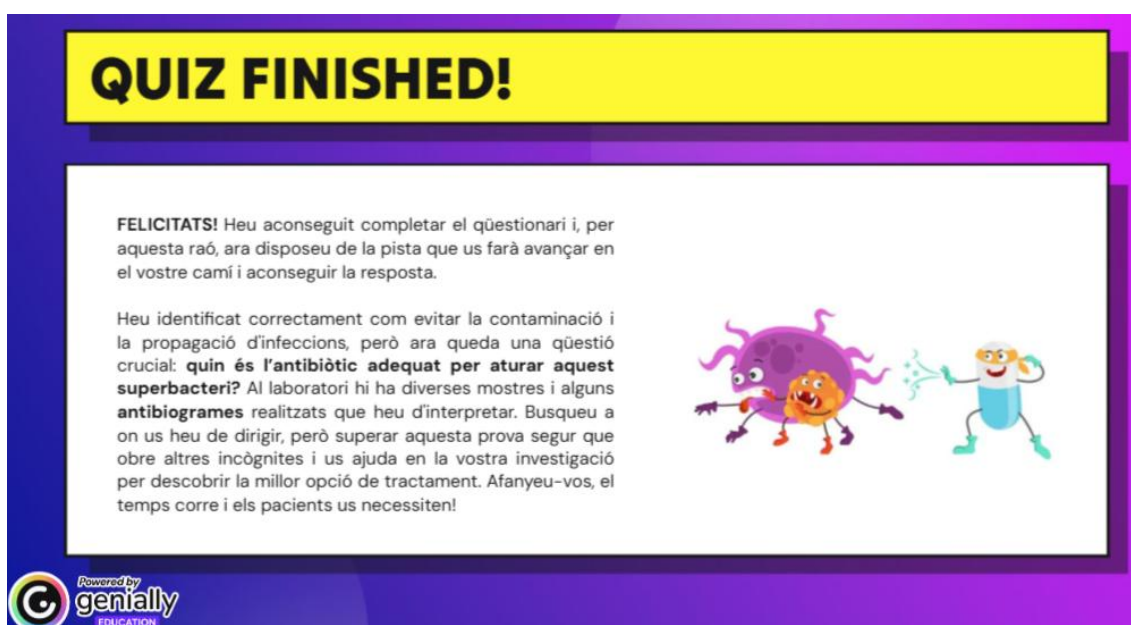


Figura 9. Missatge resultant a l'acabar el qüestionari de la prova «Laboratori contaminat» i amb el qual obtenen la pista que els hi deriva a la prova següent. Font: captura de pantalla, elaboració pròpia.

Prova 4: L'antibiòtic correcte

L'objectiu de la prova «L'antibiòtic correcte» té l'objectiu que els alumnes compreguin el concepte de sensibilitat i resistència, a més de conèixer la prova de l'antibiograma i saber interpretar-la, és a dir, diferenciar entre antibiòtics de diferents espectres d'acció.

Amb el missatge anterior se'ls deriva a aquesta prova en què cada equip haurà d'analitzar dos antibiogrames diferents. Aquests antibiogrames són extrets d'imatges que han sigut impreses i retallades amb la finalitat de posar-les en una placa de petri, per simular el millor possible com es realitzen i s'observen els antibiogrames.

Cadascun d'aquests antibiogrames disposen de diferents discs d'antibiòtics, assignats amb un número. Tots els equips disposaran d'un llistat d'antibiòtics amb el seu número corresponent i un codi assignat. En ambdós antibiogrames hi ha diversos discs d'antibiòtics, i es trobaran que el bacteri és sensible a alguns i resistent a altres. La qüestió és que només serà sensible a un mateix antibiòtic en ambdós antibiogrames, per tant, aquesta serà la resposta que han de trobar. La finalitat de la prova és que trobin l'antibiòtic que encara té efectivitat sobre el superbacteri. Tot això queda especificat en un full d'instruccions que es trobarà a l'àrea on es realitza la prova, junt amb el llistat d'antibiòtics (imatge 7 i annex 13).

Aquest codi és el que necessiten per desbloquejar el cadenat i obrir una caixa en la qual disposaran de tota la informació i material necessari per realitzar la següent prova. Cal mencionar que, amb la intenció que cada equip desenvolupi el seu camí de manera independent fins al final (on necessitaran la col·laboració de tots), la resposta serà diferent per a cada grup.

Encara disposem d'un antibiòtic per aturar aquest superbacteri?

Analitzeu els ANTIBIOGRAMES

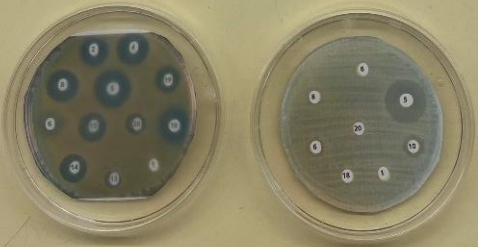
Entre els dos que heu realitzat, hi ha algun antibiòtic que encara sigui efectiu?

Busqueu! Potser és la resposta que necessitem?

Per a que ens poden servir els codis?

Ens ajuda a obrir alguna cosa o objecte que es troba al laboratori?

Nº ordre	ANTIBIÒTIC	CODI
1	Vancomicina	1023
2	Imipenem	2901
3	Metronidazol	3087
4	Doxiciclina	3812
5	Cefotaxima	5634
6	Ampicil·lina	4120
7	Eritromicina	8564
8	Piperacil·lina (tazobactam)	6545
9	Penicil·lina G	7453
10	Ciprofloxacina	9278
11	Tetraciclina	9675
12	Cefalexina	6342
13	Meropenem	1890
14	Amikacina	7456
15	Ceftazidima	4723
16	Rifampicina	2045
17	Gentamicina	8367
18	Amoxicil·lina	5231
19	Levofloxacina	0189
20	Colistina	1290
21	Fosfomicina	0786



Imatge 7. Material per realitzar la prova 4 «L'antibiòtic correcte»: un full d'instruccions, un llistat d'antibiòtics amb el número d'ordre i un codi pertanyent a cada antibiòtic. Font: elaboració pròpia.

Si més no, per aquesta prova seria molt interessant fer ús d'antibiogrames reals i realitzats al laboratori, però per això és necessari cert material i equipament el qual és probable que els instituts no disposin. En aquest cas, no es disposava de discs d'antibiòtics ni soques de bacteris coneguts per saber a quin antibiòtic és sensible i a quin resistent, i així realitzar uns antibiogrames planificats amb finalitat educativa. Igualment, l'oportunitat de fer antibiogrames reals ajudaria a donar una experiència molt més enriquidora i immersiva als alumnes.

Prova 5: Mutació genètica

La finalitat d'aquesta prova és, com el seu nombre indica, que els alumnes puguin entendre el concepte de mutacions genètiques i com aquestes confereixen resistència. A més, amb aquesta prova també repassaran l'expressió gènica i els conceptes de transcripció i traducció, tema que acostuma a realitzar-se al primer trimestre de 4t d'ESO.

Com s'ha mencionat, amb el codi que obtenen de la prova anterior, aconseguiran obrir una caixa feta a mà i amb material de cartró, una per equip (imatge 8). Aquestes caixes disposaran, d'una banda, un missatge que els hi dona el context d'aquesta prova:

«Tenim un problema... Sembla ser que el bacteri ara és resistent pràcticament a tots els antibiòtics que feien cert efecte sobre ell encara... Podria haver sigut per una mutació? Què ha pogut passar?».

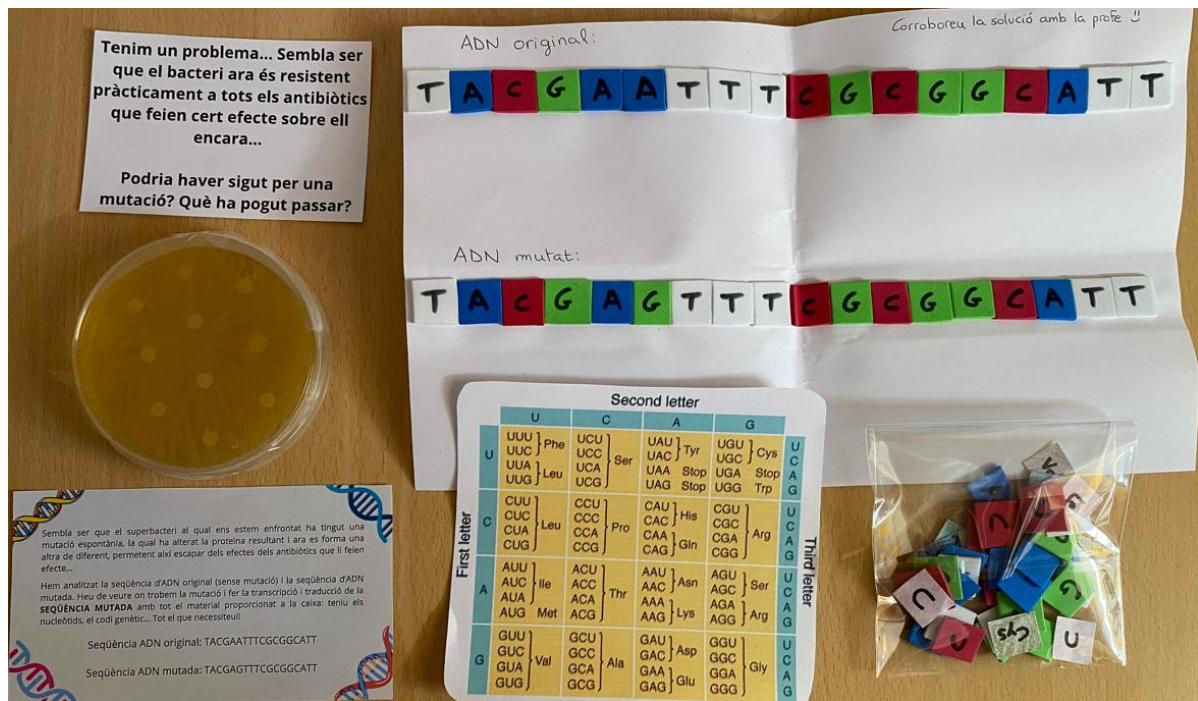


Aquest missatge és acompanyat d'una placa de petri amb creixement bacterià real, simulant un antibiograma on el bacteri és resistent a tots els antibiòtics. Aquesta placa és d'ús decoratiu. [Les quatre plaques van ser elaborades per una persona externa que treballa en un laboratori i disposava de material suficient per fer-les].

Imatge 8. Exemplar d'una caixa amb el cadenat. Aquest es desbloqueja amb el codi que obtenen a la prova 4 i la caixa conté tot el material de la prova 5. Font: elaboració pròpia.

D'altra banda, a la caixa també disposaran de tot el material necessari per dur a terme la prova. Hi haurà un full on es dona el context; el superbacteri ha tingut una mutació espontània, alterant així una proteïna i obtenint resistència als antibiòtics que li feien efecte. Per superar la prova se'ls hi demana fer la transcripció i traducció de la seqüència mutada. En concret, el material que es dona amb la caixa és el següent (imatge 9):

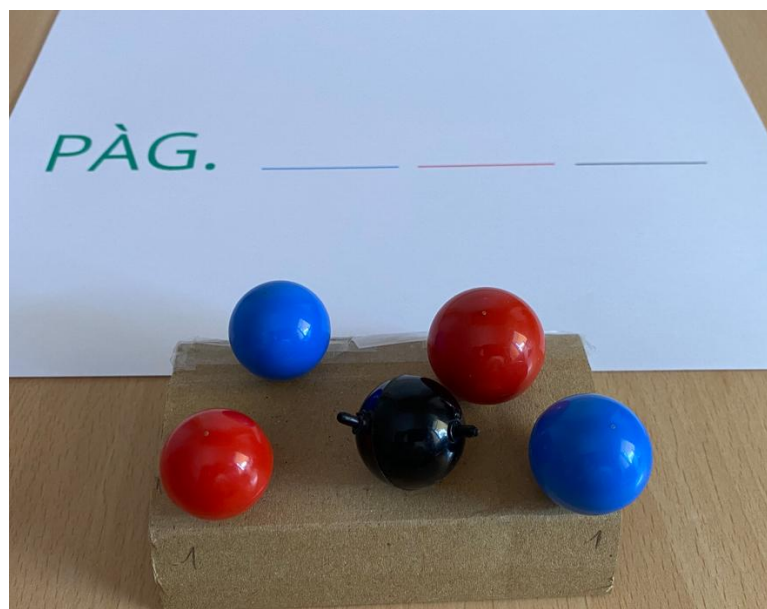
- Missatge inicial que els hi dona el context, junt amb una placa amb creixement bacterià real i que simula un antibiograma on el bacteri és resistent a tots els antibiòtics.
- Full en què s'especifiquen les instruccions i la seqüència d'ADN original i mutada (annex 14).
- Full en què es mostra la seqüència original i mutada en gran, a partir dels nucleòtids de goma EVA enganxats. Serà la plantilla per a que els alumnes realitzin la transcripció i traducció.
- Bosseta de plàstic amb una sèrie de nucleòtids i aminoàcids retallats. Els nucleòtids i els aminoàcids es simulen a través de quadrats petits retallats de goma EVA. Els nucleòtids tenen assignada una lletra i un color, en funció del nucleòtid que representi; A per adenina, T per timina, C per citosina, G per guanina i U per uracil. En quant als aminoàcids cadascun és especificat amb tres lletres, per exemple, metionina s'abreua amb *Met*. A la bossa disposaran dels nucleòtids i aminoàcids exactes per realitzar la transcripció i traducció, inclòs alguns més per incitar el dubte i així promoure l'habilitat de pensament crític, confiança i seguretat en si mateixos i en el grup sencer.
- Taula de codons per traduir l'ARN en aminoàcids.



Imatge 9. Material de la caixa que s'ha d'obrir amb la prova 4. A l'esquerra: missatge inicial amb la placa de petri on hi ha creixement bacterià real i full d'instruccions de la prova amb les seqüències d'ADN. A la dreta: la plantilla amb les seqüències d'ADN determinades, el codi genètic i la bosseta amb nucleòtids i aminoàcids. Font: elaboració pròpia.

La resposta final serà contrastada amb la figura docent. Si realitzen la transcripció i traducció de forma adequada, els alumnes obtindran una estructura que simularà la proteïna que s'obté amb la traducció. Aquestes estructures que simulen proteïnes han sigut elaborades a partir de cartró i boles que pertanyen a un set de models atòmics.

La proteïna física disposa d'unes boles de diferents colors: blau, vermell i negre. Junt amb la proteïna se'ls hi dona un full on posa l'abreviatura «PÀG.» de pàgina i tres línies, cadascuna d'elles correspon a un dels colors de les boles amb les quals s'ha construït la proteïna (imatge 10). Si es fa el recompte de les boles per color obtindran un número concret de tres dígit, que correspondrà a la pàgina d'un llibre.



Imatge 10. Proteïna física i full que es dona a l'alumnat. Les proteïnes són elaborades per cartró i boles d'un set de models atòmics. El color de les línies del full correspon amb el de les boles. En la imatge d'exemple la solució seria pàgina 221 (2 boles blaves, 2 boles vermelles i 1 bola negra). Font: elaboració pròpia.

Com s'ha especificat anteriorment, al laboratori hi ha una secció de materials. En aquesta hi haurà quatre llibres apilats i la proteïna simulada serà la clau per aconseguir el número de pàgina. Cada grup té una pàgina diferent assignada, en aquesta trobaran un sobre amb un missatge que els presenta la següent prova.

La nota que trobaran en el sobre és:

«Ja heu identificat com el superbacteri ha adquirit resistència als antibiòtics. Esteu fent un treball excel·lent! Però, per saber quin tractament és l'ideal, hem de saber exactament quin bacteri és el causant, ja que encara no l'hem aconseguit identificar. Heu recollit algunes mostres i heu tornat a fer diverses proves. Necessitem científics experts per identificar l'espècie concreta. Aneu ràpidament a la següent fase de la investigació, a la secció dels microscopis!». [annex 14]

Prova 6: Quin bacteri és?

Aquesta prova té com a objectiu identificar l'espècie bacteriana causant de les infeccions a l'hospital. La identificació l'hauran de desenvolupar mitjançant una anàlisi deductiva de les característiques microbiològiques que disposaran.

A la secció dels microscopis es trobaran un sobre (imatge 11) amb tot el material que necessiten per fer la prova. Aquest sobre conté (annex 15):

- Un full d'instruccions en relació al procediment de l'activitat.
- Targetes informatives de 3 espècies bacterianes: inclou una explicació de diferents característiques del bacteri corresponent (forma, agrupació cel·lular, tipus de creixement, a quins antibiòtics és resistent...), informació diversa i una imatge simulada del bacteri observat al microscopi.
- Una fitxa amb els resultats de les proves bioquímiques dels tres bacteris que han d'analitzar.
- Una fitxa amb els resultats de les proves bioquímiques d'un pacient amb infecció del superbacteri.



Imatge 11. Sobre que conté tot el material de la prova 6 posat a la secció de microscopis. Font: elaboració pròpia.

Els alumnes han de llegir les instruccions i les targetes informatives de cada bacteri, junt amb les fitxes dels resultats de les proves bioquímiques, d'una banda, dels tres bacteris possibles i, d'altra banda, del bacteri extret d'un pacient. Els tres bacteris candidats són: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* i *Pseudomonas aeruginosa*.

Hauran de fer una comparació i una anàlisi deductiva. Tots els resultats estan establerts per a que arribin a la conclusió que el superbacteri responsable de les infeccions és *K. pneumoniae*. Aquest bacteri forma part de la nostra flora intestinal, però pot arribar a causar diverses infeccions molt greus com pneumònia, infeccions urinàries, septicèmies... En pacients vulnerables aquestes infeccions poden ser molt greus i potencialment mortals. A més, és un bacteri considerat superbacteri, ja que ha desenvolupat resistència a múltiples antibiòtics i és molt freqüent en entorns hospitalaris (WHO, 2017).

Un cop tenen la resposta han de dirigir-se al docent per verificar-la. Si aquesta és correcta se'ls hi dona un sobre que conté un paper amb una pista i una paraula clau. Cada equip rebrà una paraula entre les següents: «Decidiu tractament efectiu junts» i una altra pista (annex 15), la qual incentiva la col·laboració entre grups per superar la prova final. Es pretén que amb la pista arribin a trobar el codi QR que serà enganxat a la porta del congelador. Amb aquest codi QR s'iniciarà la prova final.

Prova final: Com aturem al superbacteri?

La prova final de l'ER es basa en que els alumnes, de forma conjunta, prenguin la decisió de quin és el tractament més efectiu per fer front a la infecció provocada pel superbacteri identificat de forma prèvia: *K. pneumoniae*. En aquesta prova els alumnes hauran de posar en pràctica els seus coneixements, però també la seva habilitat de treball en equip, pensament crític i presa de decisions. En aquest sentit, amb l'activitat final es pretén promoure sobretot la col·laboració entre iguals.

Els estudiants, amb el missatge i la pista escrita que han rebut hauran de trobar el codi QR, el qual hauran d'escanejar i els hi portarà a un document amb el missatge següent:

«Sou a punt d'enfrontar la decisió més important, però només ho podreu fer col·laborant entre tots. En aquest document trobareu tota la informació que necessiteu. Decidiu el tractament final entre tots i escriviu a la pissarra la vostra elecció. Si és correcte, us facilitaran la clau per sortir del laboratori i anar a salvar l'hospital i els pacients».

El document també conté les tres opcions de tractament possibles (annex 16). Se'ls hi facilitarà una descripció científica i contextualitzada de cadascun. Els alumnes hauran de llegir aquesta informació amb atenció i analitzar l'eficàcia i viabilitat de les diferents opcions front a la infecció del superbacteri identificat. Per la decisió final és important que arribin a un consens comú. Les opcions de tractaments són les següents:

- Tractament A: Antibiòtics carbapenèmic de nova generació
- Tractament B: Fagoteràpia personalitzada
- Tractament C: Combinació d'antibiòtic amb inhibidor de β -lactamasa

Quan els alumnes es posen d'acord, hauran d'escriure a la pissarra la seva resposta. Les explicacions estan detallades per què la resposta sigui el tractament B: «Fagoteràpia». La figura docent comprova la resposta i si és adequada se'ls hi projecta un missatge a la pissarra digital que anuncia l'èxit en la missió científica i es donarà pas al comiat de la sessió i un premi que serà un petit obsequi per a cada alumne: petita xocolatina o piruleta. En aquest sentit, adaptem l'ER al que menciona Vassileva (2012) en relació amb els patrons de «Mecànica de joc», els alumnes reben un premi d'assoliment de l'activitat, el qual coneixien que tindrien des d'un inici si assolien el repte.

Cal mencionar que la resolució d'aquesta prova final ha d'estar dins del temps límit proporcionat a l'ER, que és de 50 minuts. Com la sessió és d'una hora, el fer un feedback sobre l'experiència per ambdues parts (alumnes i docent) es va destinar a la següent sessió.

