

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

Proxecto S-TEAM

**Blanca Puig
Beatriz Bravo Torija
María Pilar Jiménez Aleixandre**

Ilustracións: Andrea López

Proxecto *Science Teacher Education Advanced Methods (S-TEAM)* Financiado pola Unión Europea, 7º Programa Marco

Universidade de Santiago de Compostela, España

Danú 2012



© texto: Blanca Puig, Beatriz Bravo, María Pilar Jiménez Aleixandre

© Ilustracións: Andrea López

S-TEAM 2012

O proxecto S-Team recibe financiamento do 7º Programa Marco da Unión Europea [FP7/2007 2013] código 234870

Agradecementos a Sue Johnson pola autorización para empregar a actividade ‘Cociñar rosquillas’.

Publicado por: Danú, Santiago de Compostela, Spain.

ISBN: 978-84-92764-88-4

Depósito legal: C 988-2012

1º Edición: Febreiro 2012

Estes materiais poden ser fotocopiados para a súa utilización na aula, citando as autoras e a obra orixinal.

Tamén se poden descargar en: www.rodasc.eu



Contactos:

Coordinador do proxecto: Peter van Marion

Peter.van.Marion@plu.ntnu.no

Coordinadora adxunta: Doris Jorde

doris.jorde@ils.uio.no

Coordinadora Work package 7: María Pilar Jiménez Aleixandre

marilarj.aleixandre@usc.es

Xestor do proxecto: Peter Gray

graypb@gmail.com

Administradora: Hilde Roysland

hilde.roysland@svt.ntnu.no

S-TEAM web: www.ntnu.no/s-team

Enderezo postal: S-TEAM, Program for Teacher Education, NTNU

Dragvoll Gård; N-7491 Trondheim, Noruega

Equipo S-TEAM na Universidade de Santiago de Compostela

María Pilar Jiménez-Aleixandre

Blanca Puig Mauriz

Juan Ramón Gallástegui Otero

Joaquín Díaz de Bustamante

Beatriz Bravo Torija

Colaboradores: Profesorado de secundaria

Miguel Fernández Iglesias (IES Pedra da Auga, Ponteareas, Pontevedra)

Luis Fernández López, (IES Carlos Casares, Viana do Bolo, Ourense)

Azucena González (IES Mos, Mos, Pontevedra)

Lois Rodríguez Calvo, (IES Fragas do Eume, Pontedeume, A Coruña)

Miguel Ríos Torre (IES Rosalía de Castro, Santiago de Compostela)

David A. Sanmartín Outeiral (IES Rosalía de Castro, Santiago de Compostela)

Adela Vázquez Vázquez (IES Pontepedriña, Santiago de Compostela)

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

ÍNDICE

Introdución: Argumentación en contextos de ciencias	9
Articulación entre a aprendizaxe da argumentación e das ciencias	9
Significado de argumentación e as súas conexións coa indagación	10
Parte I Uso de probas e modelización sobre a expresión dos xenes	
1. Obxectivos da unidade didáctica: promover a argumentación e a modelización	11
1.1 Obxectivos da unidade didáctica: usar probas, desenvolver o pensamento crítico	11
1.2 Por que é importante a apropiación do modelo de expresión dos xenes?	12
1.3 O determinismo biolóxico e as súas conexións co racismo	12
1.4 Estrutura da unidade didáctica	12
2. Tirar conclusións a partir de datos: Por que somos máis altos que os nosos avós	14
2.1 Introdución: Tirar conclusións a partir de datos	14
2.2 Por que somos máis altos que os nosos avós?	15
2.3 Aprender da súa posta en práctica	16
3. Relacionar a modelización coa argumentación: Xenotipo e fenotipo das persoas	17
3.1 Introdución: Relacionar a modelización coa argumentación	17
3.2 Xenotipo e fenotipo das persoas	18
3.3 Aprender da súa posta en práctica	19
4. Escoller explicacións en base ás probas: Os velocistas negros	20
4.1 Introdución: Escoller explicacións en base ás probas	20
4.2 Os velocistas negros	21
4.3 Aprender da súa posta en práctica	24
5. Avaliar un enunciado á luz das probas: Watson e a intelixencia	26
5.1 Introdución: Avaliar un enunciado á luz das probas	26
5.2 Watson e a intelixencia	27
5.3 Aprender da súa posta en práctica	28
6. Modelizar a influencia do ambiente: Cocíñar rosquillas	29
6.1 Introdución: Modelizar a influencia do ambiente	29
6.2 Cocíñar rosquillas	30
6.3 Aprender da súa posta en práctica	32
7. Predicir resultados nun novo contexto: Que pasará cos xemelgos?	33
7.1 Introdución: Predicir resultados nun novo contexto	33
7.2 Que pasará cos xemelgos?	34
7.3 Aprender da súa posta en práctica	35

Parte II Uso de probas e modelización sobre o modelo de fluxo de enerxía	
8. Obxectivos da unidade: promover a argumentación e a modelización	37
8.1 Obxectivos da unidade didáctica: usar probas, producir representacións	37
8.2 Por que é importante a apropiación do modelo de fluxo de enerxía?	38
8.3 Estrutura da unidade didáctica	38
9. Modelizar a transferencia de enerxía con auga: que circula na cadea trófica?	40
9.1 Introducción: Promover a modelización mediante as simulacións	40
9.2 Que circula na cadea trófica?	41
9.3 Aprender da súa posta en práctica	42
10. Producir representacións: Por que teñen esa forma as pirámides tróficas?	43
10.1 Introducción: Producir representacións externas	43
10.2 Por que teñen esa forma as pirámides tróficas?	44
10.3 Aprender da súa posta en práctica	45
11. Aplicar un modelo: Como xestionar unha granxa?	46
11.1 Introducción: Usar modelos en distintos contextos	46
11.2 Como xestionar unha granxa?	47
12. Usar probas na toma de decisións sobre xestión de recursos	49
12.1 Introducción: aplicar o coñecemento nun contexto auténtico	49
12.2 Xestión de recursos nunha baía	50
12.3 Aprender da súa posta en práctica	52
13. Transferir o coñecemento a novos contextos: Herbívoros ou carnívoros?	53
13.1 Introducción: Transferir o coñecemento a novos contextos	53
13.2 Podería ser a acuicultura unha solución?	54
13.3 Aprender da súa posta en práctica	55
14. Conclusións: Como favorecer a argumentación	56
Bibliografía	57



INTRODUCCIÓN: ARGUMENTACIÓN EN CONTEXTOS DE CIENCIAS

Neste documento preséntanse dúas unidades didácticas: a da expresión dos xenes forma parte dos produtos do Work Package 7 (WP7) de S-TEAM, que teñen o propósito de fornecer recursos e estratexias para axudar ao profesorado a crear ambientes de aprendizaxe para promover a argumentación e as prácticas discursivas en ciencias. O obxectivo do WP7 é difundir recursos para promover o ensino e aprendizaxe da argumentación nas clases de ciencias, como un compoñente do ensino e aprendizaxe das ciencias baseados na indagación (Inquiry Based Science Teaching / Learning, IBST/L). Os obxectivos da segunda unidade didáctica, sobre o fluxo de enerxía nos ecosistemas, elaborada no marco do proxecto RODA (Razoamento, Debate, Argumentación), desenvolvido na Universidade de Santiago, con financiamento do Ministerio de Ciencia e Innovación, persiguen un propósito semellante.

As unidades didácticas están enmarcadas nas perspectivas sobre argumentación, tanto teóricas como relacionadas co curriculum, discutidas noutros documentos do WP7 (Jiménez-Aleixandre et al., 2011), dispoñibles na web de S-TEAM. Aquí discutiremos só algunhas cuestións relevantes para as tarefas das unidades didácticas. Os recursos producidos no WP7 comprenden dous conxuntos: primeiro, recursos e actividades para as clases de primaria e secundaria, e segundo unidades didácticas e actividades para a formación do profesorado, co obxectivo de promover o desenvolvemento das competencias en argumentación. Todos eles están dispoñibles na web de S-TEAM. Este documento forma parte do primeiro conxunto, e consiste en dúas unidades didácticas para as clases de ciencias desenvolvidas e postas en práctica en institutos nos cursos 2008-2009 a 2010-2011:

Uso de probas e modelización sobre a expresión dos xenes, corresponde ao recurso WP7.3 Unidade didáctica para a argumentación: A expresión dos xenes.

Uso de probas e modelización sobre o fluxo de enerxía nos ecosistemas, parte dela discutida, en relación coa formación do profesorado, no libro WP6.15.

Articulación entre a aprendizaxe da argumentación e das ciencias

As unidades didácticas céntranse en *apoiar os enunciados con probas* nos contextos de xenética e ecoloxía. Enmárcanse no programa de investigación do equipo da USC, interesado na articulación entre prácticas epistémicas, como a argumentación e a modelización, e alfabetización científica. As unidades están baseadas tanto nos estudos sobre argumentación como sobre a aprendizaxe da xenética e da ecoloxía. O noso traballo aborda o desenvolvemento polo alumnado da competencia de argumentación, mais non en calquera contexto: pretendemos promover a argumentación do alumnado sobre cuestións *científicas*, e en clases de *ciencias*.

O propósito destas unidades é proporcionar recursos ao profesorado de ciencias interesado en introducir a argumentación na aula. Por unha banda, os docentes de bioloxía poderían empregalas co seu alumnado; por outra, os docentes de química, xeoloxía ou física poderían adaptalas ou usalas como modelo para construír outras sobre temas doutras disciplinas. O profesorado podería utilizar, por exemplo, a actividade do capítulo 2, centrada en extraer conclusións a partir de datos, ou a elección entre distintas explicacións ou decisións en base a un conxunto de informacións nos capítulos 4 e 12, situando estas tarefas nos contextos de química, xeoloxía ou física.

Hai moitos profesores e profesoras que promoven formas de argumentación e uso de probas nas súas clases, por exemplo cando lle piden ao alumnado que xustifique as súas conclusións, que obteñan probas no laboratorio e extraigan conclusións a partir delas, ou cando suxiren que sustenten as súas conclusións con probas. O propósito destes recursos é axudar ao profesorado a promover a argumentación de forma sistemática e cun enfoque máis estruturado. A nosa experiencia en formación do profesorado parece indicar que as actividades de argumentación son máis relevantes cando están claramente enmarcadas nun contexto disciplinar, por exemplo nunha unidade didáctica ou tarefa de ciencias.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

Cómpre sinalar que para nós propoñer que os alumnos deberían aprender a argumentar non significa que o profesorado deba ensinarlles a argumentación explicitamente. A nosa perspectiva sobre como promover a argumentación é a través da *práctica*: facer que o alumnado a practique. Consideramos máis importante o deseño de tarefas que requiran un papel activo do alumnado, e menos importante ou incluso innecesario, ensinarlles a argumentación de forma explícita (Jiménez Aleixandre, 2008; 2010). Esta posición coincide coa de Deanna Kuhn (2011), quen suxire proporcionar ao alumnado ‘densas experiencias’ de argumentar cos compañeiros. Outras perspectivas propoñen ensinar ao alumnado o concepto de argumentación e os compoñentes dun argumento, e implicarse nela. Ambos enfoques coinciden na necesidade de ambientes de aula que promovan as prácticas discursivas, a implicación do alumnado en diálogos e contrastes de ideas e interpretacións.

Significado de argumentación e as súas conexións coa indagación

Que entendemos por argumentación? Pódese caracterizar de distintos modos, mais para os propósitos destes recursos, consideramos a argumentación como a *avaliación de enunciados de coñecemento* á luz das probas dispoñibles (Jiménez Aleixandre, 2008; 2010). Este proceso implica tamén persuadir a unha audiencia, sexan oíntes ou lectores. O interese da didáctica de ciencias na argumentación implica un recoñecemento da relevancia das prácticas discursivas na construción do coñecemento científico. Facer ciencia, aprender ciencias conleva traballo experimental, e tamén traballar con ideas, propoñéndoas, discutíndoas e avaliándoas en base ás probas. Científicos e estudantes precisan tamén comunicar ideas científicas, ler e dar significados e escribir textos relacionados coa ciencia. No documento de S-TEAM sobre argumentación e formación do profesorado (Jiménez Aleixandre et al., 2011) discútense de forma máis detallada os compoñentes da argumentación.

Como se relaciona a argumentación co ensino e aprendizaxe das ciencias baseados na indagación (*Inquiry based Science Teaching and Learning*, IBSTL)? Existe certo consenso na idea de que a argumentación é favorecida por enfoques de indagación (Duschl e Grandy, 2008). En IBSTL os alumnos teñen un papel activo sendo protagonistas da súa propia aprendizaxe; resoven problemas, deseñan experimentos e levan a cabo proxectos de investigación participando en prácticas científicas. A argumentación, a avaliación do coñecemento, contémpanse como participación nestas prácticas.

Desde a perspectiva do curriculum, enmarcamos a argumentación e o uso de probas na competencia científica, unha das oito competencias básicas recomendadas pola Unión Europea (EU, 2006). A competencia científica constitúe o eixe do Programa de avaliación PISA (OCDE, 2006; 2009). PISA pon o acento en tres competencias científicas, as capacidades de:

Identificar cuestións científicas que poidan ser respondidas en base a probas científicas; recoñecer as características principais dunha investigación científica.

Explicar ou predicir fenómenos aplicando o coñecemento científico.

Usar probas científicas para extraer e comunicar conclusións, e identificar os supostos, probas e razoamentos que sustentan as conclusións.

Consideramos esta terceira competencia, usar probas científicas para extraer conclusións, e identificar as probas que apoian unha conclusión, equivalente á competencia argumentativa. A caracterización de competencia céntrase na capacidade de *aplicar e usar* o coñecemento nunha variedade de contextos e situacións. Daquela, mais que aprender os compoñentes dun argumento, a cuestión é aprender como avaliar un enunciado.

As dúas unidades didácticas amplian as aportacións doutros proxectos innovadores de didáctica das ciencias. Estas tarefas poden ser usadas, en combinación con outros recursos para promover a argumentación, por exemplo no contexto do proxecto *Mind the Gap* (Jiménez Aleixandre et al., 2009), financiado tamén polo 7º Programa Marco. Todas elas son complementarias, e precisan ser entendidas como parte do esforzo para promover a introdución da argumentación nas aulas.

O documento estrutúrase en dúas seccións, que abordan as dúas unidades, comezando por un capítulo no que se resumen os obxectivos e a estrutura. As tarefas presentadas nos capítulos seguen unha mesma estrutura: 1) Introducción para o profesorado, 2) a tarefa nunha ou máis páxinas separadas, que se poden imprimir (da web) ou fotocopiar para usar na clase, e 3) comentarios sobre a súa posta en práctica nas clases de secundaria. O último capítulo resume algúns dos desafíos e o que se pode aprender deles para favorecer a argumentación.

