



ESTUDO DUNHA ENFERMIDADE NEURODEXENERATIVA

Un proxecto para Formación Profesional

María Villar López
Sabela Fernández Vila
Paloma Blanco Anaya
Ana Quelle Regaldie
Juan Andrés Rubiolo Gaytán
Laura Sánchez Piñón

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Premio proxecto de innovación didáctica 2022 no ámbito da Formación Profesional en centros públicos dependentes da Consellería de Cultura, Educación, Formación Profesional e Universidades, Xunta de Galicia

Colaboran

Acuigen, Zebra Biores, Roda e Xunta de Galicia

© Universidade de Santiago de Compostela, 2023

Deseño e maquetación

Paula Cantero

origamiestudio.com

Edita

Edicións USC

Campus Vida – 15782 Santiago de Compostela

usc.gal/publicacions

DOI: <https://dx.doi.org/10.15304/9788419679581>



Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

Agradecementos

Alumnado CS Laboratorio Clínico e Biomédico
(CIFP Politécnico de Lugo)

Manuel Vázquez Rodríguez
(CIFP Politécnico de Lugo)

Grupo de Anatomía Patolóxica Veterinaria-GAPAVET
da Universidade de Santiago de Compostela

ÍNDICE

Introdución	5
Aprendizaxe baseada en proxectos na FP para promover as prácticas científicas e o pensamento crítico	8
Descrición do proxecto e das actividades	16
Consideracións para a implementación na aula.....	37
Referencias.....	39
Anexos	43

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

ABP DE CIENCIAS NA FP

ACTIVIDADES DO PROXECTO

IMPLEMENTACIÓN

REFERENCIAS

ANEXOS



A Formación Profesional (en adiante FP) é unha formación enfocada a preparar ao alumnado cara ao mundo laboral, o cal demanda profesionais cada vez mellor preparados nas competencias relacionadas coa produtividade, coa capacidade de comunicación interpersonal e coa resolución de problemas, competencias entre as que se inclúe (Partnership for 21st Century Learning, 2003). Para contribuír con ese propósito é necesario enfrontar ao alumnado a retos reais que lle permitan adquirir esas competencias.

É por isto que neste libro-guía preséntase un proxecto para achegar ao alumnado ao mundo real da investigación biomédica, para o que se lle propón un problema real, con impacto social, como é a investigación dunha enfermidade rara: a enfermidade de Niemann-Pick, que á vez é unha doenza neurodegenerativa, catalogada dentro das denominadas enfermi-

dades raras, as cales afectan no seu conxunto a unha porcentaxe significativa da sociedade (Seco Saucedo e Ruiz Callado, 2016). A enfermidade de Niemann-Pick provoca acumulación de lípidos nos lisosomas tardíos, o que desencadea unha sintomatoloxía que se pode clasificar en tres grandes bloques: visceral, neurolóxica e/ou psiquiátrica (López de Frutos, Romero-Imbroda, Rodríguez-Sureda e Giraldo, 2020). Ademais, presenta un patrón de herdanza autosómica recesivo, sendo o xene NPC1 o causante do 95% dos casos no tipo C1 desta enfermidade (Fraile et al., 2010), por iso que este proxecto centra a atención no estudo do tipo C1 desta enfermidade.

A secuencia de actividades está adaptada ao espazo e ás características do Ciclo Superior de Laboratorio Clínico e Biomédico e o Ciclo Superior de Anatomía Patolóxica e Citodiagnósti-

co, nos cales o laboratorio e a investigación científica son elementos contextualizadores para a formación que alí se ofrece. A realización deste proxecto terá lugar nun módulo común para ambos os ciclos, o módulo Bioloxía molecular e citoxenética que aborda contidos dos propostos nas diferentes actividades, dentro da súa programación didáctica, tal e como establecen os decretos:

- Decreto 77/2016, do 28 de abril, polo que se establece o currículo do ciclo formativo de grao superior correspondente ao título de técnico superior en Laboratorio Clínico e Biomédico.
- Real decreto 771/2014 de 12 de setembro, por el que se establece el título de Técnico Superior en Laboratorio Clínico y Biomédico y se fijan sus enseñanzas mínimas.



Con este proxecto preténdese involucrar ao alumnado nas prácticas científicas ao longo da investigación da enfermidade para, como fin último, testar tratamentos que permitan paliar algúns dos síntomas da enfermidade. Para iso, empregarase o peixe cebra (*Danio rerio*, figura 1) como organismo modelo, por ter unha homoloxía coa especie humana de ata un 85%. O uso deste organismo modelo implica que o alumnado:

1. Estude a herdanza e desenvolvemento da enfermidade no peixe cebra, para o cal terán que mutar o xene NPC1 empregando técnicas de enxeñería xenética e as estratexias propias do traballo científico.
2. Diseñe e execute autonomamente unha investigación de toxicidade aguda e eficacia de compostos, para o tratamento dun dos síntomas que presentan os afectados pola enfermidade de Niemann-Pick.



Figura 1. Exemplar adulto de peixe cebra



APRENDIZAXE BASEADA EN PROXECTOS NA FP PARA PROMOVER AS PRÁCTICAS CIENTÍFICAS E O PENSAMENTO CRÍTICO



INTRODUCCIÓN

ABP DE CIENCIAS NA FP

ACTIVIDADES DO PROXECTO

IMPLEMENTACIÓN

REFERENCIAS

ANEXOS



A Formación Profesional é un tipo de educación moi arraigada á adquisición de técnicas concretas e coñecementos moi específicos para unha profesión en concreto, pero se o que queremos é formar a profesionais que teñan autonomía para aprender, «débase ofrecer dende o centro educativo oportunidades para que o alumnado aprenda de xeito autónomo, unha destas estratexias didácticas é a aprendizaxe baseada en proxectos» (Parra, 2020, p. 8). O uso de metodoloxías activas é fundamental nun contexto educativo onde o alumnado necesita aprender de forma práctica e experiencial (Fernández Olivero e Simón Medina, 2020) resulta unha fonte de motivación, outorgar autonomía ao alumnado para decidir sobre o que e o como.

O traballo por proxectos ou aprendizaxe baseada en proxectos, non se trata dunha metodoloxía actual, pois Kilpatrick avanzou a necesidade dunha educación baseada nos

proxectos no ano 1918, inspirado por autores previos como Dewey, Decroly ou Freinet. Esta metodoloxía destaca por favorecer unha aprendizaxe competencial ao 1) partir dun problema contextualizado, 2) investigar para responder a preguntas ou retos que se desenvolven ao longo do proxecto, 3) dar a cada estudante a posibilidade de traballar autonomamente, 4) empregar ferramentas para traballar de forma interactiva e 5) rematar con algunha acción na contorna próxima aos estudantes, o papel do docente nesta metodoloxía é a de facilitador da aprendizaxe (Arias, Arias, Navaza e Rial, 2009; Sanmartí e Márquez, 2017). Este tipo de metodoloxía, enfocada ao desenvolvemento e á preparación do alumnado cara ao mundo laboral, permite que este en prol da súa integración laboral e o seu crecemento persoal.

No marco dunha aprendizaxe científica, este tipo de propostas están moi vencelladas a pro-

postas STEM, CTS ou a cuestións sociocientíficas. Como sinalan Sanmartí e Márquez (2017), neste ámbito os proxectos poden estar enfocados cara a aprender unas ideas científicas (obter un coñecemento) ou á creación dun produto novo nas que os coñecementos científicos son unha ferramenta máis. Esta segunda visión é a que se corresponde coa aprendizaxe baseada en proxectos, e que se corresponde coa proposta que aquí se presenta. Neste tipo de proxectos a aprendizaxe científica está supeditada á aplicación dos coñecementos científicos adquiridos, pero non de forma extensa, senón condicionada ao contexto que se vai traballar e ligados ao que se necesita para «resolver o problema». E aquí entra en xogo outra cuestión esencial da aprendizaxe científica ou STEM, a compoñente epistémica (Domènech Casal, 2019), isto é, como se constrúe o coñecemento científico tanto a nivel da comunidade científica como en cada individuo.



As prácticas epistémicas enténdense como un conxunto de procedementos específicos cos cales os membros dunha comunidade propoñen, xustifican, avalían e lexitiman coñecemento nun marco disciplinario (Kelly, 2008) e que nos permiten ensinar ciencias «facendo ciencias» (Hodson, 1993). Enténdese que as prácticas científicas no ámbito educativo gardan relacións de semellanza coas practicadas polos científicos, e máis se cabe no ámbito da formación profesional pois, segundo Osborne (2011), ese conxunto de prácticas científicas inclúe 1) propoñer preguntas e definir problemas, 2) desenvolver e empregar modelos, 3) planificar e levar a cabo investigación, 4) analizar e interpretar datos, 5) usar o pensamento matemático e computacional, 6) construír explicacións e deseñar na argumentación partindo da obtención, avaliación de probas e da comunicación da

información. Este autor engloba estas accións en tres grandes propósitos da construción do coñecemento científico que son: investigar (ou indagar), avaliar (ou argumentar) e desenvolver explicacións e solucións (ou modelar). Así,

as tres prácticas científicas constitúen as partes dun todo entendido como o procedemento científico que nos leva ao avance do coñecemento, polo que as tres destrezas están moi relacionadas entre si, como se amosa na figura 2.