4.1.5. Espais i recursos materials físics i/o tecnològics

L'espai necessari per dur a terme l'ER és el Laboratori de Ciències Naturals del propi institut, allà es desenvoluparà tota l'activitat. D'altra banda, els recursos materials a utilitzar en aquest ER són:

- Carnets de científics (impresos)
- 10 targetes amb casos clínics de pacients (impreses)
- 4 cartolines per classificació tractaments (necessitat antibiòtics i no necessitat d'antibiòtics)
- 4 fulls amb missatge secret -codificador de colors – (imprès)
- 2 safates vermelles per utilitzar com a filtre vermell
- 2 fulls d'instruccions de com utilitzar la safata per llegir el missatge secret (impresos)
- Adhesius blancs
- 4 notícies (impreses)
- Targetes que contenen un error de la notícia concreta i darrere una paraula que forma la pista següent (imprès)
- 2 fulls simulant cartells "Àrea en quarantena" (impresos)
- 4 bolígrafs de tinta invisible que disposen de llum UV
- Fulls simulant possibles superfícies contaminades
- 4 sobres
- 4 pendrives (USB)
- 4 ordinadors (aportats pels mateixos estudiants)
- 8 plaques de petri
- 8 antibiogrames simulats (impresos)
- 4 caixes

- 4 cadenats amb codi
- 4 targetes amb la informació de la seqüència d'ADN i la mutació (impreses)
- Goma EVA: realització de quadrats petits amb lletres que simulen els nucleòtids (A, T, C i G) per fer la prova 4.
- 4 taules de codi genètic universal (impreses)
- Proteïna física construïda amb material de Models atòmics.
- Targetes descriptives amb informació corresponent de diferents bacteris junt amb imatges (impreses)
- Fitxa amb resultats de les proves realitzades al laboratori per a cada bacteri (impreses)
- Fitxa amb resultats de les proves bioquímiques d'un pacient de l'hospital (impreses)
- Full amb codi QR que els hi dona la informació dels tractaments possibles (impreses)

El pressupost total d'aquest material pot variar segons si es disposa d'una impressora pròpia i si es poden reutilitzar materials com les caixes, els cadenats, les safates o altres. El preu total aproximat de tot el material necessari és 150€. El pressupost està detallat a l'annex 17.

4.1.6. Atenció a la diversitat

La proposta ha estat dissenyada amb la voluntat d'incloure tot l'alumnat, tenint present la diversitat a l'aula. Els alumnes faran l'ER en grups, en concret seran quatre equips, que encara ser d'elecció lliure, la intenció és que siguin el més heterogenis possibles. Tots els reptes estan pensats per la varietat d'intel·ligències, actituds i personalitats, buscant la manera que tots se sentin participants.

Envers l'atenció a la diversitat, l'ER s'ha planificat amb nivells de complexitat diferents, amb una selecció de proves de més fàcils a més difícils. A més, s'han previst mesures per adaptar la participació de l'alumnat, com ara:

- Material visual de suport i instruccions escrites clares.
- Proves amb diferents canals de representació: text, imatge, objectes físics, codis QR, entre altres.
- Opció de demanar pistes addicionals i de suport
- Acompanyament personalitzat per part del docent sempre que calgui.
- Treball en grup en tot moment, fomentant el treball cooperatiu i l'ajuda entre iguals.

En aquest grup classe hi ha quatre alumnes amb dislèxia. En aquest sentit, s'han seguit algunes mesures addicionals, com ara: tot material que s'ofereix en text serà amb l'ús d'una tipografia accessible (lletra més gran i clara), amb un text espaiat i evitant que siguin textos densos, a més de presentar aquests amb un format visual atractiu.

En cas d'estudiants amb necessitats educatives específiques com alumnes amb TDAH, TEA, nouvinguts, entre altres, seria necessari contactar amb el Departament d'Orientació de l'institut i determinar adaptacions més concretes.

4.2. Avaluació de l'impacte de l'Escape room a través de recerca quantitativa

4.2.1. Disseny de la recerca i objectius

L'avaluació de la proposta es fonamenta a través d'una recerca que segueix un paradigma metodològic quantitatiu, amb l'objectiu de valorar l'impacte de l'activitat en el coneixement de l'alumnat i en la seva percepció respecte l'experiència de l'ER. A més, també hi ha una part metodològica interpretativa. La idea és obtenir una visió global i precisa de l'eficàcia de la proposta.

4.2.2. Instruments utilitzats

Els instruments principals amb els que es fa la recollida de dades són:

- Qüestionaris previs. Tenen la finalitat d'avaluar, per un costat, els coneixements previs sobre la resistència als antibiòtics i, per altre costat, les expectatives de l'alumnat envers l'experiència que tindran amb l'ER.
 - El qüestionari previ de coneixements consta de 10 preguntes, 1 pregunta oberta, 1 pregunta dicotòmica, 5 preguntes d'opció múltiple amb única resposta i 3 preguntes d'elecció múltiple. Es pot visualitzar el qüestionari al següent enllaç: <https://forms.gle/t5TjR5fYAnLDM8f77>
 - El qüestionari previ d'experiència consta de 9 preguntes, 2 preguntes tipus demogràfic, 3 preguntes dicotòmiques, 3 preguntes d'opció múltiple amb única resposta i 1 pregunta d'elecció múltiple. Es pot veure el qüestionari al següent enllaç: <https://forms.gle/WRTSCanMsnzLJU1TA>
- Qüestionaris posteriors. Tenen el propòsit d'analitzar l'impacte de l'ER en l'adquisició de coneixements, i també valorar les percepcions de l'alumnat sobre l'experiència en general.
 - El qüestionari posterior de coneixements és idèntic al previ.
 - El qüestionari posterior d'experiència consta de 13 preguntes, 2 preguntes obertes, 2 preguntes dicotòmiques, 7 preguntes d'opció múltiple amb única resposta i 2 preguntes d'elecció múltiple. Es pot veure aquest qüestionari al següent enllaç: <https://forms.gle/Y4oG3tK7eiGf2HtZ6>
- Qüestionari a grup reduït de docents per obtenir opinions professionals de la proposta. Consta de 5 preguntes, totes de resposta oberta. L'enllaç per arribar al qüestionari és el següent: <https://forms.gle/67VmsYCUih5eT5AH9>

A l'annex 18 es pot veure una graella amb la pregunta, tipus de pregunta i finalitat de cadascuna de tots els qüestionaris emprats en aquest treball.

4.2.3. Mostra

La mostra són 20 alumnes del grup de 4t d'ESO, tots ells participants de l'ER. La participació ha estat voluntària i anònima, a més s'ha garantit la confidencialitat de les dades. Tots els qüestionaris s'apliquen en format digital abans de la realització de la sessió introductòria i després de la realització de l'ER, en sessions consecutives. Aquestes sessions es fan a l'aula en presència del docent, per tal d'assegurar també que responguin a tots els qüestionaris sense problema.

4.2.4. Anàlisi i interpretació dels resultats

Les dades recollides s'han analitzat a través d'una estadística descriptiva. Els resultats dels qüestionaris han estat comparats entre l'abans i el després mitjançant els percentatges. A més, també s'analitzen i interpreten les respostes qualitatives per valorar millor les percepcions de l'alumnat. De la mateixa manera, es valoren qualitativament les respostes per part dels docents i la seva retroalimentació envers la proposta didàctica.

Amb l'anàlisi i interpretació dels resultats es pretén fer un estudi profund de l'eficàcia d'aquesta activitat innovadora, sobretot a nivell educatiu, i poder arribar a conclusions crítiques i detallades sobre aquesta, amb la intenció de buscar millores per la proposta en tot moment.

5. RESULTATS I DISCUSSIÓ

Aquest apartat presenta els resultats obtinguts a partir dels qüestionaris previs i posteriors a la realització de la proposta didàctica innovadora. Es pretén avaluar tant l'adquisició de coneixements com la percepció i valoració de l'experiència de l'ER per part de l'alumnat, i també avaluar la retroalimentació de l'activitat per part de docents. S'estableix una anàlisi i discussió dels resultats a partir de la comparació pre-post majoritàriament.

La mostra que ha respost tots els qüestionaris es tracta de 20 alumnes, tots cursant el nivell de 4t d'ESO. Dins d'aquest grup un 65% són nois i un 35% són noies.

5.1. Valoració docent de la proposta

Amb el propòsit de complementar l'avaluació de la proposta, es va dissenyar un qüestionari dirigit a docents de ciències amb experiència en l'etapa de secundària obligatòria. Les preguntes que s'han plantejat tenien com a finalitat obtenir una opinió i valoració professional sobre aspectes del disseny i la implementació de l'ER educatiu. Les respostes detallades al qüestionari per part de cada docent es poden observar a l'annex 19, i a la taula 2 es pot observar la interpretació de les respostes obtingudes per a cada pregunta.

Els docents enquestats són dues docents de l'especialitat de Biologia i Geologia i un docent de l'especialitat de Física i Química. Aquests tenen una experiència en docència de 27 anys, 2 anys i 5 anys, respectivament i tots tres són docents del mateix centre on s'ha implementat la proposta.

Taula 2. Interpretació dels resultats del breu qüestionari dirigit a docents per obtenir una retroalimentació de la proposta.

PREGUNTA	Interpretació de les respostes dels docents
Què t'ha semblat la proposta de realitzar un <i>Escape room</i> educatiu?	La proposta d'un ER educatiu ha estat descrita com entusiasmant, motivadora, adient i molt educativa, destacant el seu potencial en generar interès en l'alumnat que ha perdut la motivació per les ciències, sobretot a partir de 2n i 3r d'ESO.
L'<i>Escape room</i> sobre resistència als antibiòtics s'adapta als sabers de 4t d'ESO?	Tots consideren que s'adapta als sabers de 4t d'ESO, fins i tot un d'ells fa referència clara a l'apartat de «Salut i malaltia» del currículum.
Què en penses de la temporització de l'activitat? Et sembla adequat per fer-ho en una sessió?	Favorable i que està ben calculat. Un d'ells destaca que el temps limitat també juga amb el format de l'ER, ja que contribueix a una presa de decisions més activa.
Com valores la dificultat de les proves?	Es valora una percepció de nivell mitjà o acceptable.
Faries servir aquest <i>Escape room</i> amb els teus alumnes? Si es que sí, per què implementaries aquesta activitat?	Tots afirmen que implementarien l'ER amb el seu alumnat perquè es tracta d'una activitat més interactiva, diferent i dinàmica.

Envers l'adequació curricular de la proposta, cal matisar la percepció dels docents. Com estableix el currículum, els continguts específics de microbiologia i resistència als antibiòtics no s'inclouen de manera explícita en aquesta etapa educativa, sinó que apareixen a 2n de Batxillerat d'una forma més desenvolupada. Això últim suggereix que és possible que la valoració dels docents es fomenti més en la seva percepció de l'adaptació del contingut a nivell competencial.

És a dir, els docents enquestats consideren que el contingut tractat a l'ER pot ser comprensible per a un nivell de 4t d'ESO, malgrat que no es contempli d'una manera formal en els sabers del currículum. Encara així, aquesta diferència podria mostrar l'oportunitat d'introduir propostes interdisciplinàries, les quals poden aportar un valor afegit a l'aprenentatge i contribuir a l'alfabetització científica de l'alumnat.

La valoració de la temporització de l'activitat ha estat acceptable. Els tres docents indiquen que desenvolupar l'activitat en una sola sessió és adequat. Respecte al nivell de dificultat de les proves, es valora una dificultat adequada, encara que un docent considera que l'activitat podria resultar exigent i requerir el suport puntual de la figura docent per a certs alumnes. Aquest apunt reforça molt la importància d'una bona guia docent i atenció a la diversitat.

Finalment, tots implementarien l'ER amb el seu alumnat. Els docents ho argumenten amb que es tracta d'una activitat divertida, diferent, competencial i interactiva, amb la qual es promou la motivació i l'aprenentatge significatiu dels continguts científics.

En general, les respostes obtingudes mostren una valoració molt positiva per part dels docents. Aquesta retroalimentació ajuda a evidenciar que el disseny de l'activitat ha estat equilibrat i alineat amb les necessitats reals de l'aula, i que podria aplicar-se a altres centres com a pràctica docent. A més, també reforça la idea que aquest tipus de metodologies basades en el joc no només són rebudes positivament pels alumnes, sinó que també per part dels docents.

5.2. Avaluació de coneixements: comparativa pretest i posttest

El grau de coneixement de l'alumnat s'ha avaluat a partir de deu preguntes sobre el concepte d'antibiòtics, resistència, mecanismes que hi intervenen, prova de l'antibiograma, entre altres. Aquestes preguntes són de tipus divers: resposta oberta, tancada i múltiple. Seguidament, s'analitzen les respostes prèvies i posteriors a la sessió introductòria i l'ER per valorar l'evolució dels coneixements.

La pregunta oberta inicial on es demana una descripció del que és un antibiòtic ja evidencia una evolució positiva. Al ser una pregunta oberta, s'ha fet una categorització de les respostes:

- Resposta correcta: és científicament encertada i completa. Per exemple, una resposta dins d'aquesta categoria seria la següent; «*un antibiòtic és un medicament que elimina o frena el creixement dels bacteris que causen infeccions*».
- Resposta parcialment correcta: els conceptes bàsics són correctes, però hi ha algun error o falta informació essencial. Per exemple, «*un medicament per tractar bacteris*» o «*un medicament que s'utilitza per combatre infeccions*».
- Resposta incorrecte: és una resposta mal elaborada i hi ha confusió de conceptes. Un exemple és «*un medicament el qual té la funció d'alleujar dolor*», o bé, «*un repel·lent de virus*».

La recollida de respostes per aquesta pregunta es pot visualitzar a la taula 3. Fent una comparació de les respostes es pot afirmar que hi ha un augment de les respostes correctes entre l'abans i el després, i hi ha una disminució de les parcialment correctes i incorrectes. Així doncs, s'observa una millora en la comprensió del concepte d'antibiòtic després d'haver fet la classe introductòria i l'ER. A més, l'anàlisi qualitatiu de les respostes mostra com les definicions al qüestionari posterior recullen una major quantitat de termes específics i més científics. Tot i així, encara hi ha alumnes que tenen alguna confusió, sobretot amb els virus, cosa que indica que caldria reforçar més aquest aspecte. L'anàlisi d'aquests resultats també es pot veure en un format més visual a l'annex 20.

Taula 3. Resultats de les respostes a la pregunta del qüestionari sobre coneixements “Com descriuries què és un antibiòtic amb les teves paraules?”, abans i després de fer l’activitat de l’*Escape room*.

Categoria resposta	ABANS	DESPRÉS
Correcta	4	12
Parcialment correcta	10	5
Incorrecta	6	3
TOTAL (n)	20	20

La següent qüestió era sobre quins microorganismes poden desenvolupar resistència als antibiòtics. Es donava quatre opcions: bacteris, virus, protozous i fongs, de les quals podien respondre a més d’una.

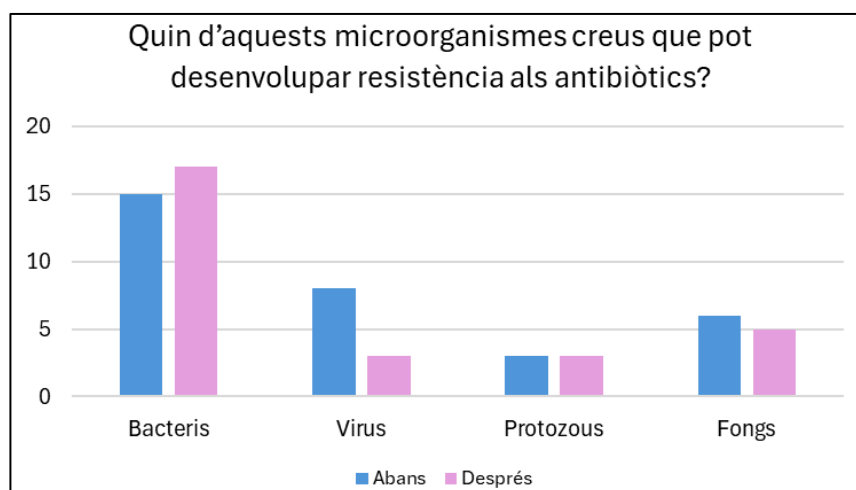


Figura 10. Resultats a la pregunta «Quin d’aquests microorganismes creus que pot desenvolupar resistència als antibiòtics?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l’*Escape room*.

En la figura 10 es mostren els resultats entre l’abans i després, i un 90%, reconeixen els bacteris com els únics microorganismes que poden desenvolupar resistència als antibiòtics. La relació dels antibiòtics amb els virus ha baixat considerablement, més de la meitat de les respostes, cosa que ens dona cert indicador de que els alumnes diferencien entre virus i bacteris millor. Però, tot i així, hi ha confusions persistents ja que tant els fongs com els protozous continuen sent resposta per part d’alguns alumnes. Per tant, això determina que l’activitat ha ajudat a consolidar millor el concepte que els bacteris són els microorganismes diana dels antibiòtics i ha reduït força la confusió entre bacteris i virus (un dels errors més comuns en els estudiants), però hi ha alguns alumnes que tenen dificultats per entendre que la resistència als antibiòtics és específica de bacteris i caldria remarcar i fer un reforç de la diferència entre tots els tipus de microorganismes i els tractaments específics per a cadascun (antibiòtics, antifúngics i antivirals).

Envers la pregunta arran el significat que un microorganisme desenvolupi resistència als antibiòtics, abans de la innovació es pot observar que un 75% dels alumnes responen de forma correcta, en comparació al 95% posterior (figura 11). Per tant, es pot afirmar que el número de respostes correctes ha incrementat, i queda molt més clar després de fer l’activitat que el concepte de presentar resistència vol dir que el bacteri desenvolupa uns mecanismes que permeten evitar l’acció de l’antibiòtic.

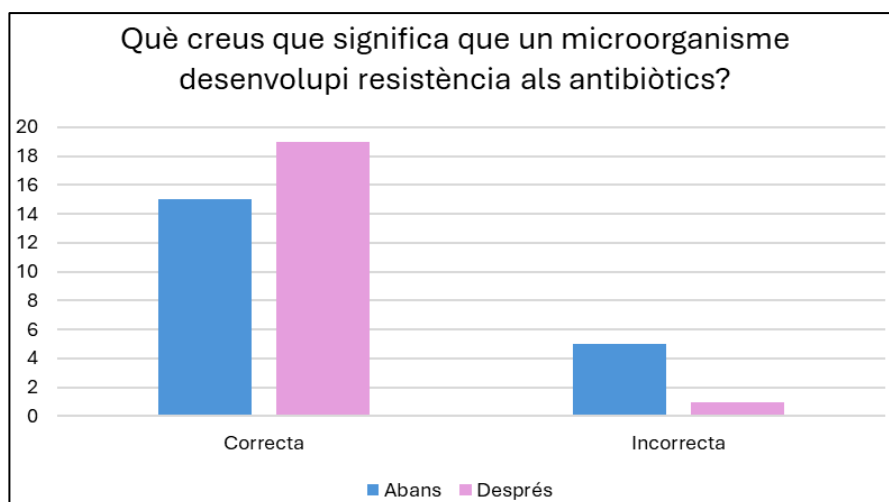


Figura 11. Resultats a la pregunta «Què creus que significa que un microorganisme desenvolupi resistència als antibiòtics?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'Escape room.

La següent qüestió és «Com es pot generar resistència als antibiòtics?», de resposta múltiple amb elecció lliure i en la qual totes les respostes són correctes a excepció d'una («rentar-se mans»). Les respostes d'aquesta es poden veure a la figura 12. En els resultats s'observa una millora del recompte de respostes correctes després de fer l'activitat, amb un índex clar que els alumnes han après que l'abandonament d'un tractament amb antibiòtics abans d'acabar-lo pot contribuir a la generació de resistències. Abans de l'ER només un 35% dels alumnes marcaven aquesta resposta, a diferència del 90% a posteriori.

Per altra banda, s'observa que la resposta de mutacions genètiques ha disminuït, inclòs quan a l'ER hi ha una prova específica de mutacions. Així doncs, caldria reforçar aquesta causa com a possible generació de resistències.