PARTE I USO DE PROBAS E MODELIZACIÓN SOBRE A EXPRESIÓN DOS XENES

1. OBXECTIVOS DA UNIDADE DIDÁCTICA: PROMOVER A ARGUMENTACIÓN E A MODELIZACIÓN

A unidade didáctica foi deseñada co propósito de desenvolver a competencia de uso de probas e a argumentación polo alumnado. O contexto é a xenética en 4º de ESO (15-16 anos), en particular o modelo causal de expresión dos xenes, ou as relacións entre o xenotipo e o fenotipo, centrándose nas interaccións xenes-ambiente. O principal obxectivo é implicar ao alumnado no *uso de probas* na construción ou avaliación de explicacións sobre características e desempeños humanos. A unidade foi desenvolvida e posta en práctica nun estudo piloto e dúas fases de investigación en cinco aulas de secundaria, con 127 alumnos (Puig e Jiménez-Aleixandre, 2011).

No curriculum a xenética forma parte dos contidos de 4º de ESO, último curso de ensinanza obrigatoria. No entanto, neste curso a bioloxía é optativa. Por este motivo, un dos profesores decidiu levar a cabo a unidade na materia de 1º de Bacharelato, Ciencias para o Mundo Contemporáneo (CMC), que é obrigatoria para todo o alumnado. A natureza socio-científica desta cuestión, faina especialmente axeitada para esta materia, que aborda cuestións científicas de relevancia social.

Neste capítulo resúmense en primeiro lugar os obxectivos; en segundo discútese brevemente a relevancia do modelo de expresión dos xenes e o determinismo biolóxico; e en terceiro preséntase a estrutura da unidade didáctica.

1.1 Obxectivos da unidade didáctica: usar probas, desenvolver o pensamento crítico

O principal obxectivo é implicar ao alumnado no uso de probas para construír ou avaliar explicacións sobre características e desempeños humanos. Na aula, como no laboratorio de ciencias, as prácticas científicas da argumentación e explicacións están conectadas entre si. Como sinalan Berland e Reiser (2009), os modelos científicos, as explicacións causais constrúense mediante os procesos sociais de cuestionar, avaliar e revisar. As actividades desta unidade didáctica combinan a identificación, selección e uso de probas para avaliar enunciados (argumentación) e a modelización da expresión dos xenes (explicación). Isto correspóndese con dúas das tres competencias discutidas na introdución.

Estas dúas prácticas ou competencias forman parte da disciplina, están relacionadas coa ciencia. A argumentación forma parte das prácticas científicas e a modelización da expresión dos xenes das prácticas científicas e da xenética, unha área concreta de coñecemento científico. Concordamos con Tiberghien (2008) na necesidade de ir máis aló dos obxectivos da materia á hora de deseñar unha unidade didáctica, tendo en conta a cultura científica e a formación cidadá do alumnado. Poderíamos dicir que esta unidade didáctica ten dous obxectivos relacionados coa formación científica do alumnado, e un terceiro relacionado coa cidadanía e o desenvolvemento do pensamento crítico:

- 1) Desenvolver a competencia de usar probas para avaliar conclusións e construír explicacións sobre a expresión dos xenes, noutras palabras para argumentar.
- 2) Ser quen de aplicar o modelo de expresión dos xenes a problemas situados en contextos da vida real, noutras palabras, para explicar fenómenos relacionados coa expresión dos xenes usando o coñecemento axeitado.
- 3) Ser quen de desenvolver o pensamento crítico sobre o determinismo biolóxico, noutras palabras, para avaliar criticamente enunciados sobre as interaccións xenes-ambiente.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

1.2 Por que é importante a apropiación do modelo de expresión dos xenes?

O uso de probas no contexto do modelo de expresión dos xenes require unha comprensión adecuada da noción de fenotipo e a influencia do ambiente na expresión dos xenes. Un resumo das principais ideas do modelo podería ser que mentres o xenotipo é o conxunto de xenes dun organismo, o fenotipo é a expresión deses xenes, resultado dos complexos mecanismos de regulación dos xenes e das interaccións entre os xenes e o ambiente. O fenotipo fai referencia ás características visibles, como a cor de pel e cabelo, e tamén ás características que son detectables, mais non visibles, como a tolerancia ao leite (capacidade dos adultos para dixerir a lactosa). O rango de influencia do ambiente na expresión dos xenes vai desde características nas que non inflúe o ambiente, como os grupos sanguíneos, até outras como a estatura que dependen, por exemplo, dunha nutrición axeitada.

As relacións entre xenotipo e fenotipo en termos de interaccións xenes-ambiente explican, por exemplo, características humanas como a estatura e o peso, e desempeños humanos como os logros en atletismo ou a intelixencia. Os alumnos precisan entendela para poder argumentar sobre como o ambiente inflúe nalgúns características fenotípicas, por exemplo, por que hoxe en día a xente é máis alta que algunhas xeracións atrás, o que se aborda na primeira tarefa da unidade.

É interesante como algúns dos profesores participantes (identificados con pseudónimos) introduciron esta cuestión. O profesor Val explicou a influencia do ambiente na expresión dos xenes achegando seis exemplos, por exemplo, as distintas causas do raquitismo, herdanza ou falta da vitamina D na dieta, e os efectos da temperatura de incubación no sexo das crías de crocodilo. O profesor Quiroga implicou aos alumnos nun diálogo sobre como o xenotipo se manifesta no fenotipo. Empregou dúas analogías, a coincidencia ou falta de coincidencia entre os planos do edificio do seu colexio e o propio edificio, e unha partitura musical tocada por distintas persoas. Ambos enfoques de ensinanza e os resultados discútense en detalle noutro lugar (Puig e Jiménez Aleixandre, 2011). A pesar da instrución e das estratexias utilizadas polo profesorado, parte do alumnado ten problemas para entender e aplicar o modelo de expresión dos xenes, algúns dos cales poden relacionarse con representacións deterministas.

1.3 O determinismo biolóxico e as súas conexións co racismo

Entender o modelo de expresión dos xenes é necesario para avaliar criticamente as posicións deterministas e contrastalas coas probas. Enténdese por determinismo biolóxico a posición que mantén que todos os desempeños e características individuais, incluíndo intelixencia, logros académicos ou criminalidade son innatas, determinadas exclusivamente polos xenes. En particular, o determinismo mantén isto sobre o comportamento ou os desempeños intelectuais. Estas posicións están relacionadas coas opinións racistas e sexistas que atribúen todos os logros, e incluso as diferenzas sociais á herdanza xenética. Unha implicación é xustificar as desigualdades sociais, afirmando que é inutil investir en educación ou establecer políticas dirixidas a reducir as desigualdades. Este é o caso do enunciado de Watson na segunda tarefa.

Cómpre recoñecer que durante varios séculos estas posturas formaban parte das ideas dominantes da ciencia, e que os libros de texto de ciencias incluían xerarquías que consideraban algunhas razas 'superiores' a outras. Malia que o modelo actualmente consensuado de expresión dos xenes explica as relacións entre xenotipo e fenotipo como consecuencia das interaccións xenes-ambiente, as perspectivas deterministas persisten na sociedade, na literatura, nos medios ou nos chistes. Como outras construcións sociais son resistentes ao cambio. Esta conexión coas representacións sociais fai desta unha cuestión socio-científica. Diversos autores recomentan a utilización de tarefas situadas en contextos da vida real e socio-científicos, por consideralos adecuados para o uso de probas.

1.4 Estrutura da unidade didáctica

A unidade didáctica foi deseñada para seis sesións. Os docentes poden elixir introducir os conceptos relevantes integrándoos nas tarefas ou ben nunha sesión previa. Aquí discútense as seis tarefas deseñadas co obxectivo de promover o uso de probas e a modelización. Todas elas foron postas en práctica nas aulas, nun estudo piloto e en dúas fases de investigación ao longo de tres anos. Os alumnos traballaron en pequenos grupos. A táboa 1.1 resume a estrutura da unidade, as prácticas de uso de probas e os conceptos de xenética de cada actividade.

Táboa 1.1 Resumo das actividades da unidade didáctica.

Sesión	Actividade	Uso de probas: prácticas do alumnado	Conceptos de xenética
1	<i>Por que somos máis altos que os nosos avós?</i>	Interpretar datos; construír explicacións causais a partir de datos; elaborar predicións	Modelo de interacción xenes-ambiente; relacións xenotipo-fenotipo
2	<i>Xenotipo e fenotipo das persoas</i> (adaptado de Dixon, 1982, <i>Take two people</i>)	Relacionar modelización e argumentación; realizar unha modelización	Xenes e alelos; dominante, recesivo; relacións xenotipo-fenotipo ; homocigoto, heterocigoto
3-4	<i>Os velocistas negros</i>	Identificar probas que apoian un ou outro enunciado; elixir explicacións causais en base ás probas	Interaccións xenes-ambiente; factores ambientais; relacións xenotipo-fenotipo
5	<i>Watson e a intelixencia</i>	Avaliar un enunciado á luz das probas, desenvolver o pensamento crítico	Relacións xenotipo - fenotipo ; determinismo
6	<i>Cociñar rosquillas</i> (adaptada de Johnson, 1991, <i>The cookie analogy</i>)	Modelizar a influencia do ambiente na expresión dos xenes	Modelo de interacción xenes-ambiente; relacións xenotipo - fenotipo
Avaliación	<i>Que pasará cos xemelgos?</i>	Predicir resultados nun novo contexto; relacionar causas e efectos	Interaccións xenes-ambiente

Por que somos máis altos que os nosos avós?, deseñada co obxectivo de iniciar ao alumnado no traballo con datos e mobilizar as súas ideas sobre a expresión dos xenes. Sitúase nun contexto familiar no que se esperaba que o alumnado recoñecese a influencia dos factores ambientais no fenotipo (a estatura). Sobre as operacións ou prácticas que forman parte do uso de probas, a tarefa céntrase en derivar explicacións causais a partir de datos.

Xenotipo e fenotipo das persoas, adaptada de Dixon (1982), ten como obxectivo modelizar as relacións entre o xenotipo e o fenotipo, implicando ao alumnado na modelización dun cruzamento con varios caracteres humanos.

Os velocistas negros é máis complexa, inclúe distintas tarefas que requiren, en primeiro lugar, identificar probas que apoian un determinado enunciado, e en segundo, elixir unha explicación causal en base ás distintas informacións achegadas, integrándoas na xustificación e polo tanto, transformando datos en probas. O contexto é o desempeño en atletismo.

O obxectivo de *Watson e a intelixencia* é avaliar un enunciado científico á luz das probas. O enunciado é unha afirmación de James Watson, mantendo que os negros son menos intelixentes que os brancos debido aos seus xenes. Aborda as representacións deterministas.

Cociñar rosquillas, adaptada de Johnson (1991) é a segunda tarefa de modelización sobre a influencia do ambiente na expresión dos xenes, baseada nunha analoxía.

Que pasará cos xemelgos?, foi empregada como parte da avaliación e céntrase na capacidade para predicir resultados nun novo contexto.

O uso de probas pódese abordar en distintos contextos, disciplinares ou doutro tipo, e en cada un deles existen unha serie de operacións ou prácticas que forman parte do uso de probas. Nos seguintes capítulos discútense as tarefas e as operacións relacionadas co uso de probas en cada unha delas.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

2. TIRAR CONCLUSIÓN A PARTIR DE DATOS: POR QUE SOMOS MÁIS ALTOS QUE OS NOSOS AVÓS?

2.1 Introducción: Tirar conclusión a partir de datos

O obxectivo desta tarefa, en termos das operacións ou prácticas que forman parte do uso de probas é construír explicacións causais a partir de datos. Para isto os alumnos precisan en primeiro lugar, interpretar a información achegada, presentada nunha táboa con datos numéricos, así como recuperar outras informacións, como as melloras na alimentación.

Sendo a primeira tarefa da unidade didáctica e un primeiro contacto co uso de probas, *Por que somos máis altos que os nosos avós?*, foi deseñada nun contexto familiar para o alumnado. Tanto o aumento da estatura nas últimas xeracións como a fame vivida no pasado en Galicia, son feitos coñecidos. Xa que logo, esperábase que o alumnado recoñecese a influencia dos factores ambientais –como mellor alimentación e condicións de saúde máis adecuadas – no fenotipo, é dicir na estatura.

O alumnado precisa mobilizar as súas ideas sobre a expresión dos xenes, e sobre as causas das características humanas (ou doutros organismos), e usar estes coñecementos en articulación co uso de probas. Considerábase que había polo menos dúas posibilidades de respostas:

- a) Atribuír a estatura dunha persoa á interacción dos factores ambientais co xenotipo; noutras palabras, recoñecer o xenotipo como un potencial para alcanzar unha estatura dada, que se expresará unicamente en determinadas condicións, como unha nutrición axeitada, saúde, exercicio físcico, etc. Como consecuencia, o aumento de estatura ao longo do tempo se atribuirá a un cambio nestes factores. Esta correspóndese coa explicación científica.
- b) Atribuír a estatura unicamente aos xenes. Como consecuencia, o aumento de estatura ao longo do tempo se atribuirá a un cambio nos xenes, unha mutación. Cómpre salientar que aínda sendo posible unha mutación que cause un aumento de estatura, é estadisticamente imposible que isto aconteza de forma simultánea en toda a poboación ou en grande parte dela.

A última pregunta solicítalle ao alumnado elaborar unha predición sobre a estatura das mulleres. Cómpre indicar que só se forneceron datos da estatura de varóns, os únicos dispoñibles, xa que se tallaban ao comezo do servizo militar.

2.2 Por que somos máis altos que os nosos avós? ¹

Existen series de datos de estatura dos varóns en España desde principios do século XX, debido a que se tallaban aos 19 anos para o servizo militar obrigatorio.

A seguinte táboa elaborouse con datos recollidos polo profesor Rafael Tojo, da Universidade de Santiago de Compostela. Mostra os cambios na estatura media dos homes en Galicia de 1935 a 2005.

Ano	1935	1980	2005
Estatura media	163 cm	170 cm	175 cm

Datos recollidos polo Dr. Rafael Tojo Sierra, Unidade de Investigación en Nutrición Humana, USC.

Obsérvase na táboa que a estatura media dos homes aumentou 12 centímetros desde 1935 até 2005 e, como di o profesor Tojo, aumentou cinco centímetros en 25 anos, desde 1980.

1) *Explica detalladamente cal é, na túa opinión, a causa deste aumento, e que probas lle darías a outra persoa para convencelo ou convencela.*

2) *De que depende a estatura dunha persoa?*

3) *Cres que a estatura dunha muller experimenta os mesmos cambios? Por favor explica a túa resposta*

¹ A tarefa pode ser adaptada usando datos sobre estatura noutros países

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

2.3 Aprender da súa posta en práctica

Examínase o que os estudantes precisan realizar na tarefa e resúmense algúns resultados da súa posta en práctica na aula. Cómpre indicar a necesidade de contextualizar a tarefa na unidade e nos modelos de xenética.

En primeiro lugar, os estudantes precisan entender a información fornecida, presentada nunha táboa con datos numéricos. Ás veces dase por suposto que o alumnado de 15 anos poden *interpretar táboas sinxelas*, mais non sempre é así, e o docente pode asegurarse de que entendeu o seu significado. O alumnado precisa tamén recuperar información non subministrada, como a mellora na alimentación e condicións de saúde ao longo do tempo, identificándoas como factores ambientais. Malia ser esta mellora coñecida no contexto de Galicia, poderían precisar da axuda do docente. Por exemplo, podería preguntarlle ao alumnado sobre a estatura dos seus avós, sobre as súas condicións de vida e o que comían. Moitos destes avós víronse forzados a emigrar nos anos 50 e 60 debido á falta de recursos. A súa comida diaria consistía nun caldo de verzas ou pouco máis. Alternativamente o profesorado podería incluír estes datos como parte da información proporcionada.

