

PROJECTE NATURA



2024
-
2025

L'ADN: el codi invisible que et delata

RESUM DEL PROJECTE

Es tracta d'un projecte tipus Aprenentatge Servei (ApS) impulsat per la Universitat de València, amb l'objectiu principal d'aplicar metodologies actives d'aprenentatge i fomentar la col·laboració entre diferents nivells educatius. En aquest projecte, els alumnes de 4t d'ESO es formen en conceptes de genètica forense com l'ADN, els polimorfismes i les tècniques d'identificació genètica, per tal de crear activitats educatives destinades a l'alumnat de Primària.

PROJECTE NATURA

L'ADN: EL CODI INVISIBLE QUE ET DELATA

2. OBJECTIUS

2.1 TEMA EN QUÈ S'ENMARCA EL PROJECTE:

Aquest projecte s'emmarca dins del camp de la genètica aplicada, una branca de les ciències naturals que estudia la transmissió de la informació biològica i la seua aplicació pràctica en àmbits com la medicina forense. L'activitat connecta coneixements teòrics amb situacions reals, fomentant així la comprensió de conceptes complexos com la variabilitat genètica, la identificació individual mitjançant l'ADN i l'ús de tècniques com l'electroforesi.

Bloc temàtic de primària: La variabilitat biològica

Bloc temàtic de secundària: L'ADN com a molècula portadora de la informació genètica, l'herència i la transmissió de caràcters i els grups sanguinis.

2.2 CONCEPTE A TRANSMETRE:

L'empremta genètica és una tècnica utilitzada per distingir individus d'una mateixa espècie a partir de mostres del seu ADN. Aquesta eina permet identificar a persones amb una alta precisió, ja que cada individu (excepte els bessos monozigòtics) posseeixen un perfil genètic únic ¹.

Tot i que la genètica pot semblar una disciplina complexa de la biologia, quan s'aplica a situacions reals es converteix en una eina fascinant, útil i educativa. En aquest projecte explorarem una de les seues aplicacions més sorprenents: la identificació de delinqüents i resolució de crims a través de l'empremta genètica ¹.

La idea principal és introduir els conceptes bàsics de la genètica forense a l'alumnat secundària mitjançant activitats pràctiques i explicacions sobre l'ADN, els polimorfismes i les tècniques d'identificació personal. En el cas de l'alumnat de primària l'objectiu es introduir conceptes bàsics sobre genètica: es treballarà què és l'ADN, quines són les seues propietats i com, a partir d'aquest, es pot generar una empremta genètica única per a cada individu.

Paraules clau: ADN, genètica forense, polimorfismes, electroforesi, grups sanguinis, , investigació criminal.

2.3 OBJECTIUS:

PRIMÀRIA:

Objectiu didàctics:

- Despertar l'interès per la genètica
- Comprendre de manera senzilla què és l'ADN i per què som diferents
- Afavorir la curiositat científica mitjançant activitats lúdiques i pràctiques

Objectiu científics:

- Aprendre l'estructura de l'ADN.
- Conèixer els mecanismes bàsics de l'herència
- Aprendre la importància del anàlisi de l'ADN per a identificar al culpable d'un delictes

SECUNDÀRIA:

Objectiu didàctics:

- Aplicar els coneixements de genètica a situacions reals mitjançant l'aprenentatge-servei (ApS)
- Que els alumnes siguin capaços de transmetre els seus coneixements a un públic no especialitzat
- Fomentar la creativitat de l'alumnat per a dissenyar activitats que, posteriorment, realitzaran els alumnes de primària

Objectiu científics:

- Interpretar resultats genètics simulats i extraure conclusions basades en evidències.
- Simular i interpretar tècniques de laboratori com la electroforesi i el Southern blot
- Valorar la importància de la variabilitat genètica dins d'una població

2.4. COMPETÈNCIES BÀSIQUES

Competència específica 1:

Resoldre problemes científics abordables en l'àmbit escolar a partir de treballs d'investigació de caràcter experimental².

Les experiències pràctiques dutes a terme en l'àmbit escolar que requereixen un treball experimental impliquen fer operacions destinades a descobrir, comprovar o demostrar fenòmens o principis científics determinats. És per això que darrere de cada disseny d'un experiment hi ha d'haver una finalitat que dirigeixi el treball de l'alumne cap a la comprensió de fenòmens o principis que es posen en manifest².

Estes experiències es convertixen en xicotets investigacions quan estan acompanyades d'un aprenentatge per descobrir l'objectiu del qual es ensenya ciència fent ciència².

Competència específica 2:

Analitzar situacions problemàtiques reals utilitzant la lògica científica i explorant les possibles conseqüències de les solucions proposades per a afrontar-les ².

Esta competència fa referència a l'anàlisi d'un problema o un cas real al qual és necessari donar una solució o adoptar decisions per a poder minimitzar-ne els efectes. Tot això des del punt de vista científic ².

Així implica mobilitzar coneixements per a qüestionar la situació, buscar i aprofundir en la informació, recopilar dades i opinions per a analitzar la situació, argumentar les idees i acceptar punts de vista diferents del propi, proposar una intervenció i comunicar les conclusions obtingudes ².