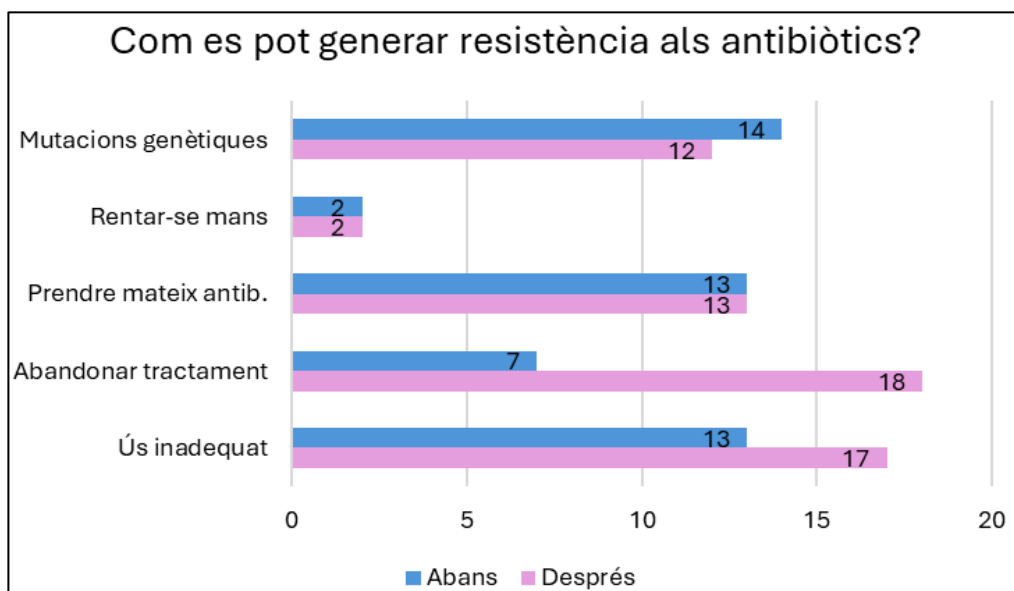


Figura 12. Resultats a la pregunta «Com es pot generar resistència als antibiòtics?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'Escape room.

En el cas de la pregunta sobre què podria passar si un bacteri es tornés resistent a tots els antibiòtics, les respostes són les mateixes tant al qüestionari previ com posterior. Hi ha un 85% de les respostes correctes i un 15% de respostes incorrectes (resultats específics d'aquesta pregunta a l'annex 20). En general, queda clar el concepte del que podria passar en el cas plantejat.

A continuació, es feien diverses qüestions sobre la prova de l'antibiograma: identificació de la prova a través d'una imatge, en què consisteix aquesta prova i si sabrien interpretar-la. En termes generals, una part dels alumnes ja sabien identificar i interpretar-la prèviament a l'activitat, però hi ha diferència entre el còmput general de respostes entre l'abans i el després. Posteriorment a l'activitat, un 85% dels alumnes identifiquen correctament la prova de l'antibiograma, en comparació al 45% que ho feia a l'abans. Per altra banda, l'explicació del que tracta aquesta prova també presenta un augment en el percentatge de respostes correctes; un 80% al qüestionari posterior davant del 50% de respostes correctes en el previ. I després de realitzar l'ER el 95% dels alumnes responen que sí sabrien interpretar el resultat d'un antibiograma (resultats d'aquestes preguntes a l'annex 20).

Així, aquests resultats evidencien la millora en el reconeixement del que és un antibiograma, a més de millorar el coneixement sobre la seva utilitat i interpretació, s'observa una major seguretat després de l'activitat. És probable que la destinació d'una prova concreta a la interpretació d'antibiogrames hagi tingut una influència positiva per la millora de les respostes.

En relació a la pregunta sobre mesures per reduir la resistència als antibiòtics es basa en resposta múltiple (figura 13). En aquest cas, de les set respostes possibles, cinc són correctes. En general, es pot observar que la quantitat de persones que responen correctament augmenta entre l'abans i el després i, per tant, de forma paral·lela, hi ha una disminució de les respostes incorrectes.

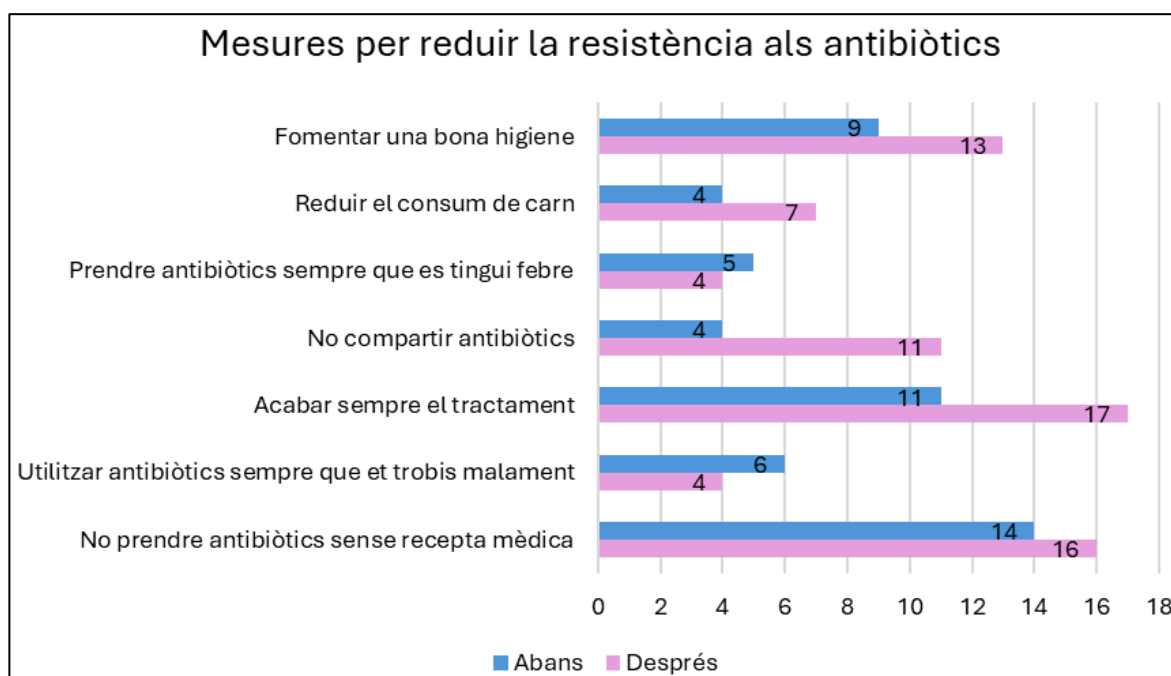


Figura 13. Resultats a la pregunta «Quines mesures podrien ajudar a reduir la resistència als antibiòtics?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'*Escape room*.

La última pregunta és sobre el paper dels hospitals en el control de la resistència als antibiòtics. En aquest cas, hi ha un increment de les respostes correctes a posteriori de l'ER, d'un 65% passa a haver un 80% de respostes correctes. Encara així, veiem que un 20% de l'alumnat no acaba de tenir clar la funció que tenen els hospitals envers la resistència als antibiòtics (annex 20 pels resultats d'aquesta pregunta). És possible que durant l'activitat no s'hagi incidit tant en aquest punt i caldria reforçar més o destinar d'alguna forma una part de l'ER a la funció dels hospitals.

En general, els resultats mostren un augment clar en l'adquisició de coneixements i la comprensió de conceptes arran la resistència bacteriana, així com un augment en la utilització del llenguatge científic. Segons Minner *et al.* (2010), la vinculació activa dels coneixements en el procés d'aprenentatge és molt important, i aquesta evolució evident reforça que l'ús de metodologies actives i vivencials pot potenciar l'aprenentatge significatiu.

I els resultats obtinguts demostren que l'ER ha estat efectiu per promoure un aprenentatge significatiu, en línia també amb altres estudis com el de Eukel et al. (2017), que demostra que els ER educatius milloren la comprensió i retenció de coneixements, a més de la implicació activa de l'estudiant. Tot i així, fent una anàlisi dels resultats es poden detectar algunes àrees a millorar o que cal reforçar com la confusió entre virus i bacteris o una comprensió més profunda dels mecanismes de resistència, entre altres aspectes.

5.3. Avaluació de l'experiència educativa: valoració pretest i posttest

Amb la finalitat d'avaluar l'impacte de l'ER des del punt de vista de l'experiència viscuda per l'alumnat, es va aplicar un qüestionari previ per conèixer les expectatives i altre posterior per veure les seves percepcions. Aquest qüestionari presentava ítems sobre la percepció d'aprenentatge, motivació, competències treballades i satisfacció en general arran l'activitat.

En el qüestionari previ de l'experiència a l'ER es preguntava si tots els alumnes havien fet un ER alguna vegada i si havien fet un d'educatiu. En aquest sentit, tots els alumnes havien realitzat un ER en algun cop i el 85% (17 alumnes) havien fet un ER educatiu. Cal mencionar que aquest fet podria influir sobre ells en la seva percepció de la novetat de la proposta.

En ambdós qüestionaris hi ha cinc preguntes iguals per fer una comparativa entre l'abans i el després (taula 4). En relació a la primera qüestió, el 95% dels alumnes pensa que l'ER els hi ha ajudat a aplicar i estructurar millor els conceptes treballats que només una classe teòrica, davant del 100% en el qüestionari previ. Igualment, la quantitat d'alumnes que ho considera és alta i aquest fet coincideix amb el que diuen altres estudis, com el de Ramírez-Quesada i de Jesús Villa (2024), en què s'estableix que un ER implementat adequadament té efectes positius en l'aprenentatge i pot afavorir la comprensió dels continguts acadèmics.

Taula 4. Resultats de les cinc preguntes iguals que es fan al qüestionari previ (% caselles blanques) i posterior (% caselles blaves) a l'experiència de l'Escape room respost pels 20 alumnes.

PREGUNTA	VALORACIÓ									
1. Creus que l'ER educatiu t'ha ajudat a assimilar i estructurar els continguts treballats?	Sí					No				
	100%		95%		0%		5%			
2. Consideres que l'ER t'ha ajudat a aprendre millor i aplicar els conceptes treballats que en una classe només teòrica?	Sí, molt més		Sí, però només una mica		Igual que una classe teòrica		No, m'ha ajudat menys		No	
	50%	50%	45%	45%	0%	0%	5%	5%	0%	0%
3. Com valores el teu nivell de coneixement sobre la resistència als antibiòtics?	Molt baix		Baix		Mig		Alt		Molt alt	
	10%	0%	35%	0%	40%	45%	15%	45%	0%	10%
4. Què competències creus que t'aporta l'ER apart de treballar els continguts temàtics concrets?	Anàlisi de resultats figura 14									
5. Consideres que l'ER ajuda a promoure la teva motivació i interès en el tema que hem tractat?	Sí, molt		Sí, però tampoc massa				No			
	70%	60%	30%	40%	0%		0%			

Envers la consideració de si l'ER els hi ha ajudat a aprendre i aplicar d'una forma millor els conceptes treballats, en termes generals, tant a l'abans com al després, un 95% de l'alumnat considera que l'ER li ajuda a aplicar els conceptes treballats millor que una classe teòrica. Aquests resultats es podrien explicar a partir de diversos aspectes. D'una banda, la ludificació afavoreix la participació activa, una característica essencial en l'aprenentatge competencial i, d'altra banda, altres autors com Eukel *et al.* (2017) defensen que les dinàmiques de resolució de proves i reptes i el treball col·laboratiu augmenten la implicació emocional i cognitiva, i això facilita la retenció i aplicació del coneixement.

A més, aquest entorn cooperatiu de l'ER afavoreix l'ajuda i el diàleg entre iguals i la construcció compartida del coneixement, ambdós aspectes vinculats amb una millora en la comprensió dels continguts (Veldkamp *et al.*, 2020). Tot això podria explicar que l'alumnat tingui una valoració positiva de l'eficàcia de l'ER per aprendre els conceptes enfront les classes més tradicionals.

Els resultats en relació a l'autoavaluació del nivell de coneixement mostren un canvi significatiu en la percepció de l'alumnat sobre el seu propi aprenentatge i comprensió del contingut (taula 4). Abans de fer l'ER, només un 15% dels alumnes valoraven el seu coneixement com alt, la resta es situava en un nivell molt baix i mig. En canvi, després de l'activitat, la valoració dels alumnes en relació al seu propi coneixement augmenta i la xifra augmenta a un 45% a un nivell mig i alt, amb un 10% que considera el seu nivell molt alt. Aquest increment positiu es podria atribuir a diferents factors associats al tipus de metodologia. En primer lloc, l'aprenentatge actiu i contextualitzat que es dona amb l'ER pot facilitar molt a que l'alumnat prengui més consciència dels coneixements adquirits, enfront les metodologies més passives (Veldkamp *et al.*, 2020). En segon lloc, la participació activa en la resolució de proves i presa de decisions ajuda a comprendre millor els conceptes i tenir una percepció més positiva de l'aprenentatge. Com estableix Eukel *et al.* (2017), la ludificació té un impacte cognitiu i emocional, fet que augmenta la percepció d'autoeficàcia.

Referent a la pregunta sobre competències treballades amb l'ER, en termes generals, tots els alumnes consideren que es treballen totes les competències que s'esmenten (figura 14), però es manifesta un fenomen interessant: hi ha certes competències com el treball en equip i la comunicació que es mantenen com les més destacades tant a l'abans com al després (amb percentatges semblants), però altres com la curiositat, la presa de decisions i el pensament crític guanyen pes després d'haver realitzat l'ER.

Aquest canvi podria atribuir-se al disseny de l'ER ja que implica a l'alumne a resoldre problemes, prendre decisions i aplicar la gestió autònoma dels seus coneixements. Això coincideix amb el que estableix Veldkamp *et al.* (2020) sobre que aquest tipus de dinàmiques facilita molt el treball de competències transversals més vinculades al pensament crític, la resolució de problemes i la creativitat. La competència de treball en equip com una competència essencial ajuda a reforçar la idea que aquest tipus de metodologia també potencia les habilitats socials, a més, aquesta ofereix una oportunitat per desenvolupar una cultura més col·laborativa i empàtica (Clarke *et al.*, 2017).

D'altra banda, l'increment del valor envers la curiositat podria haver augmentat degut al context lúdic i immersiu que es determina amb l'ER, el qual afavoreix una exploració més activa i, com Gómez-Urquiza *et al.* (2019) determina, la ludificació promou l'augment de l'interès, la motivació intrínseca i la implicació de l'alumnat. En quant a la disminució de respostes observada en la gestió i maneig del temps i la creativitat, es podria explicar també a través de la dinàmica de l'ER, ja que l'estructura seqüencial d'aquest, la pressió i les normes poden haver fet que aquestes competències no es percebin tant. En aquest sentit, Fotaris i Mastoras (2019) estableixen que els ER, encara promouen el treball en equip i la presa de decisions, poden limitar algunes formes d'expressió creativa al no integrar activitats diferents dins les proves.

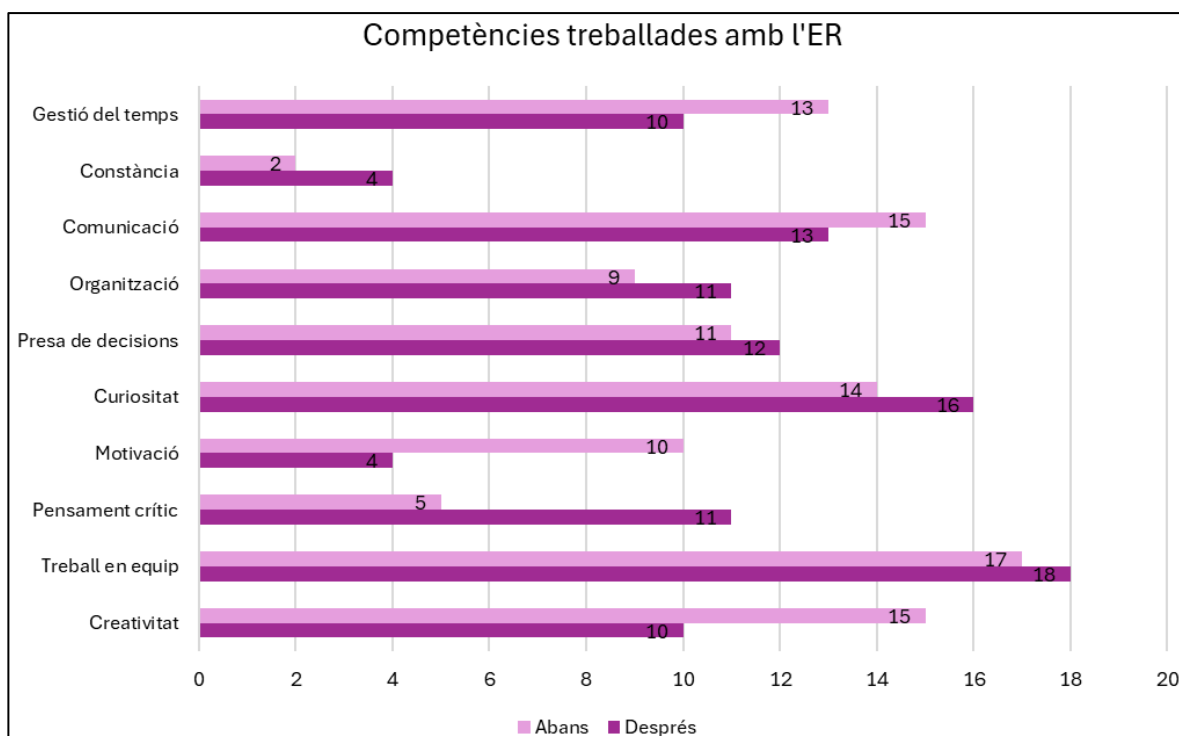


Figura 14. Resultats a la pregunta «Què competències creus que et pot aportar un Escape room apart de treballar els continguts temàtics concrets?», provenen del qüestionari previ (barres rosa) i posterior (barres lila) a l'Escape room.

Per últim, respecte a la promoció de la motivació amb l'ER (taula 4), totes les respostes tan a l'abans com al després es centren en que l'ER sí promou la motivació. Encara així, en un inici les respostes es situaven amb un 70% en «Sí, molt» i, en canvi, disminueix aquest percentatge a posteriori fins un 60% i hi ha un increment en les respostes al «Sí, però tampoc massa». Així, l'alumnat manté una creença més positiva a nivell de la promoció de la motivació per part de l'ER abans de fer-ho, i després hi ha una certesa que l'activitat ha promogut la seva motivació, però de forma més esbiaixada.

Segons Borrego *et al.* (2017), l'ús de l'ER afavoreix la participació activa i l'aprenentatge col·laboratiu. Així i tot, és interessant valorar que mentre que abans de fer l'activitat la motivació era percebuda com molt alta, després de realitzar l'ER aquesta es limita lleugerament i l'entusiasme baixa d'una forma moderada. Aquest descens podria contribuir-se al contrast de la idealització inicial amb l'experiència real, o bé, al nivell de dificultat, ja que alguns alumnes el van considerar «fàcil» o «molt fàcil». Això reforçaria la idea de Gómez-Urquiza *et al.* (2018) que indiquen que la dificultat ha d'estar ben equilibrada per mantenir una motivació alta evitant la frustració de l'estudiant. D'altra banda, aquest descens també es podria contribuir a que l'ER és una metodologia que sol resultar atractiva pels jugadors més competius, però pot haver estudiants que no ho siguin i això els hi generi una falta d'interès (Tajuelo i Pinto, 2021).

Al qüestionari posterior també es van afegir algunes qüestions més centrades a l'experiència de l'ER. En relació a la percepció sobre el grau de dificultat de l'ER (figura 15), una àmplia majoria d'alumnes consideren que tenia una dificultat adequada (75%). Després hi ha una minoria (20%) que la va trobar fàcil-molt fàcil i un 5% restant el va valorar com a difícil.

Aquests resultats poden suggerir que l'equilibri entre la complexitat del repte i l'accessibilitat va estar ben ajustat, un aspecte clau en activitats didàctiques basades en el joc. El baix percentatge d'alumnes que el va considerar difícil reforça aquesta idea que l'activitat va ser accessible i comprensible per la majoria. Això, d'una banda evidencia la bona planificació pel que fa l'estructura, les instruccions i el suport docent durant l'ER i, d'altra banda, manté coherència amb el que estableix Fotaris i Mastoras (2019), sobre la importància de mantenir un equilibri entre l'autonomia i la guia docent, per tal d'establir una experiència positiva.

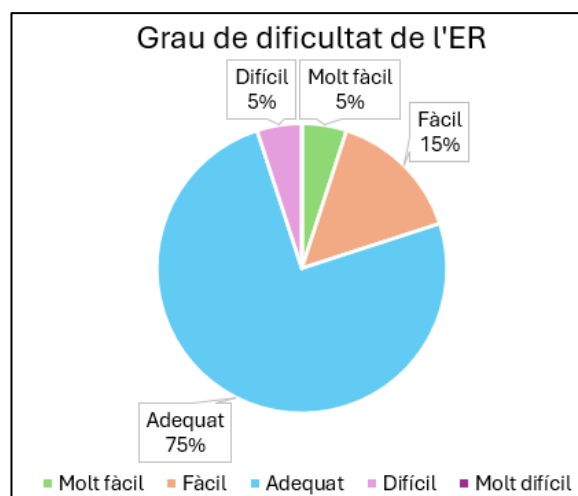


Figura 15. Resultats a la pregunta «Quin grau de dificultat consideres que tenia l'ER?». Els resultats provenen del qüestionari posterior sobre l'experiència de l'*Escape room*.