En segundo lugar, os estudantes precisan chegar a unha conclusión a partir destes datos, integrándoos nunha explicación causal e usando o concepto de fenotipo. No primeiro apartado discútense posibles respostas, a continuación reproducense algunhas.

Cinco clases de 4º de ESO e 1º de Bacharelato (N=144) levaron a cabo esta tarefa nun formato algo distinto (Puig e Jiménez Aleixandre, 2009). A maioría deles deron explicacións baseadas nas interaccións xenes-ambiente, por exemplo (respostas literais):

“ (...) el hecho de que seamos ahora más altos que nuestros bisabuelos tiene más que ver con la alimentación y la forma de vida que con la evolución”

“ (...) en las distintas generaciones también influyen hábitos actuales (forma de vida, deporte, evolución) aparte de la genética”

Os estudantes mencionan factores como a alimentación, estilo de vida e deportes, malia que non está clara a referencia do segundo alumno á ‘evolución’ (interpretamos que non ten que ver coa evolución biolóxica, senón cos cambios no estilo de vida). Porén, houbo 24 (17%) que interpretaron o aumento da estatura como unha proba da evolución, por exemplo:

“Penso que tamen sirve porque se ve que algo cambiou, que houbo algún tipo de mutación xénica xa que as condicións e necesidades de vida tamén son diferentes”

“Creo que é unha proba bastante clara xa que pouco a pouco o ser humano foi evolucionando co paso do tempo. Na antigüidade o ser humano era de moi baixa estatura e pouco a pouco foi evolucionando perfeccionando o seu corpo.”

A segunda resposta é un exemplo das posturas teleolóxicas sobre a evolución, en termos de tendencia cara á ‘perfección’.

Poderíamos relacionar estas dificultades co feito de que circulen nos medios e nos libros de divulgación científica interpretacións destes cambios na estatura como mutacións ou probas dos cambios evolutivos. Por exemplo Diehl e Donnelly (2008) afirman que o aumento da estatura humana desde os tempos dos nosos avós é un exemplo de evolución (darwinista). As implicacións son que, o alumnado, incluso nun contexto familiar para eles, ten dificultades para extraer conclusións a partir de datos e para articular estes cos modelos científicos.

3. RELACIONAR A MODELIZACIÓN COA ARGUMENTACIÓN: XENOTIPO E FENOTIPO DAS PERSOAS**3.1 Introducción: Relacionar a modelización coa argumentación**

Esta actividade céntrase na modelización das relacións xenotipo-fenotipo e da produción de gametos. Foi adaptada de Dixon (1982), introducindo: a) a construción dos modelos físicos polo alumnado (non polo docente); b) o intercambio de modelos entre pequenos grupos, solicitándolles que formulen hipóteses sobre posibles xenotipos correspondentes ao fenotipo representado (Jiménez Aleixandre, 1990).

As prácticas científicas de uso de probas e modelización están conectadas entre si: a revisión e avaliación de modelos lévanse a cabo á luz das probas dispoñibles (Berland e Reiser, 2009), pois a capacidade explicativa dos modelos avalíase en base ás probas.

A tarefa aborda as dificultades do alumnado cos conceptos e modelos de xenética, relacionadas coa súa natureza abstracta. Encontramos a modelización de utilidade para o alumnado, por exemplo para visualizar a existencia de dous alelos para cada carácter. A existencia de dúas series de material xenético, xenes e cromosomas, é unha noción central no modelo. Os estudos sinalan que unha proporción de alumnos non aplica de xeito consistente esta idea, incluso ao final da educación secundaria obrigatoria (Duncan et al., 2009).

Pídese aos estudantes que constrúan un modelo empregando lápices e rotuladores de cores para debuxar características fenotípicas como a cor de ollos e do cabelo, (nunha versión simplificada), o grupo sanguíneo, o lóbulo das orellas ou o sexo. Proporcióname información adicional sobre os modelos de herdanza, como os grupos sanguíneos, como exemplo de herdanza multialélica. Para os 'alelos' empregan papel ou cartolina de distintas cores. Os obxectivos son:

- a) Modelizar e visualizar as relacións xenotipo-fenotipo
- b) Modelizar e visualizar a existencia de dúas series de xenes
- c) Modelizar e visualizar o papel do azar na produción de gametos
- d) Formular hipóteses sobre posibles xenotipos correspondentes aos fenotipos representados, e predicir os xenotipos potenciais da descendencia.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

3.2 Xenotipo e fenotipo das persoas (adaptado de Dixon, 1982)

Traballando en pequeno grupo, ides construír un modelo sobre as relacións entre o xenotipo e o fenotipo, seleccionando unhas poucas características.

Material (para cada grupo)

- Dous sobres brancos
- Lápicos de cores e rotuladores
- Papeis ou cartolina de cores
- tesoiras e unha moeda.

Procedemento

A) Construír fenotipos e xenotipos

- 1) Seleccionade tres características fenotípicas a representar, por exemplo: cor de ollos (marrón/azul); grupo sanguíneo (A/B/O/AB); cor de pelo (castaño/louro); lóbulo da orela (libre/pegado), etc. Representade tamén o sexo, usando os símbolos masculino (♂) e feminino (♀). Agora escollede que cor (de papel / cartolina) representa os alelos de cada carácter (por exemplo, azul para cor de ollos, rosa para grupo sanguíneo, etc.)
- 2) Usade un sobre para a muller e outro para o home e debuxade no exterior do sobre os *fenotipos* dos tres caracteres escollidos e o símbolo do sexo. Cortade un par de pequenos rectángulos de papel da mesma cor para cada carácter e indicade neles os alelos. Que representan? Como será o par de alelos se representan un carácter recesivo? Non esquezades poñer dentro do sobre os rectángulos para o sexo.

B) Intercambio de 'parellas'

- 3) Intercambiade os dous sobres con outro grupo, de tal xeito que cada grupo teña agora unha parella distinta da que preparou.
- 4) *Antes de abrir o sobre*, á vista do fenotipo, propoñede hipóteses sobre o posible *xenotipo* para cada carácter, e escribídeas. Podería haber máis dunha hipótese? Logo, abride o sobre, e comprobade cada unha das hipóteses cos 'xenes'. Para cantos caracteres, dos representados, é homocigoto cada proxenitor?, Para cantos heterocigoto? Cantos gametos distintos poderá producir cada proxenitor (para estes caracteres)?
- 5) Preparade un gameto masculino (♂) e un feminino (♀), usando unha moeda – para simular o azar – para cada característica heterocigótica. A continuación discutide e escribide os xenotipos e fenotipos resultantes no fillo ou filla. Repetide este paso: son idénticos os irmáns?

3.3 Aprender da súa posta en práctica

O apoio do docente é crucial nesta actividade, como en todas as tarefas de modelización. É preciso facer explícitas as simplificacións: por exemplo, a herdanza da cor dos ollos depende de múltiples xenes. Facelo explícito, pode axudar ao alumnado a entender a natureza e o papel dos modelos.

Unha das dificultades observadas na posta en práctica é a construción do modelo de xenotipo usando dous rectángulos de cartolina ou papel. Algúns estudantes trataron de usar só un, o que implicaría un só alelo para cada xene. O docente precisa revisar o proceso de construción do modelo en cada grupo.

Despois do intercambio de sobres, cando se pide que propoñan distintas hipóteses sobre os fenotipos representados, algúns interpretan que só pode haber un xenotipo posible para cada fenotipo: por exemplo só un xenotipo AA para o grupo sanguíneo A, ignorando a posibilidade do heterocigótico AO. Este alumnado non contempla que un rasgo dominante expresado no fenotipo podería corresponder a un organismo homocigótico ou heterocigótico. Isto é un exemplo de como a interpretación de datos polo alumnado interacciona coa súa apropiación do modelo relevante.

Na discusión coa clase é importante aclarar a noción de alelo, por exemplo pedíndolle a un alumno ou alumna que debuxe no encerado as posibles combinacións alélicas para cada carácter. É preciso tamén discutir a variabilidade entre irmáns.

Debido ás limitacións de tempo esta tarefa levouse a cabo nunha sesión, mais suxerimos empregar dúas sesións. A primeira para construír os modelos e interpretalos de maneira apropiada; e a segunda para elaborar hipóteses sobre fenotipos e modelizar a formación de gametos e a combinación destes na descendencia, facendo fincapé no papel do azar neste proceso.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

4. ESCOLLER EXPLICACIÓNS EN BASE ÁS PROBAS: OS VELOCISTAS NEGROS

4.1 Introducción: Escoller explicacións en base ás probas

A argumentación pode ter lugar en distintos contextos (Jiménez Aleixandre, 2010), por exemplo nesta tarefa é a elección dunha explicación en base ás probas, mentres que na do próximo capítulo é a avaliación de enunciados. Esta actividade aborda como interpreta o alumnado un fenómeno da vida real: os logros dos velocistas negros.

Como na tarefa da estatura, os estudantes precisan articular o uso de probas co modelo de expresión dos xenes. Esta actividade é máis complexa, en primeiro lugar porque se centra nun desempeño e non nunha característica física; en segundo porque deben traballar cun complexo conxunto de datos. Ten ademais unha dimensión socio-científica, as representacións sociais, por exemplo nos medios, que implican posicións deterministas en relación ás “razas” humanas. A actividade ten tamén como obxectivo o desenvolvemento do pensamento crítico sobre estas representacións.

A actividade aborda varias dimensións que forman parte do uso de probas:

A pregunta 1, pídelle ao alumnado *establecer correspondencias* entre cada unha das oito informacións achegadas e as tres explicacións alternativas. Noutras palabras, *identificar que informacións apoian cada explicación*. En particular, deben identificar cales apoian a influencia dos xenes e cales a influencia do ambiente.

A pregunta 2, require *escoller* unha das tres explicacións en base aos datos. O alumnado ten que *seleccionar probas axeitadas e integrais* na explicación.

A pregunta 3, pídelle ao alumnado decidir *que datos constitúen probas*, xustificándoo. Esta dimensión relaciónase co meta-coñecemento, o coñecemento sobre o *papel e a natureza das probas*, sobre os criterios epistémicos para avaliar o coñecemento, para diferenciar enunciados sustentados en probas de opinións.

A tarefa está deseñada para dúas sesións, a primeira para traballar en grupos pequenos e a segunda para poñer en común e discutir as respostas entre toda a clase. A meirande parte das informacións presentadas foron proporcionadas xunto a recortes de prensa que non poden ser reproducidos (debido aos dereitos de autor). Proporcionáanse ligazóns ás fontes orixinais, por se o profesorado quere utilizalas directamente.



4.2 Os velocistas negros

Como explicas os logros en atletismo dos velocistas negros?

Desde os Mundiais de atletismo de Roma de 1987, onde tres atletas brancos alcanzaron a final de 100 m lisos, os velocistas de cor negra coparon todos os postos das finais nas Olimpíadas e Mundiais. Dánse distintas explicacións a estes logros:

- A) isto é consecuencia dos seus xenos.
- B) isto é debido á influencia de factores como alimentación, adestramento, etc.
- C) isto é debido a unha combinación de A e B.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

O que tendes que facer:

- 1) Das informacións proporcionadas, indicade cales apoian A, cales B e cales C.
- 2) Escollede a mellor explicación e xustificade a vosa elección en base ás distintas informacións achegadas.
- 3) Dos datos achegados: Cales pensas que son probas e por que?

As oito informacións (todas, agás a táboa, extraídas de noticias de xornais)

(1) *Lonxitude das pernas*

Un estudo científico estadounidense indica que as pernas dos deportistas negros son máis longas en relación coa súa talla que as dos brancos. Isto podería explicar a súa superioridade na carreiras: a máis lonxitude das extremidades inferiores, que actúan de palancas de impulsión, máis velocidade dos corredores.

<http://www.elmundo.es/salud/1999/361/02993.html>

(2) *As propiedades do Ñame* (ilustración de camiseta “Got yam? Food of champions”).

O pai de Usain Bolt explica as vitorias do seu fillo nas propiedades extraordinarias do Ñame ou Yam, un xénero de planta tropical cun tubérculo que se utiliza na alimentación na illa de Xamaica.

<http://www.jornada.unam.mx/2009/08/22/deportes/a36n1dep>

(3) *O xene do deporte, alpha-actinina: ACTN3*

O xene ACTN3 ten dúas variantes alélicas: R e X, que se poden combinar de distintos modos dando lugar aos xenotipos: RR, RX, XX. A presenza do alelo R do xene ACTN3 (RR ou RX) produce a proteína alpha-actinina localizada nas fibras musculares de contracción rápidas. O alelo X non codifica para esta proteína. Un estudo científico con deportistas de elite mostra diferenzas xenéticas entre velocistas e atletas de fondo (*The New York Times*, Novembro, 2008).

<http://www.nytimes.com/2008/11/30/sports/3ogenetics.html?pagewanted=all>

(4) *A proteína ECA aumenta a resistencia nos deportes*

A proteína ECA (Enzima Convertidora de Anxiotensina) ten dúas variantes, codificadas por distintos alelos. A de tipo II mellora a actividade cardiovascular nos atletas, actuando como unha bomba que permite que chegue máis sangue ao músculo (e polo tanto, máis osíxeno). Esta versión da proteína é máis frecuente nos deportistas de resistencia, por exemplo nos atletas de fondo. Nota: ECA (Enzima Convertidora de Anxiotensina) é unha proteína que cataliza o proceso de conversión dunha das formas da hormona anxiotensina, a tipo I, na de tipo II.

http://www.abc.es/hemeroteca/historico-01-08-2009/abc/Deportes/un-gen-para-elegir-deporte_923005998238.html

(5) *Roupa e calzado de alta tecnoloxía*

O novo chaleco conxelable usado no quecemento para as probas de máis de dúas horas, retrasa nun 20% o tempo que tarda o organismo en alcanzar os 39,5 grados, temperatura que marca o inicio na redución do rendemento (J.González Alonso, experto español no estudo do estrés térmico e o rendemento).

Mescher, o fabricante das Zapatillas Nike superlixerías di: “buscan o retorno do home a natureza: o home primitivo corría descalzo”

http://www.elpais.com/articulo/deportes/frontera/tecnodoping/elpepidep/20080414elpepidep_34/Tes

(6) *As rutas en barco dos escravos*

Unha das hipóteses que tratan de explicar o dominio aplastante de Xamaica nas probas de velocidade é, segundo o doutor William Aiken: “Como Xamaica foi unha das últimas paradas dos barcos cargados con escravos, iso significa que só os máis fortes sobrevivían ao desembarco na illa”

Aiken pensa que as condicións inhumanas da viaxe produciron unha presión selectiva que fixo que só os máis fortes sobreviviran á viaxe.