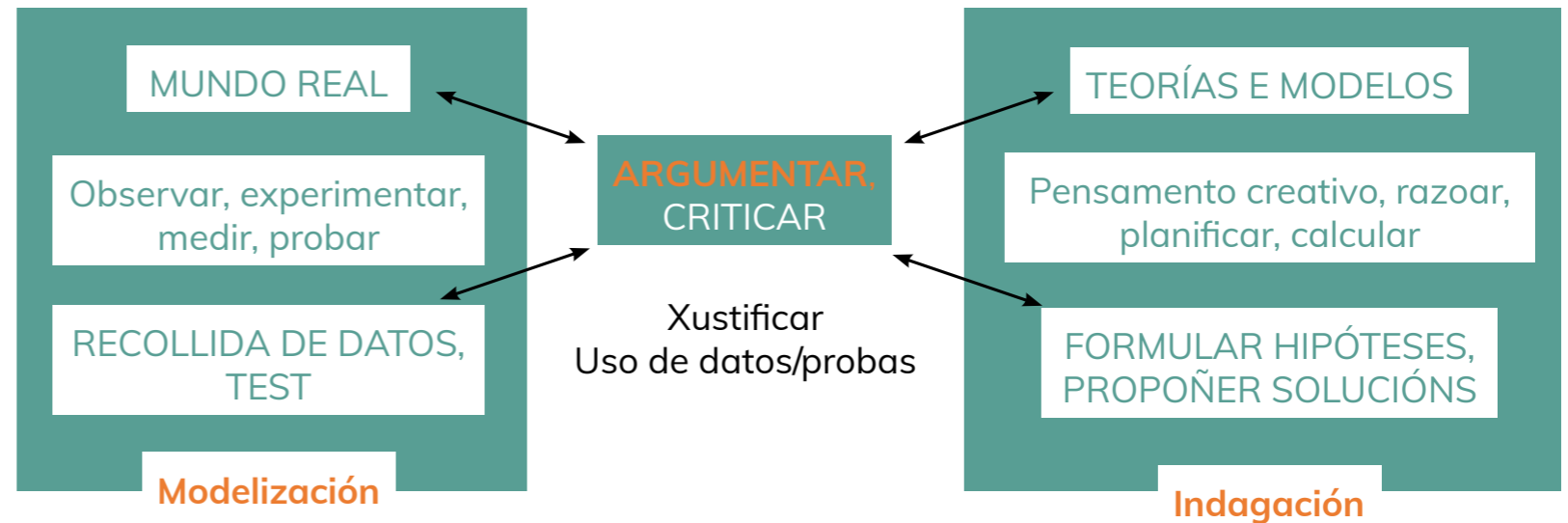


Figura 2. Relación entre as tres prácticas científicas. Adaptado de Osborne (2011)



Indagación. Enténdese coma unha transposición didáctica da investigación científica, sen que iso implique que o alumnado reproduza os descubrimentos da comunidade científica, pero si que os problemas propostos constitúan un novo interrogante para eles (Díaz de Bustamante e Jiménez Aleixandre, 1999). Indagar consiste na capacidade para planificar e realizar deseños experimentais co obxectivo de responder preguntas ou resolver problemas (Casmaño, 2012). Este autor (2005) propón varias modalidades de indagación en función do grao de apertura en canto á autonomía que permiten ao alumnado:

1. Experiencias que poden ser perceptivas ou interpretativas, cunha finalidade de explorar as ideas dos estudantes;
2. Experimentos ilustrativos, aportan evidencias experimentais;

3. Exercicios prácticos, para aprender habilidades prácticas e para corroborar a teoría;
4. Investigacións, para aprender a investigar e resolver problemas teóricos e/ou prácticos.

No caso da proposta que aquí se detalla, o alumnado ten que facer fronte a un problema aberto que consiste nunha investigación propiamente dita, pois apórtaselles o contexto pero é o alumnado quen debe aplicar o seu coñecemento sobre xenética e técnicas de enxeñería xenética para realizar a investigación. Nunha primeira parte da investigación, a creación dun organismo modelo que presente a enfermidade de Niemman-Pick, recibirá maior andamiaxe do profesorado, pero no estudo final, que

consiste en buscar un tratamento para algún dos síntomas da enfermidade, deberán ser capaces de levar a cabo o proceso de indagación autonomamente.

Modelización. O termo modelo emprégase para facer referencia ás representacións coas que explicamos e visualizamos os fenómenos científicos (Gilbert, Boulter e Elmer 2000), polo que a práctica de modelización abrangue o proceso polo que se constrúen, se revisan e se avalían os modelos (Justi, 2006) ou teorías científicas, o cal quere dicir, que a modelización permítenos crear explicacións científicas a partir das ideas ou modelos que posuímos. O proceso de modelización é cíclico no sentido de que é unha revisión constante desas ideas, pero pódese resumir dicindo que comprende 4 etapas: elaboración do modelo individual (ou mental), expresión do



modelo (oralmente, mediante unha maqueta ou un debuxo), comprobación de se o modelo nos permite explicar o fenómeno en cuestión e avaliación do modelo (limitacións que posúe) (Justi e Gilbert, 2002). Este proceso é inherente ao propio individuo, pero ao pedirlle ao alumnado que traballe en pequenos grupos forzamos que neste proceso teñan que interactuar os modelos de todas as persoas integrantes do grupo, de forma que na etapa de «expresión do modelo» conflúen diversas perspectivas que enriquecen o proceso e a revisión das ideas/teorías científicas do alumnado (Blanco-Anaya, Justi e Díaz de Bustamante, 2017).

Unha das vantaxes da modelización é que facilita a visualización de procesos e entidades *a priori* abstractas (Oliveira, Justi e Mendonça 2015), como é o caso da activi-

dade na que os estudantes teñen que re-crear a herdanza do xene NPC1 no organismo modelo para explicar a transmisión deste á descendencia.

Argumentación. Consiste na avaliación de enunciados atendendo ás probas e/ou teorías dispoñibles (Jiménez Aleixandre, 2010), entendendo como proba aquel dato empregado para xustificar se un enunciado é certo ou falso. Os datos que manexa o alumnado poden ser de dous tipos (Hug e McNeill, 2008): datos de primeira man, obtidos de forma empírica por eles mesmos, e os datos de segunda man, procedentes doutras fontes ou recollidos por outros individuos. No seo dun discurso argumentativo que pode establecerse nun diálogo entre estudantes, establécense liñas de razoamento ou argumentativas (Varela Caamiña, Blanco-Ana-

ya e Díaz de Bustamante, 2020) nas que se integran os datos dispoñibles para xustificar as conclusións ás que chegamos nunha investigación ou a pertinencia dun modelo científico para explicar un fenómeno. De aí que a argumentación teña un valor central no conxunto das tres prácticas científicas (Figura 1) por permitir avaliar o coñecemento construído, pois toda construción de coñecemento debe someterse a unha análise crítica.

A argumentación ten un papel esencial no desenvolvemento do proxecto, pois establécense debates sobre o uso do peixe cebra como organismo modelo, no cal o alumnado ten que empregar datos de segunda man para argumentar, pero tamén en varias etapas do proceso de indagación a argumentación cobra especial relevancia



ao ter que decidir como deseñar o experimento e xustificar as conclusións ás que se chega.

O pensamento crítico, entendido como un «xuízo útil, autorregulado, que dá como resultado a interpretación, análise, avaliación e inferencia,

así como a explicación de probas e de criterios conceptuais, metodolóxicos ou contextuais nos que se basea ese xuízo» (Facione, 1990, p. 2), garda relación co desenvolvemento do pensamento científico. Autores como Facione e Facione (1992) diferencian destrezas e actitudes englobadas dentro do pensamento crítico

(táboa 1), as cales coinciden con destrezas propiamente científicas, tales como a análise, a inferencia, o cuestionamento, a procura de probas, a argumentación entre outras. Non obstante, a consecución deste tipo de pensamento require de propostas educativas que o traballen explicitamente e intencionadamente.

Táboa 1. Definición das destrezas e disposicións do pensamento crítico (Adaptado de Facione, 1990; Facione et al., 1995)

DESTREZAS	Definición
Interpretación	Comprender e expresar o significado ou a importancia dunha variedade de experiencias, situacións, datos, eventos, crenzas, procedementos ou criterios.
Análise	Identificar as relacións, inferencias reais e previstas entre declaracións, preguntas, conceptos, descrições ou outras formas de representación destinadas a expresar crenzas, xuízos, experiencias, razóns, información ou opinións.
Inferencia	Avaliar a credibilidade de declaracións ou outras representacións que son descrições da percepción, experiencia, xuízo, crenzas ou opinións dunha persoa.



DESTREZAS	Definición
Avaliación	Identificar e asegurar os elementos precisos para extraer conclusións razoables; para formar conxecturas e hipóteses; considerar información relevante e deducir as consecuencias que proceden de datos, principios, probas, xuízos, crenzas, opinións, conceptos, descrições, preguntas ou outras formas de representación.
Explicación	Declarar os resultados do razoamento dun mesmo, para xustificar ese razoamento en termos das consideracións procedentes de probas, nas que se basean os resultados, e presentar o propio razoamento na forma de argumentos convincentes.
Autorregulación	Monitorizar conscientemente as propias actividades cognitivas, os elementos empregados nesas actividades e os resultados deducidos, particularmente mediante a aplicación de habilidades de análise e avaliación aos propios xuízos.
DISPOSICIÓN	Definición
Persoa que busca a verdade	Estar ansioso por buscar o mellor coñecemento nun contexto dado, ser valente para facer preguntas, honesto e obxectivo ao realizar a investigación, incluso se os feitos non apoian os intereses persoais ou as opinións preconcebidas dun.
Apertura de mente	Tolerante coas opinións diverxentes e sensible á posibilidade do seu propio nesgo.



DISPOSICIÓN	Definición
Analítico/a	Valorar a aplicación do razoamento e o uso da evidencia para resolver problemas.
Sistematicidade	Ser organizado, ordenado, centrado e dilixente na investigación.
Autoconfianza	Confianza na solidez dos propios xuízos razoados e na inclinación a guiar a outros na resolución racional de problemas.

Como práctica dialóxica, o pensamento crítico implica procesos de argumentación, pero tamén da modelización e indagación ao implicar a emisión dun xuízo razoado (Puig, Blanco Anaya e Bargiela, en prensa). Esta capacidade tornouse aínda máis relevante na era da posverdade, na cal ser unha persoa capaz de pensar criticamente permite cuestionar o mundo que nos rodea pero que debe de implicar tamén ser capaz de levar a cabo accións críticas (Puig et al., en prensa) vinculadas á participación cidadá ante

temáticas como o apoio ao financiamento para investigar enfermidades raras.



A high-speed photograph of a water splash against a dark, moody background. The water droplets are frozen in time, creating a crown-like shape. The lighting highlights the texture and movement of the water.

