

Actividades para desenvolver o coñecemento epistémico implicado nas prácticas científicas na educación secundaria

Beatriz Crujeiras-Pérez (coord.)

Pablo Brocos Mosquera

Lucía Casas-Quiroga

Fermín Cambeiro Cambeiro

2021

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



This work is licensed under a Creative Commons BY NC ND 4.0 international license. Any form of reproduction, distribution, public communication or transformation of this work not included under the Creative Commons BY-NC-ND 4.0 license can only be carried out with the express authorization of the proprietors, save where otherwise provided by the law.

You can access the full text of the license at

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>



Esta obra se encuentra bajo una licencia internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra no incluida en la licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 solo puede ser realizada con la autorización expresa de los titulares, salvo excepción prevista por la ley. Puede Vd. acceder al texto completo de la licencia en este enlace:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



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

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2021

Deseño e maquetación

José María Gairí

Edita

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico

Campus Vida

15782 Santiago de Compostela

usc.gal/publicacions

DOI: <https://dx.doi.org/10.15304/op.2021.1406>

Índice

Introducción

Cal é o papel de cociña máis absorbente?

Cal é a mellor superficie para construír unha pista de coches de xoguete?

Temos microplásticos na area das nosas praias?

O residuo sorpresa

Agricultura convencional versus agricultura ecolóxica

Por que son importantes os protocolos durante unha emerxencia?

Química na cociña: a disolución do sal

Os modelos atómicos

Cuestionario para identificar o coñecemento epistémico implicado na indagación e argumentación científica

Cuestionario para identificar o coñecemento epistémico implicado nas prácticas de indagación, argumentación e modelización

Referencias bibliográficas

*Dedicado á Dra. Naira Díaz Moreno,
investigadora de EPIS-PRACT,
pero sobre todo amiga.*



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

Editado con financiamento do proxecto EDU2018-82915R-
Influencia del conocimiento epistémico en las prácticas
científicas (EPIS_PRACT)

Introducción

Este compendio é o resultado do traballo realizado no proxecto EPIS-PRACT (Influencia del conocimiento epistémico en el desarrollo de las prácticas científicas) financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades-Agencia Estatal de Investigación/Proyecto EDU2017-82915-R.

Este proxecto analiza a influencia que ten o coñecemento epistémico nos desempeños do alumnado relativos ás prácticas científicas de indagación, modelización e argumentación, así como nas estratexias docentes encamiñadas a favorecer o desenvolvemento destas prácticas.

En que consiste o enfoque de ensino e aprendizaxe a través da participación do alumnado nas prácticas científicas?

Este enfoque pretende promover unha educación científica coherente coa forma na que se constrúe o coñecemento científico (Duschl, 1990; Duschl e Grandy, 2013; Osborne, 2014), o cal non implica que o alumnado teña que recapitular todos os procesos que levan a cabo os científicos para obter novo coñecemento, senón comprender as pautas clave do razoamento (Ford, 2008). En grandes liñas, este enfoque implica comprender por que se elabora, proba, avalía e refina o coñecemento científico dunha forma determinada a través da participación do alumnado nos procesos de construción do coñecemento científico (Reiser, Berland e Kenyon, 2012).

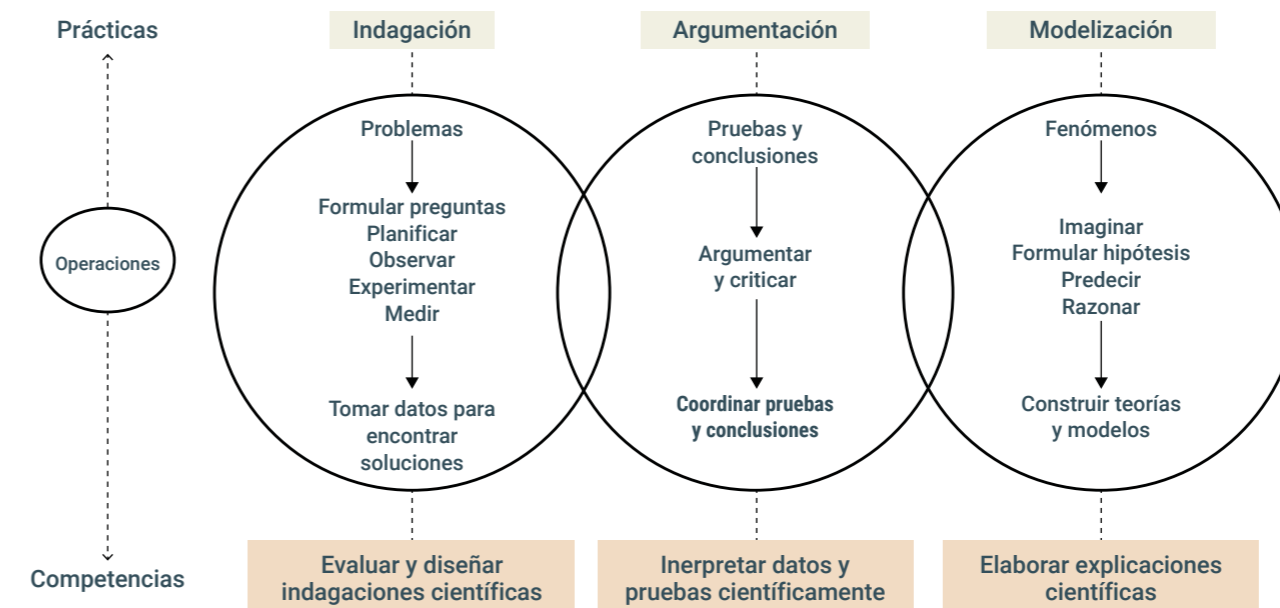
A pesar de que este enfoque é unha proposta orixinaria dos documentos curriculares estadounidenses (NRC, 2013), existe unha correspondencia entre as prácticas científicas e as competencias científicas que vertebran os currículos en Europa e que se consideran necesarias para acadar a alfabetización científica (OECD, 2016). Esta correspondencia pode resumirse na figura 1.

Tal e como se resume na figura 1, a práctica científica de investigar correspóndese coa competencia científica de avaliar e deseñar indagacións científicas, xa que ambas cuestións comprenden aspectos como a formulación de preguntas, a identificación de problemas ou a planificación e posta en práctica de investigacións.

A práctica científica de elaborar explicacións, correspóndese coa competencia de elaborar explicacións científicas, que implican a formulación de hipóteses, a interpretación de fenómenos ou a elaboración e uso de teorías e modelos.

E a práctica científica de avaliar, correspóndese coa competencia de interpretar datos e probas científicamente, a cal comprende operacións como a selección de probas axeitadas, a comparación de explicacións alternativas ou a elaboración de argumentos a partir de probas.

Figura 1. Correspondencia entre prácticas e competencias científicas (adaptada de Jiménez-Aleixandre e Crujeiras-Pérez, 2017).



Cal é o papel do coñecemento epistémico no enfoque de ensino e aprendizaxe das prácticas científicas?

Por coñecemento epistémico entendemos a comprensión do papel dos construtos específicos e das características esenciais dos procesos de construción de coñecemento científico (Duschl, 2008), o cal implica á súa vez ter coñecemento sobre a natureza da ciencia (Lederman, 2007). Por exemplo, este tipo de coñecemento permite explicar a través de exemplos a diferenza entre unha teoría científica e unha hipótese ou entre un feito e unha observación. A nivel de prácticas científicas, o coñecemento

epistémico é necesario para comprender como se sustentan as conclusións científicas en probas e razoamentos, o uso dos modelos e os seus límites ou como afectan os erros nas medidas á fiabilidade dunha investigación científica (OECD, 2016).

En didáctica das ciencias, o coñecemento epistémico pode abordarse desde 3 perspectivas distintas: disciplinar, social e persoal (Kelly, McDonald e Wickman, 2012).

A perspectiva *disciplinar* contempla as formas nas cales a Historia e Filosofía da ciencia informan a teoría da aprendizaxe, por exemplo a natureza das probas, os criterios para a selección de teorías en ciencias ou a estrutura do coñecemento disciplinar.

A perspectiva *persoal* aborda as formas nas que o alumnado conceptualiza o coñecemento científico e como esas concepcións persoais dos estudantes inflúen na aprendizaxe das ciencias.

A perspectiva *social* aborda as epistemoloxías prácticas, que consideran as formas nas que as prácticas disciplinares se poñen en práctica a través da interacción en contextos de aprendizaxe.

Neste traballo analizamos os aspectos epistémicos disciplinares e sociais. Ao aspecto disciplinar denominámolo coñecemento disciplinar e engloba todos os aspectos relacionados con como se emprega o coñecemento na comunidade científica e as súas características principais (Duschl, 1990; Kelly, 2008). Ao aspecto social denominámolo práctica e caracterízanse por ser as formas específicas nas que membros dunha comunidade propoñen, xustifican, avalían e lexitiman enunciados de coñecemento nun marco disciplinar (Kelly, 2008). A diferenza entre ambos aspectos está na natureza dos mesmos, sendo os aspectos disciplinares coñecementos teóricos e os prácticos accións. Os aspectos que se abordan neste documento correspóndense con aqueles derivados da investigación en didáctica das ciencias e cos empregados en documentos curriculares que aplican este enfoque de aprendizaxe a través das prácticas científicas.

Cada práctica científica implica un coñecemento epistémico particular, aínda que algúns poden solaparse entre prácticas, pois as tres están interconectadas ao resumiren as tres grandes esferas da actividade científica.

Os aspectos correspondentes a cada práctica científica, tanto disciplinares como prácticos, resúmense nas táboas 1, 2 e 3, que se presentan a continuación.

Táboa 1. Aspectos epistémicos relacionados coa práctica de indagación.

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
A sistematicidade é unha característica da metodoloxía científica (Sandoval e Reiser, 2004)	Elaborar predicións sobre o que ocorrería se unha variable se modifica (NRC, 2013)
Todas as investigacións científicas empezan formulando unha pregunta a investigar (Lederman et al., 2014)	Formular hipóteses que especifiquen o que lle ocorre a unha variable dependente cando se manipula unha independente (NRC, 2013)
As hipóteses están suxeitas a falsacións e non poden entrar en contradición con ningunha das observacións relevantes realizadas (Constantinou e Papadouris, 2004)	Planificar unha investigación, identificando: as variables independentes, dependentes e controlables, as ferramentas necesarias para tomar o datos, a forma na que se van rexistrar as medidas e os datos que se precisan para sustentar unha conclusión (NRC, 2013)
A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación (Georgia Department of Education, 2016)	Seleccionar as ferramentas adecuadas para recoller, rexistrar, analizar e avaliar os datos (NRC, 2013)
O resultado dun único experimento é insuficiente para establecer unha conclusión (Osborne et al., 2003)	Controlar variables (Sandoval e Reiser, 2004)
É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas (feitos mesturados con opinións, conclusións baseadas en probas insuficientes, etc.) para garantir a fiabilidade da investigación (Georgia Department of Education, 2016)	Avaliar diferentes formas de observar e/ou medir un fenómeno para determinar a forma na que se pode responder a unha pregunta (NRC, 2013)
En ciencias é importante realizar unha toma de datos de forma clara, honesta e precisa (Georgia Department of Education, 2016)	Avaliar a precisión de varios métodos para tomar datos (NRC, 2013)
	Identificar pautas en conxuntos de datos (Sandoval et al., 2000)
	Comunicar procedementos científicos (NRC, 2000)

Táboa 2. Aspectos epistémicos relacionados coa práctica de argumentación.