<http://www.jornada.unam.mx/2009/08/22/deportes/a36n1dep>

(7) *Xamaica: a illa dos sprinters*

Algúns dos logros nas probas de velocidade de atletismo foron para atletas negros de orixe xamaicana. É o caso dos campións olímpicos como o británico Linford Christie e os canadenses Ben Johnson e Donovan Bailey. Isto apoia a crenza sobre a existencia dalgunha diferenza xenética nos velocistas deste país caribeño.

<http://www.genetic-future.com/2008/08/gene-for-jamaican-sprinting-success-no.html>

(8) *Táboa cos gañadores das medallas de ouro de atletismo en 100 m lisos masculinos nos xogos olímpicos de 1984 a 2008:*

Xogos olímpicos	Medalla de ouro / país	Cor pel	Nacido en	Educado / adestrado en
Los Angeles 1984	Carl Lewis, EEUU	negra	Alabama, EEUU	EEUU
Seúl 1988	Carl Lewis, EEUU	negra	Alabama, EEUU	EEUU
Barcelona 1992	Linford Christie, Reino Unido	negra	Xamaica	Inglaterra dende os sete anos
Atlanta 1996	Donovan Bailey, Canadá	negra	Xamaica	Canadá dende os 13 anos
Sydney 2000	Maurice Greene, EEUU	negra	Kansas, EEUU	EEUU
Atenas 2004	Justin Gatlin, EEUU	negra	New York, EEUU	EEUU
Pekín 2008	Usain Bolt, Xamaica	negra	Xamaica	Xamaica

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

4.3 Aprender da súa posta en práctica

Esta actividade levouse a cabo en dúas clases de 4º de ESO (N=53), traballando en pequeno grupo. Resúmense algúns resultados sobre o uso de probas polo alumnado, analizados en detalle noutros artigos (Jiménez Aleixandre e Puig, 2011; Puig e Jiménez-Aleixandre, 2011).

As informacións foron recollidas de noticias de prensa para reproducir un contexto da vida diaria e co obxectivo de interpretar información de contido científico. Algúns textos foron adaptados e outros reproducidos literalmente. Representan distintos tipos de información, a) polo seu status epistemolóxico ou en que medida están sustentadas en probas; b) polo tipo de factores que contribúen aos desempeños; e c) por apoiar unha ou máis das tres opcións. O uso dun complexo repertorio de datos propónse tanto nos traballos sobre argumentación como nos curricula baseados en competencias.

Sobre o status epistemolóxico, é dicir se son opinións ou enunciados sustentados en probas: cinco correspóndense con enunciados sustentados en datos, ben de estudos científicos (de acordo con cada información), como (1) lonxitude das pernas; (3) xene do deporte; (4) proteína ECA; (5) roupa e calzado de alta tecnoloxía, ou ben de datos públicos: (8) gañadores de medallas de ouro. Unha, (6) as rutas en barco dos escravos, correspóndese cunha hipótese baseada nun razoamento. Dúas, (2) ñame e (7) illa dos sprinters, correspóndense máis con opinións, polo menos tal e como están redactadas. Por exemplo, a (7) poderíase transformar nunha proba se incluíse datos sobre o xene ACTN3 ou a lonxitude das pernas. A pregunta 3 examina se os estudantes son quen de facer estas distincións.

Sobre o tipo de factores que contribúen aos desempeños: catro, (1), (3), (4) e (7) refírense á xenética, apoiando a opción A; dúas, (2) e (5), ao ambiente, apoiando a opción B; e outras dúas, (6) e (8) a unha combinación de ambas, apoiando a opción C. Cómpre indicar que as informacións que apoian a opción A e B tamén poderían ser empregadas polo alumnado para apoiar a opción C, unha combinación da influencia dos xenes e do ambiente (e así ocorreu). Tamén usaron datos distintos das oito informacións achegadas, ben mencionados explicitamente na opción B ('alimentación e adestramento'), ou implícitamente na (8) Táboa dos gañadores de medallas de ouro. Na opción B déronse exemplos concretos en lugar de referencias xerais aos 'factores ambientais', para evitar que os estudantes interpretasen de maneira limitada, como o clima.

Os resultados da pregunta 1, que información é apoiada por cada explicación, e 2, a elección dunha explicación, discútense conxuntamente.

Os datos máis fáciles de interpretar como exercendo influencia nos desempeños dos velocistas foron: (3) o xene do deporte, (2) ñame e (5) roupa e calzado deportivo. Os utilizados con maior frecuencia nos informes escritos e nas discusións orais foron os xenes, a comida e o adestramento. Por exemplo, os estudantes argumentan sobre a necesidade de comer ben para poder correr ben. Hai correspondencia entre a opción A ('debido aos xenes'), e a formulación dos ítems (1), (3) e (4). Os alumnos apelan ao ítem (3), titulado o 'xene do deporte', malia a complexidade da explicación completa parecer elevada. Cómpre notar que algúns grupos usaron o ñame como un exemplo da influencia da alimentación, aínda considerándoa unha opinión (algúns dixeron que era unha 'mentira') non apoiada por un estudo. É interesante sinalar que un grupo interpretou (1) lonxitude das pernas como un apoio da influencia do ambiente e dos xenes, afirmando que sen unha alimentación axeitada as pernas non chegarán a alcanzar a súa completa lonxitude. É unha interpretación correcta talvez influenciada pola tarefa da estatura da primeira sesión.

Outras informacións como a táboa dos gañadores de medallas resultaron máis complicadas para o alumnado. Malia algúns grupos afirmaren, como era o obxectivo, que apoiaba a interacción entre os xenes (non hai atletas brancos) e o ambiente (ningún deles é de África), dous grupos interpretaron que apoiaba só aos xenes, e un grupo, só ao ambiente. Un grupo afirmou que a táboa mostraba que o ambiente non influía, xa que os gañadores procedían de distintos países.

Dadas as dificultades na identificación da interacción xenes-ambiente na táboa, en particular a influencia (calidade da alimentación, servizos de saúde e adestramento) do país de adestramento dos atletas, e seguindo unha suxestión de Per-Olof Wickman, introducimos unha táboa adicional no ítem (8), con datos de hockey sobre xeo nas olimpíadas de inverno. Como se mostra na táboa todas as medallas de ouro, prata e bronce, foron acadadas polos países do norte. Espérase que os alumnos identifiquen a abundancia de xeo e neve, xunto coa tradición do hockey nalgúns lugares como Canadá, onde naceu este deporte, como factores ambientais que inflúen neste desempeño.

Equipos masculinos gañadores de medallas en hockey sobre xeo nas Olimpíadas de Inverno

Olimpíadas de inverno	Medalla de ouro	Medalla de prata	Medalla de bronce
Sarajevo 1984 (Iugoslavia)	Unión Soviética	Checoslovaquia	Suecia
Calgary 1988 (Canadá)	Unión Soviética	Finlandia	Suecia
Albertville 1992 (Francia)	Equipo unificado (Rusia e outros países das repúblicas soviéticas)	Canadá	Checoslovaquia
Lillehammer 1994 (Noruega)	Suecia	Canadá	Finlandia
Nagano 1998 (Xapón)	República Checa	Rusia	Finlandia
Salt Lake City 2002 (Estados Unidos)	Canadá	EEUU	Rusia
Turín 2006 (Italia)	Suecia	Finlandia	República Checa
Vancouver 2010 (Canadá)	Canadá	EEUU	Finlandia

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

5. AVALIAR UN ENUNCIADO Á LUZ DAS PROBAS: WATSON E A INTELIXENCIA

5.1 Introducción: Avaliar un enunciado á luz das probas

Esta actividade céntrase na avaliación dun enunciado. Poderíase dicir que, con respecto ás outras tarefas, como as das sesións 1 e 3, que parten de datos, aquí o proceso é o contrario: a partir do enunciado identificar os supostos nos que está baseado, contrastando o enunciado con probas. A capacidade para avaliar enunciados abórdase de maneira explícita na caracterización das competencias científicas, como se indica na introdución.

O enunciado que se propón aos estudantes para avaliar procede da entrevista a James Watson no *Sunday Times* en outubro de 2007. Nela afirmou que os negros son menos intelixentes que os brancos debido aos xenes. Para favorecer a avaliación deste enunciado polo alumnado, proporcionáronse dous ítems relacionados coa influencia do ambiente nos desempeños das persoas. No estudo piloto (Puig e Jiménez Alexandre, 2010) incluíronse catro ítems, un deles a táboa de gañadores de medallas discutida no capítulo anterior. Dada a complexidade deste ítem, a actividade dividiuse en dúas tarefas. Nesta pídese ao alumnado:

- a) Resumir o enunciado de Watson nas súas propias palabras.
- b) Examinar cada información e avaliala en termos de probas a favor ou en contra do enunciado de Watson (ou non relacionada co enunciado).
- c) Identificar que tipo de datos serían necesarios para apoiar ou refutar o enunciado.

O enunciado de Watson é un exemplo do determinismo, perspectiva que atribúe todos os desempeños humanos exclusivamente aos xenes, discutida no capítulo 1.

Ligazón á entrevista de Watson: <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/article2677098.ece>

Para levar a cabo a tarefa, o alumnado precisa: 1) identificar o enunciado como un caso en referencia ao modelo de expresión dos xenes, xa que o uso de probas se articula co uso de modelos científicos; 2) conectar cada unha das informacións co enunciado, noutras palabras, *identificar pautas nas informacións*; 3) identificar os *criterios relevantes* de avaliación de probas, necesarios para levar a cabo (b) e (c). Esta terceira dimensión está relacionada co meta-coñecemento ou o coñecemento sobre o papel e a natureza das probas.

5.2 Watson e a intelixencia

Hai probas para falar de diferenzas xenéticas en intelixencia entre persoas brancas e negras?

O 14 de outubro de 2007 o especialista en xenética James Watson, premio Nobel en 1962 polo descubrimento da estrutura do ADN declarou ao Sunday Times que os negros son menos intelixentes que os brancos. “*Quen tratan con empregados negros saben que isto [que todas as persoas son iguais] non é certo*”. Afirmou asímesmo que nuns dez anos se poderían identificar os xenes responsables das diferenzas en intelixencia.

1) *Resume a afirmación de Watson nas túas propias palabras*

2) *Examina as seguintes informacións e indica se apoian, refutan ou non se relacionan coas afirmacións de James Watson (JW).*

(A) A porcentaxe de bebés que morren antes de cumprir un ano (mortalidade infantil) é de 4 por cada dez mil nados en España, Francia, Holanda etc. En Estados Unidos, (onde non hai Seguridade Social ou medicina pública, habendo só medicina privada) é de 7 por dez mil, con estas diferenzas: 5,7 por dez mil brancos e 14 por dez mil negros.

A1. Creo que

- Apoia a afirmación de JW
- Refuta a afirmación de JW
- Non se relaciona

A2. Explica a túa elección, indicando que probas darías para convencer a unha persoa que pensase o contrario.

(B) Diversos estudos en Arxentina e outros países latinoamericanos mostran a relación entre nutrición infantil e desenvolvemento intelectual. Nos nenos que sofren desnutrición crónica (fame) até os 2 anos o rendemento intelectual na escola diminúe, non se concentran, repiten curso, e teñen problemas coa linguaxe. Parte da explicación pode ser que o cerebro pesa uns 350 g ao nacer e, con adecuada nutrición, aumenta até uns 900 g aos 14 meses.

B1. Creo que:

- Apoia a afirmación de JW
- Refuta a afirmación de JW
- Non se relaciona

B2. Explica a túa elección, indicando que probas darías para convencer a unha persoa que pensase o contrario.

3) *Que tipo de datos cres que serían necesarios para probar que (a) JW leva razón ou (b) non leva razón?*

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

5.3 Aprender da súa posta en práctica

Examinamos as dificultades para realizar a tarefa. O enunciado de Watson foi reproducido en xornais de todo o mundo. Preguntámonos como interpreta este enunciado o público en xeral, se serían quen de avalialo criticamente e de recuperar información para poñelo en cuestión. Por esta razón, desenvolveuse con alumnos de 3º (último ano en que as ciencias son obrigatorias) e 4º de ESO, último curso da escolarización obrigatoria.

A primeira pregunta solicita ao alumnado reformular o enunciado de Watson nas súas propias palabras. Para isto, precisan *identificar o significado* do enunciado. Algúns interpretaron que os ítems eran probas a favor do enunciado de Watson, xa que se centraron unicamente na primeira parte do enunciado ('os negros son menos intelixentes que os brancos'), argumentando que as peores condicións de saúde e alimentación darían lugar a peores resultados (Puig e Jiménez-Aleixandre, 2010). Noutras palabras, non identificaron que Watson atribuíra as diferenzas aos xenes. Un exemplo:

“Apoia a súa afirmación porque ao non ter comida e o cerebro non se desenvolver, claro que van ser menos intelixentes que outros”

A pregunta 2 require que o alumnado coordine as probas co enunciado. Para isto, ademais de identificar o significado do enunciado, precisan: a) recoñecer o *significado dos ítems* como exemplos da influencia do ambiente na expresión dos xenes (ou no caso do ítem A, diferentes condicións ambientais para os negros e os brancos); b) *relacionar* os datos dos ítems co enunciado. A maioría do alumnado relacionou os datos co enunciado, mais algúns tiveron dificultades, como amosa este exemplo sobre o ítem A:

“O feito de que morran máis bebés negros ca brancos, non ten que ver coa intelixencia senón coas posibilidades económicas dos pais”

Sobre a pregunta 3, os alumnos propoñen unha serie de probas, por exemplo estudos comparativos con poboacións de negros e brancos en ambientes similares, ou tests de intelixencia (que non proporcionarían probas axeitadas). Algúns apelan aos logros de líderes negros como Mandela, Luther King e Obama, como probas en contra de Watson. Cómpre salientar que a natureza social do enunciado fixo que algúns alumnos se centrasen máis en criticar as súas implicacións racistas que en responder ás preguntas da tarefa. Isto apunta á necesidade do apoio do profesor para desenvolver as operacións que forman parte da competencia en uso de probas.

6. MODELIZAR A INFLUENCIA DO AMBIENTE: COCIÑAR ROSQUILLAS

6.1 Introducción: Modelizar a influencia do ambiente

Esta tarefa céntrase na modelización das interaccións xenes-ambiente, en particular, a influencia do ambiente na expresión dos xenes, o fenotipo. Esta orixinal tarefa foi creada pola profesora e investigadora Sue Johnson (1991) no Center for Biology Education, da Universidade de Wisconsin², a quen agradecemos o seu permiso para usala como parte da unidade. Na USC foi utilizada desde os anos 90, tanto para educación secundaria como en formación do profesorado. Mentres que a tarefa de Dixon, discutida no capítulo 3, modificouse en profundidade, neste caso fíxose unha pequena adaptación: empregamos unha receita tradicional de rosquillas (fritidas ou ao forno), en lugar de galletas, e fixéronse algúns pequenos cambios nalgunhas preguntas. Empregamos unha receita de rosquillas que poden ser ou ben fritidas (receita 1) ou ben ao forno (receita 2), o que resulta axeitado para a analoxía.

A tarefa de Johnson emprega unha analoxía para apoiar a comprensión: como ela sinala, o familiar –as relacións entre as receitas de rosquillas e as rosquillas – para explicar o que non é familiar – as relacións entre xenotipo e fenotipo. É unha tarefa de modelización que apoia a visualización da influencia do ambiente na expresión dos xenes.