DESCRIPCIÓN DO PROXECTO E DAS ACTIVIDADES



INTRODUCCIÓN

ABP DE CIENCIAS NA FP

ACTIVIDADES DO PROXECTO

IMPLEMENTACIÓN

REFERENCIAS

ANEXOS



Na execución do proxecto, perseguiuse acompañar as actividades co ritmo de aprendizaxe do curso académico, por este motivo as actividades desenvolvéronse durante todo o curso escolar. Na táboa 2 recóllese a planificación das actividades que compoñen o proxecto coas sesións que foron necesarias para a súa implementación na aula, tendo en conta que as se-

sións se corresponden cunha hora de duración. Partimos de actividades máis guiadas en canto ao deseño e a posta en práctica da secuencia de indagación, para avanzar cara a outras onde o alumnado traballou de forma máis autónoma. Debe terse en conta que é o alumnado quen require a realización dunhas actividades ou outras en función do que considera neces-

rio investigar para comprobar a viabilidade do organismo modelo no estudo da enfermidade de Niemann-Pick.

Todas as actividades, excepto a valoración do pensamento crítico e o cuestionario de ideas previas foron realizadas de xeito grupal.

Táboa 2. Secuencia de actividades incluídas no proxecto.

Actividade	Obxectivo	Tarefas	Duración (nº horas)	Prácticas científicas
Cuestionario de ideas previas	— Recoller información sobre os coñecementos previos do alumnado.	—	1	—



Actividade	Obxectivo	Tarefas	Duración (nº horas)	Prácticas científicas
1. A enfermidade de Niemann-Pick e o peixe cebra	<ul style="list-style-type: none"> — Recoller información sobre a enfermidade a estudo. — Coñecer o peixe cebra como modelo biolóxico. 	1.1. Recollida de información sobre a enfermidade (elaboración dunha cartiña) 1.2. O peixe cebra como organismo modelo	4	Indagación Argumentación
2. Deseño e posta en práctica da secuencia de indagación para o estudo da enfermidade a través do peixe cebra	<ul style="list-style-type: none"> — Realizar indagacións para preparar organismo modelo e comprobar si o peixe cebra é viable para o estudo da enfermidade de Niemann-Pick. — Confirmar mediante técnicas de bioloxía molecular, se a enfermidade se desenvolve de forma análoga na especie humana e no peixe cebra mutado para o xene NPC1. 	2.1. As fases da indagación 2.2. Indagación: mutar ao peixe cebra 2.3. Enfermidade autosómica recesiva 2.4. Están os peixes mutados? Estudo do xenotipo 2.5. Como é o peixe cebra que presenta a enfermidade? Estudo do fenotipo	22	Argumentación Modelización Indagación
3. Viabilidade do peixe cebra para o estudo da enfermidade de Niemann-Pick	<ul style="list-style-type: none"> — Relacionar o modelo de peixe cebra co que sucede na especie humana 	—	1	Argumentación Modelización



Actividade	Obxectivo	Tarefas	Duración (nº horas)	Prácticas científicas
4. Búsqueda de tratamento para os síntomas da enfermidade	<ul style="list-style-type: none"> — Realizar ensaios preclínicos para analizar a eficacia de fármacos químicos e compostos homeopáticos. — Analizar a opinión do alumnado sobre a eficacia dos fármacos químicos e os produtos homeopáticos. 	4.1. Estudo da toxicidade aguda dos compostos 4.2. Estudo da efectividade dos compostos	11	Indagación Argumentación
5. Avaliación do proxecto	<ul style="list-style-type: none"> — Coñecer a opinión do alumnado sobre o proxecto realizado. 	—	1	Argumentación
6. Valoración do pensamento crítico	<ul style="list-style-type: none"> — Analizar as destrezas e disposicións do pensamento crítico que se puxeron en práctica en cada actividade. 	—	1	Argumentación



A continuación, explícanse as tarefas do traballo por proxectos as cales, excepto o cuestionario de ideas previas e a valoración do pensamento crítico, foron realizadas de xeito grupal.

Cuestionario de ideas previas

Realizouse un cuestionario composto de 15 ítems relacionado coas enfermidades raras ligadas á xenética, a investigación biomédica e o pensamento crítico (Anexo 1).

Actividade 1. A enfermidade de Niemann-Pick e o peixe cebra

A enfermidade de Niemann-Pick

Como contexto de partida indícaselle ao

alumnado que imos estudar a enfermidade de Niemann-Pick e pregúntaselle a seguinte cuestión: que procedementos considerades que se deberían realizar para estudala?

Entrégaselle ao alumnado noticias sobre enfermidades raras, e artigos científicos sobre a enfermidade de Niemann-Pick, como o de Villamandos e Santos-Lozano (2014). Esta tarefa require, por unha banda, interpretar os datos en canto á investigación que se realiza na actualidade nas denominadas enfermidades raras e elaborar unha cartilla cos datos máis destacados da enfermidade a estudo (figuras 3 e 4).

Coñecer o peixe cebra (*Danio rerio*)

Pregúntaselle ao alumnado o seguinte: para investigar a enfermidade facémolo na especie humana? Para dar a coñecer o organismo biolóxico peixe cebra, proporcionáronse

exemplares de distintos estadios embrionarios, así como exemplares adultos, para que o alumnado coñeza o ciclo biolóxico deste organismo, as vantaxes que presenta en biomedicina, así como para que se familiarice coa súa manipulación. A figura 5 amosa os estadios nos que se manipularon os exemplares do peixe cebra e a figura 6 a manipulación destes exemplares na aula.