Les dues proves que es van considerar més interessants o divertides pels alumnes van ser la primera prova (65%), corresponent a la classificació dels casos clínics i esbrinar el missatge secret amb el codificador de colors, i la cinquena prova (50%), consistent en la mutació genètica i la manipulació d'elements per la transcripció i traducció genètica [resultats a l'annex 21]. Pel que fa l'alta valoració de la primera prova es podria explicar amb l'efecte d'immersió en l'activitat. Com es tracta de la primera prova, l'expectativa i la motivació es troben en punts alts i, segons Deci i Ryan (2000), la novetat inicial pot jugar com element clau per la motivació intrínseca, esdevenint en una percepció més positiva de les primeres activitats. I en relació a la prova de mutació genètica, aquesta era una prova on hi havia un component manipulatiu més elevat que en altres. L'oportunitat de construir una seqüència d'ARN amb materials físics i interpretar una proteïna tridimensional li dona un valor afegit, i la connexió entre teoria i experimentació potencia l'aprenentatge significatiu (Kolb, 2014).

S'ha observat que el treball en equip va ser una de les competències transversals millor valorades, però també es va voler analitzar la consideració de l'alumnat sobre com havia sigut el treball en equip durant l'ER. Més de la meitat dels alumnes (55%) van considerar el treball en equip com molt bo, mentre que la resta el van considerar com bona (35%) i regular (10%) [resultats a l'annex 21].

En general, s'observen unes respostes majoritàriament positives i són coherents amb la finalitat del disseny metodològic de l'ER, el qual buscava promoure una resolució dels reptes a través de la col·laboració entre iguals i que així el treball en equip esdevingués una de les competències transversals que es treballen més activament. És interessant considerar la part de l'alumnat, encara que petit percentatge, que considera que la dinàmica en grup va ser regular, ja que això posa de manifest les dificultats envers la gestió del grup, com podrien ser els problemes de comunicació interna o la distribució desigual de tasques. Té coherència amb el que indica Baines *et al.* (2009), sobre que el treball en equip pot requerir un suport específic per part del docent per assegurar una participació equitativa. Encara així, el 90% de l'alumnat valora positivament l'experiència de treball en equip, fet que evidencia que l'activitat ha aconseguit promoure un entorn cooperatiu, amb la comunicació, l'escolta activa i el respecte com elements fonamentals. Es dona molta rellevància a aquest aspecte ja que aquestes competències no són útils per resoldre l'ER, sinó que són essencials per la vida professional futura.

La valoració de l'experiència viscuda durant l'ER per part de l'alumnat va ser molt positiva, amb una mitjana de 3'6 estrelles sobre 4. A més, el 100% dels alumnes afirmen que han gaudit de l'experiència [resultats a l'annex 21]. Tot plegat assenyalava que l'ER no només ha estat percebut com eficaç a nivell didàctic, sinó que també ha esdevingut una experiència emocionalment divertida, gratificant i motivadora. Aquesta satisfacció podria atribuir-se a diversos factors relacionats amb el disseny, com la narrativa immersiva, el component lúdic, o bé, la resolució en grup de les proves. El fet que tots els alumnes hagin expressat que s'han divertit és rellevant, sobretot si es considera que l'activitat tracta un contingut complex com la resistència als antibiòtics. Això mostra que l'ER

ha aconseguit connectar coneixement científic i emoció, i atribuir emocions en l'aprenentatge és un element que, com indica Salcedo-de-la-Fuente *et al.* (2024), és clau per fomentar un aprenentatge significatiu i durador.

També es va demanar com s'havien sentit durant l'experiència. Al tractar-se de pregunta oberta s'ha fet una categorització de les respostes (taula 5).

Taula 5. Classificació en categories de les respostes a la pregunta oberta del qüestionari posterior d'experiència de l'*Escape room* «Com t'has sentit exactament durant l'experiència?».

Categoria resposta	Valoració
Molt bé i amb molta curiositat	4 (20%)
Estressat/ada, però amb ganes d'aprendre	2 (10%)
Diversió, emoció i sentiment de pertinença	9 (45%)
He après molt	4 (20%)
Bé, però preferència de classe teòrica	1 (5%)

Com s'observa a la taula 5, el major percentatge de l'alumnat (45%) indica que ha sentit diversió, emoció i sentiment de pertinença al realitzar l'ER. Un 20% dels alumnes responen que s'han sentit molt bé i amb curiositat, i altre 20% que ha après molt. El 10% ha expressat que s'ha sentit estressat durant l'activitat, però amb ganes d'aprendre i només un estudiant ha marcat que té preferència per una classe teòrica.

Així, amb aquesta qüestió s'ha pogut inferir en l'impacte emocional d'aquesta activitat. En les respostes es pot observar que molts dels alumnes es van sentir motivats, entretinguts i emocionalment implicats amb l'ER. Algunes expressions com «diversió», «curiositat», «ganes d'aprendre» i «sentiment de pertinença» apareixen amb força, cosa que indica que l'ER no té utilitat només a nivell cognitiu, sinó que també afectiu.

Aquesta dimensió emocional és molt important per consolidar els aprenentatges a curt i llarg termini, de fet la competència d'aprendre a aprendre implica el desenvolupament tant d'aspectes cognitius com emocionals (Ortega, 2008). A més, com estableixen Gómez et al. (2022), els ER són una activitat que atrapa a tota la classe i contribueix al seu aprenentatge d'una forma més entretinguda i divertida.

També cal destacar que el 90% de l'alumnat afirma que tornaria a participar en una proposta similar (resultats en l'annex 21). Aquesta valoració podria coincidir amb l'efecte dinamitzador i motivador de l'ER, com han mostrat altres estudis (Borrego *et al.*, 2017; Ramírez-Quesada i de Jesús Villa, 2024). A més, s'ha observat que l'ER no ha estat percebut només com una activitat útil per treballar els continguts temàtics, sinó que també per desenvolupar competències transversals, contribuint a un enfocament educatiu integral.

Per últim, se'ls hi va facilitar un espai per comentaris oberts i opcionals sobre si creien que es podria millorar la proposta i com. En aquest cas, també s'ha fet una categorització de les respostes recollides (taula 6).

Taula 6. Classificació en categories de les respostes a la pregunta oberta del qüestionari posterior d'experiència de l'*Escape room* sobre com millorarien aquesta activitat.

Categoria resposta	Valoració
No cal millora, ha estat molt bé	11 (55%)
Proposta a l'aire lliure	2 (10%)
Proposta de millorar el temps i dividir en 2 sessions	4 (20%)
Altres propostes	3 (15%)

Aquestes dades envers les propostes de millora reflecteixen una valoració majoritàriament satisfactòria de l'ER. El 55% dels alumnes creuen que no cal una millora i indiquen que ha estat molt bé l'activitat, cosa que reforça la percepció positiva de l'activitat. No obstant això, es poden recollir diverses propostes de millora que aporten idees interessants per a futures edicions, sobretot fent èmfasi en l'organització i la motivació.

El suggeriment de dividir l'activitat en dues sessions diferenciades, una sessió per la preparació i explicació de totes les instruccions i normativa i altra per l'execució de l'ER, podria ser d'interès ja que ajudaria a reduir la càrrega cognitiva, és a dir, no obtenir una instrucció massa densa des d'un inici. La proposta d'introduir premis entremig o un premi final més motivador (recollides en «Altres propostes»), podria ser coherent amb el que estableix Kapp (2012) amb els principis de la ludificació, on indica que el reconeixement del progrés és un element de motivació extrínseca i podria reforçar el compromís del participant amb l'activitat. En darrer terme, envers l'interès de dur a terme l'activitat a l'aire lliure es podria relacionar amb la voluntat de viure una experiència més immersiva i amb un entorn més estimulante allunyat de l'espai d'aula tradicional. Aquesta proposta és de molt interès, ja que aprendre fora de l'aula potenciarà la participació activa i el benestar emocional de l'alumnat (Beames *et al.*, 2012).

En general, els resultats tant a nivell de coneixements com de percepció de l'alumnat, permeten afirmar que l'ER ha estat una proposta enriquidora i ben valorada per l'alumnat. S'han assolit diversos objectius envers l'activitat com la millora i la comprensió de coneixements rellevants sobre la resistència bacteriana i la identificació d'actituds responsables en salut. A més, els alumnes també han treballat competències transversals com el treball en equip, el pensament crític i la presa de decisions. Tot això evidencia i justifica la necessitat i l'impacte positiu que té la integració d'aquest tipus de metodologies i activitats dins la pràctica docent.

6. PRÀCTICA REFLEXIVA DE LA PROPOSTA

La societat actual i les noves tecnologies han propiciat la implementació d'un canvi en l'àmbit educatiu (Zamora *et al.*, 2022). La innovació ha guanyat molt de protagonisme i les metodologies actives han esdevingut essencials, ja que la incorporació d'activitats transformadores fomenta l'aprenentatge significatiu i es centra també en la formació integral de l'alumnat (Rivera *et al.*, 2022).

La ludificació és un tipus de metodologia activa molt present en els últims anys, i dins d'aquesta trobem la metodologia de l'ER. Durant el disseny i implementació d'aquesta proposta d'innovació didàctica; l'ER sobre resistència als antibiòtics, he tingut l'oportunitat de viure un procés enriquidor tant a nivell professional com personal, ja que no només s'ha fet el disseny de l'ER, sinó que també s'ha posat en pràctica amb els alumnes de 4t d'ESO, el que m'ha permet fer una avaluació del seu impacte i emportar-me una experiència més significativa.

La planificació i disseny de tota l'activitat ha estat un gran repte que m'ha imposat integrar coneixements pedagògics i creatius amb coneixements científics, a més de posar en pràctica un enfocament integral sobre l'educació. Amb aquest treball he pogut comprovar com una proposta d'aprenentatge basada en el joc i resolució de reptes (mitjançant les proves) podria convertir-se en una eina rellevant i eficaç per assolir aprenentatges significatius. Amb els resultats obtinguts es pot observar el canvi en la manera de com l'alumnat passa d'un rol passiu a un més actiu, de protagonista en el seu procés d'aprenentatge, amb l'activitat. Durant l'ER vaig poder observar entusiasme, col·laboració i molta implicació, cosa que em va donar més evidència del potencial transformador que poden arribar a tenir aquestes metodologies actives com la ludificació.

D'altra banda, amb aquest treball he pres consciència de la gran dificultat de dissenyar activitats que realment siguin inclusives i significatives per l'alumnat. És molt important preveure la diversitat de tipus de proves, alhora d'establir diferents nivells de dificultat per tal que tots se sentin participants. També he après que una proposta innovadora ha de tenir sempre present els seus objectius educatius i que és important buscar la manera que les activitats estiguin vinculades amb competències del currículum.

A nivell personal, estic molt satisfeta amb aquest projecte. M'ha permès posar en pràctica algunes de les idees que havia volgut implementar i, a més, he pogut comprovar en primera persona com una activitat que està

pensada amb molta cura i treballada amb molta passió pot arribar a marcar la diferència. D'altra banda, ha sigut una gran oportunitat per millorar la gestió del temps, els imprevistos i la coordinació necessària amb altres membres de la comunitat educativa, fet que considero essencial pel meu futur professional.

Així doncs, aquesta experiència m'ha permès valorar que innovar no és només fer coses diferents, sinó també tenir un propòsit educatiu clar, el qual mantingui una consciència pedagògica i una voluntat de millorar la pràctica docent. Després de fer aquesta proposta i avaluar el seu impacte, estic molt més convençuda de la necessitat de promoure una educació compromesa i connectada amb la realitat i entorn proper a l'alumnat, per facilitar la formació integral dels alumnes i que esdevinguin en ciutadans més responsables, conscients i actius en la societat.

7. CONCLUSIONS

El treball present tenia com objectiu principal el disseny, posada en pràctica i avaluació d'un *Escape room* (ER) educatiu a l'aula sobre «Resistència als antibiòtics», aplicat amb 4t d'ESO, un objectiu el qual es considera assolit. Aquesta proposta s'ha plantejat com una alternativa a les metodologies tradicionals, i amb l'objectiu de fomentar l'aprenentatge significatiu sobre la resistència als antibiòtics i la seva problemàtica. A més, a través d'aquesta metodologia s'ha volgut promoure la motivació i el desenvolupament de competències transversals, i s'ha procurat despertar l'interès i consciència crítica de l'alumnat davant d'un repte científic i social.

S'ha pogut comprovar que l'ER pot ser una eina transformadora de l'aprenentatge de ciències i és capaç de promoure un entorn actiu i significatiu, ja que ha estimulat l'adquisició de coneixement, però també el desenvolupament de competències transversals. Així, aquesta metodologia permet un aprenentatge més significatiu, motivador i competencial, responent d'aquesta manera als interessos i necessitats de l'alumnat actuals. Per aquesta raó, es pot considerar l'ER com una experiència educativa enriquidora i aplicable, establint la seva integració en l'àmbit de ciències i amb mirada de futur.

Tal com mostren els resultats, l'ER ha estat molt ben valorat per l'alumnat, tant des del punt de vista del grau d'aprenentatge percebut com de l'experiència. La comparació entre els qüestionaris pretest i posttest evidencien una millora clara en el coneixement sobre els continguts del tema tractat, de la mateixa manera que l'augment en l'autovaloració del propi aprenentatge. És probable que sigui gràcies a la implicació activa de l'alumnat, el treball col·laboratiu i el caràcter dinamitzador i lúdic de l'activitat. A més, les competències transversals del treball en equip, la comunicació, el pensament crític i la presa de decisions han estat molt ben valorades i percebudes per part de l'alumnat.

Tot l'alumnat ha gaudit de l'experiència i la gran majoria tornarien a repetir-la, dades que mostren que l'ER ha sigut una activitat motivadora, divertida i estimulante per a l'alumnat. A més, les observacions des de la figura docent juntament amb les respostes qualitatives de l'alumnat exposen una gran implicació emocional en l'activitat i la potenciació d'aquesta metodologia ludificada amb la participació i implicació activa de l'alumnat, generant un clima més favorable a l'aprenentatge.

Així doncs, la proposta ha evidenciat la gran capacitat transformadora de les metodologies actives, en concret, de les ludificades. Els resultats reflecteixen que la implementació d'un ER com a mètode de ludificació en l'aula pot contribuir amb efectes positius en l'aprenentatge de l'alumnat. A més, s'ha accentuat la importància de tenir en compte els diferents estils i ritmes d'aprenentatge de l'alumnat, amb la finalitat de generar una experiència inclusiva.

A nivell metodològic, la recerca quantitativa ha permès obtenir una visió clara de l'impacte de l'ER però, malgrat això, és important reconèixer que una anàlisi de caràcter qualitatiu podria aportar una comprensió molt més àmplia i profunda sobre les percepcions de l'alumnat i la dinàmica de l'activitat.

També, s'ha de destacar que tot i ser una activitat totalment innovadora i creativa que té una influència positiva clara en el procés d'aprenentatge, són activitats que comporten una càrrega de treball pel docent considerable i que també pot implicar un cost econòmic.

En resum, aquest treball ha aportat una experiència educativa enriquidora, la qual ha despertat molt l'interès de l'alumnat i ha millorat i facilitat el seu aprenentatge. Tot i les limitacions que s'han detectat, aquesta proposta evidencia el potencial transformador dels *Escape Rooms* educatius com a eina didàctica i la seva contribució per fer de l'aula un espai més actiu i competencial. Així, es reafirma la necessitat de promoure aquest tipus d'iniciatives educatives i mostra com la incorporació d'aquestes metodologies poden esdevenir una eina essencial per actualitzar l'ensenyament de les ciències i donar una educació de qualitat.

8. LIMITACIONS DEL TREBALL

Tot i els resultats positius, cal destacar diverses limitacions del treball. Una de les principals limitacions és la mida de la mostra, ja que l'estudi s'ha realitzat amb un únic grup d'alumnes, en concret amb 20 alumnes de 4t d'ESO. Aquesta limitació implica una restricció en la generalització dels resultats i alhora d'extreure conclusions robustes, i impedeix el fet de poder realitzar una anàlisi estadística sòlida. Caldria fer l'activitat en altres contextos i amb mostres més grans.

D'altra banda, el fet que la majoria dels alumnes ja han participat prèviament en un ER educatiu podria haver influït positivament en les seves expectatives, reduint en certa manera la novetat de la proposta. De forma semblant, la percepció de la dificultat podria jugar com una limitació de l'estudi, ja que part de l'alumnat ha valorat l'ER com a fàcil, i això ha pogut afectar la seva motivació i entusiasme davant l'activitat. De cara al futur, es podria revisar el grau de complexitat de cada prova i millorar l'adaptació al nivell i les expectatives dels alumnes.

I, per últim, com han assenyalat alguns alumnes, altra limitació detectada és el temps disponible per a la realització de l'activitat. Diverses respostes apunten a la necessitat d'ampliar la durada de la sessió, o bé, dividir l'activitat en dues sessions, per així poder aprofundir més. Així doncs, per la realització d'un ER cal una planificació molt acurada per assegurar l'assoliment de tots els objectius curriculars que es volen treballar i també millorar la gestió de temps i logística de l'ER.

9. PROPOSTES DE MILLORA

Aquest treball ha mostrat que es pot introduir innovació educativa de qualitat dins l'aula. No obstant això, tenint en compte les valoracions del propi alumnat i les observacions per part del docent, per ampliar l'impacte i consolidar aquesta activitat, algunes propostes de millora són:

- Implementació de la proposta a més grups, nivells i diferents centres, amb la finalitat d'avaluar la seva viabilitat a gran escala.
- Dividir l'activitat de l'ER en dues sessions, una primera on es faci una explicació clara i detallada de tota la normativa i instruccions de l'ER, i una segona per la realització de l'ER. Aquesta divisió podria garantir una millor comprensió de la dinàmica i el contingut.
- Estudiar la possibilitat de fer l'activitat en espais a l'aire lliure per fer-la més atractiva. També, buscar espais amb dimensions més grans que una aula per desenvolupar l'ER de la manera més còmode possible.
- Incloure un sistema de premis o petits incentius que siguin progressius en l'ER, a mesura que van superant les diferents proves. D'aquesta manera és molt possible que s'aconsegueixi augmentar la motivació.

- Incorporar l'ER com una eina complementària dins d'una seqüència didàctica més àmplia.
- Introduir una sessió de coavaluació i reflexió per part de l'alumnat.

Aquestes serien algunes millores que podrien ajudar a fer de l'ER una experiència encara més immersiva i adaptada als diferents ritmes d'aprenentatge que presenta l'alumnat. A més, seria essencial aprofundir més en la formació del professorat perquè així es podria garantir una aplicació pedagògica adequada.

REFERÈNCIES

- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*, 1(1-10), 1-10.
- Ayuso Tapia, G. (2019). Creación de un escape room educativo para educación secundaria obligatoria.
- Baines, E., Rubie-Davies, C., & Blatchford, P. (2009). Improving pupil group work interaction and dialogue in primary classrooms: results from a year-long intervention study. *Cambridge Journal of Education*, 39(1), 95-117.
- Ballén, V. (2023). La resistència antimicrobiana: un desafiament global per a la salut pública. Portal Clínic: Malalties infeccioses; ICMID.
- Basco-Isern, S., Calafell-Soldevila, M., Comas-Ribas, M., Noguera-Fructuoso, I., & Parcerisa-Aran, A. (2011). Innovació en educació. De la idea a l'acció. Procés participatiu cap a l'INNED 2. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 4(2), 82-95. <https://doi.org/10.1344/reire2011.4.2426>
- Beames, S., Higgins, P., & Nicol, R. (2012). *Learning outside the classroom: Theory and guidelines for practice*. Routledge.
- Borrego, C., Fernández, C., Blanes, I., & Robles, S. (2017). Room escape at class: Escape games activities to facilitate the motivation and learning in computer science. *JOTSE*, 7(2), 162-171.
- Calvo Roselló, V., & López Rodríguez, M. (2021). Gamificación en el aula universitaria: una experiencia de "escape room inversa". *REDU. Revista de docencia universitaria*, 19(1), 45-74.
- Camacho, M. (2018). La innovació en educació: Aspectes clau i reptes de futur. *Anuari de l'Educació de les Illes Balears*, 16-29.
- Cassini, A., Högberg, L. D., Plachouras, D., Quattrocchi, A., Hoxha, A., Simonsen, G. S., ... & Hopkins, S. (2019). Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *The Lancet infectious diseases*, 19(1), 56-66.
- CDC. (2019). Antibiotic resistance threats in the United States, 2019. <https://doi.org/10.15620/cdc:82532>
- Clarke, S., Peel, D., Arnab, S., Morini, L., & Wood, O. (2017). EscapED: A framework for creating educational escape rooms and interactive games to for higher/further education. *International Journal of Serious Games*, 4(3), 73-86.
- Claudio, N. Z., Machancoses, M., & Piqueras, R. F. (2019). La eficacia de la escape room como estrategia de motivación, cohesión y aprendizaje de matemáticas en sexto de educación primaria. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas*, (56), 23-42.
- Coll, C., & Solé, I. (1989). Aprendizaje significativo y ayuda pedagógica. Cuadernos de pedagogía, (168), 16-20.
- Confederació de Centres Autònoms d'Ensenyament de Catalunya (2024). *Innovació pedagògica a través de noves metodologies*. Recuperat de <https://www.ccaec.cat/innovacio-pedagogica-a-traves-de-noves-metodologies/>
- Cordero, C. (2018). Escape Room Educativo. Agora Abierta 2024. <https://www.agorabierta.com/2018/03/escape-room-educativo/>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>

Escape Up. (n.d.). Tipos de escape room: ¡Conócelos todos! Escape Up. <https://escapeup.es/blog/tipos-de-escape-room/>

Eukel, H. N., Frenzel, J. E., & Cernusca, D. (2017). *Educational gaming for pharmacy students – design and evaluation of a diabetes-themed escape room*. American Journal of Pharmaceutical Education, 81(7), 6265. <https://doi.org/10.5688/ajpe8176265>

Fotaris, P., & Mastoras, T. (2019). Escape rooms for learning: A systematic review. In *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning* (Vol. 2019, No. 1, pp. 235-243).