Pódese adaptar ás distintas receitas tradicionais de cada país, tendo en conta unha característica que suxire Johnson: dúas aparencias similares (fenotipo) con distintas receitas (xenotipo); no noso caso, rosquillas fritidas de anís e limón. Nós engadímoslle dúas coa mesma receita (ingredientes) e cociñadas de distinta forma, resultando en distinta aparencia, rosquillas fritidas e ao forno de anís.

Entregouse ao alumnado varios días antes as receitas das rosquillas para que as cociñasen na casa. O docente debe asegurarse de que se van cociñar as catro receitas. A tarefa levouse a cabo en pequenos grupos, organizados de modo que cada un deles teña rosquillas das catro receitas. Na segunda parte os alumnos intercambian as rosquillas con outros grupos co obxectivo de ter unha variedade de rosquillas cociñadas coa mesma receita por persoas distintas.

² http://cbe.wisc.edu/cbe_pubs/cookie_analogy.html

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

6.2 Cociñar rosquillas (adaptada de Johnson, 1991)

A. Prepara rosquillas na casa, seguindo unha destas catro receitas:

1. *Rosquillas de anís (fritidas)* e 2. *Rosquillas de anís (ao forno)*³

- | | | |
|--|-------------------------|---------------------|
| - 250 g fariña | - 1 culleriña de lévedo | - 2 ovos |
| - 1/2 cunca de anís | - 1 cunca de leite | - 1 cunca de azucre |
| - 1/2 cunca de aceite de oliva (e aceite para fritilas, no caso de facelo) | | |

Bater os ovos e engadir a continuación o aceite, o anís e o leite, seguir batendo. Unha vez que estea todo ben mesturado, engadirlle o azucre e o lévedo. Botar pouco a pouco a fariña até formar unha masa. Cortar a masa en pequenas porcións e facer cilindros (dun medio cm de diámetro). Unir despois as puntas.

1. *Fritidas*: Quentar o aceite nunha tixola co lume non moi alto e fritir as rosquillas até ver que inchan. Entón, subir o lume para douralas. Secar as rosquillas en papel de cociña. Pódese botar azucre por riba.

2. *Ao forno*: Colocar as rosquillas nunha bandeixa e cociñalas co forno previamente quente a 170^o-180^oC durante 15 minutos, até estaren douradas.

3. *Rosquillas de limón (fritidas)*

- | | | |
|------------------------|---|---------------------|
| - 250 g fariña | - 1 culleriña de lévedo | - 2 ovos |
| - 1 limón (pel) relado | - 1 cullerada de zume de limón | - 1 cunca de azucre |
| - 1 cullerada de auga | - 1/2 cunca de aceite de oliva (e aceite para fritilas) | |

Bater todo xunto: os ovos, o azucre, a auga e a pel do limón relada. A continuación engadir o aceite e o zume de limón. Mesturar a fariña co lévedo, e botalo pouco a pouco sen parar de bater. Se é preciso, engadir máis fariña até que a masa deixe de estar pegañenta. Cortar a masa en pequenas porcións e formar cilindros de medio centímetro de diámetro. Une despois as puntas.

Fritir as rosquillas en abundante aceite e logo secalas en papel de cociña. Pódese botar azucre por riba.

4. *Rosquillas de améndoas (ao forno)*

- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| - 200 g de fariña | - 1 cullerada de lévedo | - 2 ovos |
| - 1 cullerada de anís | - 180 g de leite condensado | - 50 g manteiga |
| - 50 g de anacos de améndoas | | |

Mesturar a fariña e o lévedo e colocalos nunha cunca grande ou formando unha especie de volcán na encimeira da cociña. Engadirlle no medio os ovos, o leite condensado, a manteiga e o anís e amasalos. Deixalo repousar durante 30 minutos. Cortar a masa en pequenas porcións e formar cilindros de medio centímetro de diámetro, unindo despois as puntas. Colocalas nunha bandeixa de forno untada de manteiga e botalles as améndoas. Cociñar no forno quente (170^o-180^oC) durante 15 minutos, até estaren douradas.

³ Se non se quere usar licor, pódense usar sementes de anís (ou un chisquiño de esencia de anís) no seu lugar.

B.1 Observación das rosquillas

Bota as rosquillas nun prato e colócao co resto de pratos de rosquillas cociñadas coa mesma receita. Por favor, non as probes aínda.

- 1) Cociñáronse todas as rosquillas do prato coa mesma receita?, Parécenche idénticas todas as rosquillas dun mesmo prato?
- 2) Indica todas as semellanzas que observes entre as rosquillas do mesmo prato. Sinala todas as diferenzas que observes entre elas.
- 3) Son idénticas as rosquillas cociñadas coa mesma receita en todos os pratos nos que se usou esa receita?
- 4) Sinala todas as semellanzas que observes entre elas. Sinala todas as diferenzas que observes entre elas.

B.2 Explicar semellanzas e diferenzas

Pídelle ao profesor un prato baleiro. Cada grupo, collede unha rosquilla *de cada un dos pratos* (anotando as receitas) e botádeas no prato baleiro. Agora podes probalas, mais non comades todas. Observa as distintas rosquillas e responde as seguintes cuestións:

- 5) Por que *razóns* todas as rosquillas *cociñadas pola mesma persoa* poden non ser idénticas?
- 6) Por que *razóns* as rosquillas cociñadas coa mesma receita por distintas persoas poden non ser idénticas?
- 7) Explica por que as rosquillas cociñadas coa receita 1 e 2 que usaron os *mesmos ingredientes* son diferentes. Existen rosquillas cociñadas con distintas receitas que se asemellen entre sí?
- 8) Usando as rosquillas como exemplos de organismos vivos, discute a *influencia* dos ingredientes da receita e a influencia do xeito de cociñalas. A que elementos ou características dos organismos vivos correspóndense os ingredientes e o xeito de cociñalas?
- 9) Usando as rosquillas como exemplos de organismos vivos, poderías dicir observando un grupo de organismos distintos *cales teñen as receitas máis similares?* Explícao.

C. *Conclusión*: Unha vez que os grupos remataron de responder as preguntas, discutídeas coa clase. Podedes levar a cabo unha 'análise enzimática' das rosquillas.



ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

6.3 Aprender da súa posta en práctica

Ao realizar esta actividade na formación inicial de profesorado, os estudantes concordaban connosco en que é divertida e moi útil para modelizar a influencia do ambiente na expresión dos xenes.

O alumnado de secundaria que realizou a tarefa tamén a encontrou atractiva. Porén, é necesario contextualizar a tarefa de modo axeitado, xa que de non ser así nalgúns casos, os alumnos non entenden os seus obxectivos. Para o profesorado pode resultar sinxelo conectar a analoxía (as rosquillas) co fenómeno (as relacións xenotipo-fenotipo), mais isto non sempre é doado para o alumnado. Os estudantes poden non estar afeitos a traballar con analoxías. O apoio do docente é necesario para aproveitar o potencial desta tarefa. As veces os docentes cren que non é necesario usar tempo en discutir de forma explícita as analoxías ou en establecer relacións que lles parecen obvias. Mais desde a nosa experiencia este tempo é necesario para que o alumnado entenda o significado da actividade e non se limite a gozar nunha tarefa tan distinta ás clases de xenética máis habituais.



7. PREDICIR RESULTADOS NUN NOVO CONTEXTO: QUE PASARÁ COS XEMELGOS?**7.1 Introducción: Predicir resultados nun novo contexto**

Esta tarefa forma parte da avaliación da unidade didáctica, un cuestionario escrito utilizado cinco meses despois de completar a unidade en dúas aulas. Céntrase no uso de probas e modelos teóricos para predicir resultados nun contexto distinto aos empregados na unidade didáctica. Require que o alumnado aplique o coñecemento a unha nova situación.

Solicítase que lean un breve texto sobre xemelgos idénticos educados en distintos ambientes e, en base a estes datos, predicir que pasaría con eles aos 16 anos respecto a determinadas características como o desenvolvemento físico e intelectual.

Nesta tarefa, os alumnos precisan articular o coñecemento científico (alfabetización científica) coa competencia de uso de probas. O propósito é examinar a capacidade do alumnado para construír un argumento coherente, apoiado en probas e xustificacións axeitadas.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS**7.2 Que pasará cos xemelgos?**

Dous xemelgos idénticos nacen nun país de África que vive unha situación de guerra. Súa nai morre no parto e son separados: un deles, A, queda nese país africano vivindo cuns familiares, mentres que o outro, B, é adoptado por unha familia francesa e vai vivir a Francia.

O primeiro, A, como toda a súa familia, ten unha alimentación escasa. A súa asistencia á escola é intermitente (uns días vai e outros non), pois desde que fai oito anos en moitas ocasións debe traballar todo o día.

O segundo, B, ten unha alimentación adecuada. Desde os tres anos asiste á escola de forma regular.

Cando chegan aos 16 anos: cres que A e B serán idénticos en todo? Por exemplo

(a) Cres que A e B terán a mesma estatura e a mesma masa muscular ou diferente? Xustifica a túa resposta

(b) En canto á competencia lectora (ser capaces de ler e entender un texto), e as destrezas en resolver problemas científicos ou matemáticos: será a mesma en A e B ou distinta? Xustifica a túa resposta

7.3 Aprender da súa posta en práctica

Analízase se os estudantes son quen de predicir que, aos 16 anos, os xemelgos van a presentar algunhas semellanzas debido a que o seu xenotipo é idéntico, e tamén diferenzas, xustificando estas nas distintas condicións ambientais, é dicir nos datos que se subministran na tarefa. Por exemplo, sobre as características físicas e intelectuais mencionadas na pregunta, poderían:

- a) Predicir que A sería máis baixo que B, porque aínda que compartan xenotipo, a falta dunha nutrición axeitada podería impedir o seu desenvolvemento. Todos os alumnos agás un, prediciron isto e o xustificaron na mala alimentación, malia que só catro de 46 mencionaron o xenotipo compartido (Puig e Jiménez-Aleixandre, 2011).
- b) Ou ben predicir que B sería máis musculoso que A, xustificando isto na mesma proba da alimentación, ou ben predicir que A sería máis musculoso que B, xustificándoo no exercicio físico. Tamén poderían discutir estas dúas posibilidades. A avaliación céntrase nas xustificacións, e calquera destas conclusións considérase adecuada. Só un alumno predicíu que A sería máis musculoso, apoiándoo en que ten que camiñar distancias longas, por exemplo para recoller auga, mentres (supón) B empregará o coche ou o transporte público como fan a maioría dos nenos nos países occidentais. O resto de alumnos, agás un, prediciron que B sería máis musculoso, porén só catro mencionaron os xenes. O alumno restante afirmou que serían idénticos en estatura e masa muscular, xustificándoo en que teñen os mesmos xenes.
- c) Predicir que B desenvolverá mellores destrezas en lectura e matemáticas que A, xustificándoo na distinta asistencia ao colexio. Todos os alumnos xustificaron isto nas dificultades para asistir á escola, malia que só uns poucos, como noutras respostas, mencionaron que teñen o mesmo xenotipo.

En resumo, case todos os alumnos fixeron predicións axeitadas e xustificaron estas cos datos achegados, articulándoas co modelo de xenética. Recoñeceron a influencia do ambiente no desenvolvemento dos xemelgos. Porén, só catro alumnos mencionaron os xenes e o xenotipo nas súas respostas (Puig e Jiménez-Aleixandre, 2011). A nosa interpretación non é que non recoñecesen o papel dos xenes, senón que non consideraron necesario mencionalo, dando por suposto que era coñecemento compartido coa audiencia (neste caso o docente que avaliaría a proba).



PARTE II USO DE PROBAS E MODELIZACIÓN SOBRE O MODELO DE FLUXO DE ENERXÍA

8. OBXECTIVOS DA UNIDADE: PROMOVER A ARGUMENTACIÓN E A MODELIZACIÓN⁴

A unidade didáctica foi deseñada co propósito de desenvolver as competencias en uso de probas e explicación de fenómenos usando modelos científicos. O contexto é ecoloxía en 4º de ESO (15-16 anos), en particular a aplicación do modelo de fluxo de enerxía (transferencia de enerxía) para resolver problemas de xestión de recursos. Os principais obxectivos son implicar ao alumnado en *usar probas* na toma de decisións ou na *elección entre opcións alternativas* e en coordinar as probas dispoñibles cos modelos teóricos. A unidade foi desenvolvida e probada en catro clases de secundaria, con 66 alumnos. O proceso de deseño e os resultados da súa posta en práctica abórdanse en Bravo Torija e Jiménez Aleixandre (2010; 2012).

No currículo de secundaria, un criterio de avaliación en 4º de ESO é: “*Explicar como se produce a transferencia de materia e enerxía ao longo dunha cadea ou rede trófica concreta, e deducir as consecuencias prácticas na xestión sustentable dalgúns recursos por parte do ser humano*“. Noutras palabras, relacionar a diminución de enerxía en cada nivel trófico coa xestión sustentable de recursos. Porén, esta cuestión recibe un tratamento somero na maioría dos libros de texto.

Neste capítulo resúmense en primeiro lugar os obxectivos da unidade didáctica, a continuación discútese de maneira breve a importancia da apropiación do modelo de fluxo de enerxía, e a súa contextualización nas decisións sobre como xestionar recursos mariños e terrestres. Finalmente, preséntase a estrutura da unidade.

8.1 Obxectivos da unidade didáctica: usar probas, producir representacións

Un obxectivo relevante no ensino da ecoloxía (como en todo o ensino das ciencias) debería ser preparar aos estudantes para abordar problemas da vida real. Para este propósito é preciso que participen na resolución de problemas, e non só na construción de cadeas tróficas sinxelas. Un destes problemas da vida real é a xestión de recursos mariños. Na actualidade os gobernos e as institucións internacionais enfróntanse a desafíos relacionados coa redución de recursos pesqueiros e discuten como planificar unha acuicultura sustentable. O alumnado de 4º de ESO está no último curso da educación obrigatoria, polo que moitos deles non cursarán máis materias de bioloxía. Este curso sería a súa última oportunidade para abordar cuestións como esta.

O principal obxectivo da unidade é o desenvolvemento das competencias en uso de probas e modelización polo alumnado. Traballar con cuestións socio-científicas, como a xestión de recursos mariños e terrestres, require do alumnado: 1) aplicar modelos complexos como fluxo de enerxía e pirámide trófica; 2) transformar estes modelos en accións e decisións en contextos da vida real (Bravo Torija e Jiménez Aleixandre, 2012); e 3) construír significados a través do discurso, por exemplo sobre a xestión sustentable de recursos. En consecuencia, a unidade didáctica inclúe tarefas como modelizar o fluxo de enerxía, construír representacións de pirámides tróficas (modelización), ou resolver problemas relacionados coa xestión de recursos usando as probas dispoñibles. O uso de probas e a modelización corresponden a dúas das tres competencias científicas discutidas na introdución. A unidade ten tres obxectivos para os estudantes:

- 1) Desenvolver a competencia en uso de probas para comparar opcións alternativas e escoller a opción mellor sustentada nas probas dispoñibles.
- 2) Desenvolver a competencia de modelizar o fluxo de enerxía nos ecosistemas, incluíndo producir e explicar o significado das representacións (modelos expresados), tanto de fluxo de enerxía como de pirámides tróficas.
- 3) Ser capaz de relacionar a perda de enerxía ao longo da cadea trófica coa xestión de recursos. Isto implica relacionar a transferencia de enerxía coas súas consecuencias. Este obxectivo correspóndese co criterio de avaliación mencionado arriba.