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
Os científicos elaboran explicacións empregando probas das súas investigacións e o que xa coñecen sobre o mundo natural. As boas explicacións están baseadas en probas (NRC, 2000)	Identificar argumentos sustentados en probas (NRC, 2013)
As conclusións precisan probas (Sandoval e Çam, 2011)	Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión (NRC, 2013, Jiménez-Aleixandre e Crujeiras-Pérez, 2017)
Unha conclusión debe responder á pregunta formulada e estar sustentada en probas (Chen, Brand e Park, 2016)	Comparar e refinar argumentos baseados na avaliación de probas (NRC, 2013)
A calidade dunha conclusión e das probas é importante para elaborar un argumento convincente (McNeill et al., 2006; Sampson et al., 2011)	Cuestionar a validez de argumentos baseados en conxuntos pequenos de datos, mostras sesgadas ou sen mostra control (Georgia Department of Education, 2016)
As conclusións científicas deben ter coherencia causal (Sandoval e Reiser, 2004)	Elaborar e defender unha conclusión baseada en probas que reflecta o coñecemento científico e as probas recollidas polo alumnado (NRC, 2013)
As conclusións científicas son xuízos que requiren a avaliación dentro dun marco de alternativas e probas en vez de como feitos acumulados (Greene, Sandoval, e Braten, 2016; Khun et al., 2017)	Diferenciar entre opinións e probas en explicacións (NRC, 2013)
Os contraargumentos e as probas son fundamentais para examinar e avaliar unha conclusión (coas probas para debilitala así como para sustentala) (Sandoval, 2014; en Khun et al., 2017)	Diferenciar entre feitos, razoamento xustificado en base a resultados de investigación e especulación nunha explicación (NRC, 2013)
A autoridade é menos persuasiva que as probas (Sandoval e Çam, 2011; Kittleson, 2011)	Empregar datos para avaliar conclusións sobre causa e efecto (NRC, 2013)
Un bo argumento debe incluír os datos que pretenden explicar as conclusións (Ryu e Sandoval, 2012)	
Un argumento científico debería conter conclusións causais (Sandoval e Reiser, 2004)	
Un argumento de carácter social debe conter referencias a valores (Kolstø, 2007)	

Táboa 3. Aspectos epistémicos relacionados coa práctica de modelización

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
Os científicos constrúen modelos para comprender os fenómenos naturais (Berland e Cruet, 2015)	Diferenciar entre un modelo e o obxecto, proceso ou fenómeno que este representa (NRC, 2013)
Os modelos empréganse para representar un sistema ou partes do mesmo que se está estudando, para facilitar o desenvolvemento de preguntas e explicacións, para obter datos que podan empregarse para elaborar predicións e para comunicar ideas (NRC, 2013)	Comparar modelos para identificar características comúns e diferenzas (NRC, 2013)
O modelo enténdese como unha representación abstracta dun fenómeno, proceso, sistema, idea ou teoría (Giere, 1990; Schwartz et al., 2009)	Desenvolver un modelo sinxelo baseado en probas para representar un obxecto ou ferramenta determinada (NRC, 2013)
Diferentes modelos poden utilizarse para representar o mesmo fenómeno (Crawford e Cullin, 2004)	Empregar un modelo para avaliar as relacións causa-efecto ou as interaccións relacionadas co funcionamento do mundo natural (NRC, 2013)
Os modelos son provisionais. Modifícanse cando non concordan cos datos observados no mundo real (Crawford e Cullin, 2004; Giere, 1990)	Identificar as limitacións dos modelos (NRC, 2013)
Un modelo con propósito explicativo debe poder explicar unha ampla gama de fenómenos (Ryu, Han e Paik, 2015)	Desenvolver e/ou empregar modelos para describir e predicir fenómenos (NRC, 2013)
	Avaliar as vantaxes e inconvenientes de dous modelos diferentes do mesmo proceso, fenómeno ou sistema para seleccionar ou revisar o modelo que mellor se axuste ás probas (NRC, 2013)
	Recoñecer e analizar explicacións alternativas e modelos (NRC, 2000)
	Avaliar e refinar modelos comparando as predicións co mundo real (NRC, 2013)

Como abordar o coñecemento epistémico no ensino e aprendizaxe das ciencias?

Existen distintas perspectivas sobre como introducir os aspectos epistémicos nos procesos de ensino e aprendizaxe das ciencias. Da mesma forma que ocorre coa natureza da ciencia (Lederman, Lederman e Antink, 2013), pódese abordar de forma implícita, é dicir, a través da realización das actividades; de forma explícita, abordando estes aspectos de forma teórica para mellorar as concepcións do alumnado; ou a través dun enfoque explícito- reflexivo, o que implica que ao final das actividades en cuestión, é preciso dedicar un tempo a analizar os aspectos epistémicos implicados na actividade e as implicacións que estes teñen na construción do coñecemento científico. Neste documento, as actividades deseñáronse para empregar este último enfoque.

Que imos atopar neste documento?

Neste compendio recóllese unha serie de actividades de aula encamiñadas a promover o desenvolvemento de determinados aspectos epistémicos (prácticos e disciplinares) á vez que se abordan determinados contidos curriculares da educación secundaria. Para cada actividade proposta indícase o curso e materia para a que se deseñou (aínda que son adaptables a outros cursos), os aspectos da competencia científica que se poden desenvolver a través da realización da mesma, unha serie de recomendacións para a posta en práctica das actividades e un exemplo de instrumento de avaliación do coñecemento epistémico e das prácticas científicas correspondentes.

The image shows two rolls of white paper towels on a light-colored wooden surface. The roll in the foreground is larger and more prominent, showing the texture of the paper. The second roll is smaller and positioned behind it to the left. The background is a soft, out-of-focus light brown color.

Cal é o papel de cociña máis absorbente?

Beatriz Crujeiras-Pérez

Esta actividade consiste en investigar cal é o papel de cociña máis absorbente para utilizalo no laboratorio. Está pensada para familiarizar ao alumnado co deseño e posta en práctica de investigacións, pois presenta dous exemplos de deseño experimental para investigar esta cuestión e o alumnado ten que seleccionar o máis axeitado de forma xustificada. Unha vez seleccionado o deseño máis axeitado, ofrece ao alumnado a opción de aportar outras ideas para melloralo.

Ademais do deseño do procedemento a seguir para investigar a cuestión, inclúe un conxunto de materiais de laboratorio con nomes e ilustracións dos mesmos para axudar ao alumnado a seleccionar os materiais que van precisar para levar a cabo a investigación.

Finalizada a investigación, inclúese unha pregunta encamiñada á reflexión sobre a fiabilidade da conclusión establecida e tratamento dos aspectos epistémicos implicados na actividade.

Materia: Física e Química (2º curso)

CONTIDOS

B1.1. Método científico: etapas

B1.4. Medida de magnitudes. Sistema Internacional de Unidades

B1.5. Traballo no laboratorio

CRITERIOS DE AVALIACIÓN

B1.1. Recoñecer e identificar as características do método científico

B1.3. Aplicar os procedementos científicos para determinar magnitudes

B1.4. Recoñecer os materiais e os instrumentos básicos presentes no laboratorio de física e de química, e coñecer e respectar as normas de seguridade e de eliminación de residuos para a protección ambiental

B1.6. Desenvolver pequenos traballos de investigación nos que se poña en práctica a aplicación do método científico e a utilización das TIC

Relación coa competencia científica: Avaliar e deseñar investigacións científicas (OCDE, 2017; 2019). En particular, avaliar a forma de explorar cientificamente unha cuestión determinada e describir e avaliar como os científicos aseguran a fiabilidade dos datos.

Práctica científica: Indagación

Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolven coa realización desta actividade

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
A sistematicidade é unha característica da metodoloxía científica	Avaliar diferentes formas de observar e/ou medir un fenómeno para determinar a forma na que se pode responder a unha pregunta
A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación	Avaliar a precisión de varios métodos para tomar datos
É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas (feitos mesturados con opinións, conclusións baseadas en probas insuficientes, etc.) para garantir a fiabilidade da investigación	Seleccionar as ferramentas adecuadas para recoller, rexistrar, analizar e avaliar os datos
En ciencias é importante realizar unha toma de datos de forma clara, honesta e precisa	Controlar variables
	Identificar pautas en conxuntos de datos

O guión que se presenta ao alumnado reproducése a continuación.

Necesitamos mercar papel para empregar no laboratorio cando facemos experimentos. Como existen distintos tipos e marcas, queremos comprar o máis efectivo. Para iso antes de facer o pedido decidimos usar os nosos coñecementos científicos e pescudar cal é a mellor opción para o que nós queremos, que principalmente é secar os líquidos que se derraman nas mesas cando facemos algún experimento.

Como vimos na aula cando traballamos sobre a actividade científica, antes de poñermos mans á obra temos que pensar como facelo, é dicir, planificar a investigación.

A mestra atopou dous procedementos diferentes para facelo que son os seguintes:

1. Con cal dos dous podemos obter un resultado máis fiable? Xustificade de forma detallada a vosa selección.

Opción A

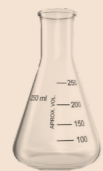
- Nun vaso de precipitados engade 200mL de auga.
- Colle un anaco dunha das mostras de papel de cociña, dóbraa e sumérxea no vaso de auga durante 20 segundos.
- Pasado ese tempo retira o papel, exprímeo todo o que podas e extrae a auga absorbida nun recipiente.
- Mide o volume extraído e anótalo.
- Repite este procedemento para cada mostra de papel.

Opción B

- Nun vaso de precipitados engade 200mL de auga.
- Colle un anaco dunha das mostras de papel de cociña, dóbraa e sumérxea no vaso de auga durante 20 segundos.
- Pasado ese tempo retira o papel, exprímeo todo o que podas e extrae a auga absorbida noutro vaso de precipitados.
- Mide o volume extraído e anótalo.
- Repite este procedemento varias veces para cada mostra de papel.

2. Se tedes unha opción máis detallada e precisa, propoñédeas.

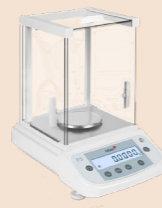
3. Seleccionade os materiais do listado que precisades empregar para investigar a cuestión e as cantidades dos mesmos.



Matraz



Funil de decantación



Balanza



Termómetro

Frasco lavador Probeta tubo de ensaio Vaso de precipitados

Pinzas morteiro funil Espátula

Cronómetro varíña de vidro vidro de reloxo

Crisol Papel de filtro

4. Anotade os resultados da investigación que ides precisar para establecer unha conclusión

5. A que conclusión chegades?

6. Considerades que a conclusión é fiable? Xustificade a resposta

Recomendacións para o desenvolvemento da actividade

A actividade está pensada para realizar en dúas sesións: unha para a selección dos materiais e preparación da posta en práctica e outra para a realización da experiencia e reflexión sobre a fiabilidade.

Na primeira sesión, aconséllase realizar unha posta en común ao finalizar a pregunta 2 e aproveitar as respostas do alumnado para introducir os aspectos epistémicos disciplinares que se recollen no cadro, especialmente no tocante á sistematicidade e á fiabilidade da investigación. Cabe sinalar que gran parte do alumnado participante no estudo non tivo en conta a necesidade de repetir as medidas como un dos criterios de fiabilidade. Ademais, cando se pide elaborar unha proposta alternativa, gran parte dos participantes propoñen procedementos non realizables no laboratorio escolar.

A pregunta 3 está pensada para axudar ao alumnado a familiarizarse co instrumental de laboratorio e a aprender a seleccionar os máis axeitados para levar a cabo un procedemento determinado. Neste apartado é recomendable indicar que se debe escoller todo o material necesario para levar a cabo a investigación, polo tanto haberá que indicar tamén cantidades pois é frecuente que o alumnado sinale ou rodee os materiais a empregar a modo de ficha pero sen indicar cantos de cada tipo se precisan.

A pregunta 5 pode empregarse para abordar como establecer unha conclusión derivada dunha investigación científica, e polo tanto incidir nun aspecto epistémico disciplinar que se solapa coa práctica de argumentación. Do mesmo xeito que coas preguntas 1 e 2, pode introducirse este aspecto dedicando un tempo á revisión das respostas do alumnado a nivel de grupo clase.

A parte final da actividade, a reflexión sobre fiabilidade, pode aproveitarse para reforzar os aspectos epistémicos xa mencionados anteriormente.

En canto ás prácticas epistémicas que se sinalan no cadro, estas se avalían desde a propia práctica do alumnado, a través das respostas. Por exemplo, controlar variables, se examina nas propostas de modificación de procedemento que elaboren e tamén na posta en práctica da investigación, examinando por exemplo, se empregan os papeis das mesmas dimensións ou o mesmo volume de auga para todas as probas.

Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

O instrumento que se describe a continuación é un exemplo para avaliar os desempeños do alumnado no uso de parte do coñecemento epistémico implicado na indagación científica. En particular examínase os aspectos prácticos de “avaliar a precisión de varios métodos para tomar datos” e “controlar variables” e o aspecto disciplinar de “a toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación”.

Outros aspectos que se poden avaliar son específicos da indagación científica como a selección do procedemento, materiais e instrumental axeitado, e a toma de datos específica ou a elaboración de conclusións.