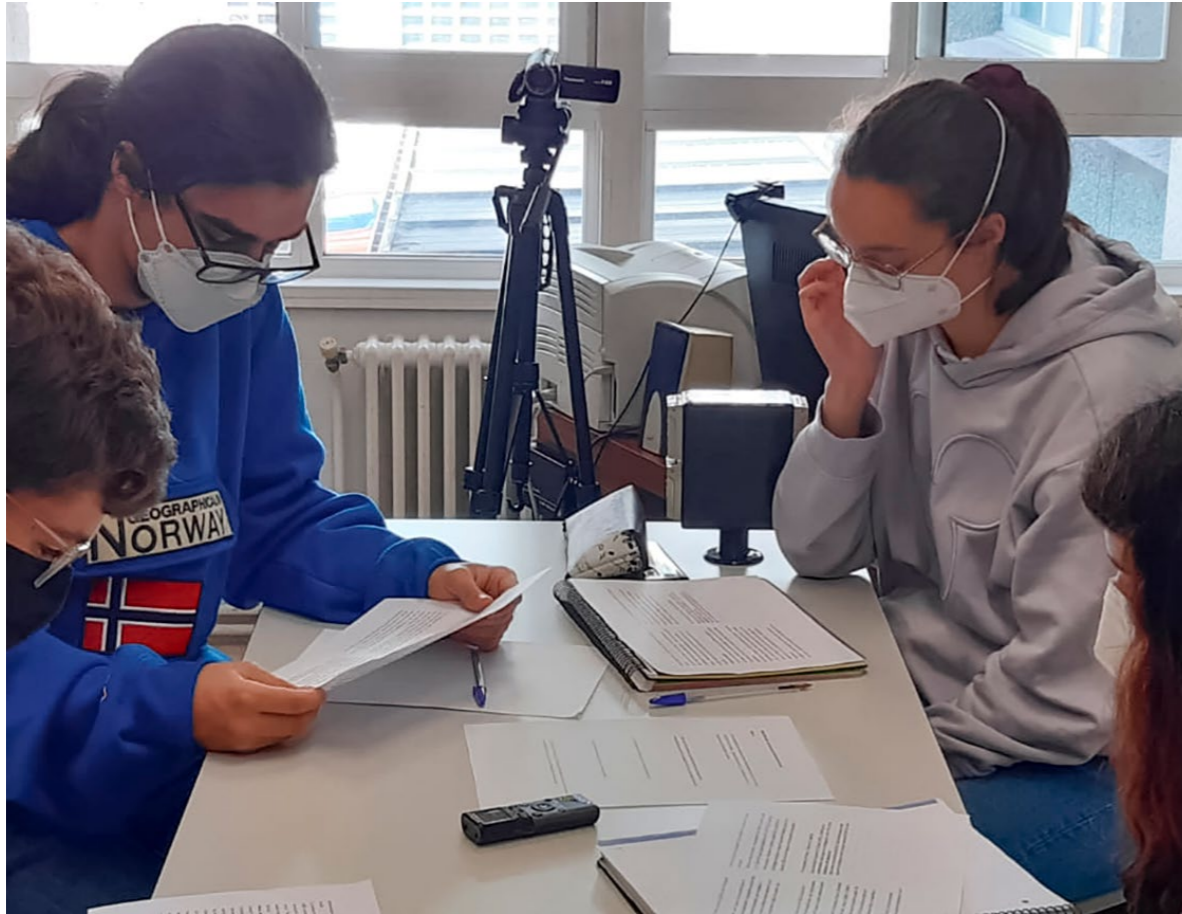


Figura 3. Análise de noticias e artigos

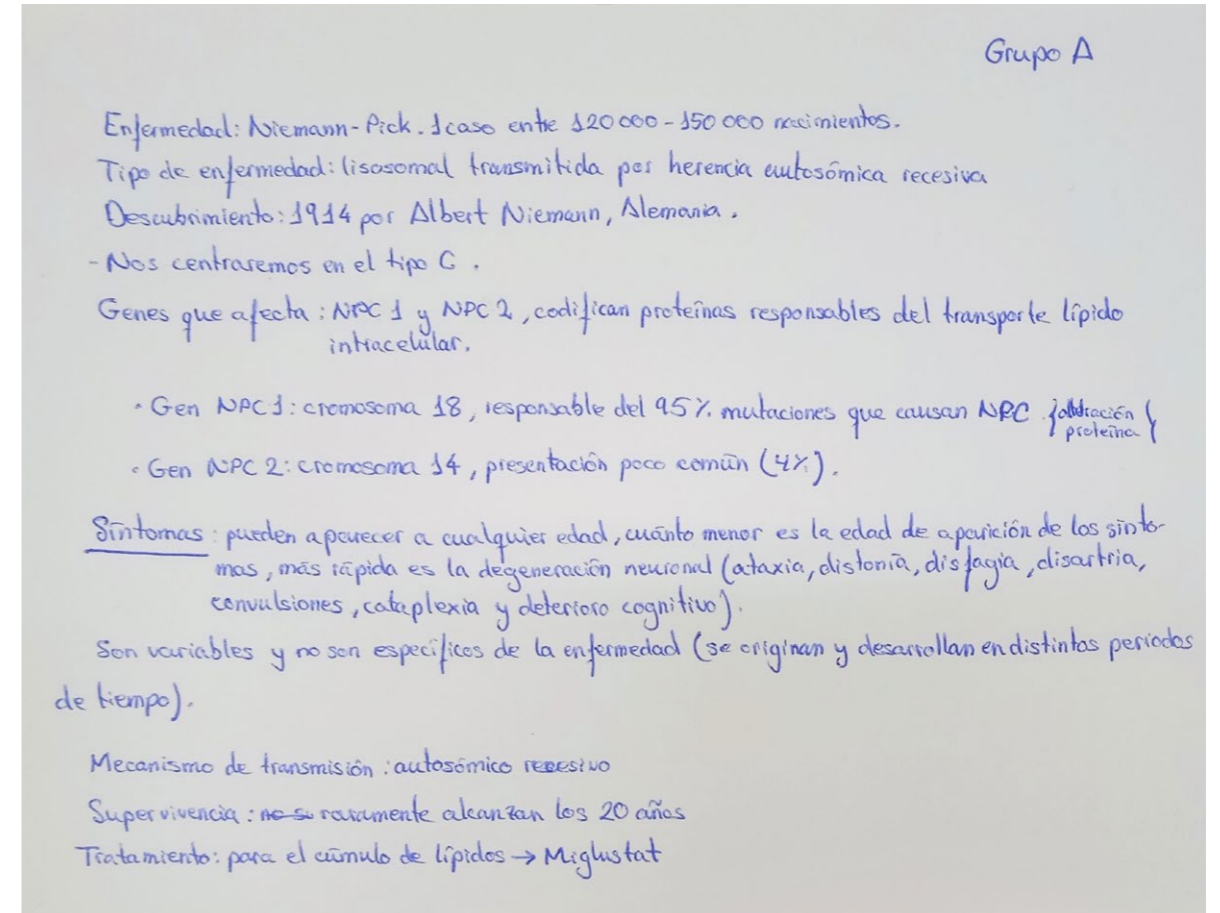


Figura 4. Elaboración da cartilla sobre a enfermidade de Niemann-Pick



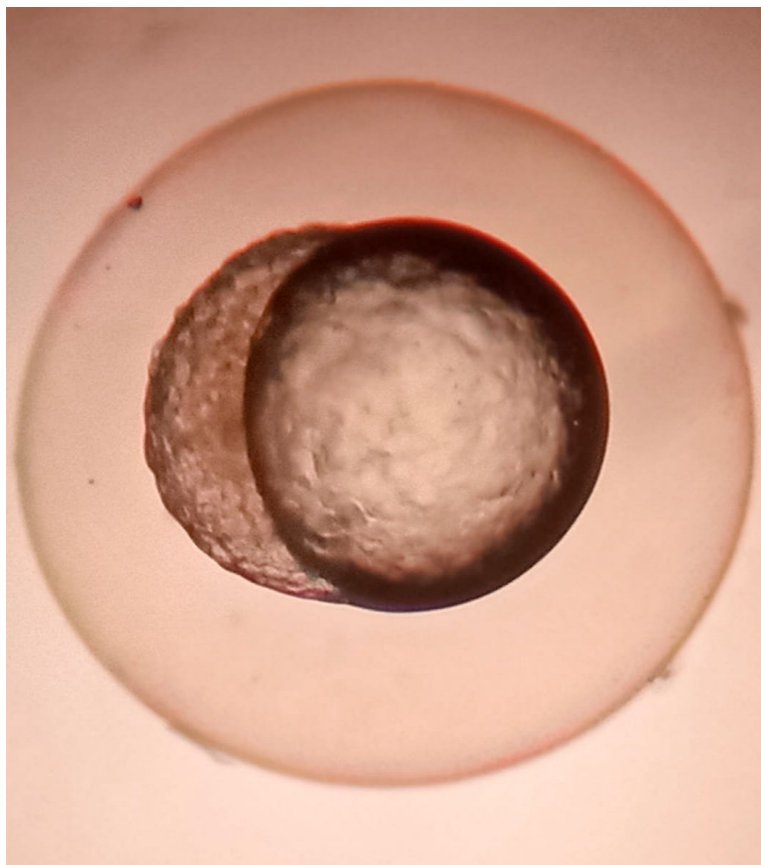


Figura 5. a) Ovos de peixe ceбра



Figura 5. b) Larvas de peixe ceбра



Figura 6. Visualización do peixe ceбра na aula: manipulación



Actividade 2. Deseño e posta en práctica da secuencia de indagación para o estudo da enfermidade a través do peixe cebra

Pídeselle a cada grupo que seleccione algunha das informacións anotadas na cartilla da actividade 1, para comprobar cales teñen lugar da mesma maneira na especie humana e no modelo de peixe cebra mutado para a enfermidade a estudar.

Co apoio da docente, o alumnado iníciase no proceso de indagación para comprobar se o peixe está mutado (estudo do xenotipo) e se presenta trazos da enfermidade (estudo do fenotipo). Como o alumnado non está afeito a desenvolver investigacións de forma autónoma, realízase unha actividade previa para que coñeza o proceso de investigación.

Fases da indagación

Para familiarizar ao alumnado coas fases da indagación, entrégase unha cartolina e as fases do proceso de indagación para que cada grupo as coloque na orde que consideran que deben realizar (figura 7). Con esta tarefa preténdese introducir ao alumnado nas fases da indagación para

que desta forma poidan seguirlas nas sucesivas investigacións que van realizar.



Figura 7. Fichas coas fases da indagación para ordenar



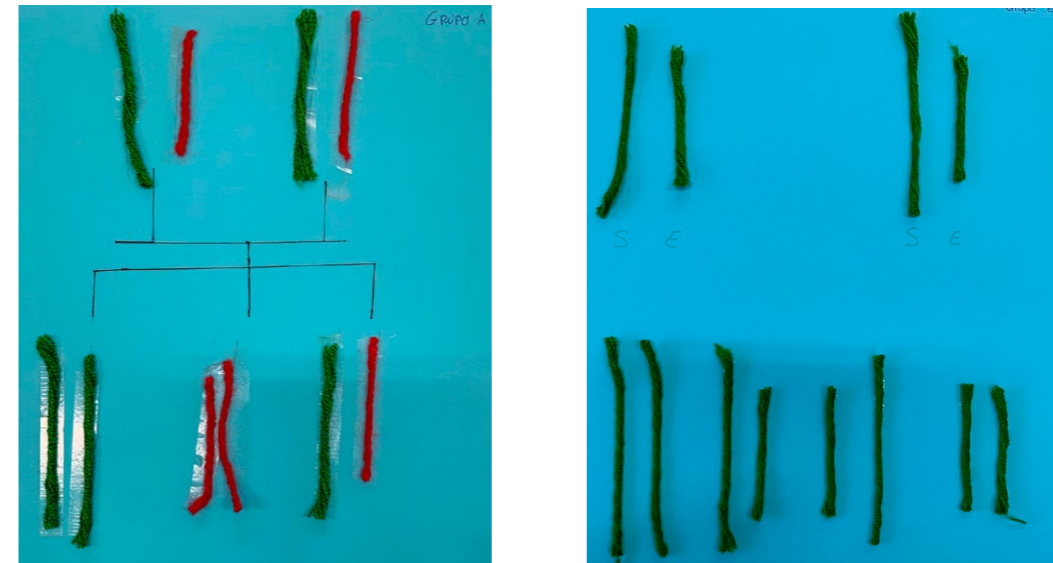
Xeración da mutación

Pregúntaselle ao alumnado como obtemos peixes mutados no xene NPC1? Posto que a mutación no xene NPC1 foi inducida nos exemplares cos que vai traballar o alumnado mediante a técnica CRISPR, o alumnado recibe unha charla dunha experta neste tipo de edición xénica. No caso dos exemplares cos que se vai traballar provocouse unha delección de 56 pares de bases no xene afectado. Indicamos que, por razóns de temporalización, esta técnica require que os peixes cheguen á idade adulta o cal non sería viable dentro do curso escolar, polo que os peixes cos que vai traballar o alumnado xa presentan a mutación no xene afectado.

Proceso de herdanza dunha enfermidade autosómica recesiva

Ao tratarse dunha enfermidade autosómica recesiva, e debido a que no cuestionario de ideas previas só 10/21 participantes afirma non coñecer o concepto de enfermidade homocigótica recesiva, pídeselle a cada grupo que explique como será a herdanza da enfermidade coa axuda dunha recreación na que indiquen como será a descendencia dun cruzamento de exemplares heterocigoto x heterocigoto que presentan a delección que presentan os peixes cos que se traballa (que, como viron, é de 56 pares de

base), para iso proporcionápanse cartolina e la de distintas cores. A figura 8 (a,b) mostra algunhas das recreacións realizadas. Como se pode observar os participantes da figura 8b non empregaron la de distintas cores, pois a mutación débese a unha delección, por tanto, os xenotipos posibles están en función do tamaño dos fragmentos.



Figuras 8. Recreación do patrón de herdanza: a) Empregando la de distintas cores b) Empregando la dunha soa cor



Ademais pídeselles que se se trata dunha enfermidade autosómica recesiva indiquen que xenotipo do que acaban de representar padecerá a enfermidade. O alumnado conclúe que padece a enfermidade o xenotipo homocigótico mutante, é dicir o que representan coas dúas copias de menor tamaño.

Están os peixes mutados? Estudo do xenotipo

Pídeselle ao alumnado que realice un deseño onde estas recreacións sexan trasladadas ás técnicas de bioloxía molecular. Isto permitirá saber se os peixes teñen implantada a mutación para o xene NPC1.

Pregúntaselle ao alumnado como podemos confirmar que os peixes cos que se vai traballar presentan a mutación? O alumnado propón realizar as seguintes técnicas moleculares: Extracción de ADN, PCR, electroforese.

Para realizar este estudo do xenotipo, proporciónaselle ao alumnado:

- exemplares adultos dun ano de idade procedentes dun cruzamento de heterocigoto x heterocigoto
- ADN de exemplares de larvas dun cruzamento de heterocigoto x heterocigoto.

Nota para o profesorado. A idea é que comproben o xenotipo que está presente nos individuos en etapa larvaria e o xenotipo que está presente en etapa adulta, é dicir, se criamos unha posta seguen aparecendo os tres tipos de xenotipos?

Para analizar os exemplares adultos é posible que o alumnado realice todo o proceso, é dicir, obter a través dun corte un anaco de aleta (que o peixe rexenera nos días posteriores), pero no caso dos exemplares en estado larvario

proporciónaselles o ADN xa extraído para que non os teñan que sacrificar.