3. MATERIALS I METODOLOGIA

Materials:

Per al desenvolupament del projecte s'han emprat diversos recursos didàctics i experimentals que han facilitat tant la comprensió com la participació activa de l'alumnat:

4º ESO	Primaria
- Vídeo animat creat amb <i>Animaker</i> - Joc interactiu <i>Kahoot</i> - Presentació digital en <i>PowerPoint</i> - Fitxes d'activitats tipus “<i>Qui és qui?</i>” amb problemes d'herència mendeliana - Kits d'anàlisi sanguínia: Llanceta estèril, portaobjectes de vidre, antígens anti-A i anti-B. basses. Alcohol desinfectant i contenidor per a residus biològics - Materials per simular una electroforesi i dur a terme l'anàlisi de SNPs (polimorfismes de nucleòtid únic).	- Cartolines - Cartró - Llepolies - Pintura - Fruita - Aigua - Filtre - Sal - Detergent líquid - Alcohol fred - Gots transparents - Bosses hermètiques

Metodologia:

El projecte ha estat plantejat des d'un enfocament d'aprenentatge actiu i cooperatiu ³. El desenvolupament de les sessions ha seguit una estructura seqüencial:

1. **Contextualització del cas:** vídeo animat creat amb *Animaker* que representa un cas fictici de robatori i assassinat, amb intervenció de genetistes forenses.
2. **Activació de coneixements previs:** joc interactiu *Kahoot* per introduir conceptes bàsics de genètica.
3. **Explicació guiada:** Presentació digital en *PowerPoint* amb explicacions visuals sobre l'ADN, els polimorfismes genètics i les tècniques de detecció.
4. **Activitats pràctiques:** desenvolupament de jocs, simulacions i experiments relacionats amb la resolució d'un cas forense.

Lloc i/o requeriments d'espai:

Les activitats s'han desenvolupat a l'IES Vicent Andrés Estellés de Burjassot, concretament al laboratori de ciències del centre, ja que aquest espai compta amb les condicions idònies tant per al treball experimental com per al suport audiovisual. L'última sessió es va realitzar al col·legi San Juan de Ribera localitzat també en Burjassot.

4. DESCRIPCIÓ DETALLADA

Aquest projecte s'ha estructurat en tres sessions didàctiques amb l'alumnat de 4t d'ESO, que han servit per treballar els continguts científics, desenvolupar competències transversals i preparar materials educatius⁴. Cadascuna d'aquestes sessions ha tingut un objectiu concret: des de la contextualització del cas forense i l'explicació teòrica dels conceptes clau, fins a la realització d'activitats pràctiques que simulen tècniques reals de laboratori com la determinació del grup sanguini o l'anàlisi de perfils genètics. Per finalitzar, s'ha realitzat una última sessió als alumnes d'educació primària que ha permès posar en pràctica els coneixements adquirits en un context d'aprenentatge-servei (ApS) afavorint la transferència del saber, la comunicació científica i la interacció entre etapes educatives.

Sessió 1: Introducció i fonaments de la genètica forense

La primera sessió del projecte va començar amb la visualització d'un vídeo animat creat amb l'eina *Animaker*. Aquest vídeo presentava un cas fictici de robatori amb assassinat, on les proves forenses genètiques tenien un paper clau per identificar l'autor del crim. Aquest mètode audiovisual va servir per introduir el rol del genetista forense dins d'un context realista, despertant l'interès per la ciència aplicada a la investigació criminal.

A continuació, es va realitzar una activitat interactiva mitjançant *Kahoot* que incloïa preguntes bàsiques sobre l'ADN, la seua funció i la transmissió genètica (Figura 1). L'objectiu era detectar les idees prèvies de l'alumnat, fomentar la participació activa i generar debat al voltant de les respostes.

Per concloure la sessió, es va oferir una explicació teòrica mitjançant una presentació interactiva elaborada en PowerPoint, que va permetre introduir els fonaments bàsics de la genètica forense (Figura 2). Es van abordar conceptes com l'estructura i les funcions de l'ADN, destacant el seu paper com a molècula que emmagatzema i transmet la informació hereditària. També es va parlar de la variabilitat genètica entre individus i de com aquesta diferència és clau per a la identificació personal. A continuació, es van introduir els tipus de marcadors genètics: els fenotípics, els bioquímics, els moleculars i els marcadors de llinatge. Finalment, es van explicar les tècniques més utilitzades en l'anàlisi forense, com la PCR, l'electroforesi i el Southern blot⁵. Aquesta exposició va preparar l'alumnat per afrontar amb fonament les activitats pràctiques de les sessions posteriors.

Sessió 2: Marcadors fenotípics i bioquímics: resolució d'un cas criminal

En aquesta segona sessió l'alumnat va treballar amb dades genètiques simulades per resoldre un cas d'assassinat fictici mitjançant el raonament científic. Aquesta sessió estava centrada en l'anàlisi de marcadors fenotípics i bioquímics, integrant coneixements teòrics amb una aplicació pràctica gamificada.

- Joc "Qui és qui? Genètic" – Marcadors fenotípics

Els marcadors fenotípics, en el context de la genètica forense, són trets físics visibles com el color dels ulls, del cabell o la pigmentació de la pell, que poden inferir-se a partir de l'ADN d'una mostra biològica. Aquests marcadors ajuden a elaborar perfils biològics de sospitosos desconeguts ⁶.

Els alumnes es van convertir en autèntics detectives genètics per participar en un joc col·laboratiu basat en el clàssic “Qui és qui?”, adaptat a la genètica (Figura 3 i 4) . El cas fictici plantejat a través d'una narrativa immersiva descrivia un assassinat dins del centre. L'alumnat havia de resoldre una sèrie d'encreuaments genètics per deduir el fenotip del sospitós i, així, descartar personatges de la llista fins arribar a la persona culpable. Cada pista proposava un repte relacionat amb un tret heretat (color d'ulls, tipus de cabell, presència d'albinisme, grup sanguini, entre d'altres), que exigia aplicar correctament els coneixements d'herència mendeliana, dominància, codominància o herència lligada al sexe.