Furdu, I., Tomozei, C., & Köse, U. (2017). Pros and Cons Gamification and Gaming in Classroom. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 8(2). 56-62.

García-Bacete, F.J., & Domenech, F. (1997). Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. *Revista Española de Motivación y Emoción*, Nº1 (2000), 55-65.

Garcia-Brustenga, G. & Gómez-Cardona, D. R. (2024). *Tendències en educació per al 2025*. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperat de <https://blogs.uoc.edu/elearning-innovation-center/ca/tendencias-en-educacio-per-al-2025/>

Gómez, A. S., Tena, A. B. E., Martín, I. B., & Juan, B. G. (2022). El escape room virtual: herramienta docente universitaria para el desarrollo de competencias transversales y para la retención del conocimiento. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (21), 7-48.

Gómez Urquiza, J., Gómez -Salgado, J., Albendin-Garcia, L., Correa-Rodríguez, M., González-Jiménez, E. & Cañadas-De la Fuente, G. (2018). The impact on nursing students' opinions and motivation of using a “Nursing Escape Room” as a teaching game: A descriptive study. *Nurse Education Today*. 72. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.10.018>

Guitert, M., Romeu, T., & Sangrà, A. (2023). *Educació en línia* (1a. ed.) [recurs d'aprenentatge textual]. Fundació Universitat Oberta de Catalunya (FUOC).

Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Ministerio de Educación.

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.

Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.

Lázaro, I. G. (2019). Escape Room como propuesta de gamificación en educación. *Revista Educativa Hekademos*, (27), 71-79.

Llorens, F., Gallego, F., Villagrà, C., Compañ, P., Satorre, R. y Molina, R. (2016). Gamificación del Proceso de Aprendizaje: Lecciones Aprendidas. *VAEP-RITA*, 4(1), 25-32. <http://hdl.handle.net/10045/57605>

López-Pernas, S., Gordillo, A., Barra, E., & Quemada, J. (2019). *Examining the use of an educational escape room for teaching programming in a higher education setting*. IEEE Access, 7, 31723-31737. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2902976>

Marín, V. (2015). La Gamificación educativa. Una alternativa para la enseñanza creativa. *Digital Education Review*, 27. Disponible en: <https://goo.gl/iPiLj>

Martin Fuentes, E.; Preixens Vidal, N.; Busqueta Riu, J.J. (2024). Gamificación y Escape Room en la Educación Universitaria. Editorial Universitat Politècnica de València. 1-7. <https://doi.org/10.4995/INRED2024.2024.18244>

Martínez, J. L. (2009). Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. *Environmental pollution*, 157(11), 2893-2902.

Martínez, S. G., Blanco, P. S., & Valero, A. F. (2021). Metodologías cooperativas versus competitivas: efectos sobre la motivación en alumnado de EF. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (39), 65-70.

Minner, D.D., Levy, A.J. and Century, J. (2010), Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *J. Res. Sci. Teach.*, 47: 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

Miró, F. (2018). Escape room y breakout en Biología. La Rubisco. <https://www.larubiscoeslomas.com/escape-breakout-biologia/>

Moura, A., & Santos, I. L. (2020). Escape Room Educativo: reinventar ambientes de aprendizagem. *Aplicações para dispositivos móveis e estratégias inovadoras na educação*, 107-115.

Navarro, M. A. D., Cuatetl, O. U. E., & Sánchez, E. A. R. (2021). El ocaso de los antibióticos: Una revisión bibliográfica contemporánea de superbacterias. *RD-ICUAP*, 28-49.

OMS (2025). OMS-Resistencia a los antibióticos [en línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>

Ortega, E. M. (2008). Clave para el aprendizaje a lo largo de la vida. *Estudios-Investigaciones*, 72.

Perdomo Vargas, I. R., & Rojas Silva, J. A. (2019). La ludificación como herramienta pedagógica: algunas reflexiones desde la psicología. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 18(36), 161-175.

Pertusa Mirete, J. (2020). METODOLOGÍAS ACTIVAS: LA NECESARIA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA EDUCATIVO Y LA PRÁCTICA DOCENTE. *Supervisión* 21, 56(56), 21. Recuperado a partir de <https://supervision21.usie.es/index.php/Sp21/article/view/467>

Ramírez-Quesada, C. B.; de Jesús Villa, P. (2024). Revisión sistemática de la eficacia del escape room educativo como metodología universitaria para incrementar la motivación y el aprendizaje. *EDUCA International Journal*, 1 (4) 160-189, <https://doi.org/10.55040/educa.v4i1.76>

Rivera, M. V. M., Cinilin, M. J. S., & Encalada, S. C. O. (2022). Escape room educativo: Una mirada desde la experiencia de los estudiantes en Endodoncia. *Dominio de las Ciencias*, 8(3), 893-910.

Salazar, L. L. Z., López, E. K. G., & Núñez, M. F. P. (2024). Estrategias para fomentar el aprendizaje activo en el aula de pedagogía Universitaria. *Polo del Conocimiento*, 9(6), 504-523.

Salcedo-de-la-Fuente, R., Herrera-Carrasco, L., Illanes-Aguilar, L., Poblete-Valderrama, F., & Rodas-Kürten, V. (2024). Las emociones en el proceso de aprendizaje: revisión sistemática. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 23(51), 253-271.

Tajuelo Molina-Prados, L., & Pinto Cañón, G. (2021). Un ejemplo de actividad de escape room sobre física y química en educación secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 18(2), 2205-1.

Tapia, J. A. (2005). Motivación para el aprendizaje: la perspectiva de los alumnos. *La orientación escolar en centros educativos*, 11(2), 209-242.

Trujillo, C. R. C. (2015). *Aprendizaje cooperativo e individual en el rendimiento académico en Estudiantes universitarios: Un meta-análisis* (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid).

- Vassileva, J. (2012). Motivating participation in social computing applications: a user modeling perspective. *User Model User-Adap Inter* 22, 177–201. <https://doi.org/10.1007/s11257-011-9109-5>
- Veldkamp, A., van de Grint, L., Knippels, M. C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Walsh, F. (2014). Superbugs to kill ‘more than cancer’ by 2050. *BBC News*, 11.
- Wiemker, M., Elumir, E. & Clare, A. (2015). Escape room games: Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one? *Game Based Learning-Dialogorientierung & spielerisches Lernen analog und digital*, Ikon Verlags GmbH, 55-68.
- World Health Organization. (2017). *WHO publishes list of bacteria for which new antibiotics are urgently needed*. <https://www.who.int/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>
- Zabala, A., & Arnau, L. (2007). La enseñanza de las competencias. *Aula de innovación educativa*, 161, 40-46.
- Zamora, L. A. V., Guerrero, J. J., & Quintanilla, P. F. C. (2022). Escape room para el aprendizaje de biología celular en la carrera de bioquímica y farmacia. *EPISTEME KOINONIA: Revista Electrónica de Ciencias de la Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes*, 5(1), 903-928.

ANNEXOS

ANNEX 1. Objectius didàctics i d'aprenentatge per l'alumnat de l'activitat



Figura 1. Objectius didàctics i d'aprenentatge establerts per l'Escape room educatiu.

ANNEX 2. Sabers treballats

Taula 1. Sabers treballats a l'Escape room de Resistència als antibiòtics.

Nº	SABER	Àrea o matèria
1	Reconeixement i utilització de fonts fiables d'informació científica	Biologia – Projecte científic
2	Interpretació del model simplificat de l'estructura de l'ADN i de l'ARN i relació amb la seva funció i síntesi.	Biologia - Genètica i evolució
3	Argumentació sobre el paper de les mutacions a l'origen de la biodiversitat i la seva relació amb els processos evolutius.	
4	Anàlisi de mecanismes de transferència genètica horitzontal en bacteris i del problema de la resistència als antibiòtics (*).	Biologia – Els microorganismes i les formes acel·lulars

(*) Realment, es farà èmfasi al problema de la resistència a antibiòtics. Per aquesta raó, per poder treballar aquest saber s'haurà de tractar prèviament diversos aspectes: el concepte d'antibiòtic i de microorganisme, establir la diferència entre bacteri i virus amb l'aclariment que els antibiòtics només actuen sobre bacteris i, per últim, el concepte de resistència als antibiòtics i que els bacteris poden desenvolupar mecanismes que els permet adquirir resistències. Cal concretar que tot serà tractat amb una visió general i a petita escala.

ANNEX 3. Competències clau

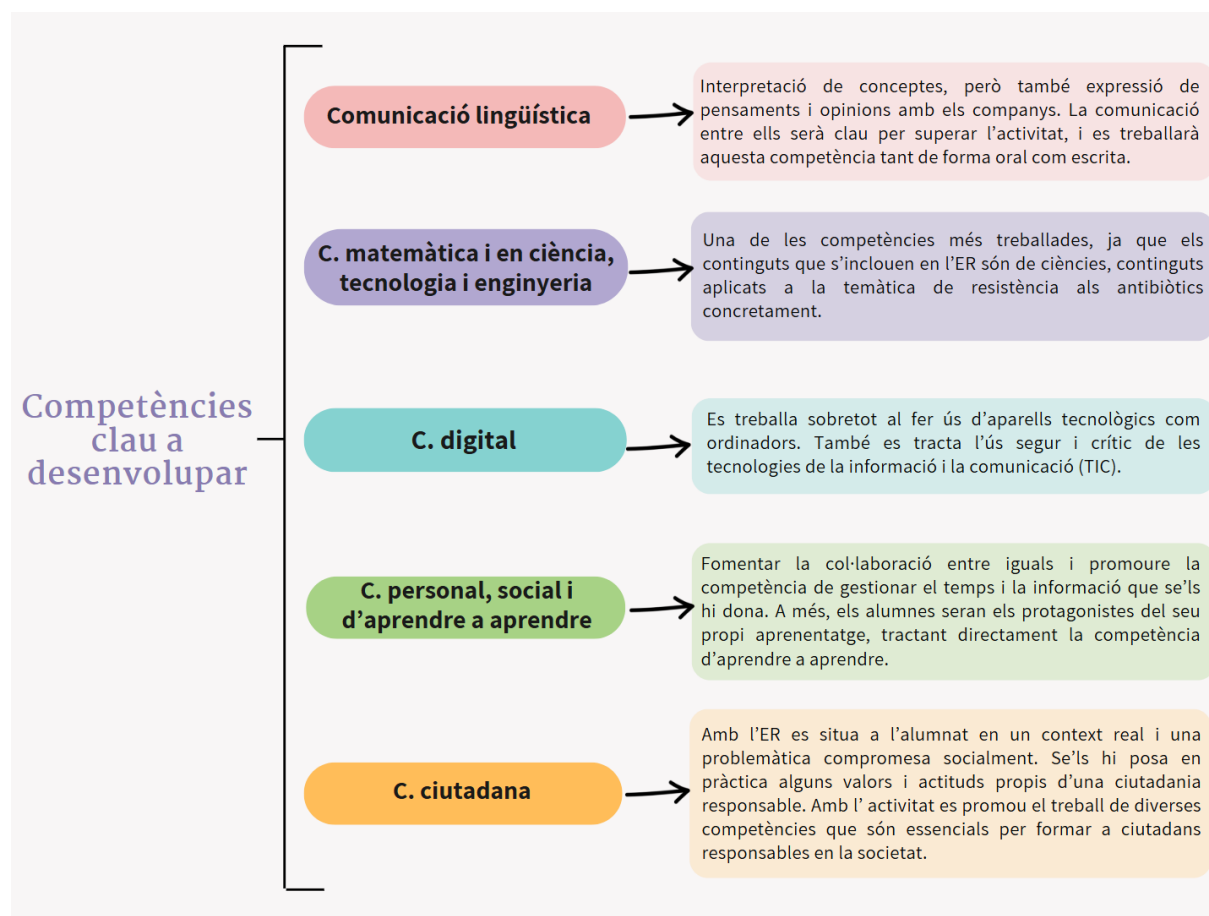


Figura 2. Esquema de les sis competències clau que es desenvolupen amb l'Escape room i l'explicació en detall i contextualitzada en aquest. Font: elaboració pròpia amb plantilla de Canva.

ANNEX 4. Competències específiques

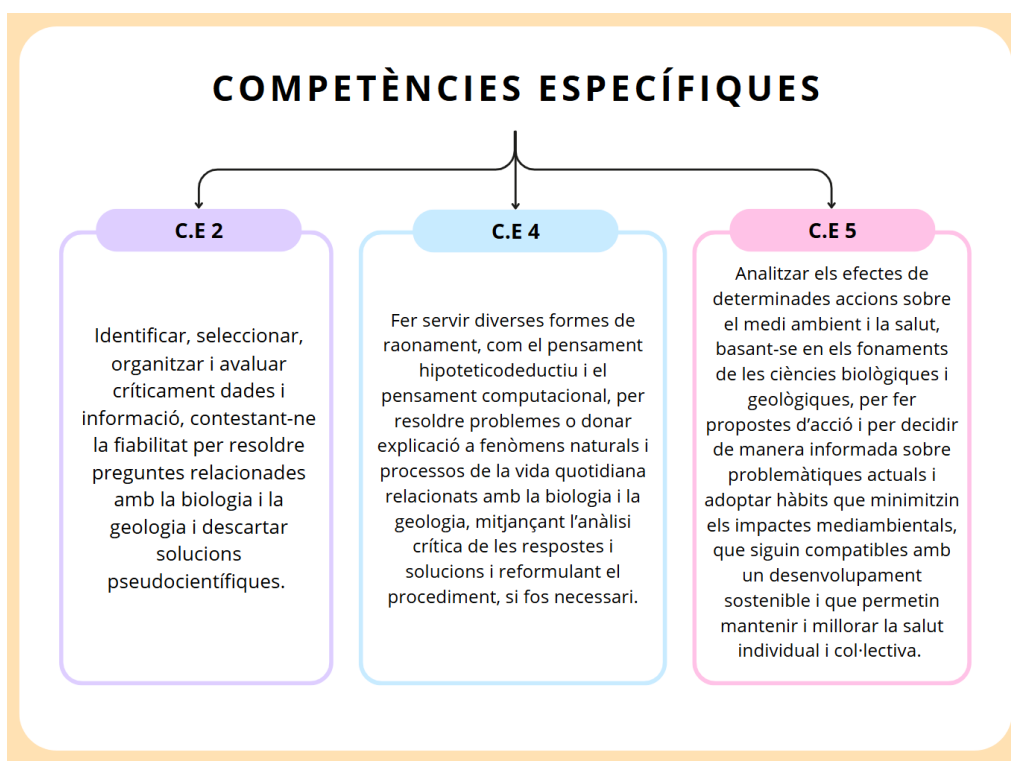


Figura 3. Esquema de les competències específiques que es desenvolupen amb l'Escape room. Font informació: Decret 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica. Font imatge: elaboració pròpia amb plantilla de Canva.

ANNEX 5. Vectors treballats

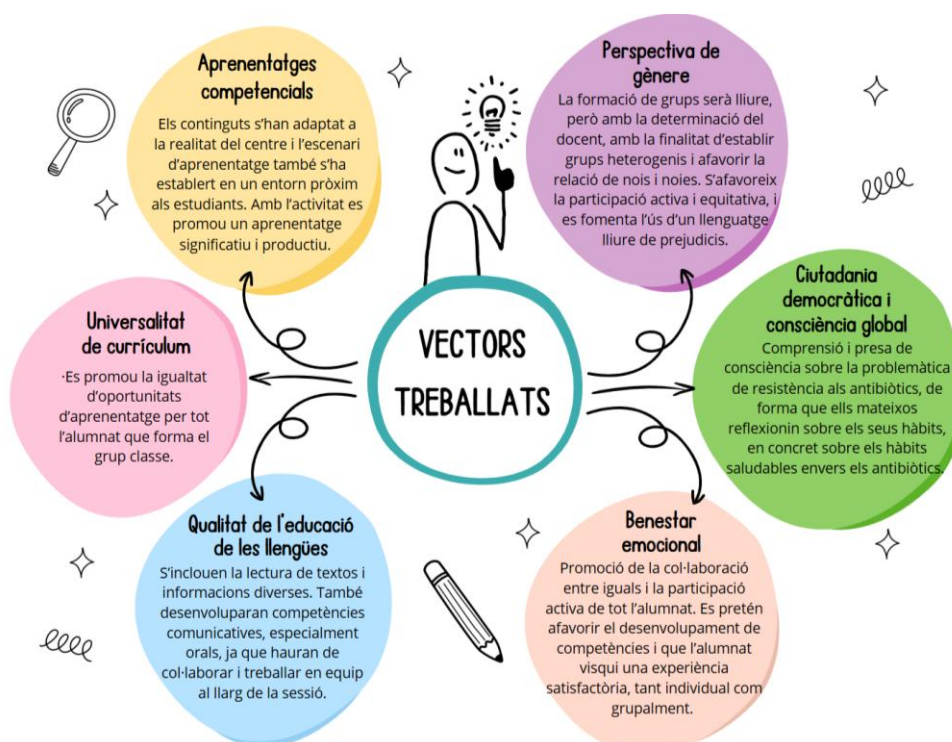


Figura 4. Esquema dels vectors treballats amb la proposta innovadora. Font informació: Decret 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica. Font imatge: elaboració pròpia amb plantilla de Canva.

ANNEX 6. Criteris d'avaluació

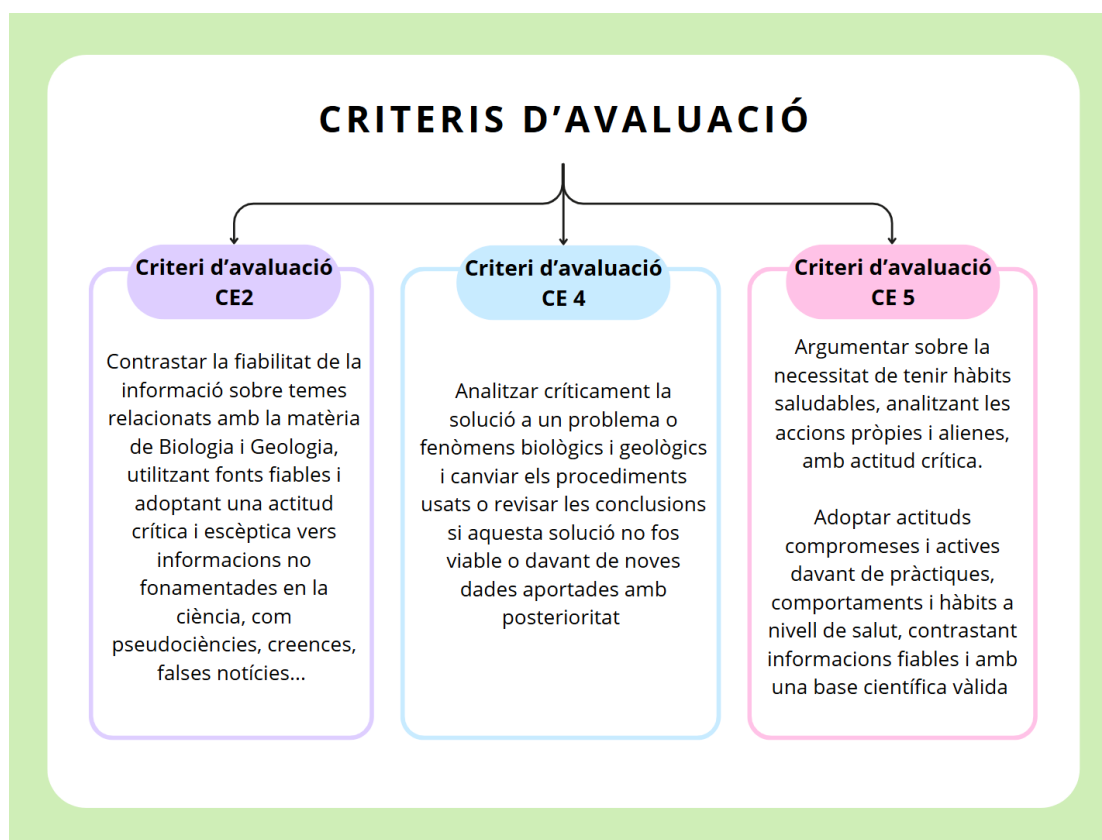


Figura 5. Esquema dels criteris d'avaluació de l'Escape room. Font informació: Decret 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica. Font imatge: elaboració pròpia amb plantilla de Canva.