Para que o alumnado reflexione sobre o que se pode atopar na análise do xenotipo, pregúntaselles: Para observar os tres tipos de xenotipos posibles procedentes dun cruzamento de heterocigoto x heterocigoto (tal e como estableceron nas recreacións da la) valen exemplares en calquera etapa do seu desenvolvemento, só na etapa adulta, só na embrionaria?

Nas figuras 9, 10 e 11 amósanse as técnicas de bioloxía molecular: extracción de ADN, reacción en cadea da polimerase (PCR) e electroforese, levadas a cabo polos participantes, para dar resposta a este aspecto.





Figura 9. Extracción de ADN



Figura 10. Reacción en cadea da polimerase (PCR)

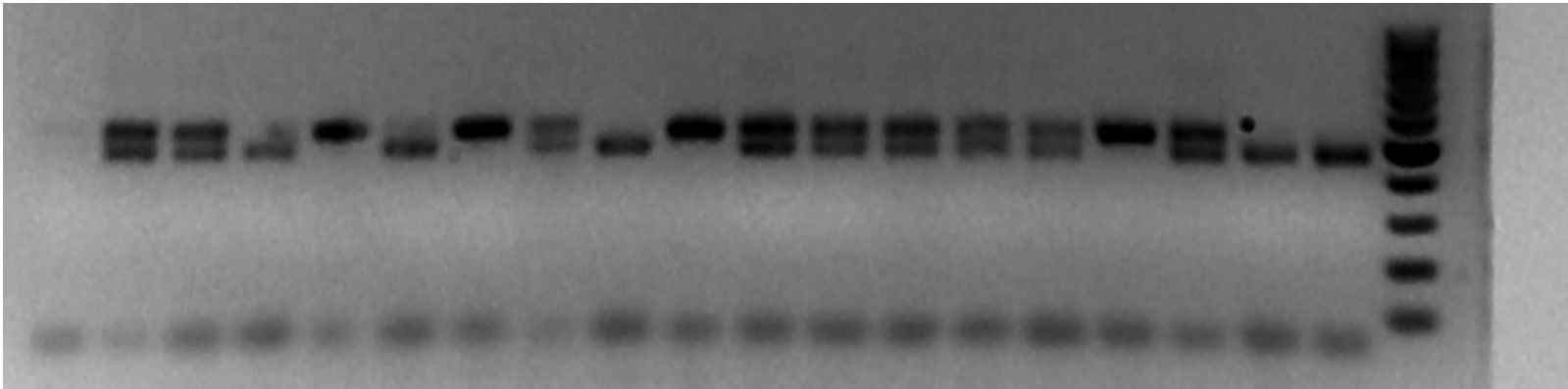


Figura 11. Electroforese de individuos en etapa larvaria

Pídeselle ao alumnado que interprete os datos obtidos coas diferentes técnicas e os relacione coa mutación que se está estudando. Pódese facer a seguinte interpretación:

No caso das larvas: os exemplares que presentan dúas bandas son heterocigotos, os que presentan unha banda de 450 pares de base son homocigotos mutantes para o xene que se está analizando e os individuos que presentan unha banda de 500 pares de bases son salvaxes para o xene que se está analizando.

Análise da supervivencia en idade adulta. A análise da electroforese dos individuos na etapa adulta (figura 12), presenta unha anomalía, pois o alumnado só atopa o xenotipo heterocigoto (2 bandas) e o salvaxe (unha banda de 500 pares de bases). Ante esta situación, pídeselles que



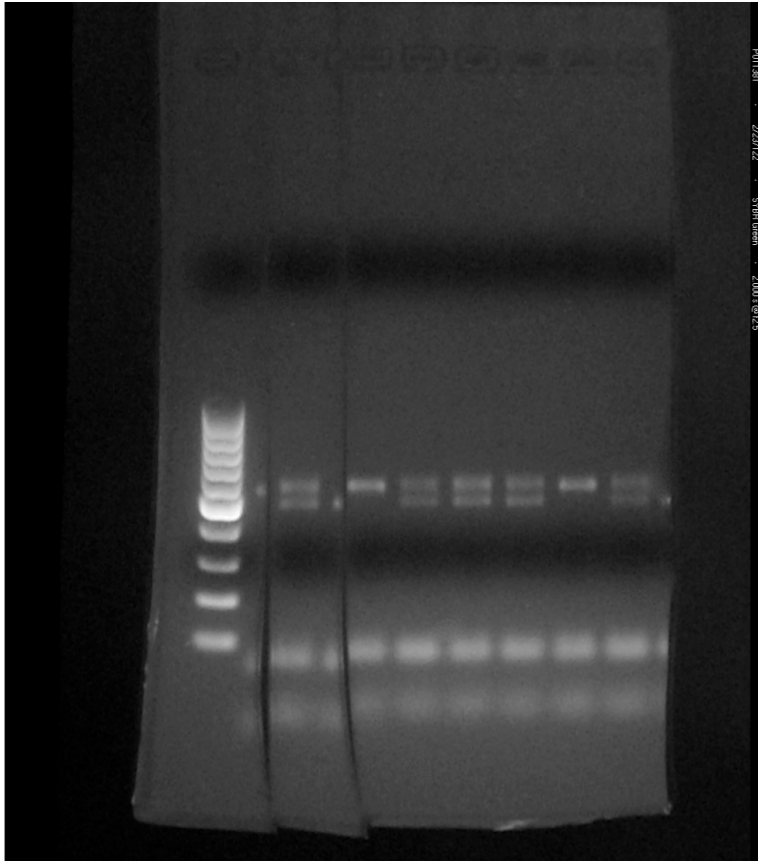


Figura 12. Electroforese de individuos en etapa adulta

establezan unha relación entre o xenotipo resultante e os datos descritos na actividade 1 sobre os aspectos da enfermidade. Isto permítelles concluír que non aparece o xenotipo homocigoto mutante en peixes adultos porque faleceron, o cal coincide co que acontece na especie humana, na cal o homocigoto recesivo non adoita alcanzar a segunda década de vida.

Análise das secuencias da rexión onde se atopa a mutación. Aínda que a presenza da mutación resolveuse por electroforese, por ser algo que demandou tanto o alumnado como a docente do módulo, realizouse tamén a técnica de secuenciación para o cal, debido a que o centro non dispón de secuenciador automático, leváronse as mostras a analizar a un secuenciador automático do Departamento de Xenética da Facultade de Veterinaria (USC) (figura 13).

Sequence ID: Query_506041 Length: 502 Number of Matches: 1

Range 1: 17 to 495 [Graphics](#) [Next Match](#) [Previous Match](#)

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
634 bits(702)	0.0	417/479(87%)	56/479(11%)	Plus/Plus
Query 16		GCAGTTGTTGTTTCAGATTGAACATCCTCCATCCTGTTTTCTCCTCATCCGCA-----		69
Sbjct 17		GCAGTTGTTGTTTCAGATTGAACATCCTCCATCCTGTTTTCTCCTCATCCGAGTGTGT		76
Query 70		TTTACGCTTCTACGAGCAGTATCTGACCATCGTCGATGACACCGCGCTGAACCTCGGG		129
Sbjct 77		TTTACGCTTCTACGAGCAGTATCTGACCATCGTCGATGACACCGCGCTGAACCTCGGG		136
Query 130		TGTCTCTGTCCG-----		141
Sbjct 137		TGTCTCTGTCCGCCATCTTCAATGTGACGGCAGTCTGTGGCTTTGAGCTCTGGTCGG		196
Query 142		--GTGCTCGTCTGCTTACCATCGCTATGATCCTCATCAACATGTTGGGGTTCATGTGRC		199
Sbjct 197		CGGTGCCTCGTCTGCTTACCATCGCTATGATCCTCATCAACATGTTGGGGTTCATGTGGC		256
Query 200		TCTGGAGCATCAGCCTCAACGCTGTCTCATTGGTCAACTGGTCATGGTGAAGTCCAAAA		259
Sbjct 257		TCTGGAGCATCAGCCTCAACGCTGTCTCATTGGTCAACTGGTCATGGTGAAGTCCAAAA		316
Query 260		CTGATACTGACCCATCAGACTGATCACACAAAAATAAGATTACTCACTATTTTGAAGTG		319
Sbjct 317		CTGATACTGACCCATCAGACTGATCACACAAAAATAAGATTACTCACTATTTTGAAGTG		376
Query 320		CCCATGATCTCTTGATGTTCTCAATCCTGATGATGttgttgttgttgttGCAGAG		379
Sbjct 377		CCCATGATCTCTTGATGTTCTCAATCCTGATGATGTTGTTGTTGTTGTTGCAGAG		436
Query 380		TTGTGGGATATCAGTGGAGTCTGCACTCATATAGTGAGGGCTTCCATCAGCACCA		438
Sbjct 437		TTGTGGGATATCAGTGGAGTCTGCACTCATATAGTGAGGGCTTCCYCTTSAACACCA		495

Figura 13. Detalle da secuenciación dun exemplar de homocigoto mutante en relación coa secuencia dun exemplar homocigoto salvaxe

Como é o peixe cebra que presenta a enfermidade? Estudo do fenotipo

Unha boa parte do alumnado solicita comprobar como sería o fenotipo dos peixes, para o cal cada grupo decide que exemplares quere empregar.

Proporciónanse os seguintes exemplares:

- Larvas procedentes dun cruzamento de heterocigoto x heterocigoto (onde como comprobaron coa PCR aparecen os tres xenotipos).
- No estado larvario, obsérvase o fenotipo coa axuda dun microscopio, sen que se observe ningún fenotipo anómalo. O alumnado conclúe que pode ser que aínda non se manifeste a enfermidade pois son moi noviños.
- Exemplares de 2 meses de idade (non comprobaron o xenotipo nesta idade

pero proporciónanse por se observan algún fenotipo anómalo).

- Na idade de 2 meses, o alumnado conclúe que «algúns peixes son máis pequenos e nadan máis cara ao fondo do acuario».
- Exemplares adultos, de 1 ano de idade procedentes dun cruzamento de heterocigoto x heterocigoto (onde comprobaron coa PCR que nestes exemplares non está o xenotipo homocigótico mutante).
- Na etapa adulta, con 1 ano de idade, non se observa fenotipo anómalo, isto relaciónano con que non hai xenotipo homocigótico mutante.