Una vegada completat cadascun d'aquests encreuaments, els alumnes havien de mostrar els seus resultats al professorat. Si les respostes eren correctes i justificades adequadament —incloent genotips i fenotips esperats—, rebien com a recompensa una pista extra. Aquestes pistes, com ara que “el sospitós no porta ulleres”, “no té barba” o “té cabell”, eren determinants per continuar descartant sospitosos entre els personatges disponibles.

Aquesta activitat va integrar raonament científic, lectura crítica d'evidències i treball cooperatiu, reforçant els continguts d'herència mendeliana de forma lúdica i participativa.

- Determinació del grup sanguini – Marcadors bioquímics

Abans d'iniciar aquesta part pràctica, es va impartir una breu classe magistral com a recordatori del sistema ABO, on es van repassar conceptes essencials com l'al·lelisme múltiple, la codominància i la transmissió hereditària dels grups sanguinis ⁷. Aquesta introducció teòrica va permetre assegurar que tot l'alumnat tinguera una base sòlida per afrontar l'activitat amb rigor.

Tot seguit, es va dur a terme una pràctica experimental centrada en l'estudi dels marcadors bioquímics, concretament el grup sanguini del sistema ABO. Mitjançant l'ús de antígens (anti-A i anti-B), l'alumnat va realitzar una punxada lleu controlada per obtenir una mostra de sang i, observant les aglutinacions provocades per les reaccions antígens-anticossos, va determinar el seu grup sanguini real. (Figura 4)

Aquesta pràctica va permetre a l'alumnat entendre el funcionament genètic del sistema ABO, basat en un cas d'al·lelisme múltiple; analitzar la codominància dels al·lels A i B, i, a més, va permetre comprendre la rellevància

forense d'aquest marcador bioquímic, ja que el grup sanguini pot esdevenir un element clau per a confirmar o descartar la participació d'un sospitós en un crim.

Sessió 3: Marcadors moleculars i simulació de tècniques forenses

La tercera sessió del projecte es va dedicar a l'estudi dels marcadors moleculars, que permeten identificar individus a partir de diferències en la seua seqüència d'ADN ⁸. L'activitat es va dissenyar com una simulació pràctica de tècniques forenses reals, adaptades al context educatiu, per tal de fer comprensibles procediments habituals en laboratoris de genètica criminalística.

L'alumnat va treballar amb seqüències d'ADN simulades, associades a diferents sospitosos. La primera part de l'activitat consistia a identificar les regions de tall de les enzimes de restricció i "fragmentar" l'ADN com si es tractara d'un procediment real de RFLP. Cada grup retallava manualment les seqüències i representava els fragments obtinguts sobre una cartolina imitant un gel d'electroforesi, col·locant tires de paper a diferents altures segons la mida dels fragments, com si s'hagueren separat per càrrega elèctrica (Figura 5)

A continuació, es va simular la tècnica de Southern blot. Els alumnes "transferien" els fragments retallats a una altra cartolina que simulava una membrana de nylon i col·locaven sobre ella sondes complementàries "marcades amb fluorescència" que es fixaven a regions específiques de l'ADN (Figura 6). Aquest procés ajudava a visualitzar com es detecten perfils genètics individuals en casos forenses reals. Posteriorment es van analitzar les seqüències de STR de cadascun dels sospitosos.

Un cop completada la simulació, es compararen els perfils genètics generats amb el que s'havia trobat a l'escena del crim. El perfil coincidia clarament amb el d'Alejandra Romero Sánchez (ex parella de la víctima), i l'alumnat, de manera unànime, va concloure que ella era la culpable. Tanmateix, en l'última part de la sessió, es va entregar als equips un informe judicial addicional, que exposava proves sòlides que demostraven que Alejandra no es trobava al lloc dels fets en el moment del crim. Entre aquestes proves s'inclouen imatges de càmeres de seguretat, declaracions jurades i comprovants de compra a Valladolid durant la franja horària del delict.

Aquesta contradicció aparent va generar sorpresa i debat entre l'alumnat, que es va veure obligat a revisar la seua hipòtesi inicial. Mitjançant la revisió de la fitxa de sospitosos, van descobrir un detall clau que havien passat per alt: Alejandra té una germana bessona anomenada Patricia. Aquest detall va portar els equips a una nova reflexió científica: si Alejandra i Patricia són germanes bessones monozigòtiques, vol dir que comparteixen el mateix ADN.

Aquest gir final del cas es va aprofitar per reforçar el concepte de que, encara que la genètica és una eina potent en la identificació forense, també té limitacions, especialment en casos de bessons idèntics. Així, l'alumnat va

poder entendre la importància d'integrar l'evidència genètica amb altres tipus de proves i de mantenir una actitud crítica davant les conclusions precipitades.

Sessió al col·legi d'educació primària

Aquesta sessió va estar dissenyada com una activitat lúdica i formativa per a 24 alumnes de primària ⁹, dividits en 6 grups de 4 participants cadascun. L'objectiu principal era acostar el món de la genètica d'una manera pràctica i adaptada, mitjançant proves i reptes que conduïren a l'alumnat a descobrir un misteriós culpable mitjançant la reconstrucció d'un perfil genètic.