ANNEX 7. Presentació sessió introductòria

La presentació que va ser utilitzada com a suport per l'explicació de la sessió introductòria sobre "Resistència als antibiòtics" es pot visualitzar en el següent enllaç:

https://www.canva.com/design/DAGi0_1zXTA/YXxWhlVTTr0N8657ZLKfQ/view?utm_content=DAGi0_1zXTA&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=uniquelinks&utlId=he0adae4ff3

ANNEX 8. Plantilla planificació *Escape room*

DISSENY PROJECTE ESCAPE ROOM EDUCATIU	
Nom del projecte <i>Escape room resistència als antibiòtics</i>	Temps 50 minuts
Grups de: 4-5 alumnes	
1. Definició dels objectius didàctics Assegurar la consolidació dels coneixements per part dels alumnes de la greu problemàtica de la resistència als antibiòtics Promoció del desenvolupament d'habilitats competencials. Fomentar el treball en equip, pensament crític, presa de decisions...	
2. Narrativa. Descriu els recursos narratius a utilitzar A l'hospital local s'han detectat casos greus d'infecció d'un superbacteri. L'hospital comença a estar desbordat i es troben davant d'una alerta sanitària amb la qual comença a esdevenir por i inquietud entre la població. Els alumnes són investigadors qualificats i treballen en un laboratori, se'ls hi demana la seva col·laboració. Tenen la responsabilitat d'identificar el superbacteri i decidir el tractament per solucionar el problema, però treballen a contrarellotge.	
4. Objecte final. Quan acaba? L'objectiu final de l'alumnat és identificar el superbacteri causant de les infeccions i decidir el tractament més efectiu. Un cop decidit s'acaba.	5. Estructura ☒ Lineal ☐ No lineal
6. Proves i materials	
Proves 1 Casos clínics i un missatge secret 2 Fake news sobre els antibiòtics 3 Laboratori contaminat 4 L'antibiòtic correcte 5 Mutació genètica 6 Quin bacteri és? 7 Com aturem el superbacteri?	Materials a utilitzar 1 Casos clínics, cartolina, missatge secret, filtre 2 Notícies, targetes error-pista 3 Fulls, bolígrafs amb llum UV, USB, ordinadors 4 Plaques de petri, antibiogrames impresos, taules 5 Caixes amb tot el material, cadencats, proteïna 6 Targetes informatives i targetes de resultats 7 Codi QR, document amb tractaments

Figura 6. Plantilla de planificació de l'*Escape room* completada. Font de la plantilla: eaprendizaje.com

ANNEX 9. Carnet de científics

A continuació es mostra el disseny del «Carnet científic» que es realitza per a cada alumne. Com s'explica en l'apartat corresponent, aquests carnets estaran a una taula amb la finalitat que, a l'entrada al laboratori, els alumnes agafin el carnet. Això es fa amb el propòsit d'establir un context i un misteri des d'un principi, per ajudar a promoure l'interès i curiositat de l'alumnat.



Figura 7. Plantilla carnet de científic, contextualitzat a l'institut d'on són els alumnes. Les dades són inventades a excepció del nom i cognoms i la seva fotografia. Font: plantilla de Canva amb contingut elaborat de forma pròpia.

ANNEX 10. Prova 1: Casos clínics i un missatge secret

8pVf·azgtmT0ioat
sNhle7J6IHlKNneB
q99fu6reypA2lBWL
ilCtexneiKEX6g7iU
Tlme30f3isUotQAb
VrLEKmae1e2ilzKe
bpLlOfsh2q06aHZ
JnP04ItUXikMbYsZ
qTiVg2òZGsUtf0L
GyisTFcJqYPsssey
fYs3KNjcHonjle3z
vlErYutz8IJ?K37Y
BCGWTAhos0ofER
sb8xo esSg9Vg15u
116jUrRb9kteZXm4
dqe5uUq0l3eq3vE
KsklFzatam1iVpLIC
pZoCEObXNNlia85
XcZliCór3cnisowYi
ur9eqAp6PouHqnC
9c0Ta8ScM1fohTh
saWxogBkQk6Ueeg
cjsWnI7lcseKwHKg
sKkc.

Figura 8. Missatge secret amb codificador de colors. Es proporciona a l'alumnat amb el sobre "VIP" un cop fan la prova 1. El contingut d'aquest missatge es llegeix amb el filtre vermell (a través de la safata) i els hi deriva a la prova 2.

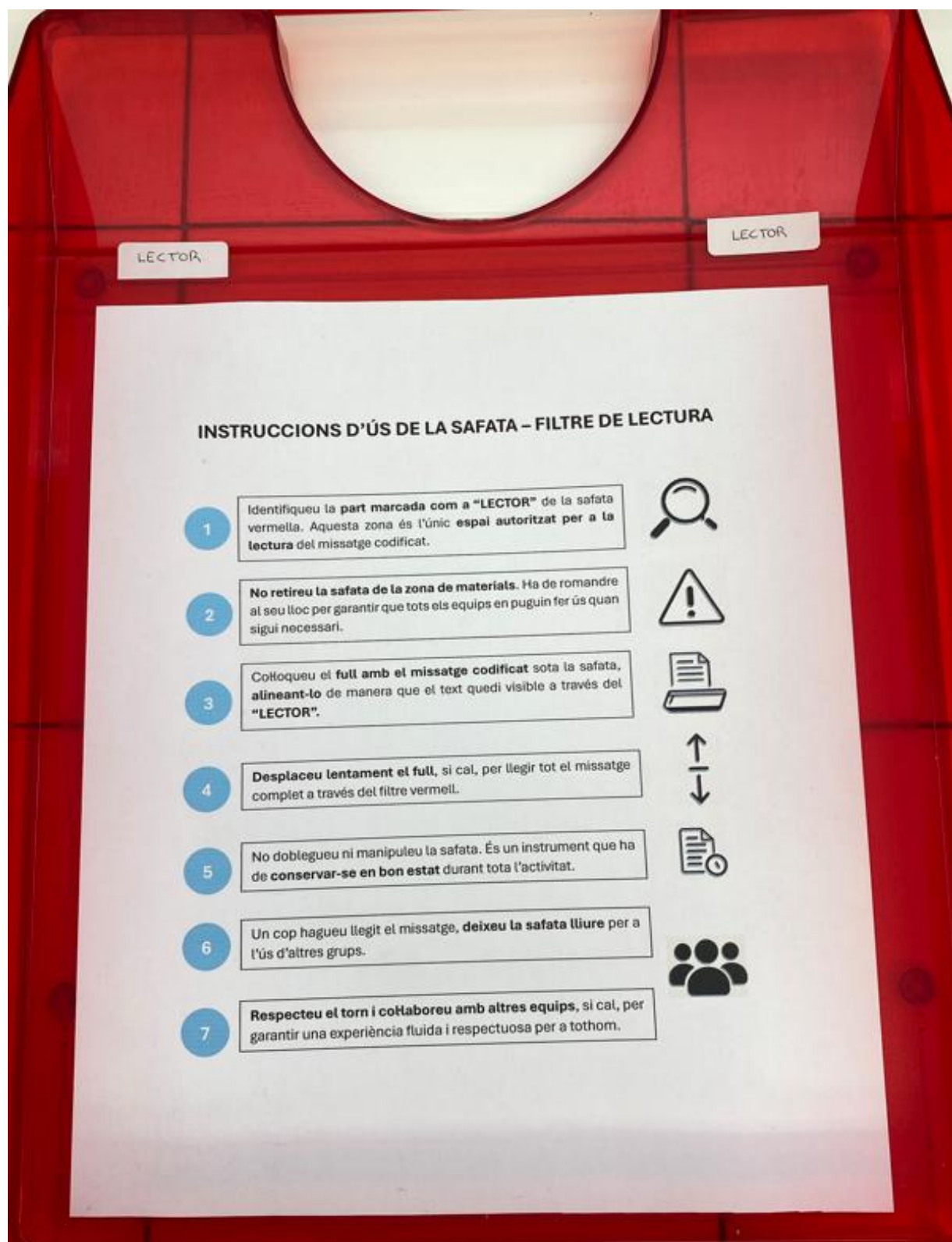


Figura 9. Safata amb full d'instruccions de com realitzar un ús responsable d'aquesta. Serveix com a filtre vermell per llegir el missatge secret amb codificador de colors.

ANNEX 11. Prova 2: Fake news

A continuació es mostren les quatre *Fake news* que formen part de la prova 2 de l'ER. Cada grup havia de trobar els quatre errors principals de la seva notícia. Les notícies es van realitzar amb un format específic de *Canva*.

Viladecans, 22 d'abril de 2025

BREAKING NEWS

Els antibiòtics eliminen tots els microorganismes



Un nou estudi demostra que els antibiòtics són capaços de destruir no només els bacteris patògens, sinó també els virus i els fongs, cosa que els converteix en una solució universal contra infeccions. Els metges recomanen prendre antibiòtics davant de qualsevol símptoma de malaltia per prevenir complicacions. A més, es confirma que si es deixa de prendre l'antibiòtic abans del final del tractament, el cos per si sol pot acabar eliminant els microorganismes sense problemes.

Els pacients poden compartir les seves dosis d'antibiòtics amb familiars si tenen els mateixos símptomes. Els estudis també han descobert que el consum regular d'antibiòtics redueix la possibilitat de malalties. La majoria de metges asseguren que els antibiòtics poden curar qualsevol tipus d'infecció, incloent les víriques, perquè eliminen tots els microorganismes presents en el cos. A més, quan un bacteri es torna resistent, augmentant la seva capacitat de supervivència, és convenient augmentar la dosi de l'antibiòtic fins que el microorganisme desaparegui.



Figura 10. Notícia falsa utilitzada a la prova 2 pertanyent al grup 1. Conté diversos errors i mites sobre els antibiòtics.

Viladecans, 22 d'abril de 2025

BREAKING NEWS

Els antibiòtics prevenen qualsevol infecció



S'ha demostrat científicament que prendre antibiòtics de manera preventiva redueix significativament el risc de contreure qualsevol malaltia, sigui bacteriana o vírica. A més, els experts asseguren que el sistema immunitari es pot enfortir amb un consum regular d'antibiòtics.

La gent hauria de tenir sempre antibiòtics a casa i automedicar-se en cas de febre o tos, ja que això ajuda a una recuperació més ràpida. A més, es recomana compartir antibiòtics amb persones de la mateixa família, perquè tots els medicaments tenen el mateix efecte en diferents persones. L'ús continuat i prolongat dels antibiòtics no provoca resistències, perquè aquests fàrmacs sempre eliminen qualsevol tipus de microorganisme.



Figura 11. Notícia falsa utilitzada a la prova 2 pertanyent al grup 2. Conté diversos errors i mites sobre els antibiòtics.

Viladecans, 22 d'abril de 2025

BREAKING NEWS

Els antibiòtics naturals són suficients



Davant l'augment de bacteris resistents, alguns experts han determinat que els antibiòtics naturals, com l'all i la mel, poden substituir completament els antibiòtics tradicionals. Investigacions han demostrat que consumir aquests remeis de manera habitual ajuda a prevenir infeccions greus.

Per tant, els metges recomanen deixar de prendre antibiòtics sintètics i optar per alternatives naturals. És un fet comprovat que els antibiòtics sempre eliminen els bacteris sense excepció, per la qual cosa no és possible desenvolupar resistència als antibiòtics. A més, la resistència als antibiòtics es pot revertir simplement deixant de consumir antibiòtics durant un temps i després reprenent-los a dosis més altes.



Figura 12. Notícia falsa utilitzada a la prova 2 pertanyent al grup 3. Conté diversos errors i mites sobre els antibiòtics.

Viladecans, 22 d'abril de 2025

BREAKING NEWS

No cal recepta per comprar antibiòtics



Les farmàcies han començat a vendre antibiòtics sense necessitat de prescripció mèdica, permetent als pacients automedicar-se segons el seu criteri. Això ha reduït el temps d'espera per accedir a un tractament eficaç contra infeccions. A més, prendre antibiòtics encara que no es tingui una infecció activa pot servir com a mètode preventiu.

Si s'interromp un tractament a la meitat, no hi ha cap risc, ja que l'organisme continua lluitant contra els bacteris. Segons estudis recents, no cal finalitzar un tractament si els símptomes van a millor, perquè el cos pot acabar eliminant els microorganismes per si mateix. Els antibiòtics curen tant infeccions bacterianes com víriques i per això s'han convertit en un fàrmac de primera necessitat en qualsevol llar.



Figura 13. Notícia falsa utilitzada a la prova 2 pertanyent al grup 4. Conté diversos errors i mites sobre els antibiòtics.

ANNEX 12. Prova 3: Laboratori contaminat



Figura 14. Cartell que anuncia l'Àrea en quarantena per contaminació en el laboratori.



Full d'instruccions "Laboratori contaminat"



Per superar aquesta prova us trobeu davant d'una àrea contaminada del laboratori. Heu de superar tota la prova per fer una neteja completa d'aquesta i aconseguir que torni a estar disponible la secció per disposar d'aquesta àrea i continuar investigant.

Hi ha diverses superfícies contaminades, una que correspon a cada grup... Potser allà també es troba la pista per seguir... Però, com ho podeu detectar, potser necessiteu una eina que ens ajudi a veure coses invisibles?



Figura 15. Full d'instruccions de la prova 3. Conté l'explicació del context de la prova i pistes de com han de desenvolupar-la i aconseguir més informació.

ANNEX 13. Prova 4: L'antibiòtic correcte

Encara disposem d'un antibiòtic per aturar aquest superbacteri?

Analitzeu els ANTIBIOGRAMES

Entre els dos que heu realitzat, hi ha algun antibiòtic que encara sigui efectiu?

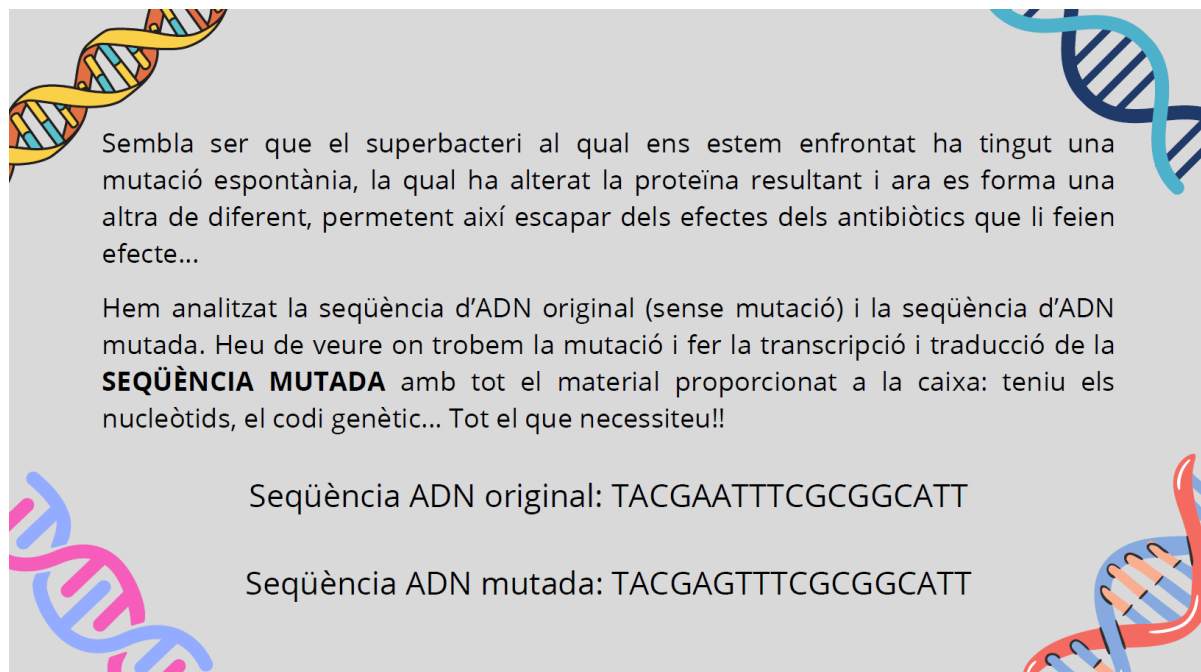
Busqueu! Potser és la resposta que necessitem?

Figura 16. Nota amb la qual s'estableix el context i les instruccions de la prova 4.

Per a què ens poden servir els codis? Ens ajuda a obrir alguna cosa o objecte que es troba al laboratori?	Nº ordre	ANTIBIÒTIC	CODI
	1	Vancomicina	1023
	2	Imipenem	2901
	3	Metronidazol	3087
	4	Doxiciclina	3812
	5	Cefotaxima	5634
	6	Ampicil·lina	4120
	7	Eritromicina	8564
	8	Piperacil·lina (tazobactam)	6545
	9	Penicil·lina G	7453
	10	Ciprofloxacina	9278
	11	Tetraciclina	9675
	12	Cefalexina	6342
	13	Meropenem	1890
	14	Amikacina	7456
	15	Ceftazidima	4723
	16	Rifampicina	2045
	17	Gentamicina	8367
	18	Amoxicil·lina	5231
	19	Levofloxacina	0189
	20	Colistina	1290
	21	Fosfomicina	0786

Figura 17. Llistat d'antibiòtics proporcionat als alumnes per la prova 4. Conté el número d'ordre i el codi de cada antibiòtic.

ANNEX 14. Prova 5: Mutació genètica



Sembla ser que el superbacteri al qual ens estem enfrontat ha tingut una mutació espontània, la qual ha alterat la proteïna resultant i ara es forma una altra de diferent, permetent així escapar dels efectes dels antibiòtics que li feien efecte...

Hem analitzat la seqüència d'ADN original (sense mutació) i la seqüència d'ADN mutada. Heu de veure on trobem la mutació i fer la transcripció i traducció de la **SEQÜÈNCIA MUTADA** amb tot el material proporcionat a la caixa: teniu els nucleòtids, el codi genètic... Tot el que necessiteu!!

Seqüència ADN original: TACGAATTTCGCGGCATT

Seqüència ADN mutada: TACGAGTTTCGCGGCATT

Figura 18. Targeta explicativa del context i les instruccions de la prova 5.

Ja heu identificat com el superbacteri ha adquirit resistència als antibiòtics. Esteu fent un treball excel·lent! Però, per saber quin tractament és l'ideal, hem de saber exactament quin bacteri és el causant, ja que encara no l'hem aconseguit identificar.



Heu recollit algunes mostres i heu tornat a fer diverses proves. Necessitem científics experts per **identificar l'espècie concreta**. Aneu ràpidament a la següent fase de la investigació, a la **secció dels microscopis!**

Figura 19. Missatge en el sobre que es troba en un llibre i han de cercar a través del número de pàgina que aconsegueixen amb l'estructura de la proteïna física. Aquest missatge els porta a la prova 6.

ANNEX 15. Prova 6: Quin bacteri és?

FULL D'INSTRUCCIONS PER LA IDENTIFICACIÓ DEL SUPERBACTERI

L'objectiu de la prova és determinar quin és el bacteri responsable de la infecció que està causant estralls a l'hospital. Per fer-ho, haureu d'analitzar les diferents fitxes explicatives de 3 espècies bacterianes i les dades experimentals que es faciliten i haureu de comparar. En concret, disposeu d'una fitxa amb els resultats bioquímics de cada espècie bacteriana a les diferents proves bioquímiques i una fitxa dels resultats experimentals d'un pacient infectat, resultats els quals representen el bacteri causant.

PASSOS A SEGUIR

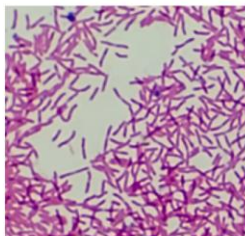
1. Llegiu les **targetes explicatives** per conèixer les espècies bacterianes i les seves característiques. Us ajudarà a prendre una decisió.
2. Examineu els **resultats bioquímics del bacteri** trobat en el **pacient infectat**.
3. **Compareu** els resultats amb la fitxa on surten els resultats de les proves bioquímiques dels 3 bacteris.
4. **Descarteu** opcions en funció d'aquests i **decidiu** quin és el bacteri causant.
5. Un cop identifiqueu el bacteri, **aneu al docent per confirmar la vostra resposta** i us donarà el que necessiteu per continuar.

Figura 20. Full d'instruccions per a la prova 6 en què han d'identificar el bacteri.

ESCHERICHIA COLI

Bacteri Gram: Negatiu
Forma: bacil
Motilitat: Sí (flagels peritrics)
Catalasa: +
Oxidasa: -
Fermentació de lactosa: +

Producció de gas: +
Hidrogen de sulfur (H₂S): -
Ureasa: -
Indol: +
Nitrats: el redueixen a nitrits
Utilització de citrat: -



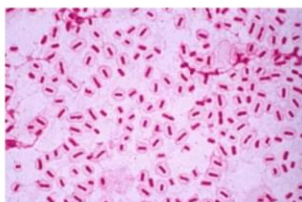
- Viu normalment a l'intestí humà.
- Pot causar infeccions urinàries, gastroenteritis o meningitis neonatal.
- Té una ràpida fermentació de sucres i pot créixer fàcilment a medi MacConkey, formant colònies rosades.