Dentro da análise do fenotipo, o alumnado decide comprobar cal é o estado hepático dos individuos, debido a que, como aprenderon na actividade 1, o fígado é un dos órganos que

máis se ve afectado pola enfermidade, pois no transcurso desta, o colesterol queda atrapado dentro dos lisosomas e en orgánulos de almacenaxe. Isto orixina un descenso considerable no transporte do colesterol non esterificado, o que comporta unha acumulación tóxica de colesterol libre e glicoesfingolípidos, acumulándose estes lípidos en numerosos órganos e tecidos, especialmente en fígado, bazo e cerebro (Díaz, Latorre, Parra e Fernández, 2016).

Para facer esta análise, proporciónaselle ao alumnado cortes de fígado de exemplares homocigoto tanto mutantes como salvaxes de 12 días posfecundación (figura 14). Estes cortes proveñen dunha inclusión en parafina da que se realizou unha tinguidura estándar de eosina-hematoxilina. As mostras proveñen do grupo de Anatomía Patolóxica Veterinaria-GAPAVET da Universidade de Santiago de Compostela.



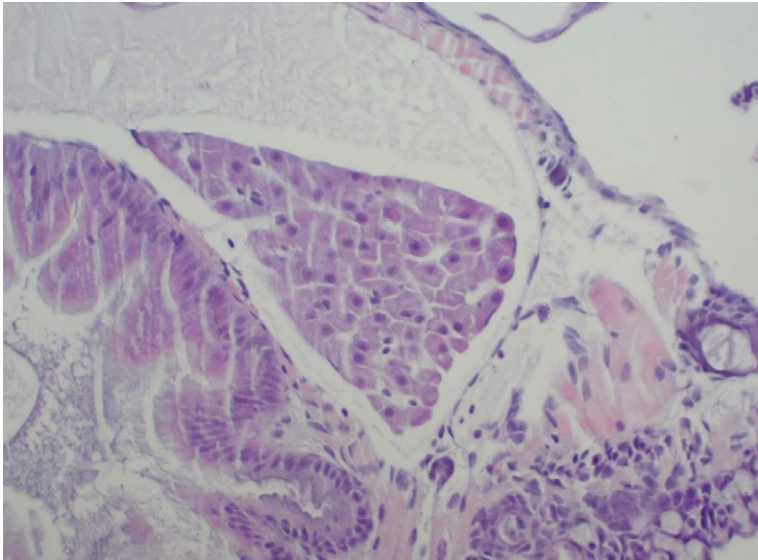


Figura 14. a) Corte de fígado dun peixe salvaxe

Cando se amplía a imaxe no corte do fígado do peixe salvaxe, os hepatocitos presentan unha estrutura poliédrica con núcleo central. No corte de fígado do peixe homocigoto mutante, desaparece esa estrutura poliédrica dos hepatocitos, os

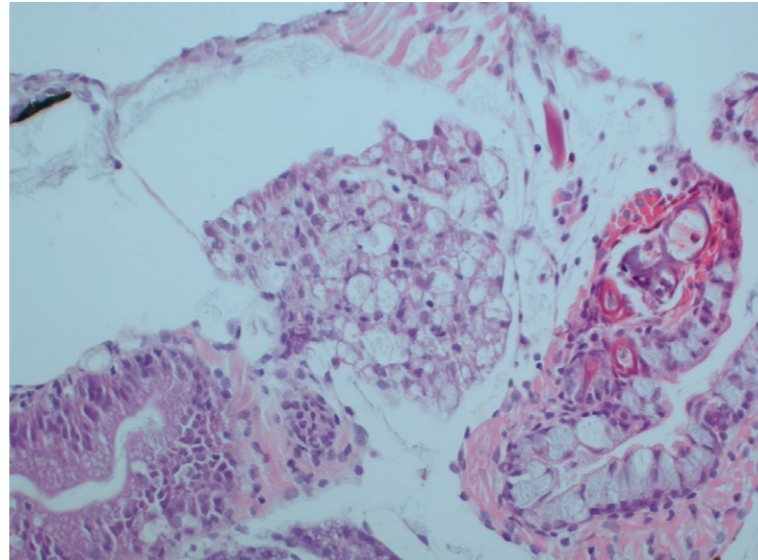


Figura 14. b) Corte de fígado dun peixe homocigoto mutante

núcleos están moito máis desprazados da posición central, e os espazos redondeados en branco previsiblemente sexan espazos de acúmulo de lípidos, dato que teríamos que confirmar con outro tipo de tinguidura que non fose a estándar.

Notas para o profesorado. Para apoiar a análise do estado hepático, pódese consultar a páxina 92 do atlas de histoloxía en peixes (*Atlas of Fish Histology*, Genten, Terwinghe e Danguy, 2009).

Actividade 3. Viabilidade do peixe cebra para estudar a enfermidade de Niemann-Pick

Tras a secuencia de indagación que permitiu a creación dun peixe mutado e a comprobación do xenotipo e fenotipo deste, cada grupo debe argumentar e expoñer ao resto da aula se consideran que o peixe cebra é viable ou non para o estudo da enfermidade de Niemann-Pick. Nesta actividade foméntase a argumentación en canto á interpretación de datos obtidos en cada investigación, sobre se os aspectos analizados se



sucedan igual na especie humana que no peixe cebra mutado para o xene NPC1.

Tras a pregunta: «Consideras que todo apunta a que o peixe cebra é viable para o estudo da enfermidade de Niemann-Pick?», o alumnado argumenta de xeito xeral que todo apunta a que é viable, pois nas investigacións realizadas o peixe compórtase de igual maneira que a especie humana.

Actividade 4. Busca de tratamento para os síntomas da enfermidade

Obtido un peixe cebra mutado e viable para estudar a enfermidade de Niemann-Pick, a parte final do proxecto céntrase na busca dun tratamento que permita paliar os síntomas das persoas que padecen esta enfermidade rara.

Para iso, solicítaselle ao alumnado que realice unha investigación, de forma autónoma, que consiste nun ensaio de toxicidade aguda e de efectividade de compostos.

Primeiramente e para que exista un consenso en canto aos fármacos para investigar, cada grupo ten que seleccionar un dos síntomas da enfermidade que recolleron na cartilla da actividade 1, en función de se se pode comprobar a súa eficacia de forma sinxela, é dicir, sen necesidade de equipamento especializado, no peixe cebra. Ábrese debate con todos os grupos e chégase á conclusión de que se vai probar un fármaco para o tratamento das crises epilépticas. Búscanse varias alternativas e decídese o fármaco clonazepam.

Aprovéitase esta actividade para coñecer a opinión do alumnado sobre as terapias alternativas, e a súa posible eficacia para ese sín-

toma. Debido a que hai diversas opinións, decídese comprobar o efecto dalgún composto homeopático no tratamento das crises epilépticas, o composto homeopático escollido foi o bufo rana. Na figura 15 amósanse os compostos que se empregaron na investigación.



Figura 15. Fármaco químico clonazepam e composto homeopático bufo rana



Notas para o profesorado para atopar a dose terapéutica: Para atopar a dose terapéutica, debe realizarse un estudo de toxicidade embrionaria en peixe cebra, pode tomarse de base o *Fish embryo test* da OCDE (FET) que marca os seguintes parámetros:

1. Utilizar embrións nados o mesmo día do experimento, pois así podemos comprobar o efecto dos compostos durante o desenvolvemento embrionario.
2. Empregar controis.
3. Os compostos póñense en contacto cos peixes a través da auga na que se atopan, nunhas placas de pozos.
4. Débense testar uns 36 peixes por concentración, neste proxecto por cuestións de temporalización testáronse 10 peixes por concentración.
5. Observar a letalidade dos peixes grazas a un microscopio, detectando os patróns de letalidade.

Notas para o profesorado para comprobar a eficacia dos compostos: Seguindo o artigo de Barabán et al. (2005), débense analizar 15 larvas de 96 horas posfecundación, (para estar dentro dos patróns da ética animal) para cada composto a estudo. Déixanse 24 horas co tratamento. Despois do tratamento, póñense en contacto co proconvulsivante pentylenetetrazol a unha concentración de 15 mM. Tómanse os datos do número de crises epilépticas das larvas tratadas (perden a postura, realizan movementos circulares...), en relación con controis sen tratar.

Estudo da toxicidade aguda dos compostos

Cada grupo debe realizar un deseño de toxicidade aguda para atopar a dose terapéutica dos compostos. O profesor usa preguntas como guías de apoio que orienten o alumnado sobre

o que e o como da investigación. Algúns exemplos de preguntas serían:

- Como se pode comprobar se o tratamento é eficaz para as crises epilépticas?
- En que etapa do desenvolvemento do peixe debemos comprobar o tratamento?
- Van padecer todos crises? Como conseguimos que os peixes padezan esta sintomatoloxía?
- Como lles administramos os tratamentos aos peixes? En que concentración?
- Cantos exemplares debemos empregar?
- Hai que empregar controis?
- Que materiais son necesarios para facer a investigación?
- Como se analizan os datos?

O profesor introduce ao alumnado nos estudos de toxicidade embrionaria en peixe cebra que se basean no *Fish embryo test* da OCDE (FET).





Figura 16. a) Embrións de peixe ceбра fecundados.



Figura 16. b) Dilucións feitas polo alumnado dos distintos tratamentos

Preparados os materiais, cada grupo realiza o deseño proposto cos materiais que se amosan na figura 16.

A investigación de toxicidade implica as seguintes accións:

1. Realizar as dilucións das concentracións elixidas.
2. Colocar os embrións de peixe cebra nos pozos.
3. Engadir as distintas dilucións nos pozos onde está o peixe cebra (o volume final varía dependendo do tamaño do pozo, asegurando o benestar dos peixes).
4. Incubar as placas nunha estufa a 28 °C ata as 96 horas posfecundación.
5. Ás 96 horas cada grupo toma datos dos fenotipos, os cales poden ser normais ou anómalos (figura 17).