Cada alumne rebia una targeta amb un codi genètic personalitzat, format per una petita seqüència d'ADN escrita en codons. Amb l'ajuda d'una guia de codificació, havien de traduir els seus codons en números, utilitzant una taula que assignava un valor a cada triplet. El número obtingut era clau per a identificar el seu paper dins del joc i desbloquejar la següent pista del perfil genètic del culpable.

- Activitat 1: Sopa de lletres genètica

Els alumnes havien de localitzar en una sopa de lletres paraules clau com ADN, herència, bases... L'objectiu d'aquesta activitat es familiaritzar-se amb el vocabulari científic ¹⁰.

- Activitat 2: Construcció d'una doble hèlix amb llepolies amb l'objectiu de comprendre l'estructura bàsica de l'ADN ¹⁰. (figura 8)
- Activitat 3: La fàbrica de fills:

Mitjançant una ruleta genètica, l'alumnat seleccionava de manera aleatòria diferents trets físics —com el color d'ulls, el tipus de cabell, la forma de les orelles, el to de pell o la presència de pigues— i determinava si aquests eren dominants o recessius segons els gens heretats dels “pares” (Figura 9). A partir dels resultats, havien de dibuixar el fill hipotètic, combinant els caràcters genètics de forma coherent, i posant en pràctica els coneixements sobre herència genètica de manera visual i creativa

- Activitat 4: Extracció d'ADN d'una fruita amb l'objectiu d'observar l'ADN d'una manera real i directa. Els alumnes seguien pas a pas un procés d'extracció amb fruita triturada, aigua amb sal i detergent, i alcohol fred per precipitar l'ADN visible. Aquesta activitat va sorprendre i entusiasmar l'alumnat, ja que podien veure l'ADN flotant al vas.
- Activitat 5: Identificació del culpable.

Amb tots els fragments del codi genètic recollits a les proves, cada grup reconstruïa un perfil genètic complet que comparaven amb els DNI inicials. Només un coincidia en tots els marcadors... i així descobrien qui era l'assassí genètic.

5. CONCLUSIONS

El projecte ha sigut una experiència enriquidora tant per a l'alumnat com per a l'equip docent, en la qual s'ha aconseguit vincular els continguts curriculars de la genètica amb la seua aplicació real en contextos forenses i socials. Els estudiants han entès que l'ADN és una eina fonamental per a la identificació de persones i la resolució de casos reals, però també han pres consciència de les seues limitacions. A més, han après a aplicar conceptes genètics com l'herència, la codominància, els SNPs o els grups sanguinis en situacions pràctiques i contextualitzades, fet que els ha permès descobrir que la ciència pot ser no només útil i rigorosa, sinó també divertida i estretament connectada amb el món real. Per part seua, l'equip docent valora molt positivament el projecte com una eina didàctica eficaç per a la consolidació de coneixements complexos mitjançant metodologies actives, dinàmiques i significatives.

6. VALORACIÓ DEL PROJECTE

Es tracta d'un projecte amb gran potencial educatiu que ha demostrat com la ciència, quan es viu en primera persona i es contextualitza, pot generar aprenentatges profunds, despertar vocacions i consolidar valors com el treball cooperatiu i la responsabilitat.

7. IMATGES DEL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE



Figura 1: activitat interactiva mitjançant *Kahoot*.



Figura 2: explicació teòrica per a introduir els fonaments bàsics de la genètica forense

¡Atención, jóvenes detectives genéticos! Ha ocurrido un asesinato en el IES Vicent Andrés Estellés de Valencia, y las pistas apuntan a un estudiante o profesor como el principal sospechoso.

La historia:

En la escena del crimen se han encontrado cabellos, huellas y otros rastros biológicos. Gracias a la investigación, los expertos en genética han determinado algunas características del responsable y de sus padres.

Sin embargo, los archivos con la información detallada del sospechoso han desaparecido misteriosamente. Algunos informes dicen que se quemaron en un pequeño incendio en el laboratorio de la policía, mientras que otros sugieren que alguien los hizo desaparecer de manera intencionada. ¡Esto significa que la única forma de resolver el caso es a través de las pruebas genéticas de los parientes!

¿Cómo jugar?

Cada caso presentará la información genética de los padres. Para poder resolverlo recibirán una **serie de pistas genéticas** que les ayudarán a encontrar al sospechoso. Deberán analizar la información, realizar cruces genéticos y descartar a los inocentes.

¿Podrán resolver el caso?

Normas:

- Tenéis que seguir el orden de las pistas, cada pista genética es crucial para resolver el caso, ¡así que no dejen ningún detalle al azar!
- Hay que realizar todos los cruces en el papel para justificar tu elección. (en todos los cruces tenéis que identificar el genotipo y el fenotipo)
- En algunos casos tenéis que mostrarme el cruce y, si está bien, yo os daré otra pista extra que os servirá para identificar al sospechoso.

Ahora que ya están listos para resolver el misterio, ¡es hora de ponerse a investigar! A continuación, encontrarán los genotipos de los padres del sospechoso.