DIMENSIÓN	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
Avaliar a precisión de varios métodos para tomar datos	Identifica o procedemento axeitado, xustifica a adecuación tendo en conta criterios de precisión e reproducibilidade	Identifica o procedemento axeitado, xustifica a adecuación tendo en conta algúns dos criterios anteriores	Identifica o procedemento axeitado, xustifica a adecuación tendo en conta outros criterios diferentes	Non identifica o procedemento axeitado
Controlar variables	Controla todas as variables implicadas no experimento (dimensións papeis, número de capas, volume auga, tempo)	Controla algunha das variables implicadas no experimento	Ten en conta o control de variables no deseño pero non na posta en práctica	Non ten en conta o control de variables na investigación

DIMENSIÓN	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación	Explica de forma detallada por que os resultados non son fiables, tomando como base o procedemento seguido para realizar a investigación e os erros experimentais cometidos que poderían afectar aos resultados	Explica de forma detallada por que os resultados non son fiables, tomando como base o procedemento seguido para realizar a investigación	Explica de forma detallada por que os resultados non son fiables, tomando como base outros aspectos científicos	Elabora unha explicación non fundamentada sobre a fiabilidade

Cal é a mellor superficie para construír unha pista de coches de xoguete?

Beatriz Crujeiras-Pérez



Esta actividade consiste en deseñar e poñer en práctica unha investigación científica para pescudar a mellor superficie coa cal construír unha pista de coches de xoguete, é dicir, que permita que se deslicen axeitadamente por ela. Tal e como está deseñada a actividade, está pensada para empregar con alumnado que non ten moita experiencia coa indagación científica, pero si realizou algunha actividade ou teña coñecemento das distintas fases ou etapas da indagación. A diferenza da proposta anterior, o alumnado debe deseñar o procedemento a seguir para investigar a cuestión respondendo a unha serie de preguntas guía.

Materia: Física e Química (2º curso)

CONTIDOS

B1.4. Medida de magnitudes. Sistema Internacional de Unidades

B1.5. Traballo no laboratorio

B1.6. Proxecto de investigación

B4.7. O rozamento e os seus efectos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

B1.6. Desenvolver pequenos traballos de investigación nos que se poña en práctica a aplicación do método científico e a utilización das TIC

B4.5. Comprender o papel que xoga o rozamento na vida cotiá

Relación coa competencia científica: Avaliar e deseñar investigacións científicas (OCDE, 2017; 2019). En particular, propoñer unha forma de explorar científicamente unha cuestión determinada.

Práctica científica: Indagación

Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolves coa realización desta actividade

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
A sistematicidade é unha característica da metodoloxía científica	Planificar unha investigación, identificando: as variables independentes, dependentes e controlables, as ferramentas necesarias para tomar o datos, a forma na que se van rexistrar as medidas e os datos que se precisan para sustentar unha conclusión
A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación	Seleccionar as ferramentas adecuadas para recoller, rexistrar, analizar e avaliar os datos
É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas (feitos mesturados con opinións, conclusións baseadas en probas insuficientes, etc.) para garantir a fiabilidade da investigación	Controlar variables
En ciencias é importante realizar unha toma de datos de forma clara, honesta e precisa	Identificar pautas en conxuntos de datos

O guión que se presenta ao alumnado reproducése a continuación.

Na clase imos empezar a estudar a velocidade e os factores que inflúen nela a partir dunha carreira de coches de xoguete. Para realizar a carreira nas mellores condicións debemos seleccionar a superficie máis axeitada, polo tanto imos investigar a utilidade de distintos materiais cos que construír a nosa pista de carreiras por exemplo: cortiza, cartón, plástico ou madeira lacada.

Deseño da investigación

1. Que información da proporcionada no enunciado da actividade tedes que empregar para deseñar a investigación?
2. Que información adicional precisades para deseñar a investigación?
3. Que necesitaredes para investigar cal é o mellor material co que elaborar a pista de carreiras?

4. Que criterios tedes que ter en conta para asegurar que os resultados da investigación sexan fiables e reproducibles?
5. Como ides facer para investigar a cuestión? Describide de forma detallada os pasos que ides seguir.

Posta en común das respostas:

Se precisades modificar algún aspecto do deseño unha vez feita a posta en común anotádeo neste apartado.

Posta en práctica da investigación

- Elaborade unha táboa que permita representar os resultados da investigación
- Cal é a conclusión á que chegades? Xustificade a resposta
- Se tiverades que facer de novo a investigación repetiriades o proceso ou modificariades algúns aspectos? En caso de decidir modificacións explicádeas.
- Elaborade un pequeno texto no que expliquedes como investigastes a cuestión e as conclusións extraídas

Recomendacións para o desenvolvemento da actividade

A actividade organízase en dúas fases (deseño e posta en práctica) polo que é recomendable dedicar unha sesión a cada fase.

Antes de realizar esta actividade é necesario que o alumnado xa teña algún coñecemento sobre a metodoloxía científica e as operacións implicadas como a formulación de hipóteses, deseño de procedementos, etc.

Para favorecer o deseño é recomendable que cada grupo deseñe libremente o seu procedemento e describa os resultados obtidos. A partir dos resultados compre levar a cabo unha discusión explícita das accións realizadas e as consecuencias de ditas accións nos resultados, coa fin de determinar os aspectos necesarios a ter en conta en todo deseño como a reproducibilidade, sistematicidade, fiabilidade, etc.

Durante a implementación desta actividade, o alumnado que participaba no estudo experimentou algunhas dificultades prácticas como recoñecer a necesidade de empregar unha pendente determinada para eliminar a forza aplicada ao lanzar o coche, para

seleccionar todos os materiais e instrumentos necesarios para realizar a investigación e empregar os nomes científicos ou para establecer a conclusión en base ás probas empíricas obtidas na investigación, pois se limitaron a indicar cal é o mellor material para construír a pista pero sen xustificalo en base ás probas.

Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

Para a avaliación dos desempeños do alumnado nesta actividade propoñemos unha rúbrica, elaborada a partir do modelo 5D para o deseño e posta en práctica de investigacións desenvolvido por Duschl e Bybee (2014). Nesta rúbrica examínanse os aspectos epistémicos prácticos, identificados neste instrumento como os criterios epistémicos a ter en conta para levar a cabo cada operación de indagación implicada no desenvolvemento e posta en práctica dunha investigación científica. Neste instrumento como se avalían exclusivamente aspectos prácticos, é dicir, observables a partir das accións realizadas polo alumnado durante a resolución da actividade, as dimensións da rúbrica correspóndense co que sería o nivel máis elevado de desempeño, é dicir o que sería o ideal. Os niveis intermedios deben elaborarse a partir do que se observe na aula e polo tanto dependerá das accións levadas a cabo por cada grupo de estudantes.

COMPOÑENTE MODELO 5D	CRITERIO EPISTÉMICO	DIMENSIÓN DA RÚBRICA
1. Decidir que e como medir, observar e mostrear	1.1 Seleccionar as variables que deben medir e aquelas que deben controlar de forma axeitada	Identificar o tempo como a variable a medir e o resto como as variables a controlar
	1.2 Seleccionar os instrumentos para medir as variables que permitan obter datos de forma precisa e fiable	Seleccionar un cronómetro dixital para medir o tempo en vez dun convencional

COMPOÑENTE MODELO 5D	CRITERIO EPISTÉMICO	DIMENSIÓN DA RÚBRICA
2. Desenvolver ou seleccionar procedementos e ferramentas para medir e tomar datos	2.1 Propoñer unha planificación detallada, de tal forma que calquera compañeiro sexa quen de reproducir o seu deseño	Establecer a lonxitude e pendente da pista. Recubrir a pista co material a investigar. Colocar o coche na parte superior da pista e deixalo caer. Medir o tempo desde que inicia o descenso ata que chega ao final do percorrido
	2.2 Incluir accións que aseguren a reproducibilidade e fiabilidade da investigación	Controlar as variables coche, lonxitude de pista e pendente en todas as probas e repetir cada unha un mínimo de tres veces
3. Documentar e rexistrar datos e observacións de forma sistemática	3/4 Contemplar o uso de instrumentos que permitan o rexistro de todos os datos de forma sistemática	3/4 Elaborar táboas para rexistrar as medidas de todas as variables en vez de anotar solo os valores do tempo nun listado
4. Elaborar representacións para estruturar os datos e as pautas derivadas das observacións		
5. Determinar se os datos son válidos e fiables e polo tanto poden empregarse como probas ou pola contra é preciso tomar novos datos	5.1 Establecer cando os datos se convarten en probas da investigación	Identificar que os datos das medidas realizadas son probas se os valores das distintas medidas para un mesmo material son similares
	5.2 Establecer conclusións baseadas nas probas empíricas obtidas nos experimentos	Incluir probas empíricas sobre as medidas de tempo e/ou velocidade

Temos microplásticos na area das nosas praias?

Beatriz Crujeiras-Pérez e Pablo Brocos



Esta actividade consiste en investigar a presenza de microplásticos en areas de distintas praias a través da súa separación por densidade empregando unha disolución salina. Para iso, antes da fase de experimentación, o alumnado debe analizar tres propostas de procedementos diferentes e seleccionar a opción máis axeitada. Os tres procedementos diferéncianse en termos de sistematicidade, precisión, fiabilidade e/ou reproducibilidade.

Unha vez seleccionado o procedemento máis axeitado, o alumnado debe identificar os aspectos que se deberían modificar nas outras dúas opcións para aumentar a súa calidade científica. A continuación deben escoller os materiais e instrumentos que se precisan para poñer en práctica o procedemento e a partir de aí pasaríase á posta en práctica da investigación.

Materia: Física e Química (2º curso)

CONTIDOS

- B1.** Método científico: Etapas
- B1.5.** Traballo no laboratorio
- B2.5.** Substancias puras e mesturas
- B2.7.** Métodos de separación de mesturas

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- B1.1.** Recoñecer e identificar as características do método científico
- B1.4.** Recoñecer os materiais e os instrumentos básicos presentes no laboratorio de física e de química, e coñecer e respectar as normas de seguridade e de eliminación de residuos para a protección ambiental
- B2.4.** Identificar sistemas materiais como substancias puras ou mesturas, e valorar a importancia e as aplicacións de mesturas de especial interese
- B2.5.** Propor métodos de separación dos compoñentes dunha mestura e aplícalos no laboratorio

Relación coa competencia científica: Avaliar e deseñar investigacións científicas (OCDE, 2017; 2019). En particular, avaliar a forma de explorar cientificamente unha cuestión determinada e describir e avaliar como os científicos aseguran a fiabilidade dos datos.

Práctica científica: Indagación/Argumentación

Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolven coa realización desta actividade

	COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
I	A sistematicidade é unha característica da metodoloxía científica	Avaliar diferentes formas de observar e/ou medir un fenómeno para determinar a forma na que se pode responder a unha pregunta
	A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación	Avaliar a precisión de varios métodos para tomar datos
	É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas (feitos mesturados con opinións, conclusións baseadas en probas insuficientes, etc.) para garantir a fiabilidade da investigación	Seleccionar as ferramentas adecuadas para recoller, rexistrar, analizar e avaliar os datos
	En ciencias é importante realizar unha toma de datos de forma clara, honesta e precisa	Controlar variables
A	Unha conclusión debe responder á pregunta formulada e estar sustentada en probas	

O guión que se presenta ao alumnado reproducése a continuación.

Parte I: Deseño da investigación

Ante a ameaza que supoñen os microplásticos para o ambiente e para a nosa saúde, imos investigar a existencia destes elementos nas nosas praias a través da análise da area de varios lugares.

Para obter resultados fiables temos que seguir un procedemento o máis científico posible. A continuación, temos tres exemplos de métodos que empregan tres equipos de científicos para facer este tipo de investigación, temos que escoller o máis axeitado para garantir a fiabilidade dos nosos resultados.

Procedemento A

Secamos as mostras de area nunha estufa durante 24h. Preparamos unha disolución saturada de cloruro de sodio en auga (358g por cada L). Collemos un anaco de cada unha das mostras e as poñemos en vasos de precipitados. Engadimos 200mL da disolución a cada mostra, axitamos e esperamos un tempo. Cando observemos que aparecen partículas flotando na disolución retiramos o líquido (sobrenadante) para observalo cunha lupa binocular. Durante a observación identificaremos o número e tipo de microplásticos. Os resultados expresarémolos en nº de elementos por cm².