⁴ Unha versión en castelán destes materiais didácticos está publicada na web Leer.es:
<http://docentes.leer.es/materiales/?nivel=155&capa1n=3-ESO&capa2n=E-Ciencias%20de%20la%20Naturaleza>

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

8.2 Por que é importante a apropiación do modelo de fluxo de enerxía?

O uso de probas e a modelización no contexto do modelo de fluxo de enerxía nos ecosistemas require unha comprensión adecuada das súas consecuencias para a xestión de recursos. A aplicación deste complexo modelo implica entender as cadeas e as pirámides tróficas como estruturas que representan como se transfere a enerxía entre os seres vivos, máis que como un reflexo das relacións depredador-presa. Os estudantes precisan recoñecer que: a) a orixe da enerxía nos ecosistemas é a luz do sol, transformada en enerxía química polos produtores na fotosíntese; b) a enerxía química é almacenada (como biomasa) en moléculas orgánicas ao longo da cadea trófica; c) só unha pequena proporción (sobre un 10%) de enerxía en cada nivel estaría dispoñible no seguinte, mentres o 90% restante é consumido para o mantemento mediante a respiración, ou pérdese por un consumo incompleto e dificultades na asimilación. Os estudantes precisan apelar a estas nocións, en particular á transferencia de enerxía, para explicar por que cada nivel trófico ten moita menos enerxía dispoñible que o inmediatamente anterior.

A implicación deste modelo para a xestión sustentable de recursos é que é máis eficiente comer (ou pescar) nos niveis máis baixos: por exemplo é máis eficiente comer vexetais que comer carne de terneira, ou comer pequenos peixes peláxicos (carnívoros secundarios), como sardiñas, anchoas ou arenques, que grandes depredadores como salmón ou atún. Outra consecuencia é que sería máis sustentable criar peixes herbívoros que carnívoros. No entanto, a maioría das piscifactorías crían depredadores, isto conleva que se consuma máis peixe (biomasa) do que se produce.

8.3 Estrutura da unidade didáctica

A unidade foi deseñada polas investigadoras e negociada cos profesores. Desenvolveuse en cinco sesións. Discútese aquí as tarefas relacionadas coas competencias en uso de probas e modelización. Os alumnos traballaron en pequenos grupos. A táboa 8.1 resume a estrutura da secuencia, as prácticas de uso de probas e modelización, e os conceptos de ecoloxía de cada tarefa.

A actividade 1 *Que circula na cadea trófica?*, foi deseñada para axudar a modelizar o fluxo de enerxía. Os estudantes construíron un modelo analóxico con botellas de plástico furadas e auga. Esperábase que conectasen a analogía co modelo teórico, e que extraesen conclusións para os ecosistemas.

Por que ten esta forma a pirámide trófica?, pretende dar oportunidades ao alumnado de producir representacións externas (modelos expresados) de pirámides tróficas e de reflexionar sobre o seu significado, en particular interpretar a súa forma.

Como xestionar unha granxa? require a aplicación do modelo de fluxo de enerxía nun ecosistema terrestre, incluíndo opcións explícitas. Precisan transformar modelos teóricos como o fluxo de enerxía en decisións sobre como xestionar recursos terrestres.

Como se deberían xestionar recursos pesqueiros escasos para alimentar a máis xente? tamén require a aplicación do modelo de fluxo de enerxía, nun ecosistema mariño, máis complexo. Os estudantes xogan o rol dunha ONG coa responsabilidade de xestionar unha baía para alimentar á poboación o maior tempo posible. Precisan relacionar a transferencia de enerxía coa xestión de recursos, seleccionar distintas informacións e conectalas co modelo de fluxo de enerxía para xustificar a súa elección.

Podería ser a acuicultura unha solución? usada como parte da avaliación; céntrase na aplicación do coñecemento en contextos reais, en particular sobre o potencial da acuicultura como alternativa á sobrepesca.

Táboa 8.1. Resumo das tarefas da unidade didáctica

Sesión	Tarefa	Uso de probas e modelización: prácticas dos estudantes	Conceptos de ecoloxía
1	Que circula na cadea trófica?	Modelizar o fluxo de enerxía; traballo cun modelo por analoxía	Fluxo de enerxía, cadea trófica, niveis tróficos
2	Por que ten esta forma a pirámide trófica?	Producir representacións externas de pirámides tróficas e reflexionar sobre o seu significado	Pirámides tróficas, niveis tróficos, biomasa, enerxía, produtividade
3	Como xestionar unha granxa?	Seleccionar unha estratexia para xestionar un ecosistema terrestre; xustificar as decisións baseándose en probas dispoñibles e modelos teóricos	Cadea trófica, pirámides tróficas, fluxo de enerxía, produtividade, biomasa
4	Como se deben xestionar os escasos recursos pesqueiros?	Tomar decisións sobre como xestionar un ecosistema mariño; usar probas para apoiar as decisións e coordinar as probas cos modelos teóricos	Fluxo de enerxía, produtividade, biomasa, cadea trófica, pirámides tróficas
Avaliación	Podería ser a acuicultura unha solución?	Identificar un enunciado e avalialo á luz das probas dispoñibles, aplicar o modelo de fluxo de enerxía á sustentabilidade da acuicultura	Fluxo de enerxía, relacións tróficas, eficiencia ecolóxica

Nos seguintes capítulos discútese cada unha das tarefas e as operacións de uso de probas e modelización que forman parte delas.



ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

9. MODELIZAR A TRANSFERENCIA DE ENERXÍA CON AUGA: QUE CIRCULA NA CADEA TRÓFICA?

9.1 Introducción: Promover a modelización mediante as simulacións

O obxectivo, en termos de modelización, é apoiar ao alumnado –mediante a simulación con auga e botellas – na construción de significados sobre o proceso de transferencia de enerxía ao longo dos niveis tróficos dos ecosistemas. O obxectivo é favorecer a súa transferencia a outros contextos. A construción deste modelo presenta dificultades para o alumnado; unha das razóns é que a enerxía é unha noción abstracta. É máis doado centrarse nun fenómeno concreto e activo, como quen come a quen, que en fenómenos abstractos e “pasivos”, por exemplo como se transfírese a enerxía. Os estudantes teñen problemas para entender que a enerxía dispoñible decrece ao longo da cadea trófica, só un 10% da enerxía é transferida ao seguinte nivel trófico, mentres que un 90% transfórmase noutras formas de enerxía non utilizables polos seres vivos.

A través da simulación, espérase que os estudantes sexan quen de conectar estas nocións abstractas e os modelos teóricos con obxectos e fenómenos concretos simulados mediante o fluxo de auga entre botellas e as “perdas” producidas. A capacidade para facer estas conexións podería mellorar a apropiación do modelo de fluxo de enerxía.

Sobre o desenvolvemento da linguaxe científica, os alumnos deberían transformar a linguaxe observacional (observar e describir unha experiencia) en teórica (interpretar un fenómeno, como o fluxo de enerxía, mediante modelos científicos). Pídese ao alumnado que describa a actividade nas dúas linguaxes e que as relacione mediante a simulación.

É importante que os estudantes realizen a simulación por si mesmos, sendo mellor que os grupos comezen ao mesmo tempo para que o docente poida guialos.

Cando comezan a transferir a auga dunha botella a outra, o docente debe insistir en que observen coidadosamente o que acontece, en particular: a) que pasa ao final coa auga que está na primeira botella (“sol”); 2) que tipo de “perdas” se producen. Ao final do proceso os estudantes deberían decatarse de que a auga contida na botella é só unha pequena cantidade da que se botou ao inicio.

Unha vez finalizada a simulación, os estudantes teñen que responder a catro cuestións (que son distribuídas unha vez completada a tarefa), reflexionando sobre o que aconteceu e relacionando as observacións cos coñecementos de ecoloxía, en particular co fluxo de enerxía.



ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

9.3 Aprender da súa posta en práctica

Examinamos as operacións do alumnado para levar a cabo a tarefa. As preguntas están ordenadas en nivel crecente de abstracción, desde observar a establecer relacións entre o observado e o representado, até a aplicación do coñecemento en ecosistemas reais.

As dúas primeiras preguntas pídenlle ao alumnado describir as súas observacións, o que acontece ao longo do proceso. Deben explicar o fluxo de auga entre as botellas e a pouca cantidade de auga que queda en relación á cantidade inicial na botella “sol”. Os estudantes precisan ter en conta dous tipos de “perdas”: 1) a auga derramada por fóra das botellas; 2) a auga que flúe entre cada botella e a súa perda a través dos buratos no seu fondo. O apoio do docente pode ser necesario para aclarar o que é unha observación: algúns relacionan directamente a simulación co modelo teórico, en troques de explicar que acontece durante ela.

Na terceira pregunta, solicítase interpretar a simulación. Deberían relacionar o fluxo de auga e as súas “perdas” co modelo teórico. Para isto, os estudantes precisan recuperar, por unha banda, a noción de transferencia de enerxía conectándoa co fluxo de auga e, por outra, as nocións sobre a transformación da enerxía solar en enerxía calorífica, conectándoa coas “perdas”.

A cuarta pregunta require a aplicación do coñecemento. Os alumnos deberían conectar o modelo teórico e a simulación con procesos en ecosistemas reais. Para isto, necesitan aplicar o modelo de fluxo de enerxía, relacionando cada organismo co seu nivel trófico –por exemplo as plantas cos produtores – e a transferencia de enerxía e a súa diminución ao longo da cadea trófica co número limitado de niveis tróficos (a enerxía non se transfire indefinidamente). O apoio dos docentes é esencial para que o alumnado participe na reflexión sobre como se transfire a enerxía e que ocorre durante o proceso. Relacionar a diminución de enerxía ao longo da cadea trófica coas súas consecuencias no ecosistema é preciso para realizar tarefas sobre xestión sustentable de recursos.

10. PRODUCIR REPRESENTACIÓNS: POR QUE TEÑEN ESA FORMA AS PIRÁMIDES TRÓFICAS?**10.1 Introducción: Producir representacións externas**

O obxectivo desta tarefa é o desenvolvemento polo alumnado da capacidade de elaborar representacións externas, ou modelos expresados, de fenómenos ou sistemas. Un segundo obxectivo é darlle significado ás representacións das pirámides tróficas, interpretar a súa forma. O papel das representacións externas na aprendizaxe está sendo avaliado de novo, nun enfoque que as concibe como formas de coñecemento (Pérez Echeverría e Scheuer, 2009). Para estas autoras as representacións externas contribúen a facer visible o coñecemento para quen aprende, e axúdanos a relacionar o contido (representado) cos cambios no seu significado a medida que aprenden.

Solicítase ao alumnado elaborar representacións externas das pirámides tróficas de número de individuos, biomasa e produtividade, que representan relacións nos ecosistemas, en particular a diminución de enerxía ao longo dos niveis tróficos. Producir representacións de pirámides tróficas e reflexionar sobre o seu significado forman parte da modelización. Ambas operacións axudan ao alumnado a facer externo o seu razoamento e a visualizar e comprobar as súas teorías sobre os ecosistemas. Esta é unha característica orixinal da unidade didáctica. A maioría dos enfoques de ensino e libros de texto usan estas representacións soamente como unha ilustración dos conceptos, sen pedir aos estudantes que as elaboren.

Os estudantes serán así capaces de usar a linguaxe representacional (un tipo de linguaxe científica) para interpretar e comunicar fenómenos. O uso desta linguaxe, neste caso para dar información sobre a estrutura e a dinámica dos ecosistemas, forma parte da competencia lingüística.

A tarefa levouse a cabo en pequenos grupos, o que apoia o intercambio de coñecemento entre os alumnos, aínda que os profesores poderían decidir que realicen a tarefa individualmente. As tres partes da tarefa, construír cadeas tróficas, elaborar pirámides tróficas e explicar os seus significados, van de menor a maior demanda cognitiva.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

10.2 Por que teñen esa forma as pirámides tróficas?

Examina coidadosamente as táboas de datos, e realiza os tres exercicios:

Táboa 1. Exemplo de ecosistema terrestre (prado)

	Nº de individuos	Productividade (kcal/ km ² / ano)	Biomasa (kg/ km ²)
Humanos	10	8×10^4	480
Vacas	45	1.19×10^7	10 350
Herba	2×10^8	1.4×10^8	82 110

Table 2. Exemplo de ecosistema mariño

	Nº de individuos	Productividade (kcal/ km ² / ano)	Biomasa (kg/ km ²)
Salmóns	120	70	540
Sardiñas e arenques	8280	900	1800
Plancto carívoro	108×10^5	11 000	5400
Plancto herbívoro	36×10^7	110 000	18 000
Plancto vexetal (Algas microscópicas)	2×10^9	1 825 000	10 000

- 1) Constrúe as dúas cadeas tróficas para os organismos que forman parte dos ecosistemas da táboa 1 e da táboa 2.
- 2) Elabora, a partir dos datos das táboas e das cadeas tróficas, as pirámides tróficas de: número de individuos, biomasa e produtividade para cada un dos ecosistemas. Por favor explica os pasos seguidos.
- 3) Por que as figuras representadas teñen a forma dunha pirámide e non outra forma xeométrica distinta? Discutídeo no grupo e explicádeo. Os exercicios 1 e 2 poderían axudar a responder esta pregunta.

10.3 Aprender da súa posta en práctica

Examinamos como realizaron a tarefa os estudantes en canto ás operacións desempeñadas para producir representacións externas, utilización de conceptos para sustentalas, e a súa interpretación. Hai dúas operacións na tarefa: a) producir representacións de pirámides tróficas; e b) interpretar as súas formas e significados.

No primeiro exercicio, pedíase ao alumnado producir cadeas tróficas. Aínda que pode parecer un proceso sinxelo, os estudantes teñen dificultades co ecosistema mariño, máis complexo e menos coñecido. Foi necesaria a axuda do profesor, por exemplo para relacionar cada organismo co seu nivel trófico, e para aclarar o paradoxo de que o plancto herbívoro ten máis biomasa que o plancto vexetal.

No segundo exercicio os alumnos constrúen representacións das pirámides tróficas. Para isto, precisan ter en conta que as diferenzas entre os niveis tróficos deberían reflectirse na representación da pirámide, con cada nivel diminuíndo en anchura con respecto ao nivel anterior. Neste proceso algúns estudantes teñen dificultades en: 1) atribuír un nivel trófico a cada organismo e relacionalo coa súa posición na pirámide trófica; e 2) decidir unha anchura determinada para cada piso o representación dun nivel trófico.

Para poder axudar ao alumnado a superar estas dificultades, os profesores teñen que apoialos na decisión sobre a escala para as representacións. Por exemplo, axudarlles a entender a “regra do 10%” – só un 10% da enerxía dispoñible dun nivel trófico é transferida ao nivel seguinte –. Isto debería reflectirse na representación da pirámide trófica, cada nivel é unha décima parte do nivel situado inmediatamente debaixo.