Figura 3: Joc“Qui és qui?”, adaptat a la genètica

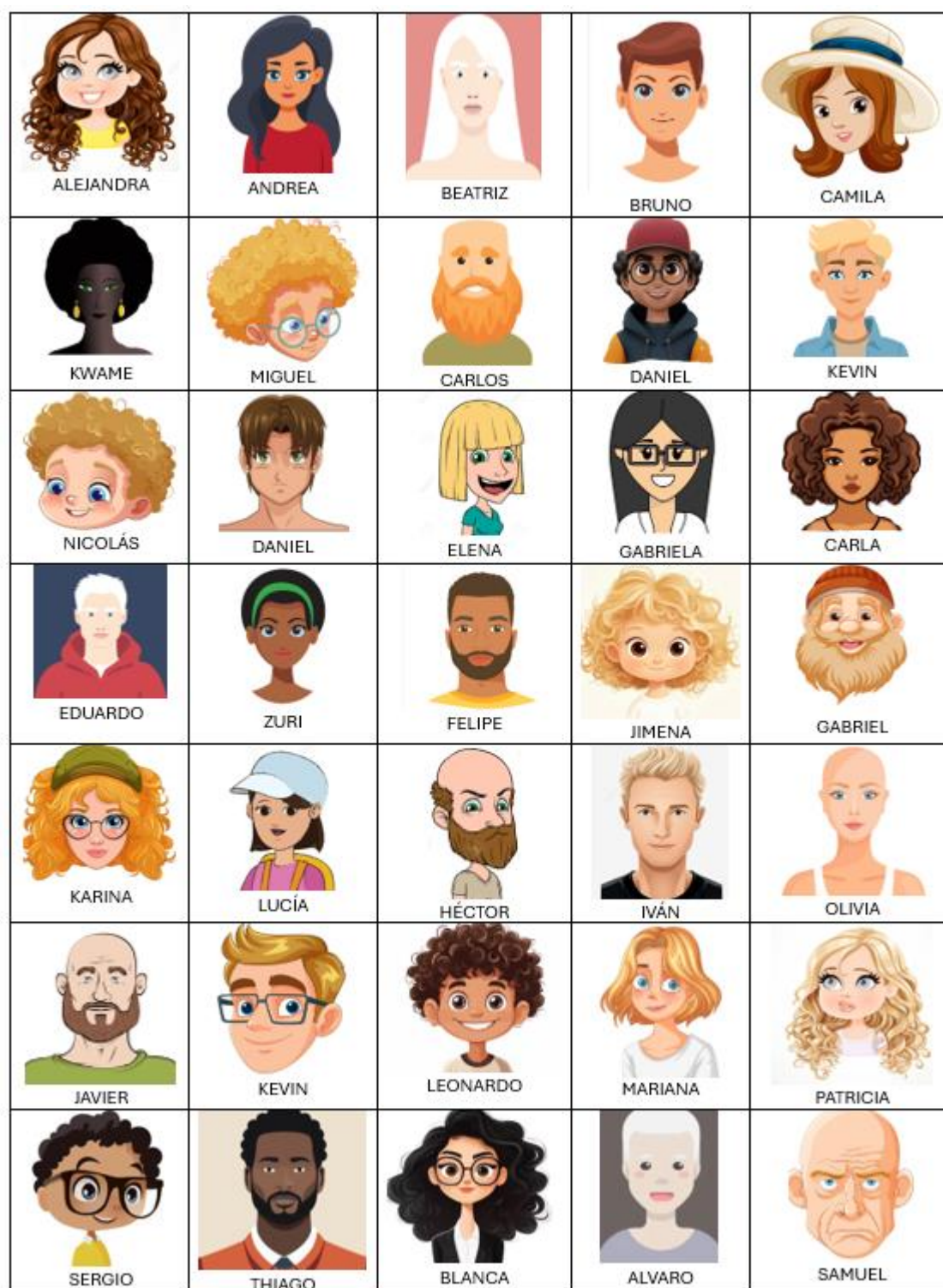


Figura 4: Sospitosos del joc “Qui és qui?”, adaptat a la genètica

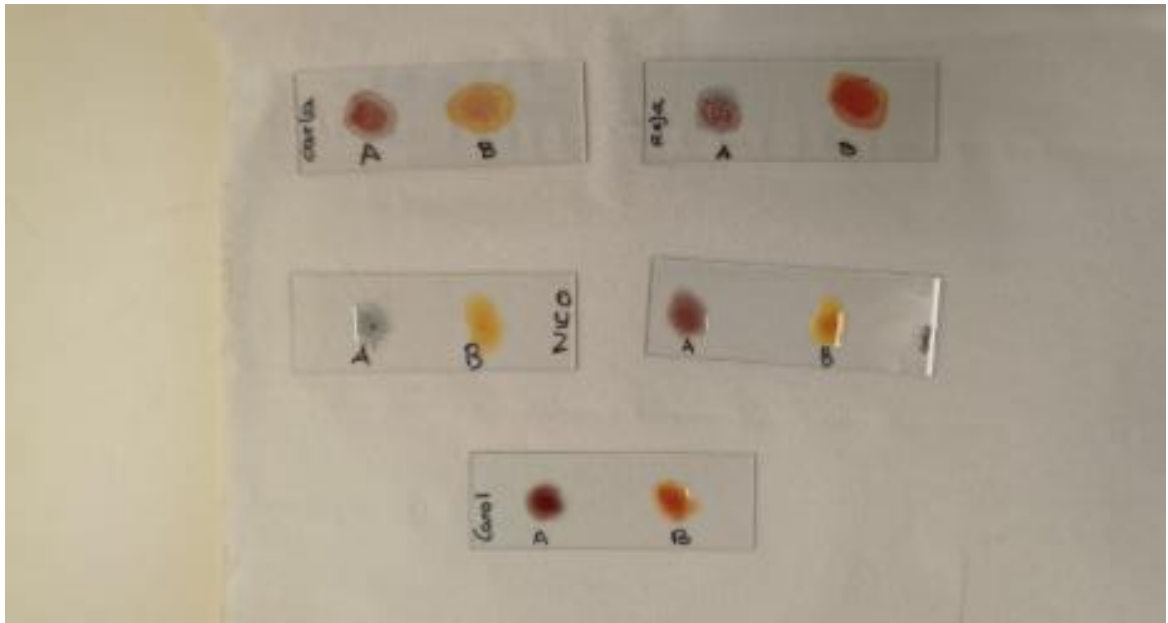


Figura 5: pràctica experimental centrada en l'estudi dels marcadors bioquímics