Procedemento B

Secamos as mostras de area nunha estufa durante 24h. A continuación preparamos unha disolución saturada de cloruro de sodio en auga (358g por cada L). e filtramos. Collemos 50g de cada tipo de area e poñemos cada unha nun vaso de precipitados. Preparamos 2 mostras por cada tipo de area. Engadimos 200mL da disolución a cada mostra, removemos a area durante 2 minutos e esperamos 10 min a que repouse. Pasado ese tempo filtramos o líquido (sobrenadante) recollendo as partículas sólidas en suspensión nun filtro de papel. Lavamos o filtro con auga destilada e deixámolo secar 5 minutos na estufa. A continuación observamos cada filtro cunha lupa binocular para identificar o número e tipo de microplásticos. Sacamos unha foto á proxección que observemos coa lupa para cada mostra como proba da observación.

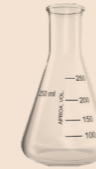
Os resultados expresarémolos en nº de elementos por cm².

Procedemento C

Secamos as mostras de area nunha estufa durante 24h. A continuación preparamos unha disolución saturada de cloruro de sodio en auga (358g por cada L). e filtramos. Collemos 50g de cada tipo de area e poñemos cada unha nun vaso de precipitados. Engadimos 200mL da disolución a cada mostra, axitamos e esperamos 10 min. Filtramos o líquido (sobrenadante) e recolleemos as partículas sólidas en suspensión nun filtro de papel. Lavamos o filtro e observámolo cunha lupa binocular para identificar o número e tipo de microplásticos. Os resultados expresarémolos en nº de elementos por cm².

- Que procedemento deberiades usar para obter os datos máis representativos da investigación? Por que?
- Que aspectos deberían modificar e/ou incluír as outras dúas opcións para ter a mesma calidade científica que o que escolledes?

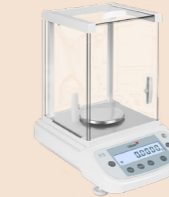
Despois de seleccionar o mellor procedemento, debemos escoller o material e equipamento necesario para levalo a cabo. Para iso dispoñemos do seguinte listado de materiais. Debedes indicar o tipo de materiais e a cantidade dos mesmos.



Matraz



Embudo de decantación



Balanza



Termómetro



Microscopio



Probeta



Tubo de ensaio



Vaso de precipitados



Pinzas



Morteiro



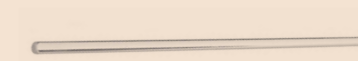
Funil



Espátula



Frasco lavador



varia de vidro



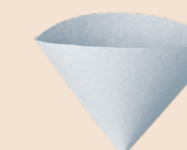
Vidro reloxo



Crisol



Lupa



Papel de filtro

Parte II: Posta en práctica da investigación

Unha vez que poñemos en práctica o procedemento, temos que tomar os datos que nos permitan establecer unha conclusión.

Que datos e observacións obtedes?

A que conclusións podemos chegar con eses datos?

Podemos dicir que os nosos resultados son fiables cientificamente falando?
Por que?

Recomendacións para o desenvolvemento da actividade

A actividade está pensada para realizar en dúas sesións: unha para o deseño, e outra para a experimentación e posterior reflexión sobre a fiabilidade.

Antes de poñer en práctica o deseño da investigación é preciso realizar unha breve exposición ou coloquio sobre a ameaza medioambiental que supón a presenza dos microplásticos nos medios mariños e costeiros.

A partir das respostas á primeira pregunta, é recomendable introducir os aspectos epistémicos disciplinares que se detallan no cadro. Se o alumnado xa recibiu formación sobre eles, ben realizando algunha das actividades anteriores sobre indagación ou por outros medios, non é preciso volver a incorporar ditos coñecementos á hora de seleccionar a mellor opción de procedemento a seguir.

Na parte correspondente á modificación dos procedementos, é preciso incidir na necesidade de modificar cada un por separado e de forma detallada para que poida levarse a cabo, pois o alumnado tende a indicar os aspectos a mellorar de forma xeral sen indicalos de forma específica para cada procedemento.

En canto a aspectos prácticos, a recollida das mostras de area debe realizarse polos docentes e para iso recoméndase seguir o procedemento detallado por Besley et al. (2017). Ademais, é recomendable ter preparada a disolución saturada de NaCl e filtrada antes de comezar a actividade porque se precisa un volume elevado de disolución e leva tempo filtrala.

Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

O instrumento que se describe a continuación permite avaliar os desempeños do alumnado no uso do coñecemento epistémico implicado na indagación científica, por exemplo no uso de criterios epistémicos asociados co coñecemento disciplinar que se describe no cadro inicial (sistematicidade, reproducibilidade, fiabilidade, etc.) para escoller o procedemento máis axeitado, ou na reflexión sobre a fiabilidade da investigación realizada.

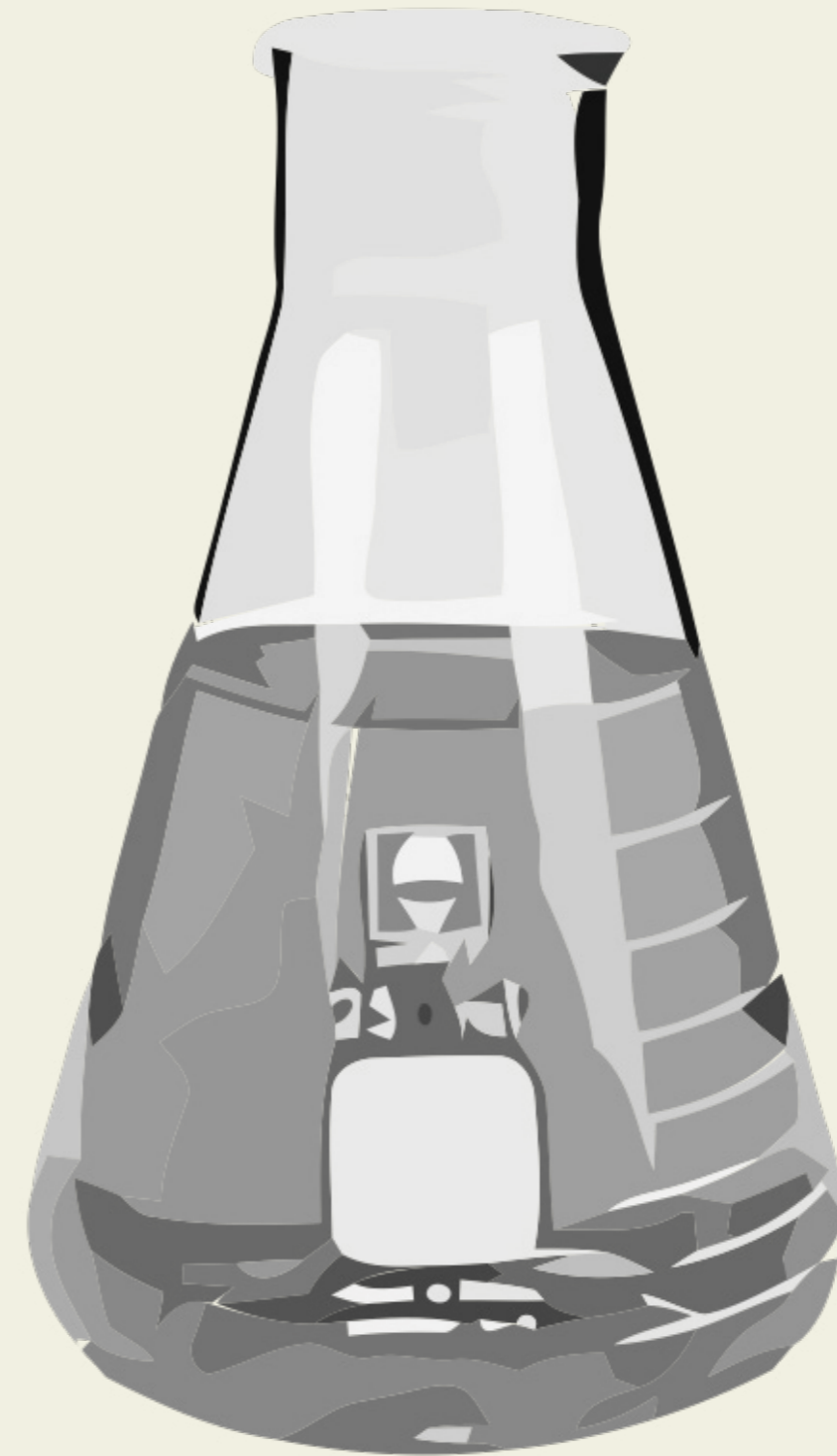
Outros aspectos que se avalían son específicos da indagación científica como a selección dos materiais e instrumental axeitado, e a toma de datos específica. Ademais, tamén se examina o uso do coñecemento epistémico relativo á argumentación, en particular na dimensión conclusións, na cal se avalía se está fundamentada en probas e se esta permite responder á pregunta inicial.

DIMENSIÓN	EXCELENTE	AXEITADO	REGULAR	DEFICIENTE
Selección do procedemento	Identifica o procedemento axeitado, xustifica a adecuación tendo en conta criterios de precisión, orde, ou reproducibilidade	Identifica o procedemento axeitado, xustifica a adecuación tendo en conta algúns dos criterios anteriores	Identifica o procedemento axeitado, xustifica a adecuación tendo en conta outros criterios diferentes	Non identifica o procedemento axeitado
Modificación dos procedementos alternativos	Modifica ambas opcións de procedementos de forma detallada indicando todos os elementos a incluír e/ou modificar	Modifica ambas opcións de procedementos indicando algúns elementos a incluír e/ou modificar	Indica os aspectos a modificar de forma xeral sen precisar para cada opción	Indica aspectos a modificar pero sen relevancia desde o punto de vista epistémico
Selección de materiais	Selecciona todos os materiais necesarios para realizar a investigación e indica as cantidades axeitadas	Selecciona todos os materiais necesarios para realizar a investigación pero as cantidades non son axeitadas	Selecciona algúns dos materiais necesarios e/ou as cantidades non son axeitadas	Selecciona algúns dos materiais necesarios pero non indica as cantidades axeitadas

Toma de datos	Describe de forma adecuada os tipos de microplásticos observados en cada tipo de area e compara ambas	Describe de forma adecuada os tipos de microplásticos observados en cada tipo de area	Describe de forma pouco adecuada os tipos de microplásticos observados en cada tipo de area	Proporciona unha descrición que non permite interpretar as posibles observacións
Conclusións	Elabora unha conclusión baseada en probas que permite responder á pregunta de investigación	Elabora unha conclusión que permite responder á pregunta de investigación pero non está baseada nas probas empíricas	Elabora unha conclusión que permite responder de forma parcial á pregunta de investigación	A conclusión elaborada non permite responder á pregunta de investigación
Reflexión fiabilidade	Explica de forma detallada por que os resultados non son fiables, tomando como base o procedemento seguido para realizar a investigación e os erros experimentais cometidos que poderían afectar aos resultados	Explica de forma detallada por que os resultados non son fiables, tomando como base o procedemento seguido para realizar a investigación	Explica de forma detallada por que os resultados non son fiables, tomando como base outros aspectos científicos	Elabora unha explicación non fundamentada sobre a fiabilidade

O residuo sorpresa

Beatriz Crujeiras-Pérez



Esta actividade consiste en deseñar e poñer en práctica unha investigación para identificar a composición dunha disolución problema e reciclala no bidón de residuos correspondente.

Materia: Física e Química (4º curso)

CONTIDOS

B1.1. Investigación científica

B2.4. Formulación e nomenclatura de compostos inorgánicos segundo as normas da IUPAC

B3.6. Reaccións de especial interese

CRITERIOS DE AVALIACIÓN

B1.9. Realizar en equipo tarefas propias da investigación científica

B2.6. Nomear e formular compostos inorgánicos ternarios segundo as normas da IUPAC

B3.6. Identificar ácidos e bases, coñecer o seu comportamento químico e medir a súa fortaleza utilizando indicadores e o pHmetro dixital

Relación coa competencia científica: Avaliar e deseñar investigacións científicas (OCDE, 2017; 2019). En particular, propoñer unha forma de explorar científicamente unha cuestión determinada.