No terceiro exercicio preguntábase aos estudantes pola forma. Isto require relacionar a representación co modelo teórico que o sustenta, o fluxo de enerxía. Noutras palabras, precisan recoñecer que a redución no número de individuos, biomasa ou produtividade é debida á diminución da enerxía dispoñible ao longo do ecosistema. Para isto é fundamental unha comprensión apropiada dos datos. Catro dos 18 pequenos grupos non responderon á pregunta. Talvez isto estea relacionado co uso de modelos inadecuados como “quen come a quen”, en lugar do modelo de fluxo de enerxía.

Esta tarefa promove a transformación da linguaxe. Para realizala os alumnos precisan moverse da linguaxe observacional (datos) á representacional (debuxo da pirámide) e teórica (fluxo de enerxía), e viceversa.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

11. APLICAR UN MODELO: COMO XESTIONAR UNHA GRANXA?

11.1 Introducción: Usar modelos en distintos contextos

A tarefa céntrase na transformación de modelos teóricos como o fluxo de enerxía e as pirámides tróficas en decisións sobre como xestionar recursos nun ecosistema terrestre para obter a maior eficiencia en termos de uso de enerxía. Levala a cabo significa aplicar o modelo de fluxo de enerxía no contexto da xestión dunha granxa. Traballando en pequeno grupo os estudantes precisan: a) seleccionar informacións e conectalas cos modelos relevantes; e b) avaliar as distintas opcións en base ás probas dispoñibles.

A tarefa é similar a do ecosistema mariño que se aborda no seguinte capítulo (capítulo 12). A razón é que, para poder usar probas e modelos, os estudantes precisan practicar con eles, non unha vez, senón repetidamente, en distintos contextos. Cómpre sinalar que de maneira frecuente dúas tarefas ou problemas que para o docente teñen o mesmo contido, son consideradas distintas polo alumnado. As diferenzas entre esta actividade e a do ecosistema mariño son: 1) *Complexidade*: a de xestión dunha granxa é menos complexa, require basicamente a aplicación do modelo de fluxo de enerxía e unha comparación entre a cantidade de comida (millo) necesaria para cada animal, mentres que a tarefa sobre o ecosistema mariño require ter en conta os dous modelos, o fluxo de enerxía e o mantemento do ecosistema; 2) *Opcións explícitas fronte a non explícitas*, na tarefa de xestión da granxa proporciónanse as opcións, mentres na de ecosistemas mariños os estudantes precisan elaboralas por si mesmos; 3) *Familiaridade*: os ecosistemas terrestres resultan máis familiares para o alumnado; 4) *Dificultades*: os ecosistemas terrestres ofrecen menos dificultades, mentres que os mariños presentan algúns problemas para o alumnado, por exemplo os datos sobre biomasa (maior en plancto herbívoro que en plancto vexetal).

Estas características fan esta tarefa máis axeitada para unha primeira práctica coa modelización e o uso de probas. Como as dificultades do alumnado son similares en ambas, no capítulo 12 discúttese a súa posta en práctica.

11.2 Como xestionar unha granxa?

Cada grupo representa unha familia. Recibíchedes unha herdanza dun tío-avó, que consiste nunha hectárea de terra cultivable preto da súa aldea. A vosa tarefa é *decidir como ides xestionar esta leira*, en particular, que facer con ela para conseguir o maior rendemento posible.

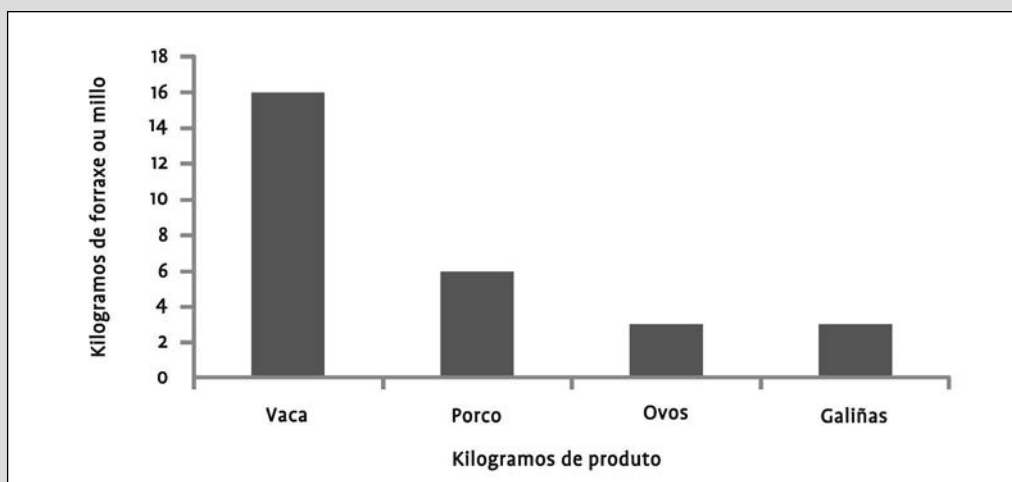
Tedes varias opcións:

- Usalo para cultivar millo (ou outras plantas).
- Usalo para cultivar millo para criar vacas.
- Usalo para cultivar millo para criar galiñas.
- Usalo para cultivar millo para criar porcos.
- A combinación de dous ou máis das opcións anteriores.

Necesitaredes usar as informacións que se presentan a continuación para poder planificar que facer. Unha vez que chegedes a unha decisión, teredes que *explicalo e xustificalo detalladamente* aos outros grupos.

Información

- Gráfico que representa o número de kg de forraxe e / ou millo necesario para conseguir un kg de cada un dos produtos animais.



- A táboa de ecosistema de prado utilizada na sesión anterior.

	Nº de individuos	Produtividade (kcal/ km ² x ano)	Biomasa (kg/ km ²)
Humanos	10	8×10^4	480
Vacas	45	1.19×10^7	10 350
Herba	2×10^8	1.4×10^8	82 110

- As pirámides tróficas de números, enerxía e biomasa, resultado dos datos da táboa, que foron construídas na sesión previa (as representacións proporciónanse no guión do alumnado).



12. USAR PROBAS NA TOMA DE DECISIÓNS SOBRE A XESTIÓN DE RECURSOS

12.1 Introducción: Aplicar o coñecemento nun contexto auténtico

Esta tarefa céntrase na transformación de modelos teóricos como o fluxo de enerxía ou pirámides tróficas en decisións sobre a xestión de recursos mariños. Os alumnos teñen que decidir sobre que pescar nunha baía para alimentar á poboación o maior tempo posible. Na baía hai distintas especies, peixes peláxicos, arenques e sardiñas, que son carnívoros secundarios, e salmóns, carnívoros terciarios.

Os obxectivos son: a) relacionar a transferencia de enerxía coa xestión de recursos; e b) seleccionar probas e conectalas co modelo de fluxo de enerxía para xustificar a súa elección.

Desde a perspectiva das operacións que forman parte da competencia en usar probas, os estudantes precisan: a) seleccionar os datos relevantes da información fornecida; b) relacionar distintos conxuntos de datos e identificar pautas neles; c) obter conclusións a partir de datos; d) coordinar datos con modelos teóricos; e e) avaliar distintas alternativas. Para isto o alumnado ten que ter en conta as distintas informacións e modelos teóricos:

- 1) *Informacións proporcionadas*: a) dietas de arenques e sardiñas e do salmón; b) cadea trófica; c) táboas de datos de biomasa e produtividade; e d) representacións de pirámides tróficas construídas na segunda sesión.
- 2) *Os modelos teóricos de fluxo de enerxía e pirámides tróficas* abordados nas sesións anteriores, e o modelo de dinámica de ecosistemas de anos anteriores.

Os alumnos toman parte tamén nas prácticas comunicativas, a elaboración dun informe escrito en pequeno grupo sobre a decisión do grupo e o debate oral na clase.

A tarefa desenvólvese en pequenos grupos, xa que o intercambio de opinións favorece a co-construción de argumentos. É preciso o apoio do profesor para guiar ao alumnado no deseño dun plan de xestión, en particular para axudarlles a integrar os modelos teóricos ou a ter en conta as probas dispoñibles.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

12.2 Xestión de recursos nunha baía

Unha pequena localidade da beiramar sufriu o paso dun furacán. A consecuencia deste, moita xente quedou sen fogar, as súas colleitas foron destruídas, e a maioría do gando perdeuse. Os principais recursos que teñen para sobrevivir son unha baía pequena, onde hai algunhas poboacións de peixes, incluíndo sardiñas, arenques e salmón.

Formades parte dunha ONG, e sodes enviados alí para axudar aos poboadores a xestionar a baía para que lles proporcione alimentos durante varios meses mentres os cultivos poidan crecer de novo e se poida criar gando. *O obxectivo é decidir como xestionar a baía para alimentar á poboación o maior tempo posible.* Precisaredes ver cal é a forma máis eficiente de aproveitar os recursos pesqueiros dispoñibles, e elaborar un plan, explicando como o levaríades a cabo.

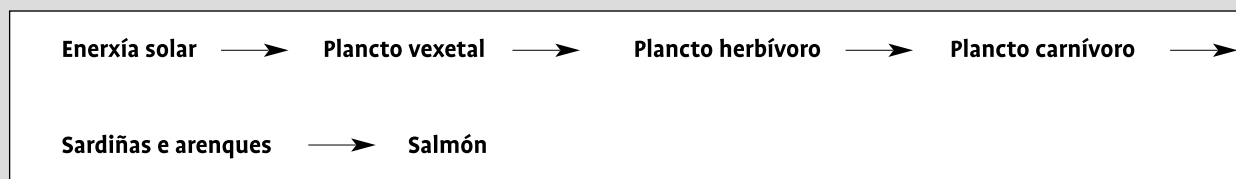
As seguintes informacións poden ser de axuda

A) Información científica de utilidade

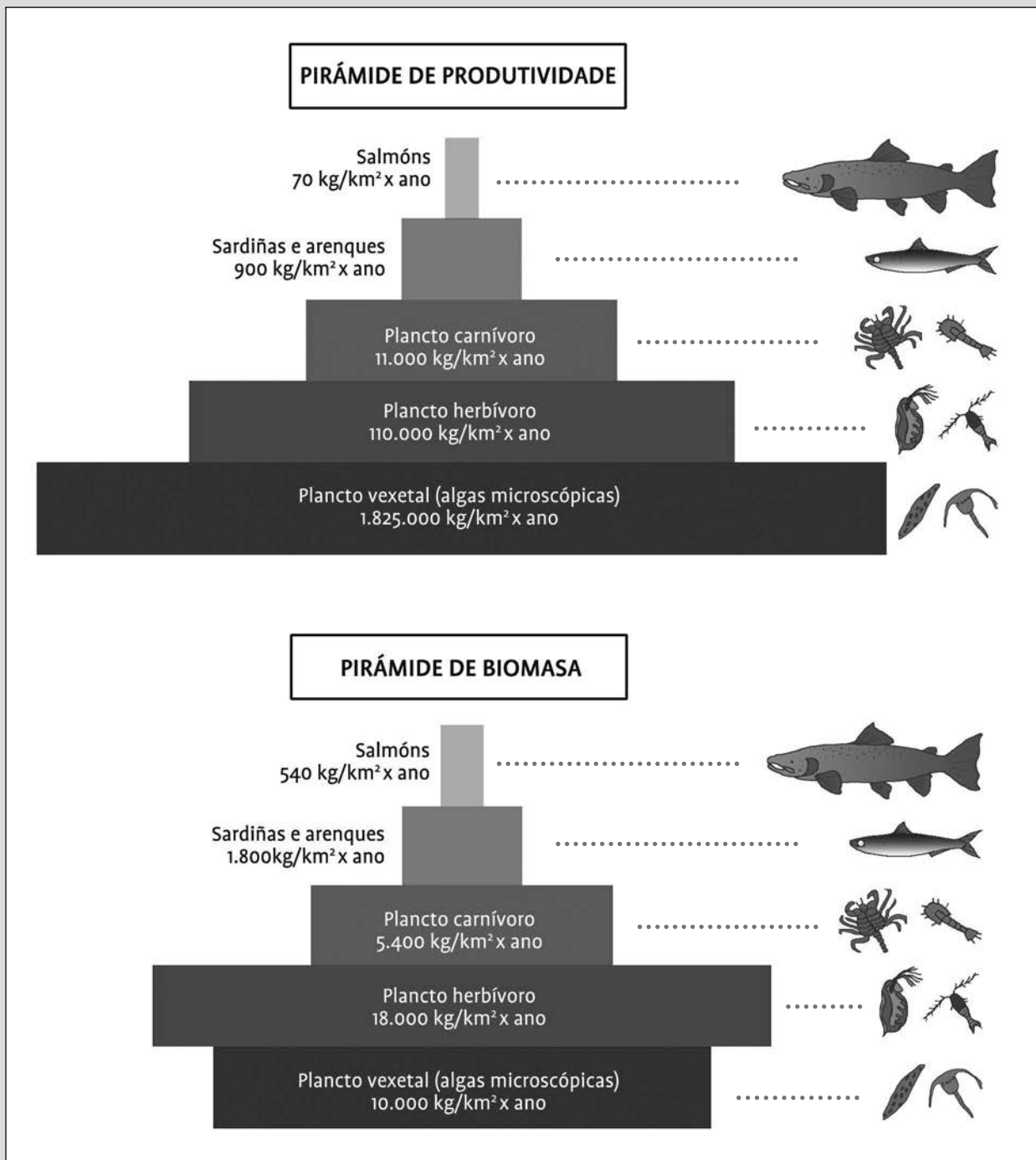
- 1) *Dieta do salmón* (Powell, 2003): principalmente sardiñas e arenques, nunha proporción de 1:5, por cada quilogramo de salmón son necesarios 5 quilogramos de sardiñas/arenques.
- 2) *Dieta dos arenques e as sardiñas* (Powell, 2003): comen plancto, principalmente herbívoro e carnívoro.
- 3) *Táboa de datos de produtividade e biomasa desta cadea trófica*

	Produtividade (kg/km ² /ano)	Biomasa (kg/km ²)
Salmón	70	540
Sardiñas e arenques	900	1 800
Plancto carnívoro	11 000	5 400
Plancto herbívoro	110 000	18 000
Plancto vexetal (Algas microscópicas)	1 825 000	10 000

4) Cadea trófica



5) Pirámides tróficas



B) *Simulación*: Un cartolina azul representando a baía, e pasta de distintos tamaños representando os niveis tróficos. Cada “organismo dun nivel trófico” é dun tamaño maior que o organismo do nivel anterior, e hai maiores cantidades de “organismos” dos niveis máis baixos.

Lembrade: É importante ter en conta o que aprendiches nesta sesión.