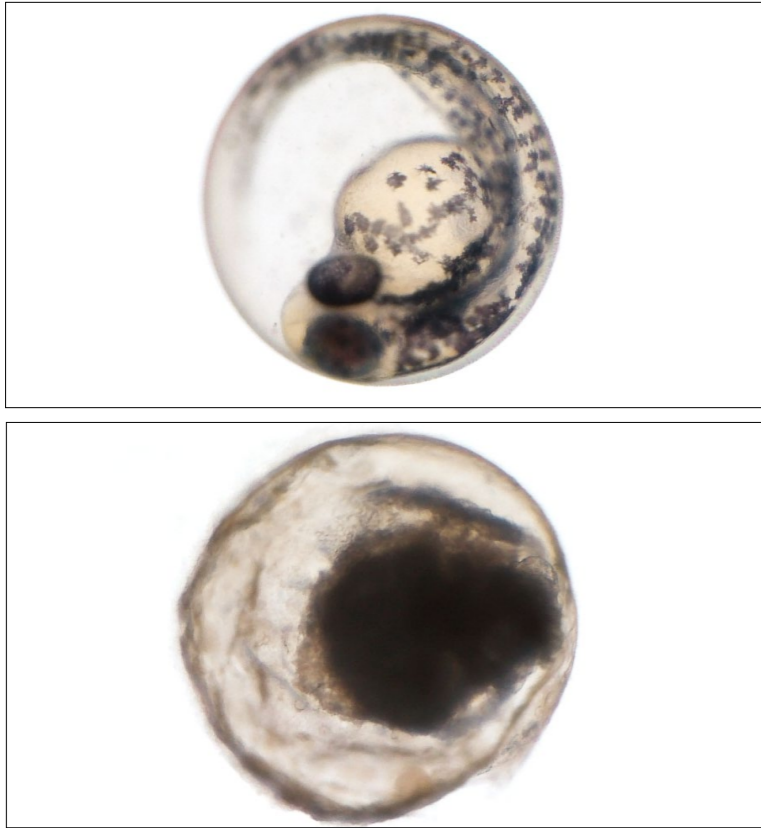


Figura 17. Imaxe superior, fenotipo normal.
Imaxe inferior, fenotipo anómalo.

Tras a análise de resultados, cada grupo debe elaborar un informe cos resultados obtidos, indicando:

1) se os produtos testados son tóxicos e 2) a concentración á que estima que se podería empregar o produto para que ofrecese un efecto protector nas crises epilépticas.

A maioría dos grupos consideran que o fármaco clonazepam é tóxico en peixe cebrá a partir de 40 mg/L e estiman a súa dose terapéutica en 10mg/L.

En xeral considérase que o bufo rana, como tratamento homeopático, non presenta toxicidade, hai algún grupo que ten patróns de letalidade pero estes poden ser debidos á forma de diluír a perla homeopática ou ao efecto dos excipientes, decídese utilizar como dose terapéutica 5 CH.

Estudo da efectividade dos compostos

Chega o momento no que hai que comprobar se o fármaco á dose investigada ten efecto sobre o síntoma que se quere paliar, as crises epilépticas. Para iso a docente serve de apoio para indicar como se poden inducir as crises epilépticas e como se poden percibir (Barabán et al., 2005). A partir disto o alumnado realiza un estudo para comprobar a eficacia dos compostos.

Preparados os materiais, cada grupo realiza o seu propio deseño empregando materiais como os que se amosan na figura 18.



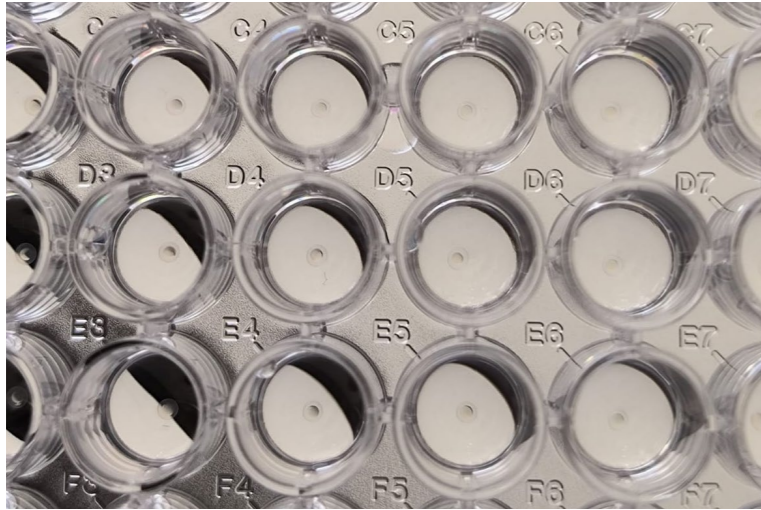


Figura 18. a) Placa con embrións

En liñas xerais, o procedemento seguido implica as seguintes tarefas:

1. Realizar as dilucións das concentracións elixidas.
2. Colocar os embrións de peixe cebra nos pozos das placas co tratamento terapéutico.

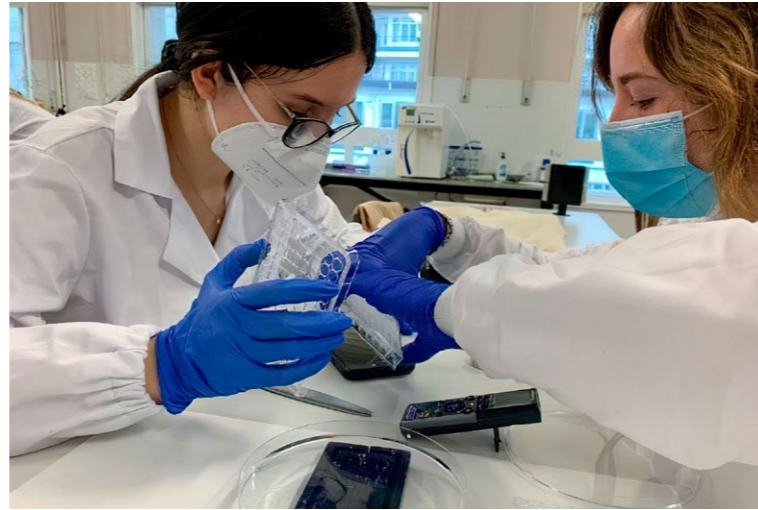


Figura 18. b) Os distintos tratamentos

3. Incubar os pozos nunha estufa a 28 °C durante 24 horas.
4. Ao día seguinte colócanse nunha placa:
 - 15 larvas en auga que sería un control do movementos dos peixes sen ser aplicado o proconvulsivante pentyletetrozol.

- En 15 pozos que teñen proconvulsivante, engádense 15 larvas que estiveron co tratamento clonazepam.
- En 15 pozos que teñen proconvulsivante, engádense 15 larvas que estiveron co tratamento bufo rana.
- En 15 pozos que teñen proconvulsivante, engádense 15 larvas ás que non se lles aplicou ningún tratamento.

5. Tómanse datos do número de crises epilépticas das larvas tratadas (perden a postura, realizan movementos circulares...), en relación con controis sen tratar. Para iso realízanse gravacións dos pozos das placas durante 5' e cóntase o número de crises nese tempo tanto para as larvas tratadas como para as que non se trataron.



6. Cos datos obtidos, o alumnado deber determinar se os compostos analizados presentan un efecto protector fronte ás crises epilépticas baseándose na diminución do número destas.

Os resultados obtidos polo alumnado permiten concluír que:

- O clonazepam presenta una redución no número de crises epilépticas en relación co control sen tratar.
- O bufo rana non presenta una redución no número de crises epilépticas en relación co control sen tratar.

Finalmente, solicítase a cada grupo que realice unha breve presentación da investigación realizada, indicando os resultados obtidos e argumentando as súas conclusións.

Debate sobre a eficacia das terapias alternativas para as crises epilépticas en peixe cebra

Despois de comprobar a eficacia destes dous compostos, establécese un debate argumentado sobre a consideración que fai o alumnado dos produtos homeopáticos.

De xeito xeral non lles outorgan confianza aos produtos homeopáticos, só unha alumna alega que a compoñente psicolóxica pode axudar nas doenzas.

Actividade 5. Avaliación do proxecto

Coa finalidade de coñecer a opinión do alumnado en canto ao traballo por proxectos proposto, solicítaselle unha avaliación del para identificar as debilidades que este presenta e realizar as melloras oportunas para os seguin-

tes cursos. Pregúntase ao alumnado o seguinte:

- Que foi o que máis che gustou do proxecto?
- Que foi o que menos che gustou do proxecto?
- Que achegou o proxecto de utilidade para o teu futuro profesional? Competencias, habilidades, coñecementos...

En xeral, o alumnado contesta que o que menos lles gustou foron as partes nas que tiñan que relacionar a investigación coas fases do proceso de indagación e o que máis valoran do proxecto é involucrase nunha investigación científica e poder comprender os conceptos aplicados a unha investigación real.



Actividade 6. Valoración do pensamento crítico

Co obxectivo de coñecer a interacción entre as prácticas científicas e o pensamento crítico do alumnado, despois da realización de cada actividade, pídese individualmente a cada participante que cubra unha táboa coas habilidades que considera que foron empregadas na execución de cada tarefa proposta ao longo da investigación, para a súa propia reflexión e para unha posta en común. A táboa completa pode verse no Anexo 2.



CONSIDERACIONES PARA A IMPLEMENTACIÓN NA AULA



INTRODUCCIÓN

ABP DE CIENCIAS NA FP

ACTIVIDADES DO PROXECTO

IMPLEMENTACIÓN

REFERENCIAS

ANEXOS



Tras a implementación consideramos que sería interesante que o profesorado tivese noções mínimas en canto á manipulación deste organismo e estivese familiarizado cos ensaios de toxicidade aguda e efectividade de compostos. Este tipo de formación pode ser impartida polo persoal do grupo ACUIGEN ZebraBioRes (ZebraBioRes, 2022) da Facultade de Veterinaria de Lugo da Universidade de Santiago de Compostela, grupo que proporcionou os exemplares para realizar o proxecto.

Por outra banda, é importante que o profesorado fomente as prácticas científicas e o pensamento crítico no deseño e na implementación das tarefas. Para realizalas deste xeito foi necesaria a colaboración do grupo de investigación Razoamento, Discurso e Argumentación RODA da Facultade de Ciencias da Educación da Universidade de Santiago de Compostela.

Este proxecto pode trasladarse de xeito transversal a outros módulos e outros ciclos da mesma familia profesional e mesmo a outros ciclos doutra familia profesional ou incluso a estudos de bacharelato (Real Decreto 243/2022).