Práctica científica: Indagación/Argumentación

Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolves coa realización desta actividade

	COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
I	Planificar unha investigación, identificando: as variables independentes, dependentes e controlables, as ferramentas necesarias para tomar o datos, a forma na que se van rexistrar as medidas e os datos que se precisan para sustentar unha conclusión	Seleccionar as ferramentas adecuadas para recoller, rexistrar, analizar e avaliar os datos
	En ciencias é importante realizar unha toma de datos de forma clara, honesta e precisa	Controlar variables
A	Unha conclusión debe responder á pregunta formulada e estar sustentada en probas	Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión

O guión que se presenta ao alumnado reproducése a continuación.

Ao chegar ao laboratorio de química atopades un matraz Erlenmeyer cunha disolución incolora enriba das mesas de traballo. Estas mostras esquecéronas os vosos compañeiros de 3º de ESO que estiveron aprendendo a preparar disolucións a hora anterior. Durante esa sesión empregaron diferentes substancias e algunhas poden ser nocivas para o medio ambiente, polo tanto non se poden tirar directamente pola billa, debemos seguir un proceso de eliminación axeitado. Este proceso consiste en almacenar o contido do vaso nun dos bidóns de residuos dispoñibles no laboratorio, para ser transportado e procesado nas plantas de eliminación de residuos correspondentes.

Os bidóns están clasificados nos seguintes tipos: disolventes ácidos, disolventes básicos, disolventes haloxenados (que conteñen flúor, cloro, bromo ou iodo e as súas disolucións neutras) ou disolventes con metais pesados.

Antes de depositar o contido do vaso no bidón correspondente debemos pescudar de que substancia se trata porque se a botamos nun bidón equivocado contaminaría todo o contido do mesmo. Para axudarvos, indícanse a continuación as substancias que empregaron os compañeiros e algunhas das súas características:

a) Substancias: ioduro de potasio, hidróxido de aluminio, cloruro de sodio, hidróxeno carbonato de sodio, cloruro de bario e ácido clorhídrico.

b) Características:

Substancia	Propiedades		
	pH	ReactividadE	
KI	Neutro	Reacciona con ácido sulfúrico dando lugar a un sólido de cor branca.	$KI + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + HI$
		Cando se engade nitrato de prata prodúcese un precipitado amarelo	$KI + AgNO_3 \rightarrow KNO_3 + AgI \downarrow$
Al(OH) ₃	Básico	Reacciona con ácido clorhídrico dando lugar a un sólido de cor branca.	$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 \downarrow + 3H_2O$
HCl	Ácido	Cando se lle engade nitrato de prata prodúcese un precipitado branco	$HCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl \downarrow + HNO_3$
BaCl ₂	Neutro	Reacciona con ácido sulfúrico dando lugar a un sólido de cor branca.	$BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + 2HCl$
		O sólido formado disólvese en etanol.	
NaCl	Neutro	Reacciona con ácido sulfúrico dando lugar a un sólido de cor branca.	$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 \downarrow + 2HCl$
		Cando se lle engade nitrato de prata da lugar a un sólido de cor branca	$Na_2SO_4 + AgNO_3 \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$
NaHCO ₃	Básico	Reacciona con ácido sulfúrico dando lugar a desprendemento de gas	$NaHCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

1. Que propiedades podedes empregar para identificar o tipo de substancia?
2. Elaborade un deseño que permita pescudar de que substancia se trata, xustificando cada paso
3. Poñede en práctica o deseño e anotade os resultados que ides obtendo en cada parte
4. A que conclusión chegades?
5. Que probas vos servirán para garantir que realmente se trata da substancia indicada?
6. Por que precisamos obter as probas anteriores para resolver a investigación?

Recomendacións para o desenvolvemento da actividade

Esta actividade está pensada para realizar cando o alumnado xa ten experiencia en resolver actividades de indagación, en particular no deseño de investigacións. Neste caso, a diferenza das actividades anteriores, non se inclúe ningunha guía de deseño, nin en forma de preguntas nin de exemplos de posibles deseños. Esta actividade pode empregarse para examinar como integra o alumnado o coñecemento epistémico disciplinar sobre a indagación científica e a argumentación á hora de planificar e poñer en práctica unha investigación e tamén como son os seus desempeños no desenvolvemento das prácticas epistémicas asociadas.

A nivel de implementación da actividade, para elaborar o deseño, o alumnado debe identificar primeiro o problema a investigar, é dicir, identificar a composición dunha disolución descoñecida para depositala no bidón de almacenamento de residuos axeitado.

Para poder levar a cabo a investigación coa información da que dispón, o alumnado precisa identificar a información relevante proporcionada no guión, é dicir, os valores de pH e a reactividade das posibles substancias en función do pH. En función destes datos planifícase como resolver o problema. A planificación implica seleccionar o material que se precisa utilizar, tomar decisións teóricas sobre o tipo de probas de identificación a levar a cabo e sobre como manipular as mostras, tomar decisións prácticas como o número de mostras no que deben dividir a substancia problema para a súa identificación, decidir como identificar a composición, como medir o pH e as proporcións de substancia problema e reactivos a utilizar en cada proba. Por último, teñen que seleccionar os criterios de identificación que lles van permitir identificar a composición da substancia problema.

Despois de poñer en práctica o deseño e identificada a composición do residuo, o alumnado ten que seleccionar o bidón de residuos correspondente no que se debe depositar este.

A parte final (preguntas 5 e 6) están encamiñadas a examinar o coñecemento epistémico disciplinar, en particular, sobre o uso das probas no establecemento dunha conclusión na investigación científica e da realización dunha investigación fiable e reproducible. É recomendable incidir no aspecto de que a conclusión debe respon-

der á pregunta de investigación, pois unha gran parte do alumando participante no estudo elaborou unha conclusión que respondía unicamente á composición do residuo obviando o bidón de residuos no cal este se debe depositar.

Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

O instrumento que aquí se presenta é un exemplo para avaliar os desempeños do alumnado na indagación científica e o coñecemento epistémico disciplinar implicado na actividade.

DIMENSIÓN	EXCELENTE	AXEITADO	REGULAR	DEFICIENTE
Deseño da investigación	Elabora un deseño completamente detallado, ordenado e reproducible	Elabora un deseño ordenado, pero non está completamente detallado	Elabora un deseño pouco ordenado	Elabora un deseño que non permite resolver a cuestión a investigar
Selección de materiais	Selecciona todos os materiais necesarios para realizar a investigación e indica as cantidades axeitadas	Selecciona todos os materiais necesarios para realizar a investigación pero as cantidades non son axeitadas	Selecciona algúns dos materiais necesarios e/ou as cantidades non son axeitadas	Selecciona algúns dos materiais necesarios pero non indica as cantidades axeitadas
Conclusións	Elabora unha conclusión baseada en probas que permite responder á pregunta de investigación	Elabora unha conclusión que permite responder á pregunta de investigación pero non está baseada nas probas empíricas	Elabora unha conclusión que permite responder de forma parcial á pregunta de investigación	A conclusión elaborada non permite responder á pregunta de investigación

DIMENSIÓN	EXCELENTE	AXEITADO	REGULAR	DEFICIENTE
Uso das probas	Fai referencia explícita ás medidas de pH e á reactividade química como probas empíricas que garanten a identificación do residuo	Fai referencia explícita ás medidas de pH ou á reactividade química como probas empíricas que garanten a identificación do residuo	Ten en conta as medidas de pH e a reactividade química na súa resposta, pero de forma implícita	Non fai referencia ás probas empíricas
Fiabilidade	Fai referencia a que a conclusión científica precisa incorporar probas, neste caso empíricas, para que sexa fiable e crible	Fai referencia ao papel das probas na conclusión pero non a relaciona coa fiabilidade e/ou credibilidade da investigación	Fai referencia ao papel das probas na conclusión pero non emprega o coñecemento epistémico na súa resposta	Non fai referencia ao papel das probas no establecemento da conclusión



Agricultura convencional versus agricultura ecológica

Pablo Brocos Mosquera

Nesta actividade o alumando deberá argumentar sobre unha cuestión sociocientífica (escoller entre agricultura ecolóxica ou convencional), considerando diversos criterios e adoptando, por tanto, unha perspectiva interdisciplinar, e deberá avaliar a fiabilidade dun vídeo de divulgación científica, así como dos estudos e probas que este presenta sobre o dilema abordado. Para realizar a actividade, o alumnado debe considerar as probas e valores relevantes para construír a súa postura e xustificala axeitadamente. O contexto resulta de interese xa que existe na poboación española unha clara prevalencia de actitudes positivas cara a agricultura ecolóxica, mais diversos estudos realizados nos últimos anos poñen en dúbida as súas vantaxes en termos ambientais e de saúde.

A actividade está deseñada para ser realizada en grupos de 3 ou 4 estudantes, e consta de tres partes diferenciadas. Na primeira, o alumnado debe avaliar como de axeitadas consideran a agricultura ecolóxica e convencional aténdose a criterios nutricionais, ambientais, económicos, éticos e prácticos. Esta fase está encamiñada a que o alumnado exprese as súas ideas iniciais e, á vez, sobre consciencia dos elementos de xuízo que utilizan habitualmente para avaliar cuestións sociocientíficas como a presentada. Na segunda parte, o alumnado debe visualizar un vídeo de alto rigor científico dunha canle de divulgación científica no que se comparan ambos tipos de agricultura segundo os resultados de diversos estudos científicos recentes. Tras visualizar o vídeo, o alumnado responderá a unha serie de cuestións, nas que deberá avaliar a fiabilidade do vídeo e das probas que aporta. Neste punto, terán a posibilidade de revisar as súas avaliacións realizadas na primeira parte, modificándoas, posibilitándose así que expliciten o crédito que lle conceden ou non a esta fonte de información, e os criterios que utilizan para avaliála. Finalmente, na última parte, deben debater nos pequenos grupos para chegar a un consenso sobre que opción consideran mellor, se a agricultura ecolóxica ou a convencional, elaborando un argumento escrito para expoñer e defender as súas conclusións.

Materia: Bioloxía e Xeoloxía (4º curso)

CONTIDOS

B3.11. Actividade humana e medio ambiente.

Impactos e valoración das actividades humanas nos ecosistemas. Consecuencias ambientais do consumo humano de enerxía.

B4.2. Artigo científico. Fontes de divulgación científica

CRITERIOS DE AVALIACIÓN

B3.8. Contrastar algunhas actuacións humanas sobre diferentes ecosistemas, valorar a súa influencia e argumentar as razóns de certas actuacións individuais e colectivas para evitar a súa deterioración

B4.3. Discriminar e decidir sobre as fontes de información e os métodos empregados para a súa obtención

Relación coas competencias científicas: Interpretar datos e probas científicamente (OCDE, 2017; 2019). Especificamente, analizar e interpretar datos para establecer conclusións coherentes sobre feitos científicos e tecnolóxicos actuais para resolver situacións sociais e persoais da vida cotiá.

Práctica científica: Argumentación

Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolven coa realización desta actividade

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
As conclusións precisan probas	Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión
A calidade dunha conclusión e das probas é importante para elaborar un argumento convincente	Cuestionar a validez de argumentos baseados en conxuntos pequenos de datos, mostras sesgadas ou sen mostra control
Os contraargumentos e as probas son fundamentais para examinar e avaliar unha conclusión	Diferenciar entre feitos, razoamento xustificado en base a resultados de investigación e especulación nunha explicación
A autoridade é menos persuasiva que as probas	Diferenciar entre opinións e probas en explicacións
Un argumento de carácter social debe conter referencias a valores	

O guión que se lle proporciona ao alumnado para cada parte é o seguinte:

Parte I: Tipos de agricultura - adecuación aos criterios

Na actualidade temos a posibilidade de adquirir produtos alimentarios provenientes de diferentes tipos de agricultura, é dicir, de diferentes técnicas relacionadas co tratamento do solo e o cultivo da terra para a produción de alimentos. A agricultura convencional ou industrial permite a produción de grandes cantidades de alimentos en menor tempo e espazo, utilizando produtos químicos como abonos sintéticos ou pesticidas. A agricultura ecolóxica utiliza métodos biolóxicos e mecánicos tradicionais, evitando produtos químicos de síntese e organismos transxénicos.