Figura 21. Targeta explicativa de l'espècie bacteriana *Escherichia coli*.

KLEBSIELLA PNEUMONIAE

Bacteri Gram: Negatiu
Forma: bacil
Motilitat: No
Catalasa: +
Oxidasa: -
Fermentació de lactosa: +

Producció de gas: +
Hidrogen de sulfur (H₂S): -
Ureasa: +
Indol: -
Nitrats: el redueixen a nitrits
Utilització de citrat: +



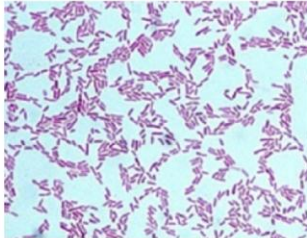
- Encapsulada, cosa que li dona un aspecte mucós.
- Pot causar una pneumònia molt greu, infeccions urinàries i septicèmia.
- Resistent a múltiples antibiòtics, incloent carbapenèmics en soques multiresistents.

Figura 22. Targeta explicativa de l'espècie bacteriana *Klebsiella pneumoniae*.



Bacteri Gram: Negatiu
 Forma: bacil
 Motilitat: Sí (flagels polars)
 Catalasa: +
 Oxidasa: +
 Fermentació de lactosa: -

Producció de gas: -
 Hidrogen de sulfur (H₂S): -
 Ureasa: variable
 Indol: -
 Nitrats: el redueixen a nitrits
 Utilització de citrat: +



- Altament resistent als antibiòtics.
- Pot produir piocianina, un pigment verd-blavós.
- Infeccions freqüents en pacients immunodeprimits o amb ferides.
- No fermentadora, però pot oxidar la glucosa en presència d'oxigen.

Figura 23. Targeta explicativa de l'espècie bacteriana *Pseudomonas aeruginosa*.

**RESULTATS PROVES BIOQUÍMIQUES -
 BACTERI EN PACIENT INFECTAT**

PROVA BIOQUÍMICA	RESULTAT OBTINGUT
FERMENTACIÓ DE LACTOSA	✓
PRODUCCIÓ D'INDOL	✗
PROVA DE VOGES-PROSKAUER (VP)	✓
UTILITZACIÓ DEL CITRAT	✓
MOBILITAT	✗
PRODUCCIÓ D'UREASA	✓
OXIDASA	✗
CATALASA	✓
CREIXEMENT EN MAC-CONKEY	SÍ (colònies roses)

Figura 24. Resultats de les proves bioquímiques obtingudes del bacteri present en un pacient infectat de l'hospital.

PROVA BIOQUÍMICA	<i>Escherichi coli</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
GRAM	Negatiu	Negatiu	Negatiu
FORMA	Bacil	Bacil	Bacil
MOBILITAT	SÍ	NO	SÍ
CÀPSULA	NO	SÍ	NO
FERMENTACIÓ DE LACTOSA	✓	✓	✗
PRODUCCIÓ D'INDOL	✓	✗	✗
PROVA VOGES-PROSKAUER (VP)	✗	✓	✗
PROVA DE CITRAT	✗	✓	✓
REDUCCIÓ DE NITRATS	✓	✓	✓
UREASA	✗	✓	✗

Figura 25. Resultats de les proves bioquímiques de les tres espècies bacterianes que han d'analitzar.

ANNEX 16. Prova final: Com aturem el superbacteri?



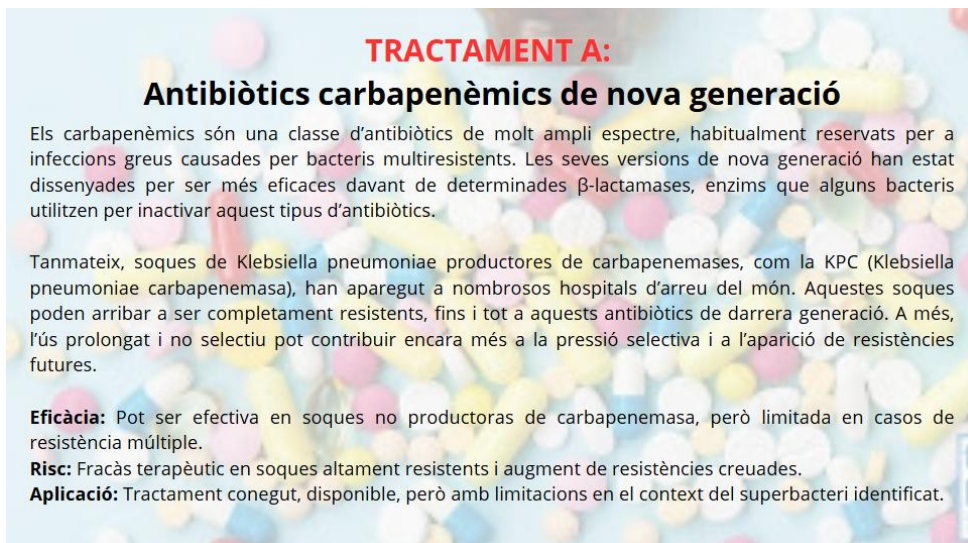
Figura 26. Codi QR que dona accés a la prova final en la qual han de decidir el tractament final.

Sou a punt d'enfrontar la decisió més important, però només ho podreu fer col·laborant entre tots...

En aquest document trobareu tota la informació que necessiteu. Decidiu el **tractament final entre tots**.

Escriviu a la pissarra la vostra elecció. Si és correcte, us facilitaran la clau per sortir del laboratori i anar a salvar l'hospital i els pacients.

Figura 27. Instruccions de la prova final.



TRACTAMENT A:

Antibiòtics carbapenèmics de nova generació

Els carbapenèmics són una classe d'antibiòtics de molt ampli espectre, habitualment reservats per a infeccions greus causades per bacteris multiresistents. Les seves versions de nova generació han estat dissenyades per ser més eficaces davant de determinades β -lactamases, enzims que alguns bacteris utilitzen per inactivar aquest tipus d'antibiòtics.

Tanmateix, soques de *Klebsiella pneumoniae* productores de carbapenemases, com la KPC (*Klebsiella pneumoniae* carbapenemasa), han aparegut a nombrosos hospitals d'arreu del món. Aquestes soques poden arribar a ser completament resistents, fins i tot a aquests antibiòtics de darrera generació. A més, l'ús prolongat i no selectiu pot contribuir encara més a la pressió selectiva i a l'aparició de resistències futures.

Eficàcia: Pot ser efectiva en soques no productoras de carbapenemasa, però limitada en casos de resistència múltiple.

Risc: Fracàs terapèutic en soques altament resistents i augment de resistències creuades.

Aplicació: Tractament conegut, disponible, però amb limitacions en el context del superbacteri identificat.

Figura 28. Explicació i informació sobre el Tractament A: Antibiòtics carbapenèmics de nova generació.



TRACTAMENT B:

Fagoteràpia personalitzada

La fagoteràpia és una estratègia terapèutica basada en l'ús de bacteriòfags, virus específics que infecten i destrueixen bacteris. Aquesta tecnologia ofereix una alternativa molt prometedora en el context de la crisi de resistència als antibiòtics, ja que els fags són altament específics i poden atacar bacteris com *Klebsiella pneumoniae* sense afectar les cèl·lules humanes ni la microbiota beneficiosa.

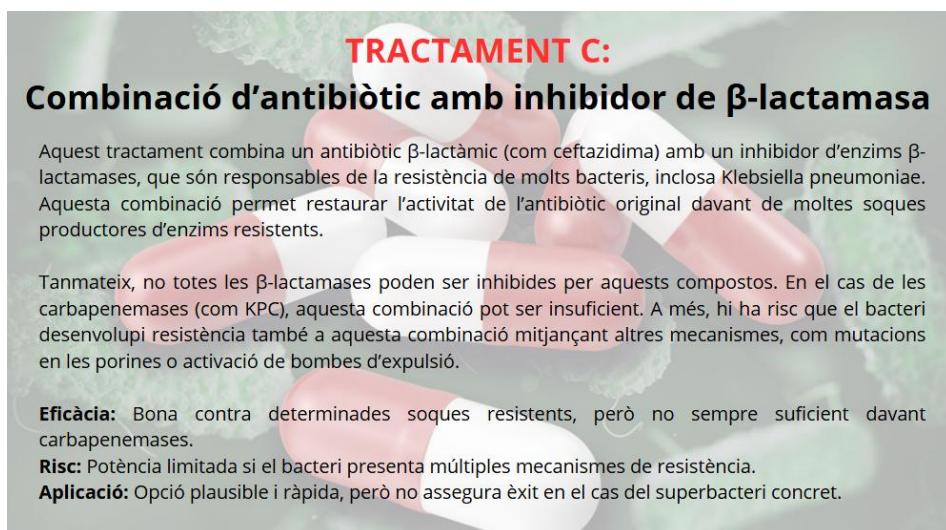
La seva aplicació pot ser adaptada a la soca bacteriana específica mitjançant l'aïllament i selecció de fags eficaços. Tot i això, el seu ús clínic encara es troba en fase de desenvolupament i validació en molts països, i pot requerir un accés a col·leccions de fags o serveis especialitzats, cosa que limita el seu ús en contextos urgents.

Eficàcia: Molt alta contra la soca específica si es disposa del fag adequat.

Risc: Tractament encara experimental i amb disponibilitat limitada segons el sistema sanitari.

Aplicació: Alternativa potent, especialment quan els antibiòtics convencionals no són efectius.

Figura 29. Explicació i informació sobre el Tractament B: Fagoteràpia personalitzada.



TRACTAMENT C:

Combinació d'antibiòtic amb inhibidor de β -lactamasa

Aquest tractament combina un antibiòtic β -lactàmic (com ceftazidima) amb un inhibidor d'enzims β -lactamases, que són responsables de la resistència de molts bacteris, inclosa *Klebsiella pneumoniae*. Aquesta combinació permet restaurar l'activitat de l'antibiòtic original davant de moltes soques productores d'enzims resistents.

Tanmateix, no totes les β -lactamases poden ser inhibides per aquests compostos. En el cas de les carbapenemases (com KPC), aquesta combinació pot ser insuficient. A més, hi ha risc que el bacteri desenvolupi resistència també a aquesta combinació mitjançant altres mecanismes, com mutacions en les porines o activació de bombes d'expulsió.

Eficàcia: Bona contra determinades soques resistents, però no sempre suficient davant carbapenemases.

Risc: Potència limitada si el bacteri presenta múltiples mecanismes de resistència.

Aplicació: Opció plausible i ràpida, però no assegura èxit en el cas del superbacteri concret.

Figura 30. Explicació i informació sobre el Tractament C: Combinació d'antibiòtic amb inhibidor de β -lactamasa.

ANNEX 17. Pressupost detallat de l'Escape room

Taula 2. Pressupost detallat de tot el material emprat per fer l'Escape room.

Material	Quantitat	Preu estimatiu	Subtotal
Carnets científics (impresos a color)	22	0,70€	14,00 €
Targetes casos clínics (impresos a color)	10x4	0,50€	20,00€
Cartolines per classificació casos clínics	4	0,40€	1,60€
Full amb missatge secret-codificador colors	4	0,30€	1,20€
Safates vermelles plàstic (filtre vermell)	2	2,50€	5,00€
Full instruccions ús safata (imprès)	2	0,30€	0,60€
Paquet d'adhesius blancs per escriure	1 (12)	1,10€	1,10€
Notícies falses (impreses a color)	4	0,40€	1,60€
Targetes d'errors i pista darrere	4x4	0,50€	8,00€
Cartells "Àrea en quarantena" (imprès color)	2	0,30€	0,60€
Bolígrafs tinta invisible amb llum UV	4	3,00€	12,00€
Fulls en blanc per escriure tinta UV	10	0,30€	3,00€
Sobres (mida carta)	4	0,10€	0,40€
Pendrives (USB)	4	4,00€	16,00€
Ordinadors (aportats pels alumnes)	4	-	-
Plaques de petri	8	0,80€	6,40€
Antibiogrames simulats (imprès color)	8	0,40€	3,20€
Caixes per guardar material proves	4	1,50€	6,00€
Cadenats amb codi (numèrics)	4	4,00€	16,00€
Targetes informació seqüència ADN	4	0,50€	2,00€
Goma EVA (4 colors)	4	0,60€	3,00€
Taules codi genètic universal	4	0,20€	0,80€
Proteïna física (models atòmics)	1 kit	10,00€	10,00€
Targetes espècies bacterianes	3x4	0,60€	7,20€
Fitxa resultats proves laboratori (per bacteri)	3x4	0,60€	7,20€
Fitxa resultats proves bioquímiques pacient	1x4	0,40€	1,60€
Full amb codi QR informació tractaments	1	0,20€	0,20€

PREU TOTAL: 148,3€

ANNEX 18. Qüestionaris TFM

Taula 3. Informació sobre les preguntes del qüestionari a docents per obtenir una retroalimentació de l'*Escape room*.

PREGUNTA	Tipus de pregunta	Informació que s'obté
Què t'ha semblat la proposta de realitzar un <i>Escape room</i> educatiu?	Pregunta oberta	Valoració general i grau d'acceptació de la metodologia, a més de les percepcions sobre la utilitat pedagògica.
L' <i>Escape room</i> sobre resistència als antibiòtics s'adapta als sabers de 4t d'ESO?		Coherència curricular de la proposta i com els docents perceben l'alineació dels continguts tractats amb el nivell educatiu.
Què en penses de la temporització de l'activitat? Et sembla adequat per fer-ho en una sessió?		Viabilitat temporal de l'activitat. Obtenir opinions sobre la gestió del temps, l'adaptació a l'horari escolar, entre altres aspectes.
Com valores la dificultat de les proves?		Identificar si el nivell és adequat a l'alumnat o caldria ajustar-ho millor. Percepció de la complexitat.
Faries servir aquest <i>Escape room</i> amb els teus alumnes? Si es que sí, per què implementaries aquesta activitat?		Disposició real del docent per aplicar aquesta proposta i conèixer els motius pedagògics pels quals ho consideraria d'utilitat.

Taula 4. Informació sobre les preguntes del qüestionari de coneixements previ i posterior a l'Escape room.

Pregunta	Tipus de pregunta	Informació que s'obté
Com descriuries què és un antibiòtic amb les teves paraules?	Pregunta oberta	Coneixement sobre la definició / concepte antibiòtics
Quin d'aquests microorganismes creus que pot desenvolupar resistència als antibiòtics?	Pregunta d'elecció múltiple	Comprensió dels microorganismes sobre als quals actuen els antibiòtics
Què creus que significa que un microorganisme desenvolupi resistència als antibiòtics?	Pregunta d'opció múltiple amb única resposta	Coneixement sobre mecanismes de resistència
Com creus que es pot generar resistència als antibiòtics?	Pregunta d'opció múltiple amb única resposta	Factors que contribueixen a la resistència
Si un microorganisme es torna resistent a tots els antibiòtics, què pot passar?	Pregunta d'opció múltiple amb única resposta	Impacte de la resistència sobre la salut
Podries dir a quina prova creus que fa referència la imatge següent? (imatge d'un antibiograma)	Pregunta d'opció múltiple amb única resposta	Coneixement sobre antibiogrames
En què creus que podria consistir aquesta prova?	Pregunta d'opció múltiple amb única resposta	Coneixement sobre antibiogrames
Sabries interpretar el resultat d'aquesta prova?	Pregunta dicotòmica	Coneixement sobre com interpretar els antibiogrames
Quines mesures podrien ajudar a reduir la resistència als antibiòtics?	Pregunta d'elecció múltiple	Coneixement sobre pràctiques adequades
Quin paper penses que tenen els hospitals en el control de la resistència als antibiòtics?	Pregunta d'opció múltiple amb única resposta	Importància del control hospitalari

Taula 5. Informació sobre les preguntes del qüestionari d'experiència i percepció previ a l'*Escape room*.

Pregunta	Tipus de pregunta	Informació que s'obté
Sexe	Pregunta demogràfica	Dades demogràfiques
Quin nivell estàs cursant?	Pregunta demogràfica	Nivell educatiu
Has fet un Escape room alguna vegada?	Pregunta dicotòmica	Experiència prèvia amb Escape rooms general
I un Escape room educatiu?	Pregunta dicotòmica	Experiència prèvia amb Escape rooms educatius
Creus que un Escape room educatiu et pot ajudar a assimilar i estructurar els continguts treballats a classe?	Pregunta dicotòmica	Expectatives sobre l'aprenentatge
Consideres que un Escape room et pot ajudar a aprendre millor i aplicar els conceptes treballats que una classe només teòrica?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Comparació amb altres metodologies
Com valores el teu nivell de coneixement sobre la resistència als antibiòtics abans de fer l'Escape Room?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Autopercepció del coneixement previ
Quines competències creus que et pot aportar un Escape room, a part dels continguts temàtics?	Pregunta d'elecció múltiple	Percepció de beneficis que els hi aporta
Penses que un Escape room podria ajudar a promoure la teva motivació i interès en el tema tractat a classe?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Percepció de beneficis que els hi aporta

Taula 6. Informació sobre les preguntes del qüestionari d'experiència i percepció posterior a l'Escape room.

Pregunta	Tipus de pregunta	Informació que s'obté
Creus que l'Escape room educatiu t'ha ajudat a assimilar i estructurar els continguts treballats a classe sobre la resistència als antibiòtics?	Pregunta dicotòmica	Autoavaluació de l'aprenentatge
Consideres que l'Escape room t'ha ajudat a aprendre millor i aplicar els conceptes treballats que una classe teòrica?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Comparació amb altres metodologies
Com valores el teu nivell de coneixement després de l'Escape room?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Autopercepció del coneixement adquirit
Què competències creus que t'ha aportat l'Escape room apart de treballar els continguts temàtics concrets?	Pregunta d'elecció múltiple	Percepció dels beneficis que els hi aporta
Penses que l'Escape room ha ajudat a promoure la teva motivació i interès en el tema que hem tractat?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Percepció dels beneficis que els hi aporta
Quin grau de dificultat consideres que tenia l'Escape room?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Percepció de la dificultat
Quina prova t'ha semblat més interessant o divertida?	Pregunta d'elecció múltiple	Identificació de les proves més atractives
Com consideres que ha sigut el treball en equip durant l'Escape room?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Autoavaluació del treball
Has gaudit de l'experiència?	Pregunta dicotòmica, amb escala valorativa addicional	Grau de satisfacció general
Com t'has sentit exactament durant l'experiència?	Pregunta oberta	Emocions i reflexions personals
Tornaries a fer una activitat com aquesta en un futur?	Pregunta d'opció múltiple amb una única resposta	Interès per activitats similars
Creus que aquest Escape room es podria millorar? Com?	Pregunta oberta	Suggeriments per a la millora

ANNEX 19. Respostes del qüestionari realitzat a docents

Taula 7. Respostes detallades dels tres docents al qüestionari sobre la valoració de l'*Escape room*.