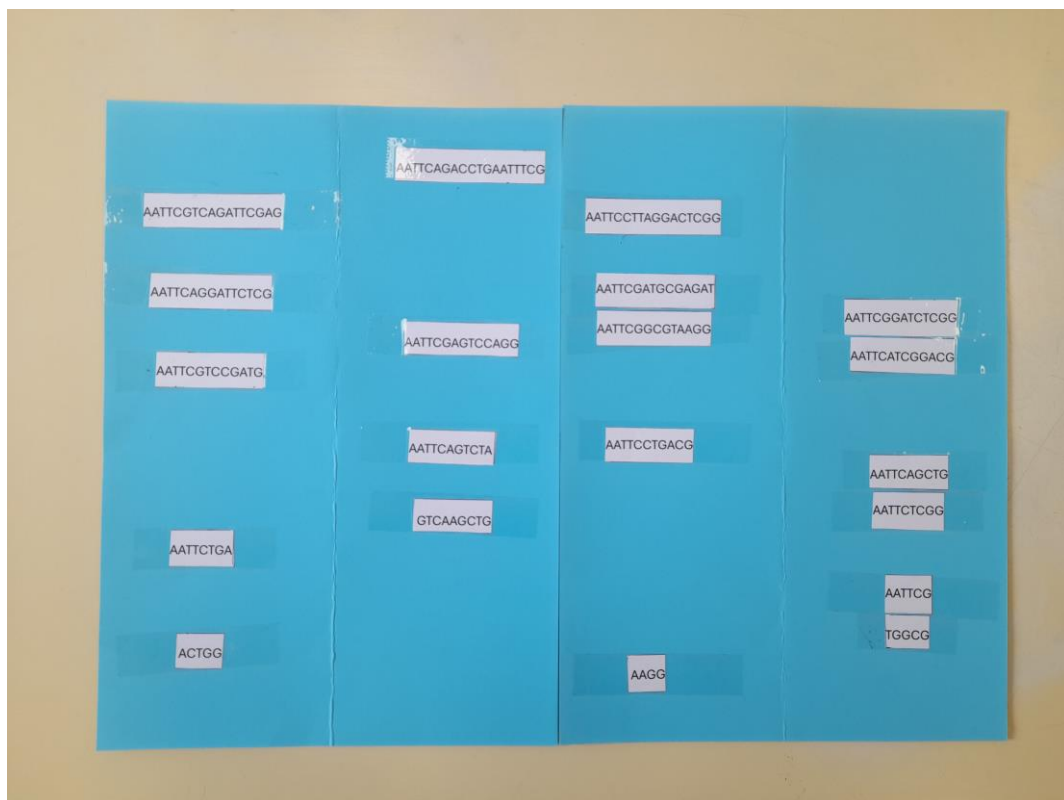


Figura 6: simulació d'una electroforesis

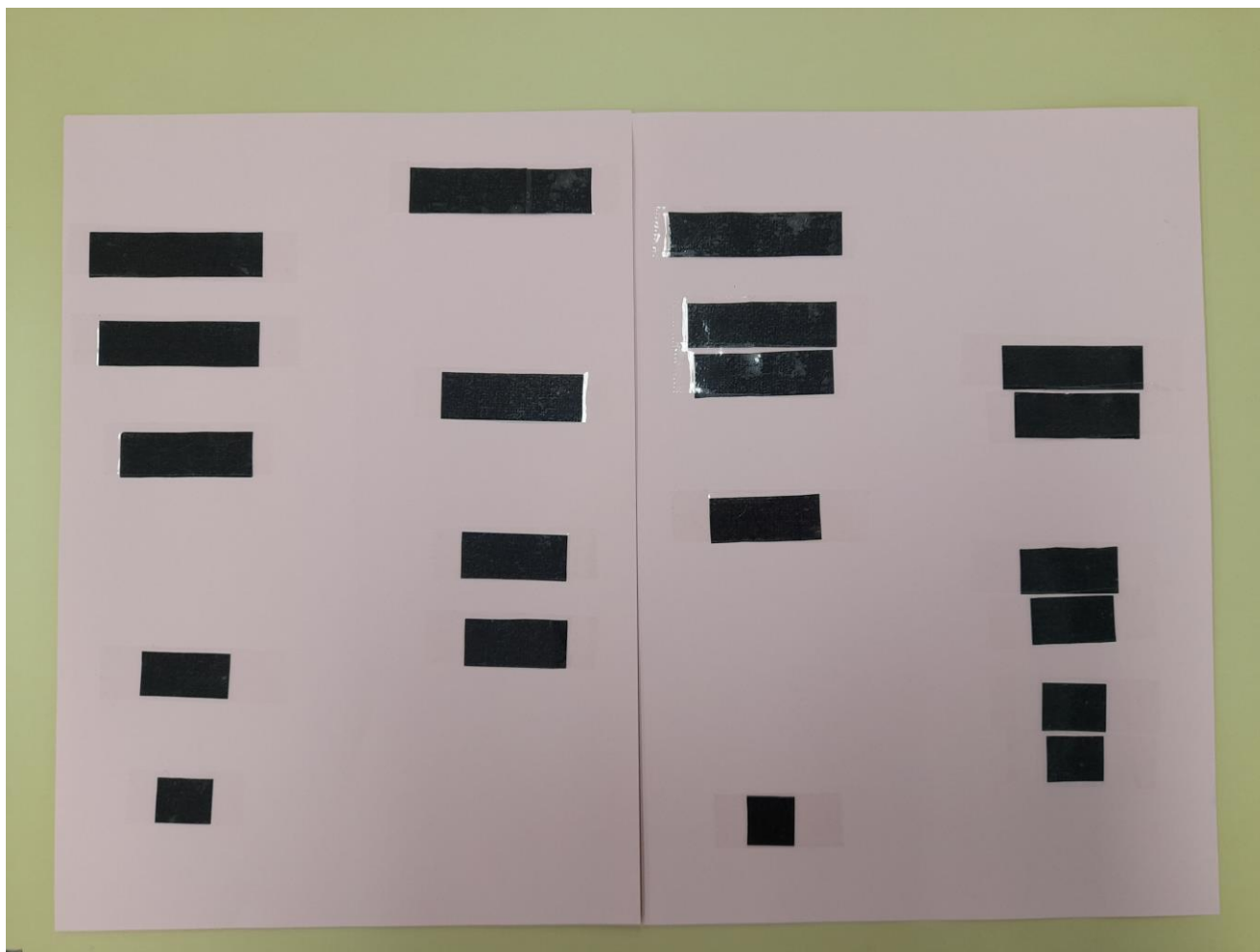


Figura 7: Simulació de la tècnica de Southern blot



Figura 8: ADN fet amb llepolies on cada “osito haribo” representava una base nitrogenada.

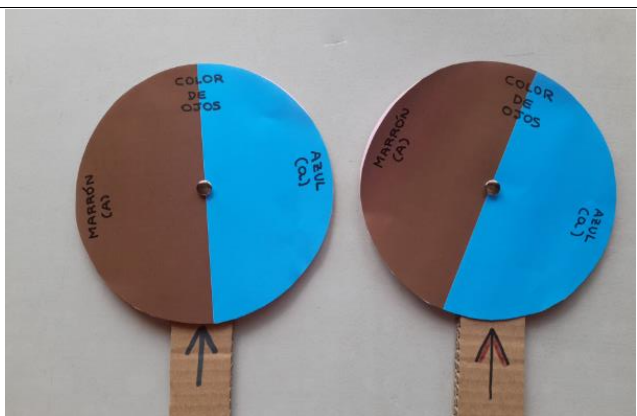
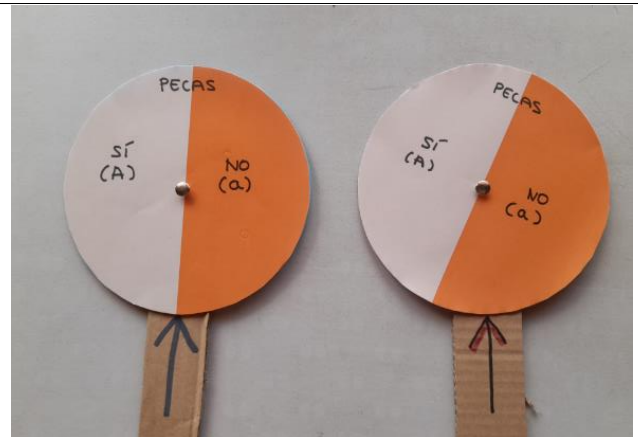
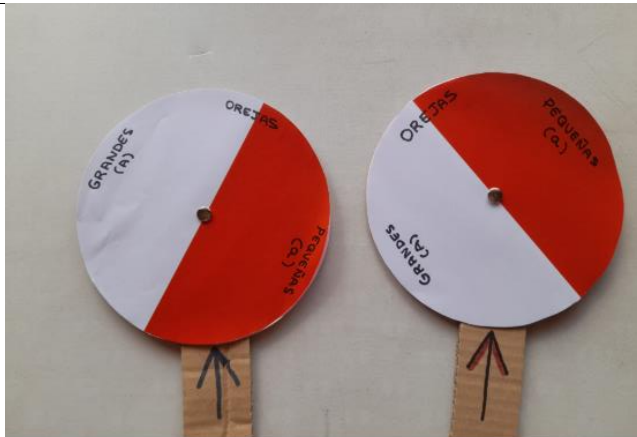
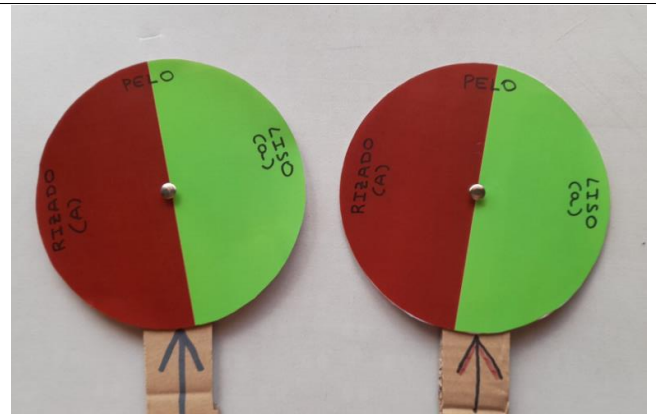
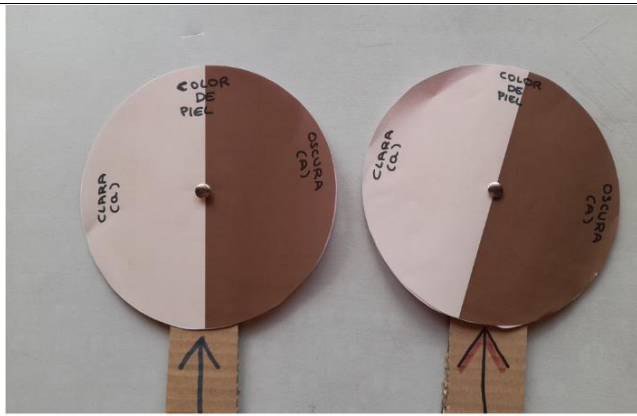