En grupo chegade a un acordo e asignade unha puntuación (entre 0 e 10) a cada tipo de agricultura en función do grao en que consideredes que satisfán os seguintes criterios, é dicir, o axeitadas que sexan para cada un dos aspectos en concreto.

Opcións	Criterios				
	Nutricional e saúde	Ambiental	Económico	Ético	Persoal e práctico
Agricultura ecolóxica					
Agricultura convencional					

Parte II: Vídeo sobre agricultura ecolóxica vs convencional

Tras visionar o vídeo [¿Es "orgánico" realmente mejor? ¿Comida sana o una estafa de moda?](#) do canle de Youtube Kurzgesagt – In a Nutshell, respondede as seguintes cuestións:

- 1) Identificades unha ou varias posturas no vídeo? Por que credes que expoñen esa ou esas posturas?
- 2) Parécevos fiable a mensaxe que se transmite no vídeo? E as probas que aporta?
- 3) Credes que as probas aportadas serven para posicionarse en calquera das dúas opcións?

É posible que tras o visionado do vídeo queirades modificar as vosas valoracións no primeiro apartado: sinaládeo na seguinte táboa.

Opciones	Criterios (revisión)				
	Nutricional y salud	Ambiental	Económico	Ético	Personal y práctico
Agricultura ecológica					
Agricultura convencional					

Parte III: Elaboración dun argumento

Debatide **en grupo** para chegar a un consenso sobre que opción considerades mellor, se a agricultura ecolóxica ou a convencional. Elaborade un argumento escrito para defender a vosa conclusión.

Para elaboralo tede en conta:

- a) os distintos criterios abordados na Parte 1, e as probas que poden apoiar unha ou outra opción en cada un deles.
- b) os valores que están implicados en cada criterio e cales considerades individualmente máis relevantes chegando a un acordo sobre cales priorizades como grupo.

Recomendacións para o desenvolvemento da actividade

Na primeira parte é recomendable introducir a cuestión directamente sen grandes preámbulos, unicamente definindo de forma o máis aséptica posible en que consisten un tipo e outro de agricultura, e evitando que o alumnado detecte que o docente ten algunha preferencia por un tipo ou outro, o que podería condicionar o desenvolvemento da actividade e os desempeños do alumnado. Ao finalizar a primeira parte pode realizarse unha breve posta en común para coñecer as avaliacións realizadas polos distintos grupos.

O vídeo proxectado na segunda parte parte (<https://youtu.be/8PmM6SUn7Es>), da canle de Youtube *Kurzgesagt – In a Nutshell* e de 9 minutos de duración, está en inglés, mais dispón de subtítulos en español que poden ser activados e que permiten un axeitado seguimento do mesmo. En caso de visualizarse no proxector da aula, recoméndase que se aumenten significativamente o tamaño dos subtítulos (300% ou 400%), o que pode realizarse na configuración do vídeo (Configuración/ Opciones/ Subtítulos/ Tamaño de fuente). Tamén é posible, e mesmo recomendable, distribuír unha copia do texto dos subtítulos tras a súa visualización, para que o alumnado a poida consultar posteriormente. Recoméndase realizar unha breve posta en común tras a resposta do alumnado ás cuestións sobre o vídeo, incidindo especialmente nos criterios concretos que o alumnado utilizou para avaliar a súa fiabilidade.

Na terceira parte, unha vez finalizada a redacción dos argumentos escritos, recoméndase a realización dun debate en gran grupo para contrastalos. O docente procurará que no debate se salienten as probas e valores que tomaron en consideración cada un dos grupos nos seus argumentos e eleccións. Ao rematar, convén realizar unha reflexión grupal sobre os aspectos epistémicos implicados na actividade, como o papel da autoridade e das probas para avaliar un argumento (debemos fiarnos de calquera vídeo?), a relevancia dos valores persoais que priorizamos para tomar unha decisión sobre unha cuestión sociocientífica, ou os criterios para xulgar a fiabilidade dun vídeo de divulgación científica e dos estudos que presenta.

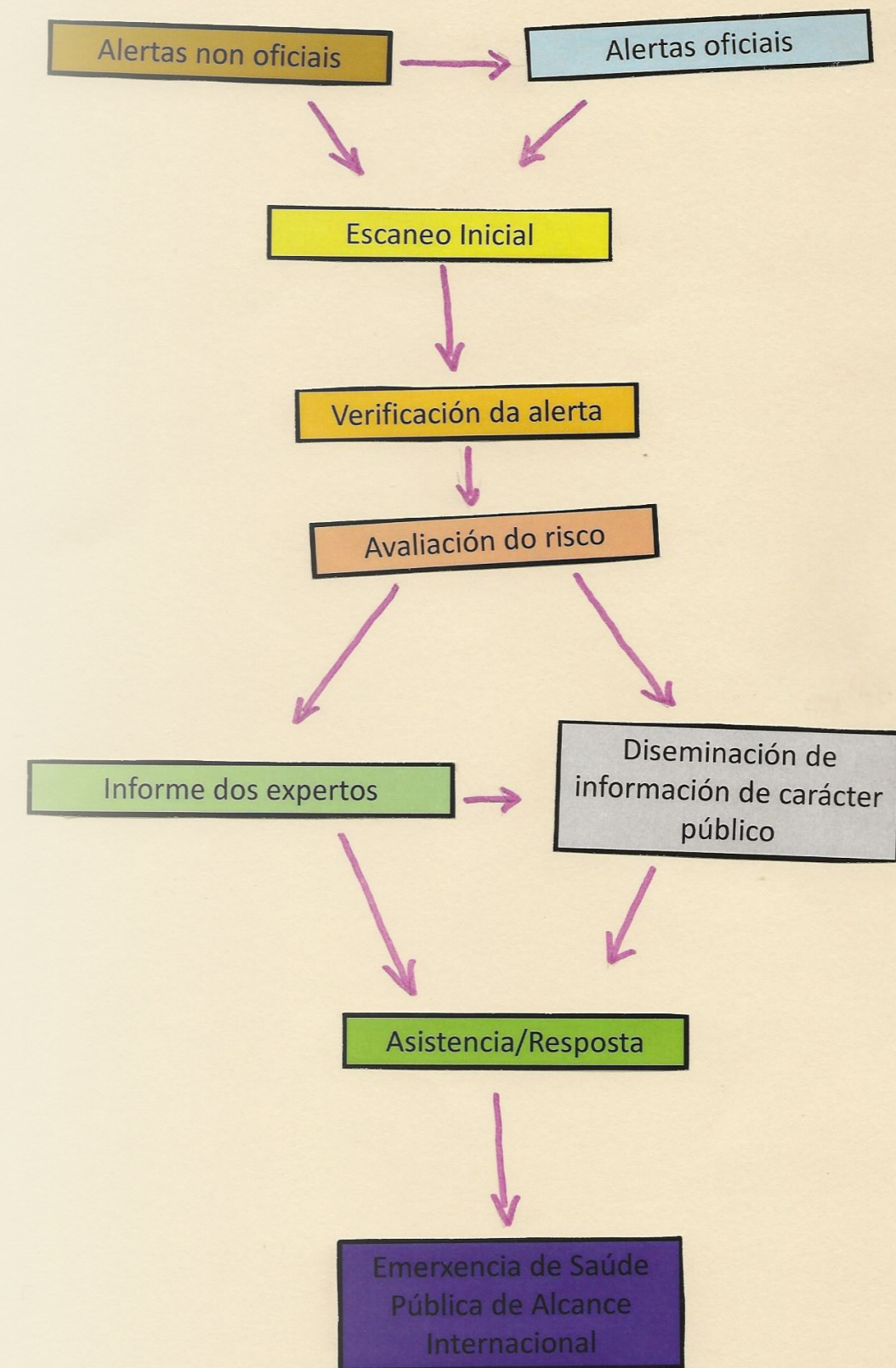
Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

A continuación propoñemos, como exemplo, unha rúbrica que se podería utilizar para avaliar os desempeños do alumnado sobre algunhas das prácticas e dos coñecementos epistémicos implicados na actividade.

PRÁCTICAS	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión	Utilización de probas concretas no argumento escrito para todos os criterios, especificando cuantitativamente os datos e referenciando a fonte	Utilización de probas concretas no argumento escrito, mais non para todos os criterios	Alusión xeral a probas no argumento escrito, sen concretar datos	Non fai referencia a probas no argumento escrito
Cuestionar a validez de argumentos baseados en conxuntos pequenos de datos, mostras sesgadas ou sen mostra control	Fai referencia aos estudos que informan a decisión e o argumento, valorando a súa calidade en función das súas características e limitacións	Fai referencia a algúns dos estudos que informan a súa decisión e o argumento, valorando a súa calidade, mais sen facer referencia as súas características	Fai referencias xerais á existencia de estudos, mais non para todos os criterios e sen avaliar a súa calidade ou características	Non fai referencias aos estudos citados no vídeo
Recoñecer o papel da autoridade e das probas na xustificación de conclusións	Fai referencia ao vídeo como posible autoridade, mais valorando que a súa fiabilidade depende da calidade dos estudos e probas que presenta	Fai referencia ao vídeo, aceptando a súa validez como fonte de información por incluír estudos científicos	Fai referencia ao vídeo, rexeitando a súa validez como fonte de información por ser un vídeo de Internet	Non recoñece o papel do vídeo ou das probas que inclúe nin explicita o seu papel como fontes de información sobre as que construír o argumento
Recoñecer que un argumento de carácter social debe conter referencias a valores	Inclúe de maneira explícita os valores sobre os que se constrúe o argumento, sinalando os implicados para cada criterio, e sinala a súa priorización relativa	Inclúe de maneira explícita algúns dos valores sobre os que se constrúe a decisión e o argumento, manifestando o/s criterio/s aos que se lle concede prioridade	Inclúe referencia a valores de maneira implícita, manifestando o/s criterio/s aos que se lle concede prioridade	Non inclúe referencia a valores no argumento

Por que son importantes os protocolos durante unha emerxencia?

Lucía Casas-Quiroga



Esta actividade consiste en elaborar xustificacións para construír o protocolo da OMS para emerxencias de saúde pública ordenando os pasos que o compoñen e para determinar mediante a comparación de diferentes propostas cal sería a liña de actuación máis axeitada para resolver unha emerxencia de orixe alimentario.

Enmárcase no contexto da seguridade alimentaria, en particular nas enfermidades orixinadas por patóxenos e nos protocolos para facer fronte a emerxencias de saúde pública que requiran medidas coordinadas.

Consta de dúas partes diferenciadas: a construción do protocolo e a elección do protocolo máis axeitado, que se realizan en pequenos grupos. Na parte de construción do protocolo, os participantes teñen que distribuír e relacionar mediante frechas os pasos do protocolo tendo en conta unha serie de datos. Na parte de elección do protocolo máis axeitado, os participantes deben identificar as diferenzas entre distintas propostas e xustificar como estas se traducen nunha mellor ou peor resposta. Para rematar a actividade, realízase unha posta en común entre todos os grupos nas que se acordan os diferentes requisitos cos que debe contar un protocolo.

Materia: Cultura científica (4º curso)

CONTIDOS

B4.5. Hábitos de vida saudables e non saudables. Alimentación saudable

B1.1. A comunicación en ciencia e tecnoloxía. O artigo científico. Fontes de divulgación científica. Elaboración e presentación de informes utilizando medios diversos

B1.2. Ciencia, tecnoloxía e sociedade. Perspectiva histórica

CRITERIOS DE AVALIACIÓN

B4.6. Valorar a importancia de adoptar medidas preventivas que eviten os contaxios e que prioricen os controis médicos periódicos e os estilos de vida saudables

B1.1. Obter, seleccionar e valorar informacións relacionadas con temas científicos da actualidade

B1.2. Valorar a importancia da investigación e o desenvolvemento tecnolóxico na actividade cotiá

Relación coa competencia científica: Interpretar os datos e as probas científicamente (OCDE, 2017; 2019). Concretamente, seleccionar os datos necesarios para elaborar un argumento para apoiar unha proposta determinada.

Práctica científica: Argumentación

Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolves coa realización desta actividade

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
As conclusións precisan probas	Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión
A calidade dunha conclusión e das probas é importante para elaborar un argumento convincente	Cuestionar a validez de argumentos baseados en conxuntos pequenos de datos, mostras sesgadas ou sen mostra control
As conclusións científicas como xuízos que requiren a avaliación dentro dun marco de alternativas e probas en vez de como feitos acumulados	Diferenciar entre opinións e probas en explicacións
Un bo argumento debe incluír os datos que pretenden explicar as conclusións	

O guión que se presenta ao alumnado reproducése a continuación.