PREGUNTA	DOCENT 1	DOCENT 2	DOCENT 3
Què t'ha semblat la proposta de realitzar un <i>Escape room</i> educatiu?	Molt educativa i entusiasmant	És una proposta adient per tal de motivar l'alumnat ESO que, a partir de 2n/3r ESO, perd la motivació per la ciència i l'estudi en general.	Molt bona idea
L' <i>Escape room</i> sobre resistència als antibiòtics s'adapta als sabers de 4t d'ESO?	Sí	Segons el currículum, s'adapta a "Anàlisi dels diferents tipus de mecanismes de defensa de l'organisme davant d'agents patògens (barreres externes i sistema immunitari) i el seu paper en la prevenció i la superació de malalties infeccioses" en l'apartat de Salut i malaltia.	Sí
Què en penses de la temporització de l'activitat? Et sembla adequat per fer-ho en una sessió?	És la gràcia de l'Escape Room, el temps limitant ajuda a accelerar la ment.	Penso que s'adapta bé a una sessió.	Si, va estar molt calculat el temps
Com valores la dificultat de les proves?	Acceptable	Mitjana. Alguns alumnes poden necessitar d'ajuda en algun moment.	Adequades al nivell
Faries servir aquest <i>Escape room</i> amb els teus alumnes? Si es que sí, per què implementaries aquesta activitat?	Sí, perquè és una activitat interactiva on desenvolupen diferents competències importants	Sí. S'adapta bé a les necessitats de motivació de l'alumnat i promou la gestió autònoma per part de l'alumnat, d'una forma més autoavaluativa.	Si, perquè és una manera diferent i divertida d'apropar a l'alumnat als coneixements científics (en aquest cas)

ANNEX 20. Resultats comparativa abans i després de coneixements

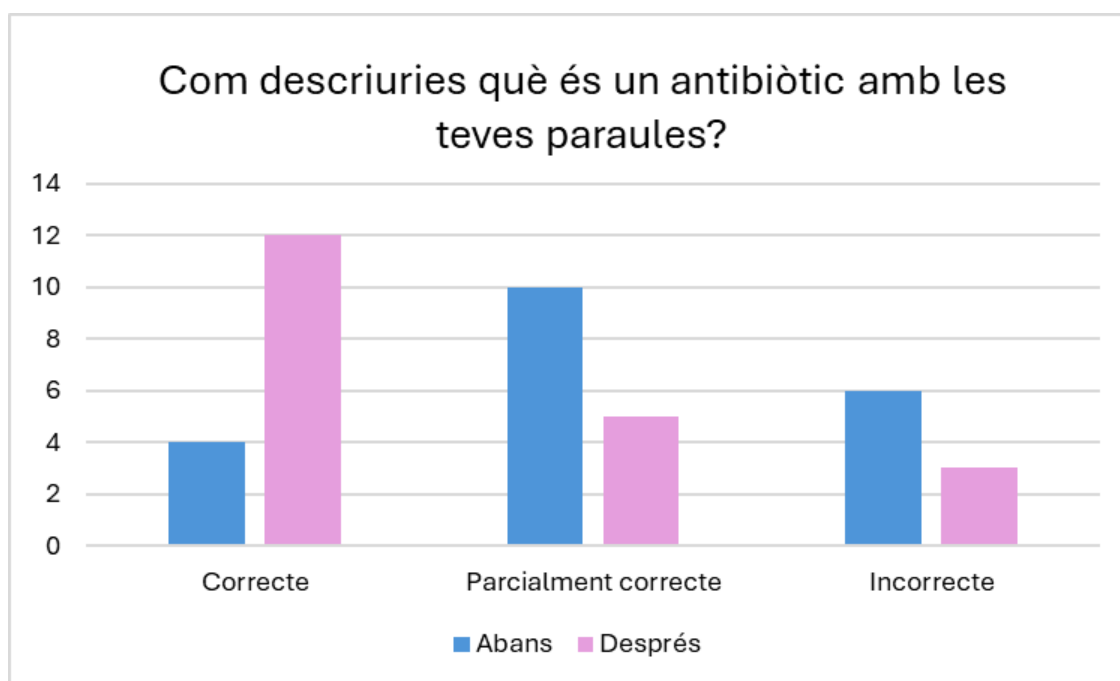


Figura 31. Resultats a la pregunta 1 «Com descriuries què és un antibiòtic amb les teves paraules?». Les respostes són categoritzades com: correcte, parcialment correcte o incorrecte, en funció de diferents aspectes. Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'Escape room.

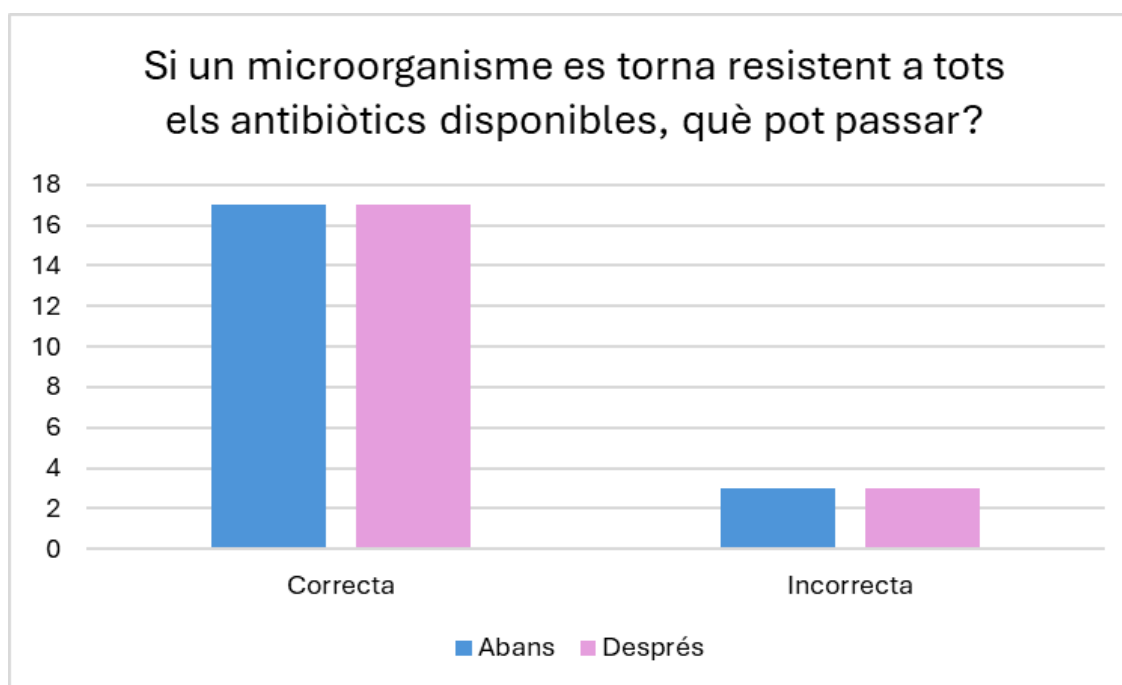


Figura 32. Resultats a la pregunta 5 «Si un microorganisme es torna resistent a tots els antibiòtics disponibles, què pot passar?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'Escape room.

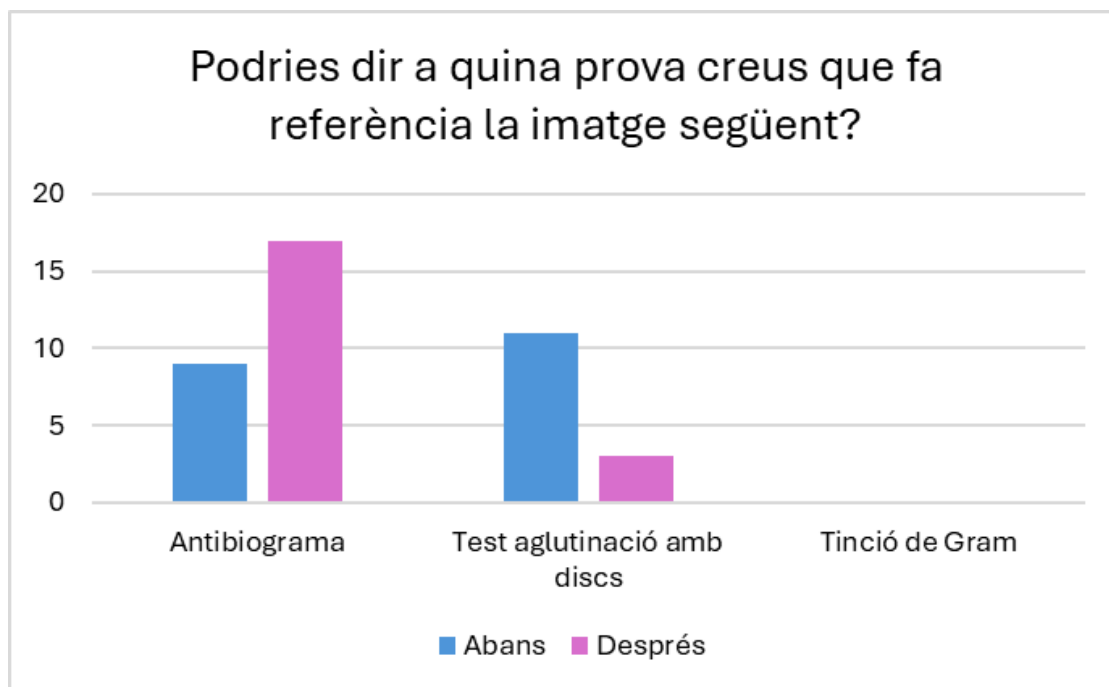


Figura 33. Resultats a la pregunta 6 «Podries dir a quina prova creus que fa referència la imatge següent?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'*Escape room*.

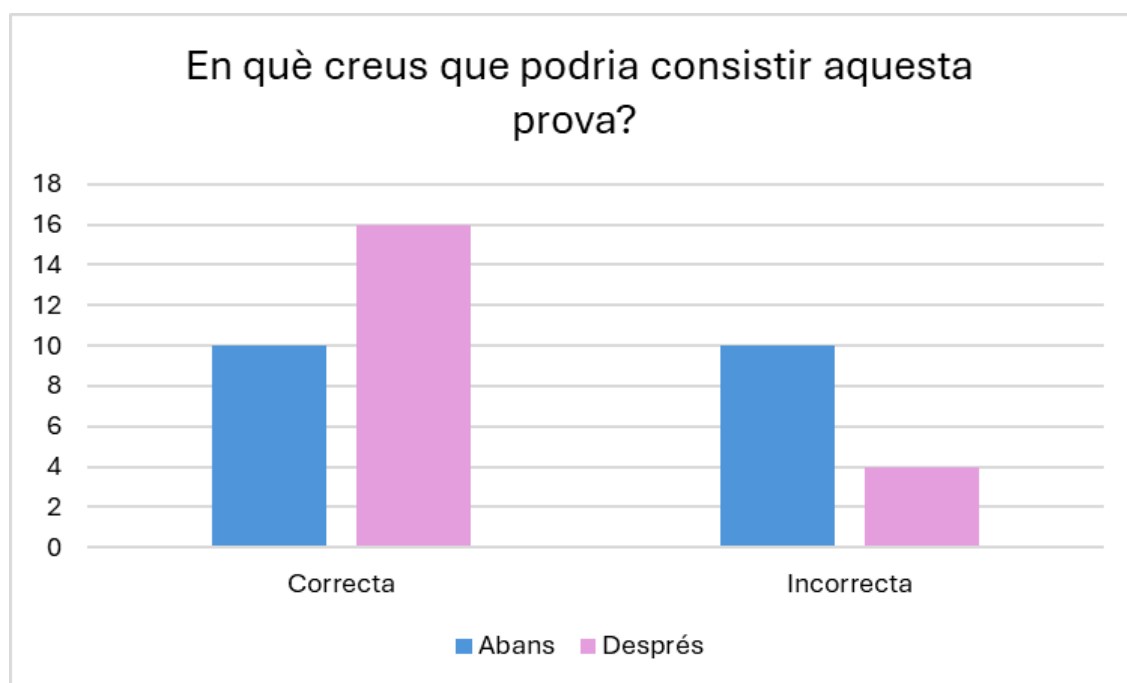


Figura 34. Resultats a la pregunta 7 «En què creus que podria consistir aquesta prova?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'*Escape room*.

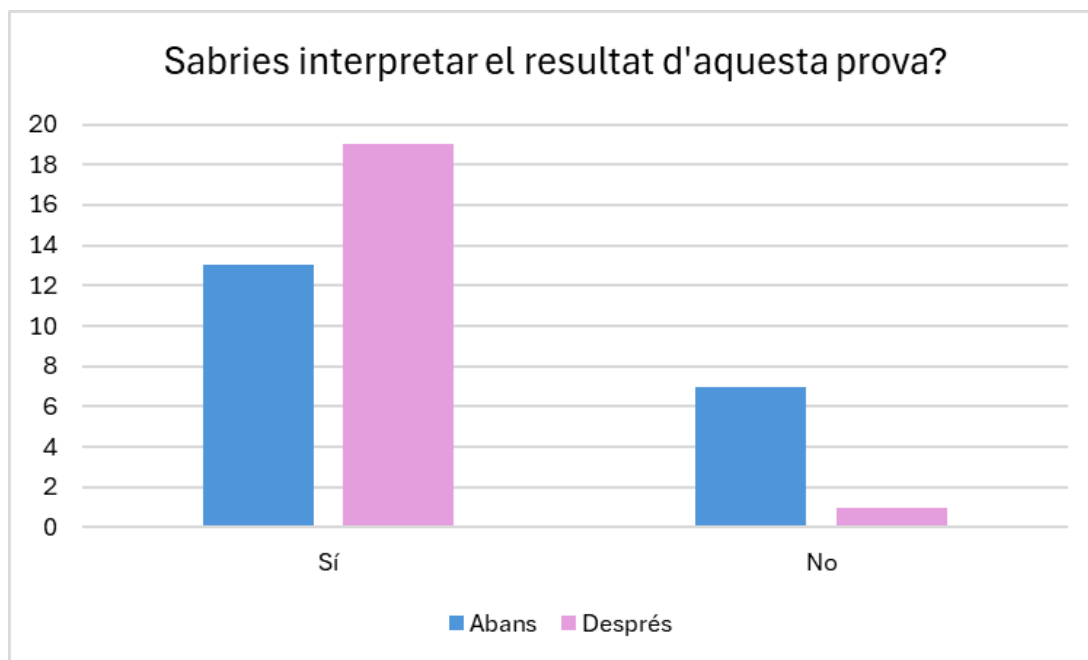


Figura 35. Resultats a la pregunta 8 «Sabries interpretar el resultat d'aquesta prova?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'Escape room.

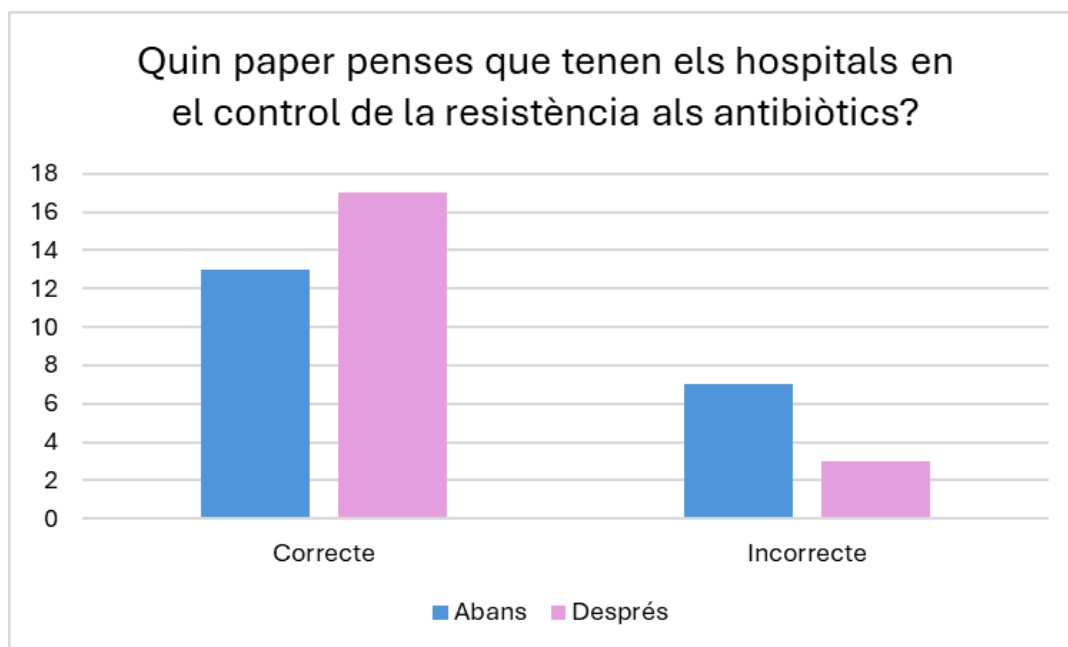


Figura 36. Resultats a la pregunta 10 «Quin paper penses que tenen els hospitals en el control de la resistència als antibiòtics?». Els resultats provenen del qüestionari previ (barres blaves) i del posterior (barres roses) a l'Escape room.

ANNEX 21. Resultats abans i després de l'experiència de l'Escape room

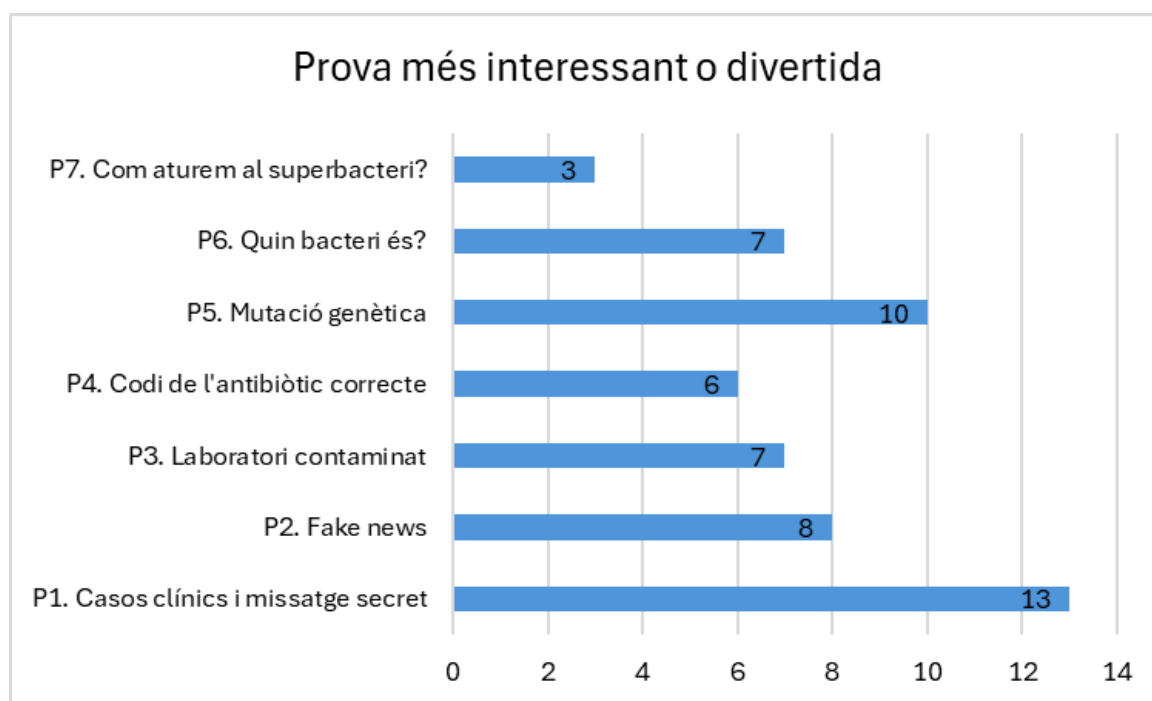


Figura 37. Resultats a la pregunta 10 «Quina prova t'ha semblat més interessant o divertida?». Els resultats provenen del qüestionari posterior sobre l'experiència de l'Escape room.

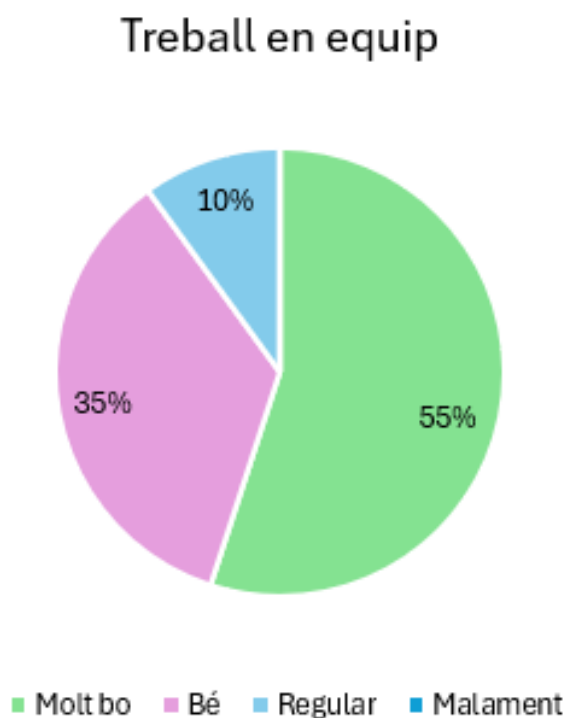


Figura 38. Resultats a la pregunta «Com consideres que ha sigut el treball en equip durant l'Escape room?». Els resultats provenen del qüestionari posterior sobre l'experiència de l'Escape room.

Taula 8. Resultats a les preguntes sobre valoració de l'Escape room, corresponent al qüestionari posterior a l'experiència.

PREGUNTA	VALORACIÓ			
Has gaudit de l'experiència?	Sí		No	
	100%		0%	
Valora l'experiència de l'Escape room en una escala de l'1 al 4, sent el 4 la major puntuació.	1	2	3	4
	0%	0%	40%	60%

Repetir l'experiència d'un Escape room educatiu

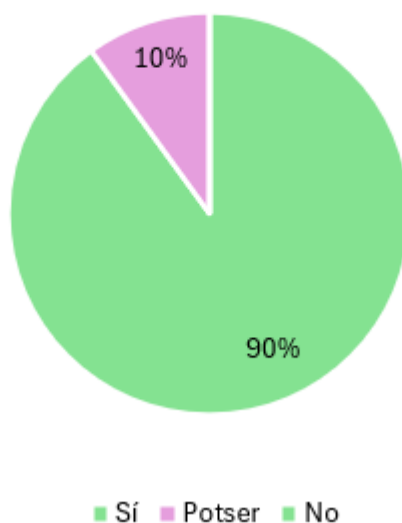


Figura 39. Resultats a la pregunta «Tornaries a fer una activitat com aquesta en un futur?». Els resultats provenen del qüestionari posterior sobre l'experiència de l'Escape room.