A vosa tarefa: Describide en detalle o voso plan para ser discutido co resto de grupos.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

12.3 Aprender da súa posta en práctica

Cómpre indicar que para unha xestión sustentable é preciso integrar dous modelos: a) *transferencia de enerxía*, que conduce á opción de maior eficiencia ecolóxica; isto supón pescar máis nos niveis tróficos máis baixos (sardiñas e arenques) e menos nos máis altos (salmón), por exemplo en proporcións 5:1 (táboa de dieta) ou 1:10 (táboa de produtividade); e b) *mantemento dos ecosistemas*, reprodución e renovación; noutras palabras, considerar que pescar demasiados individuos nunha poboación dada, por exemplo sardiñas, tería como consecuencia a imposibilidade da reprodución, comprometendo a existencia destes recursos para outros niveis tróficos e para futuras xeracións.

É necesaria unha interpretación adecuada dos datos para integrar estes modelos coa información achegada e para tomar unha decisión. Cuestións clave son por exemplo a dieta dos salmóns (a proporción 5:1) ou a biomasa e produtividade dos salmóns en relación a dos arenques e sardiñas. Nesta tarefa, como na anterior, os alumnos precisan moverse entre as linguaxes representacionais e teóricas para tomar decisións como pescar máis arenques e sardiñas que salmóns nunha proporción por exemplo de 5:1.

Os conxuntos de datos representan máis datos e de maior complexidade que os que os estudantes adoitan manexar. As tarefas habituais non requiren o uso de datos polo alumnado ou ben proporcionan un número limitado de datos. Na posta en práctica da actividade foron identificadas dificultades do alumnado no uso de probas no contexto de toma de decisións (Bravo e Jiménez, 2011), en particular: a) en identificar e interpretar datos e probas, e en establecer conexións entre conxuntos de datos distintos; b) en integrar probas nas xustificacións; c) en encadrar as probas nos modelos teóricos; e d) en considerar varias opcións alternativas, e non unicamente unha.

En relación ao uso de modelos, o de mantemento dos ecosistemas e o de “quen come a quen” foron máis utilizados que o de transferencia de enerxía (Bravo e Jiménez, 2012). Só tres dos 16 grupos foron quen de integrar os dous modelos teóricos nas xustificacións das súas decisións. Isto mostra que os estudantes teñen problemas para coordinar dous modelos teóricos.

Debido á complexidade da tarefa, é necesario o apoio constante do docente. Se identifica dificultades, pode axudar aos alumnos a reflexionar sobre o obxectivo do problema, dándolle un novo enfoque aínda non considerado por eles. Ser capaz de coordinar modelos teóricos e probas é un proceso complexo, mais co apoio do docente o alumnado deste estudo foi quen de realizalo.

13. TRANSFERIR O COÑECEMENTO A NOVOS CONTEXTOS: HERBÍVOROS OU CARNÍVOROS?**13.1 Introducción: Transferir coñecemento a novos contextos**

O obxectivo desta tarefa, empregada como parte da avaliación, é aplicar o novo coñecemento para reflexionar sobre o potencial da acuicultura como unha alternativa á sobrepesca. Os estudantes teñen a oportunidade de aplicar modelos como o de fluxo de enerxía a un problema de relevancia social.

Algúns docentes poden, antes de levar a cabo a tarefa, revisar as cuestións abordadas nas sesións previas, ou como os estudantes aplicaron os seus coñecementos na toma de decisións. En concreto poderían introducir a acuicultura como unha alternativa a xestión de recursos mariños. Malia ser a acuicultura unha cuestión moi presente nos medios galegos, algúns estudantes poden non estar familiarizados con ela. Podería ser interesante darlles aos alumnos exemplos de peixes procedentes dela como salmón, troita, rodaballo ou robaliza.

Outra cuestión que se podería abordar é a dieta do salmón ou dos peixes de piscifactoría, por exemplo explorando as ideas dos alumnos sobre o tipo de alimentos que adoitan comer. Se ningún deles menciona a idea da alimentación animal, sería preciso facer unha analogía sobre a forma en que se alimenta ás galiñas e ás vacas nas granxas industriais. Sería mellor que os estudantes establezan as relacións por si mesmos, o que axudaría a identificar a conclusión principal do texto e as probas que a sustentan.

A tarefa de avaliación pode realizarse en grupos ou individualmente, dependendo dos obxectivos. Neste caso, empregouse para a avaliación das competencias en uso de probas e modelización e a aplicación do modelo científico a contextos reais.

O profesor entrégalle o texto aos alumnos, deixando algún tempo para a lectura do texto e para abordar cuestións como o léxico ou información que lles resulte difícil de entender. Pode ser unha boa idea mostrar imaxes das especies das que se fala no texto, xa que os estudantes poden non coñecelas.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

13.2 Podería ser a acuicultura unha solución?

Le este fragmento de “La revolución azul”, de S. Simpson, publicado en *Investigación y Ciencia*, nº 415, Abril 2011, e responde ás preguntas.

“O inconveniente da acuicultura mariña máis difícil de resolver é a utilización de especies bravas de tamaño reducido para alimentar ás especies das piscifactorías. Os peixes pequenos non se crían, pois xa existe unha industria adicada a capturalos e transformalos en aceite e fariña de pescado.

O 30% do alimento utilizado en Kona Blue [empresa dedicada ao cultivo industrial de peixes] é anchoveta peruana triturada. A serviola ou peixe limón [carnívoro terciario] podería sobrevivir cunha dieta vexetariana, pero non sabería tan ben [...]. Ademais a súa carne non contería todos os ácidos grasos e aminoácidos que contribúen a facela saúdatable. Eses ingredientes proceden do aceite e da fariña de pescado. E aí radica o problema: “Decote somos criticados porque matamos peixes para engordar outros”, di Sims [xerente da piscifactoría]. O cultivo do salmón, realizado en piscifactorías costeiras, desencadea a mesma cólera.

Os detractores desta práctica temen que a incesante demanda das piscifactorías remate coas poboacións de anchoas, sardiñas e outros peixes pequenos. Antes do inicio da acuicultura moderna, a meirande parte da fariña de pescado destinábase ao engorde de porcos e galiñas, mais actualmente a acuicultura consume o 68% da mesma. Porén, as novas fórmulas de pensos reduciron esa proporción. Cando Kona Blue empezou a cultivar serviolas en 2005, o granulado que utilizaba estaba composto nun 80% por anchoveta peruana. En 2008, a empresa reduciu ese valor a un 30%, sen sacrificar o sabor e as propiedades saúdables do produto final, segundo Sims, grazas á maior proporción de fariña de soia e a adición de grasa de galiña, un subproduto do procesado industrial desas aves. Os novos grans representan un grande avance fronte á práctica de alimentar aos peixes con sardiñas. Desgraciadamente ese hábito de malgastar continúa entre os piscicultores menos responsables.”

Preguntas:

1. Cal é a conclusión principal que tiras da lectura deste texto?
2. Das informacións que aparecen no texto: cales utilizarías para apoiar a túa conclusión? Por favor, explica a túa resposta.
3. Baseándote no texto e no aprendido: Que accións propoñerías para mellorar as prácticas habituais en acuicultura, desde unha perspectiva de preservación do ambiente? Explica a túa resposta.

13.3 Aprender da súa posta en práctica

A primeira cuestión pide que tiren a conclusión principal. Para isto, precisan dar significado á información, seleccionando as ideas centrais no texto. A idea principal, repetida de distintas formas, é que o principal problema da acuicultura é a necesidade de capturar peixes pequenos para alimentar aos peixes de cultivo. Outras cuestións tamén relevantes están relacionadas coas alternativas a esta alimentación, por exemplo usando a soia. Aínda que esta non é a conclusión central, pódese considerar axeitada, xa que significa recoñecer o problema da sustentabilidade da acuicultura. Poden aparecer tamén algunhas conclusións referidas aos peixes en xeral, sen identificar a cuestión abordada. A comprensión de textos con información científica é algo que se dá por suposto nas clases de ciencias, mais os estudos mostran que non todos os alumnos son quen de extraer os seus significados.

A segunda cuestión solicita que identifiquen as probas que apoian as súas conclusións. Para isto, precisan decidir que informacións constitúen probas e xustificalo. Un aspecto importante é a coherencia na selección de probas: por exemplo, se os estudantes conclúen que o principal problema da acuicultura é a necesidade de usar peixes bravos pequenos como alimento dos peixes de cría, poden apoialo con probas destes fragmentos: *“Os peixes pequenos non se crían, pois xa existe unha industria adicada a capturalos e transformalos en aceite e fariña de pescado”*; a que comeza *“o 30% do alimento utilizado en Kona Blue’s é anchoveta peruana triturada. A serviola ou peixe limón podería sobrevivir cunha dieta vexetariana, pero non sabería tan ben ”*; e a que comeza *“Os detractores desta práctica temen que a incesante demanda das piscifactorías remate coas poboacións de anchoas, sardiñas e outros peixes pequenos.”*

A terceira é unha pregunta aberta: pídese aos estudantes que propoñan alternativas para unha acuicultura sustentable. Posibles propostas poden facer referencia á cría de especies herbívoras como carpa e tilapia, ou a redución de peixe na composición do alimento. O docente pode discutir despois outras opcións, como alimentar o peixe de microalgas mariñas ou de artemia (zooplancto); o peixe alimentado con estas especies sitúase nuns niveis tróficos máis baixos que carnívoros como o salmón. O obxectivo desta tarefa é promover a reflexión sobre como afecta aos ecosistemas mariños o consumo de produtos da pesca para producir alimentación animal. Hai necesidade do apoio do docente para promover que o alumnado compare distintas alternativas (mais que decidirse pola primeira proposta) e para favorecer o debate.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

14. CONCLUSIONES: COMO FAVORECER A ARGUMENTACIÓN

Estas unidades didácticas foron deseñadas co propósito de promover a argumentación nas aulas de ciencias de secundaria. Combinan actividades centradas no uso de probas con outras centradas na modelización. As tarefas sobre uso de probas abordan distintas dimensións: extraer conclusións a partir de datos ou de textos, escoller explicacións ou tomar decisións en base ás probas, e avaliar enunciados á luz das probas.

En todos os casos os estudantes precisan, por exemplo, interpretar os datos, seleccionar datos relevantes para un enunciado, ou identificar pautas. Para estes propósitos, e para todas as operacións de uso de probas, é precisa a articulación con modelos relevantes, a expresión dos xenes na primeira unidade e o fluxo de enerxía na segunda. A aprendizaxe da ciencia e o desenvolvemento de competencias en argumentación están relacionadas entre si. Participar na argumentación é, como indica Roberts (2008), tomar parte nas prácticas epistémicas dos discursos e das pautas de razoamento científicos.

A participación nestas prácticas, o uso de probas e a construción de argumentos, non está desprovista de dificultades, algunhas delas foron discutidas nos comentarios de cada actividade. É preciso o apoio constante do profesor ou profesora. Para que isto aconteza, é fundamental que o docente faga súas as tarefas e metodoloxías, de aí a suxestión de colaboración entre profesorado de secundaria e investigadoras no deseño das actividades. É preciso incorporar as súas suxestións, discutir os obxectivos de cada actividade, axudarlles a entender por que algúns alumnos teñen dificultades en levar a cabo as tarefas. En resumo, docentes e investigadoras colaboran en entender as dificultades na incorporación dunha práctica complexa na aula. As autoras agradecen a todos os profesores e profesoras que colaboraron neste traballo e que permitiron o acceso das investigadoras ás aulas. Grazas a eles é posible entender mellor as dificultades en uso de probas e modelización.

BIBLIOGRAFÍA

- Berland, L. K. e Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanations. *Science Education*, 93, 26–55.
- Bravo-Torija, B. e Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). Is raising salmon sustainable? Use of concepts and evidence about ecology. En: M. Hammann, A. J. Waarlo & K. Th. Boersma, (Eds.), *The Nature of Research in Biological Education: Old and New Perspectives on Theoretical and Methodological Issues*, (pp.153-166). Utrecht: Utrecht University, Flsme, CD- Press.
- Bravo Torija, B. e Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). A learning progression for using evidence in argumentation: An initial framework. Paper presented at the ESERA Conference, Lyon, September 5–9.
- Bravo-Torija, B. e Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Progression in Complexity: Contextualizing sustainable marine resources management in a 10th Grade Classroom. *Research in Science Education*, 42(1), 5-23.
- Diehl, D. e Donnelly, M. P. (2008). *Inventors and Impostors. How History forgot the true heroes of invention and discovery*. Richmond: Crimson.
- Dixon, R. (1982). Take two people—a genetics teaching kit. *Journal of Biological Education*, 16 (4), 229–230.
- Duncan, R. G., Rogat, A. D. e Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understanding of modern genetics across the 5th-10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 655–674.
- European Union (2006). Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union, 30–12–2006, L 394/10–L 394/18.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1990). Xogos de Simulación e modelos de Xenética. (Genetics simulations and models). *Ciencias: Revista de Enseñanza*, 9-10, 114–122.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. En: S. Erduran & M.P. Jiménez-Aleixandre (eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 91–115), Dordrecht: Springer.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*, Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. e Puig, B. (2011). The role of justifications in integrating evidence in arguments: Making sense of gene expression. Paper presented in the ESERA meeting, Lyon, 5–9 September.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Gallástegui, J. R., Eirexas, F. e Puig, B. (2009). *Actividades para traballar o uso de probas e a argumentación en ciencias*. Santiago de Compostela: Danú. Proxecto Mind the Gap [hai tamén versions in castelán e inglés]. Disponible en www.rodascu.eu
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Puig, B., Gallástegui, J. R., Díaz, J. & Cross, D. (2011). *Argumentation and use of evidence: Resources for teacher education*. Trondheim, S-TEAM (Science Teacher Education Advanced Methods) / NTNU.
- Johnson, S. (1991). Food for thought. The cookie analogy. Center for Biology Education. University of Wisconsin.
http://cbe.wisc.edu/cbe_pubs/cookie_analogy.html
- Kuhn, D. (2011). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94(5), 810–824.
- OCDE (2006) *PISA 2006. Marco de la evaluación: Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura*. Madrid: Santillana / Ministerio de Educación y Ciencia.
- OCDE (2009). *PISA 2009 Assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science*. Paris: Autor.
- Pérez Echeverría, M. P. e Scheuer, N. (2009). External representations as learning tools: An introduction. In C. Andersen et al. (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools* (pp. 1-17). Rotterdam: Sense Publishers.

ARGUMENTACIÓN NA AULA: DÚAS UNIDADES DIDÁCTICAS

Powell, K. (2003). Fish farming: eat your veg. *Nature*, 426, 378-379.

Puig, B. e Jiménez Aleixandre, M. P. (2009). ¿Qué considera el alumnado que son pruebas de la evolución? *Alambique*, 62, 43-50.

Puig, B. e Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). What do 9th grade students consider as evidence for or against claims about genetic differences in intelligence between black and white “races”? En M. Hammann, A. J. Waarlo, & K. Th. Boersma, (Eds.), *The Nature of Research in Biological Education* (pp 137-151). Utrecht: University of Utrecht.

Puig, B. e Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). Different music to the same score: teaching about genes, environment and human performances. En: T. D. Sadler (Ed), *Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research* (pp 201-238). Dordrecht: Springer.

Roberts, D. (2008). Competing visions of scientific literacy: The influence of a science curriculum policy image. En C. Linder et al. (eds.) *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11-27). New York: Routledge.

Tiberghien, A. (2008). Foreword. En S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. ix-xv). Dordrecht: Springer.