Imos explorar a importancia dos protocolos como ferramenta para facer fronte a situacións de emerxencia. En grupos, construiremos o protocolo da OMS para emerxencias de saúde pública a través dos nove pasos que o compoñen, os cales se presentan a continuación.

Alertas oficiais: son os avisos sobre unha enfermidade que parten de organismos oficiais, como por exemplo, o ministerio de sanidade

Alertas non oficiais: son os avisos que parten de organismos non oficiais, como un instituto ou un supermercado

Asistencia/Resposta: son as medidas necesarias que se toman para erradicar a enfermidade (envío de medicamentos, illamento dos enfermos...)

Verificación da alerta: comprobación máis exhaustiva sobre a alerta da enfermidade (número de afectados, zonas afectadas...)

Diseminación de información pública: dar a coñecer á xente a gravidade da situación presente e tamén as recomendacións pertinentes. A prensa xoga un papel moi importante

Avaliación do risco: determinar a enfermidade ou causa primaria do brote, como se transmite e recomendacións para combatelo

Informe dos expertos: información científica que permite valorar a gravidade da situación. Fanse análises nos laboratorios.

Emerxencia de saúde pública de alcance internacional: declaración que se fai cando se comproba que a enfermidade pode chegar a afectar a outros países e se require unha resposta internacional

Escaneo inicial: é a comprobación de que a alerta (oficial ou non oficial) é verdadeira e constitúe motivo de preocupación

O obxectivo é ordenar os pasos anteriores e relacionalos con frechas para resolver a emerxencia da mellor forma posible. Para axudarnos, contaremos cunha cronoloxía dos sucesos acontecidos durante unha emerxencia de orixe alimentaria, concretamente o brote do síndrome urémico-hemolítico de Alemaña en 2011.

Cronoloxía

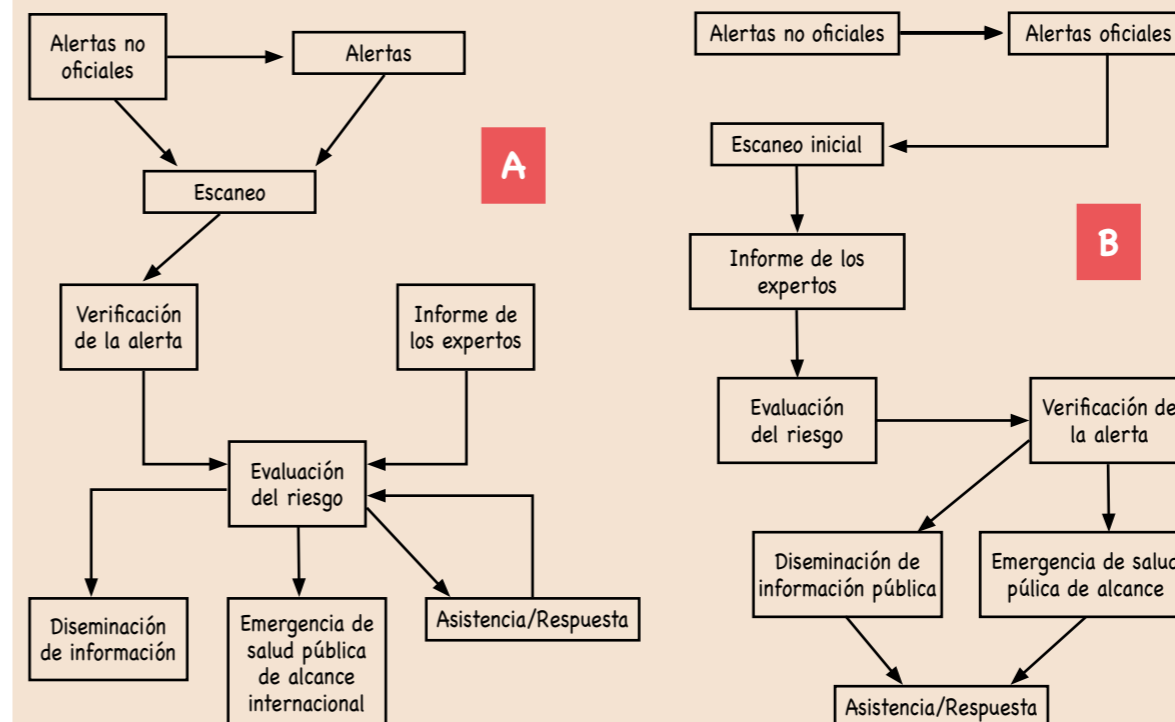
- ✓ O goberno alemán notifica á Comisión Europea un incremento de casos de diarrea hemorráxica no país relacionados coa bacteria E. coli
- ✓ A senadora de Hamburgo, comparece nos medios de comunicación indicando que o brote infeccioso foi provocado por unha partida de cogombros procedentes de Almería.
- ✓ O Instituto de Hixiene de Hamburgo indica que atopou E. coli en dous cogombros de orixe española e un holandés.
- ✓ As autoridades alemás recomandan á poboación non consumir froitas e hortalizas. Os supermercados retiran os produtos.
- ✓ As empresas sinaladas aseguran que teñen feito as análises antes de exportar os produtos e todas dan negativas.
- ✓ A infección esténdese simultaneamente en distintos puntos do país polo que as autoridades e científicos supoñen desde o principio que a causa está en produtos de distribución nacional (alemáns). Algúns dos afectados manifestan que consumiron soia nun restaurante.
- ✓ Análises posteriores demostran que a cepa da bacteria atopada nos cogombros é diferente á atopada nas feces dos afectados.
- ✓ Os estudos céntranse na análise da soia, ao atopar que moitos clientes dun restaurante caeron enfermos tras consumila.
- ✓ As primeiras análises realizadas deron negativas, mais atopouse a variedade agresiva nunha granxa ecolóxica de baixa Saxonia.

- ✓ Alemaña rectifica dicindo que a bacteria E. coli atopada nos cogombros non é da mesma cepa que a que estaba provocando as mortes e que a orixe está nos brotes xerminados dun cultivo de baixa Saxonia. Levanta a alerta sobre os cogombros.
- ✓ En total morreron 23 persoas e houbo máis dun millar de afectados.

1. Construción do protocolo: Cal considerades que sería a orde correcta dos pasos para que o protocolo axude a identificar e solucionar a emerxencia? Responde primeiro ás seguintes cuestións.

- a. Actúa o goberno alemán dunha forma axeitada dende un punto de vista científico? Por que razón?
- b. Que datos da cronoloxía son útiles para ordenar os pasos do noso protocolo? Con que paso se relacionan?
- c. Temos suficiente información para xustificar a colocación de todos os pasos?

A continuación, compararemos a nosa proposta con dúas novas alternativas para determinar a mellor forma de actuar ante unha emerxencia.



2. Elección do mellor protocolo: Cal dos tres protocolos sería unha mellor alternativa para resolver a emerxencia? Por que? Responde primeiro ás seguintes cuestións.

- a. Que similitudes e diferencias atopamos entre o noso protocolo e os outros dous?
- b. Cales son as características que debería ter un bo protocolo para emerxencias deste tipo? Por que razón?

Por último, faremos unha posta en común na que cada grupo argumentará a súa elección de protocolo, e entre todos acordaremos cales serían as características máis importantes para que este axude a resolver a emerxencia.

A actividade está pensada para realizar en dúas sesións: unha para a construción da proposta do protocolo e outra para a elección da mellor alternativa para resolver a emerxencia, coa posta en común final de cada grupo.

Antes de realizar esta actividade é recomendable introducir os aspectos epistémicos disciplinares que se sinalan no cadro. Tamén explicar o que é un protocolo, por exemplo facendo un paralelismo cunha situación máis próxima ao alumnado, como o protocolo de evacuación de incendios do centro educativo. A actividade está pensada para alumnado sen familiarización previa coa práctica de argumentación, xa que as preguntas guía proporcionan a andamiaxe para elaborar as xustificacións (seleccionar datos, conectar eses datos coas propostas...) e polo tanto inciden nos aspectos epistémicos relativos ao coñecemento disciplinar desta actividade introducidos con anterioridade.

En canto á resolución da actividade, na primeira parte espérase que o alumnado elabore unha proposta para o protocolo xustificando a colocación de cada paso en función da información proporcionada sobre estes e da cronoloxía dos feitos, que narran unha situación real na que se cometeron erros importantes. No noso estudo, os pasos do protocolo foron proporcionados ao alumnado en forma de nove etiquetas individuais. Isto permite que o alumnado explore distintas configuracións para o protocolo con maior rapidez a medida que se van incorporando novos datos. É importante recalcar que o protocolo non ten porqué seguir unha estrutura lineal, se non que pode haber pasos simultáneos ou que conflúan noutros. Na segunda parte, a elección do mellor protocolo, os estudantes están facendo a comparativa da súa proposta, sen sabelo, co protocolo de referencia da OMS (A) e con outro protocolo que presenta erros impor-

tantes na ordenación dos pasos (B). Neste caso, todos os grupos que participaron no estudo identificaron con éxito as similitudes e diferencias coa súa proposta, pero á hora de realizar a elección, non todos foron capaces de xustificar como traducen estas diferencias nunha mellor ou peor resolución da emerxencia.

Como recomendación final, convén revelar ao alumnado ao remate da actividade que o protocolo A se corresponde coas medidas oficiais da OMS para as emerxencias de saúde pública, e tamén que a última emerxencia de saúde pública de alcance internacional declarada pola OMS é a pandemia da COVID-19.

Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

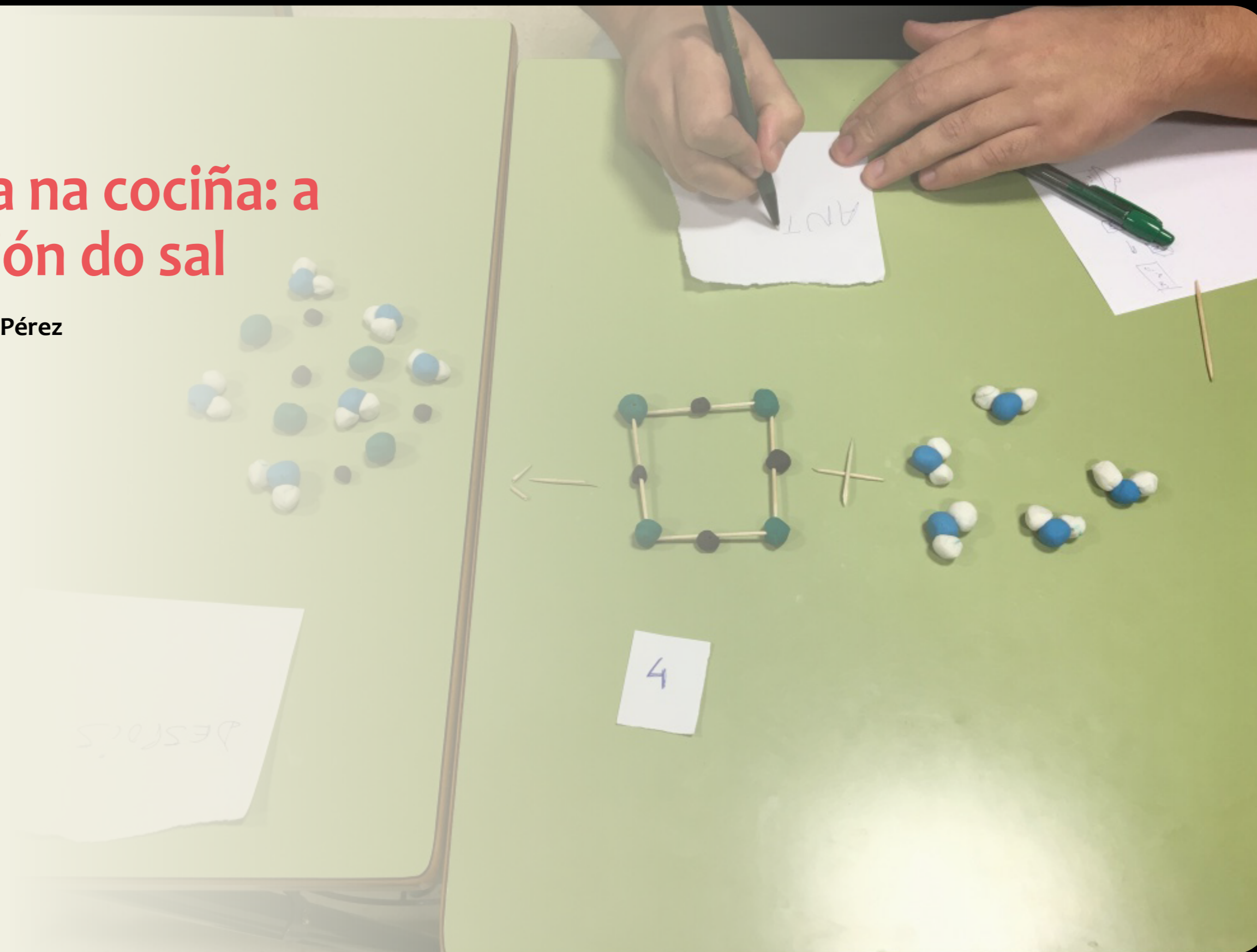
A rúbrica que se describe a continuación trátase dun exemplo de instrumento que permite avaliar os desempeños do alumnado no uso do coñecemento epistémico durante a construción do protocolo de emerxencias.