Dada a temática e alcance do presente proxecto de innovación, o seu desenvolvemento redundaría nunha mellora na calidade do ensino dos módulos profesionais dos seguintes ciclos formativos:

FAMILIA PROFESIONAL SANIDADE:

CS Laboratorio Clínico e Biomédico

- MP1368: Técnicas xerais de laboratorio
- MP1369: Bioloxía molecular e citoxenética
- MP1371: Análise bioquímica

CS Anatomía Patolóxica e Citodiagnóstico

- MP1368: Técnicas xerais de laboratorio
- MP1369: Bioloxía molecular e citoxenética
- CM Farmacia e Parafarmacia
- MP0103: Operacións básicas de laboratorio

FAMILIA PROFESIONAL QUÍMICA:

CM Operacións de Laboratorio

- MP1255: Operacións de análise química

FAMILIA PROFESIONAL INDUSTRIAS

ALIMENTARIAS:

CS Procesos e Calidade na Industria Alimentaria

- MP0462: Tecnoloxía alimentaria
- MP0463: Biotecnoloxía alimentaria
- MP0464: Análise de alimentos



REFERENCIAS



INTRODUCCIÓN

ABP DE CIENCIAS NA FP

ACTIVIDADES DO PROXECTO

IMPLEMENTACIÓN

REFERENCIAS

ANEXOS



- Arias, A., Arias, D., Navaza, M.V. e Rial, M.D. (2009). *O traballo por proxectos en infantil, primaria e secundaria*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.
- Baraban, SC, Taylor, MR, Castro, PA e Baier, H. (2005). Cambios inducidos por pentilentetrazol en el comportamiento del pez cebra, la actividad neuronal y la expresión de c-fos. *Neurociencia*, 131 (3), 759-768.
- Blanco-Anaya, P., Justi, R., e Díaz de Bustamante, J. (2017). Challenges and opportunities in analysing students modelling. *International Journal of Science Education*, 39(3), 377-402. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500693.2017.1286408>
- Caamaño, A. (2005) Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómicomolecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación química*, 16(1), 10-19. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.1.66132>
- Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 83-92.
- Fernández Olivero, E. D., e Simón Medina, N. M. (2022). Revisión bibliográfica sobre el uso de metodologías activas en la Formación Profesional. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, (30), 131-155.
- Fraile, P., Hernández, E., de Aragón, A., Macías-Vidal, J., Coll, M., Espert, A. e Silva, M. G. (2010). Enfermedad de Niemann-Pick tipo C: desde una colestasis neonatal hacia un deterioro neurológico. Variabilidad fenotípica. *Anales de Pediatría*, 73 (5), 257-263.
- Genten, F., Terwinghe, E., e Danguy, A., (2009) *Atlas of Fish Histology/Frank Genten, Eddy Terwinghe, André Danguy*. Enfield Science Publishers.
- Gilbert J. K., Boulter C. J., e Elmer R. (2000) Positioning models in science education and indesign and technology education. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Kluwer
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142. <https://doi.org/10.1080/03057269308560022>
- Hug, B. e McNeill, K. L. (2008). Use of First-hand and Second-hand Data in Science: Does data type influence classroom conversations? *International Journal of Science Education*, 30(13), 17251751. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690701506945>



- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi R., e Gilbert J. K. (2002) Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4),369-387. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practices. En R. A. Duschl e R. E. Grandy (eds.), *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for research and implementation* (p. 99-100). Sense Publishers.
- Kilpatrick, W.H. (1918). *The project method: the use of the purposeful act in the educative process*. Teachers College, Columbia University.
- López de Frutos, L., Romero-Imbroda, J., Rodríguez-Sureda, V., e Giraldo, P. (2020). Nueva variante asociada a enfermedad de Niemann-Pick tipo C: manifestaciones neurológicas y caracterización bioquímica, molecular y celular. *Neurología (Barc., Ed. impr.)*, 50-52.
- Oliveira D. K. B., Justi R., Mendonça P. C. C. (2015) The use of representations and argumentative and explanatory situations. *International Journal of Science Education*, 37(9),1402-1435.
- Osborne, J. (2011). Science teaching methods: a rationale for practices. *School Science Review*, 93(343), 93-103
- Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. En N. G. Lederman, e S. K. Abell (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*, Volume II (pp. 579–599). Routledge.
- OCDE (2012) Guideline for the testing of Chemicals. Draft Proposal for a New Guideline. Fish Embryo Toxicity (FET) Test. Recuperado de: https://www.oecd.org/env/ehs/testing/draft_fet_tg_v9_draft%2011%20dec%202012_clean.pdf
- Partnership for 21st Century Learning (2003). *Learning for the 21st century: A report and MILE guide for 21st century skills*. Author.
- Parra Arroyo, E. (2020). *Aplicació de la metodologia ABP al cicle formatiu de grau mig de jardineria i floristeria*. Trabajo de fin de máster. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Puig, B., Blanco Anaya, P., e Mosquera Bargiela, I. (2023). Integrar el Pensamiento Crítico en la Educación Científica en la Era de



la Post-verdad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(3), 3301-3301. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/9759>

Sanmartí, N. e Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>

Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, *Boletín Oficial del Estado*, 6 de abril de 2022, núm 82.

Seco Saucés, M., e Ruiz Callado, R. (2016). Las enfermedades raras en España. Un enfoque social. *Revista Prisma Social*, (17), 373-395.

Varela Caamiña, M. P., Blanco Anaya, P. e Díaz de Bustamante, J. (2020). Establecimiento de líneas argumentativas en la resolución

de un problema con enzimas. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(2), 163-180. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2823>

Villamandos García, D. e Santos-Lozano, A. (2014). Enfermedad de Niemann-Pick: un enfoque global. *Ene*, 8 (2), 0-0.



ANEXOS



INTRODUCCIÓN

ABP DE CIENCIAS NA FP

ACTIVIDADES DO PROXECTO

IMPLEMENTACIÓN

REFERENCIAS

ANEXOS



Anexo 1: Cuestionario ideas previas

O cuestionario de ideas previas consta das seguintes preguntas:

1. Tes coñecementos sobre investigación biomédica?
2. Escolle a opción que consideres máis adecuada sobre as enfermidades con base xenética.
 - a. Son enfermidades hereditarias.
 - b. Poden ser hereditarias ou non.
 - c. Sempre se manifestan dende o nacemento.
 - d. B, C son correctas.
 - e. Non o teño claro.
3. Sempre que exista unha mutación vai desencadear unha patoloxía?
4. Poderías indicar que entendes por enfermidade autosómica recesiva?
5. Coñeces algunha enfermidade rara? En caso afirmativo indica algunha.
6. Indica brevemente. Por que pensas que se denominan enfermidades raras?
7. ¿Cres que a sociedade actual ten suficientes coñecementos sobre investigación biomédica, as denominadas enfermidades raras e sobre as enfermidades con compoñente xenética?
 - a. Si, a sociedade está ben informada.
 - b. Non teñen suficiente información.
 - c. Debería ter maiores coñecementos.
8. Poderías indicar cales son os pasos que cómpre seguir para investigar unha enfermidade?
9. En que especie cres que se proban tratamentos ou vacinas?
 - a. Na especie humana.
 - b. En organismos modelo.
 - c. En liñas celulares.
 - d. En todos os anteriores.
 - e. Non sei o proceso.
10. Coñeces algún modelo biolóxico para o estudo de enfermidades? Indica algún exemplo.
11. Coñeces en base a que se fai a elección dun organismo ou outro para o estudo dunha enfermidade?
12. Que opinas do uso de organismos para investigación biomédica?
 - a. Non estou de acordo.
 - b. Estou de acordo.



c. Estou de acordo, sempre que se usen correctamente.

d. Non quero opinar.

Xustifica a túa resposta se o ves conveniente.

13. Coñeces cal é o proceso para inducir unha mutación no lugar concreto onde a queremos estudar nun organismo modelo?

14. Consideras que ter maiores coñecementos no campo da investigación biomédica repercutirá de xeito positivo na túa formación?

a. Si, considero necesario ter maiores coñecementos nesta área.

b. Non, non me interesa.

15. Situacións como a pandemia actual reforzan a necesidade de que a sociedade manexe un mínimo de coñecementos científicos sobre enfermidades para facer fronte de for-

ma crítica ás loiyadas (noticias falsas, bulos) que circulan polas redes sociais e internet. Na túa opinión, que habilidades manifesta unha persoa con pensamento crítico?



Anexo 2: Táboa de valoración do pensamento crítico

Destreza/ actitude	NALGÚN MOMENTO...	ETAPA/S	XUSTIFICACIÓN ONDE PENSAS QUE SE EMPREGOU
Interpretación	Interpretei información (Expresi o significado dos datos, experiencias, procedementos, etc.).		
Inferencia	Fun capaz de establecer conclusións razoadas e deducir consecuencias derivadas dos datos, resultados, opinións, etc.		
Avaliación	Valorar a credibilidade das opinións ou percepcións persoais.		
Explicación	Xerei explicacións empregando a información dispoñible e o razoamento propio con argumentos convincentes.		
Autorregulación	Reflexionei sobre o propio proceso de aprendizaxe, cuestionando os meus razoamentos para validalos ou reformulalos.		



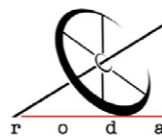
Destreza/ actitude	NALGÚN MOMENTO...	ETAPA/S	XUSTIFICACIÓN ONDE PENSAS QUE SE EMPREGOU
Procurador/a da verdade	Esforceime por buscar a información veraz e contrastada pese a que difira da miña opinión.		
Analítico/a	Usei probas e empreguei o razoamento para dar resposta ao problema.		
Sistemático/a	Fun organizado/a e coidadoso/a nos procedementos de investigación.		
Ter autoconfianza	Confiei nos meus razoamentos para argumentar e persuadir aos demais.		
Inquisitivo/a	Mostrei curiosidade polo tema e desexo por aprender acerca del.		
Madurez cognitiva	Fun capaz de tomar decisións para resolver problemas complicados, sen a total certeza de que estivese no certo coa decisión tomada. Admitín que podería haber outras opcións dispoñibles.		





XUNTA
DE GALICIA

CENTRO INTEGRADO DE
FORMACIÓN PROFESIONAL
POLITÉCNICO DE LUGO



GENÉTICA PARA LA ACUICULTURA Y LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS



Zebrafish Biological Research