Figura 9: ruletes genètiques amb certes característiques per a dibuixar el fill hipotètic: cada fletxa representa si l'al·lel ve del pare o de la mare.

8. EXPOSICIÓ DE LES DIFICULTATS PER DESENVOLUPAR EL PROJECTE

Durant el desenvolupament del projecte s'han detectat diverses dificultats que han condicionat, en certa mesura, el ritme de treball i la dinàmica de les sessions.

Una de les principals limitacions ha estat el nombre reduït d'alumnes participants, ja que el grup estava format únicament per 6 estudiants de 4t d'ESO, fet que ha dificultat la divisió en subgrups, la preparació de materials col·laboratius i l'organització d'activitats que requereixen interacció constant. Malgrat aquesta limitació, s'ha intentat potenciar al màxim el treball en equip i repartir rols per garantir la participació activa de tots.

A més, cal destacar que cap dels alumnes tenia un interès previ en la ciència com a vocació futura, tot i estar cursant l'assignatura de Biologia. Això es va traduir en una motivació inicial baixa i una menor predisposició a implicar-se en activitats que requerien esforç cognitiu o treball autònom. En aquest sentit, va ser necessari aplicar estratègies de gamificació i fer ús del relat policial per estimular la curiositat i fomentar la participació progressiva.

Una altra dificultat va ser l'adaptació del nivell de continguts. Alguns conceptes com els polimorfismes genètics, la PCR o el Southern blot, tot i ser simplificats i presentats de manera visual, requerien un esforç extra de comprensió per part de l'alumnat. Això va exigir una major guia docent i suport constant durant les activitats pràctiques.

Finalment, pel que fa a la sessió amb l'alumnat de primària, tot i que el resultat final va ser molt positiu, es van observar algunes dificultats d'organització: calia mantenir un bon control del temps, adaptar el llenguatge, i garantir que tots els grups entengueren bé les instruccions i mantingueren l'atenció.

Tot i aquestes dificultats, el projecte es valora molt positivament, ja que va aconseguir els seus objectius didàctics i humans, i va transformar un grup amb poca motivació inicial en un equip implicat que va acabar sentint-se protagonista del seu propi aprenentatge.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Soler, R., & Puig, J. (2018). *L'empremta genètica: una eina per a l'ensenyament de la genètica forense*. *Revista de Ciències*, 32(1), 45–58.
2. Generalitat Valenciana. (2024). *Resolució de 19 de juny de 2024, de la Direcció General d'Ordenació Educativa i Política Lingüística, per la qual es publica el currículum de les matèries de l'educació secundària obligatòria i del batxillerat*. *Diari Oficial de la Generalitat Valenciana*, núm. 9855.
https://dogv.gva.es/datos/2024/06/26/pdf/2024_6134.pdf
3. Beltrán, J. A. (1996). *Estrategias de aprendizaje*. En J. Beltrán & C. Genovard (Coords.), *Psicología de la Instrucción I*. Madrid: Síntesis.
4. Folgueiras Bertomeu, P., Luna González, E., & Puig Latorre, G. (2014). *El Aprendizaje y servicio en educación secundaria*. *Revista Iberoamericana de Educación*, 64(2), 1–15. <https://doi.org/10.35362/rie642365>
5. Sense About Science, EuroForGen, & ISFG. (2019). *Interpretando la genética forense: ¿Qué puede revelar el ADN sobre un delito?* (Traducció al castellà).
6. Canales Serrano, A. (2020). *El fenotipat d'ADN com a potencial eina investigadora en el camp de la genètica forense: estat actual*. *Revista Española de Medicina Legal*, 46(4), 183.
7. Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM. (s. f.). *Alelos múltiples*. *Portal Académico del CCH*. Recuperat el 20 d'abril de 2025, de <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad3/ingenieriagenetica/herenciaNoMendeliana/alelosMultiples>
8. Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. (2016). *Forensic molecular biology*. En *Biotechnology* (Cap. 23, pp. 721–745).

9. Gallach Vela, M. J., & Catalán Catalán, J. P. (2014). *Aprenentatge Cooperatiu en Primària: Teoria, Pràctica i Activitats Concretades. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (28). <https://doi.org/10.7203/dces.28.3810>
10. Illana, J. C. *Biologia molecular i estructura de l'ADN. (Dades editorials incompletes — s'hauria d'afegir editorial i any si es disposa d'ells).*