PRÁCTICAS	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión	A ordenación do protocolo está xustificada en base aos datos sobre os pasos e á información da cronoloxía	Elabóranse explicacións parciais sobre a ordenación do protocolo. Non está xustificada a colocación de todos os pasos	Menciónanse algúns datos de forma descritiva, pero non se relacionan coa ordenación do protocolo	Non se utilizan datos para a ordenación de pasos do protocolo
Cuestionar a validez de argumentos baseados en conxuntos pequenos de datos, mostras sesgadas ou sen mostra control	As conclusións das autoridades alemás sobre o brote percíbense como erróneas por carecer das probas suficientes para levar a cabo accións relativas ao brote	As conclusións das autoridades alemás percíbense como erróneas, pero non se menciona a razón	As conclusións das autoridades alemás menciónanse sen expresar claramente se son erróneas ou acertadas.	Non se fai mención ás conclusións das autoridades alemás durante o brote

PRÁCTICAS	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
Diferenciar entre opinións e probas en explicacións	Recoñécense de forma explícita a existencia de pasos do protocolo para os cales non hai probas ou estas son insuficientes, o que se identifica como unha afirmación de menor validez	Recoñécense de forma explícita a existencia de pasos do protocolo para os cales non hai probas ou estas son insuficientes, pero non se fai referencia a unha menor validez	Existe confusión entre as afirmacións sustentadas en probas e aquelas que non o están para ordenar os pasos do protocolo	Non se fai ningunha distinción entre as afirmacións sustentadas en probas e aquelas que non o están para ordenar os pasos do protocolo

Química na cociña: a disolución do sal

Beatriz Crujeiras-Pérez



Esta actividade consiste na interpretación do fenómeno físico da disolución do cloruro de sodio a través da elaboración de modelos, teóricos e físicos.

Enmárcase nun contexto da vida cotiá, en particular no proceso de cociñado da pasta e nela abórdanse contidos de enlace químico e forzas intermoleculares. Consta de dúas partes diferenciadas: a elaboración de modelos e a avaliación dos mesmos que se realizan en pequenos grupos. Na parte de elaboración de modelos, os participantes teñen que desenvolver primeiro un modelo teórico que explique o que lle ocorre ao sal ao engadilo nunha pota con auga para cociñar a pasta e a continuación construír un modelo físico que o represente o modelo teórico. Para isto contan con plastilina de distintas cores.

Na parte de avaliación de modelos, os participantes deben identificar os aspectos que debe conter un modelo para representar axeitadamente o proceso de disolución do sal en auga, e aplicar eses criterios para seleccionar cal dos modelos elaborados polos pequenos grupos se axusta máis ao fenómeno real. Unha vez feita a selección de criterios, os participantes deben aplicalos para analizar todos os modelos elaborados polos grupos. Para rematar a actividade, visualízase unha simulación do proceso de disolución a nivel microscópico e finalmente cada grupo debe revisar o modelo elaborado indicando os aspectos que deberían modificar para que se achegase ao proceso microscópico visualizado.

Materia: Física e Química (3º/4º curso)

CONTIDOS

3º **B2.5:** Unións entre átomos: moléculas e cristais

4º **B2.3:** Enlace químico: iónico, covalente e metálico

B2.5: Forzas intermoleculares

CRITERIOS DE AVALIACIÓN

B2.4. Describir como se unen os átomos para formar estruturas máis complexas e explicar as propiedades das agrupacións resultantes

B2.5. Xustificar as propiedades dunha substancia a partir da natureza do seu enlace químico

B2.7. Recoñecer a influencia das forzas intermoleculares no estado de agregación e nas propiedades de substancias de interese

Relación coa competencia científica: Explicar fenómenos cientificamente (OCDE, 2017; 2019). En particular, aplicar o coñecemento científico de forma adecuada e identificar, usar e elaborar modelos explicativos e representacións.

Práctica científica: Modelización

Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolven coa realización desta actividade

COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
Os modelos empréganse para representar un sistema ou partes do mesmo que se está estudando, para facilitar o desenvolvemento de preguntas e explicacións, para obter datos que podan empregarse para elaborar predicións e para comunicar ideas (NRC, 2013)	Desenvolver e/ou empregar modelos para describir e predicir fenómenos (NRC, 2013)
O modelo enténdese como unha representación abstracta dun fenómeno, proceso, sistema, idea ou teoría (Giere, 1990; Schwartz et al., 2009)	Avaliar e refinar modelos comparando as predicións co mundo real (NRC, 2013)

O guión que se presenta ao alumnado reproducése a continuación.

Química na cociña: a disolución do sal

Parte I: Elaboración de modelos

Cando cocinamos pasta, normalmente utilizamos unha pota con auga e engadímoslle sal.

- Que lle ocorre ao sal na auga? Elabora un modelo teórico que o explique. (Para axudarte podes pensar na fórmula química do sal e da auga así como das súas estruturas)
- Elabora un modelo físico que o explique empregando a plastilina

Parte II: Avaliación de modelos

A continuación imos avaliar os modelos elaborados por todos os grupos.

- Que aspectos cres que debe ter en conta un bo modelo para que represente o proceso de disolución do sal en auga?
- Cal ou cales dos modelos anteriores cres representa de forma adecuada o proceso? Explica por que
- Agora imos ver unha simulación do proceso de disolución da sal en auga a nivel microscópico.
- Que aspectos deberías modificar no teu modelo para que se achegue ao proceso que acabamos de visualizar?

Recomendacións para o desenvolvemento da actividade

Dado que a actividade consta de dúas partes diferenciadas: a elaboración de modelos e a avaliación dos mesmos, é aconsellable realizar cada parte nun día diferente.

É preciso introducir antes da actividade os aspectos epistémicos disciplinares que se sinalan no cadro, que son os modelos e para que serven en ciencias. Despois da realización da actividade, unha vez que se visualiza o proceso a nivel microscópico cómpre volver a facer unha reflexión sobre a utilidade da modelización en ciencias para comprender, neste caso un fenómeno a nivel microscópico.

En canto á resolución da actividade, na primeira parte espérase que o alumnado elabore un modelo teórico que resuma o proceso de disolución en función do nivel educativo no que esta se implemente. É importante incidir nesta parte porque nos grupos que participaron no estudo, observouse que todos tiñan máis facilidade para representar o modelo teórico que o físico, probablemente pola falta de experiencia en realizar actividades de modelización. Ademais o modelo teórico axuda ao alumnado a elaborar de forma máis adecuada o modelo físico, pois nos grupos nos que non se lles pediu

elaborar primeiro a parte teórica, moitos tiveron dificultades para representar o proceso, facéndoo en moitas ocasións como se fose unha reacción química. Isto deriva das dificultades sinaladas noutros estudos relativas á capacidade para desenvolver os modelos cando é preciso integrar aspectos causais, dinámicos, espaciais e estáticos como ocorre co proceso de disolución do sal.

Na segunda parte da actividade, a avaliación dos modelos, é recomendable adicar un tempo considerable á pregunta sobre os aspectos que debe cumprir un bo modelo. Esta permite introducir ao alumnado no uso de criterios, neste caso para a avaliación dos modelos. Este é tamén un aspecto epistémico moi importante e útil para facer visibles as prácticas cognitivas da ciencia (Pluta, Chinn e Duncan, 2011).

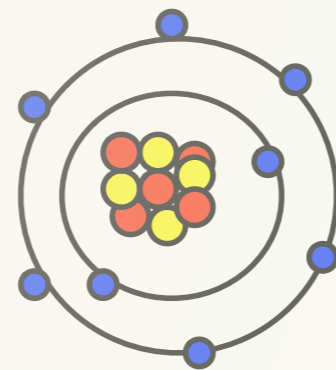
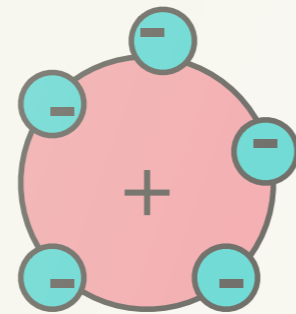
Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

Con esta actividade, ademais da capacidade de aplicar o coñecemento científico para elaborar e avaliar os modelos, podemos identificar a capacidade do alumnado para desenvolver algunhas prácticas epistémicas implicadas na modelización. Un exemplo de rúbrica para a avaliación destes aspectos é a seguinte:

PRÁCTICAS	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
Desenvolver modelos para describir fenómenos	Elabora un modelo que permite describir de forma adecuada o fenómeno da disolución do sal a nivel microscópico	Elabora un modelo que permite describir o fenómeno da disolución do sal a nivel microscópico pero con algún erro	Elabora un modelo que permite describir o fenómeno da disolución do sal a nivel macroscópico	Elabora un modelo que non permite describir o fenómeno da disolución do sal
Avaliar e refinar modelos	Avalía os modelos en base a criterios epistémicos Reformula o modelo proposto para melloralo en función das características microscópicas observadas na simulación	Avalía os modelos en base a outros criterios válidos Reformula o modelo proposto para melloralo en función das características microscópicas observadas na simulación pero non o consegue	Avalía os modelos en función de criterios non axeitados Reformula o modelo inicial pero a proposta non mellora o modelo	Non establece criterios ou non avalía os modelos Non reformula o modelo inicial

Os modelos atômicos

Beatriz Crujeiras-Pérez e Fermín Cambeiro



Esta actividade consta de dúas partes diferenciadas a realizar en dous momentos do curso. Unha primeira parte antes de empezar a unidade dedicada aos modelos atómicos (parte I) e outra ao finalizar o tema (parte II).

A parte I está encamiñada a coñecer as ideas do alumnado sobre a estrutura atómica da materia para establecer un punto de partida. Require que o alumnado en primeiro lugar debuxe como representaría un átomo calquera e despois preséntanse unha serie de modelos para o átomo de hidróxeno e debe indicar se son todos os modelos iguais e reflexionar sobre a existencia de distintos modelos para representar un mesmo átomo.

A parte II está encamiñada a examinar se o alumnado é capaz de aplicar o coñecemento sobre os distintos modelos, en concreto como relaciona os distintos modelos atómicos cos fenómenos que estes permiten explicar. Esta relación debe facerse de forma argumentada en base a unha serie de probas científicas que serven para sustentar os distintos modelos atómicos. Unha vez realizada a clasificación, o alumnado debe responder a catro preguntas que poñen de manifesto o coñecemento epistémico sobre a modelización e a argumentación.

Materia: Física e Química (4º curso)

CONTIDOS

B2.1 Modelos atómicos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

B2.1 Recoñecer a necesidade de usar modelos para interpretar a estrutura da materia utilizando aplicacións virtuais interactivas

ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE

FQB2.1.1. Compara os modelos atómicos propostos ao longo da historia para interpretar a natureza íntima da materia, interpretando as evidencias que fixeron necesaria a evolución destes

Relación coas competencias científicas: Explicar fenómenos científicamente (aplicar o coñecemento científico adecuadamente) e interpretar datos e probas científicamente (analizar e interpretar datos e establecer conclusións adecuadas) (OCDE, 2017; 2019).

Práctica científica: Modelización e Argumentación

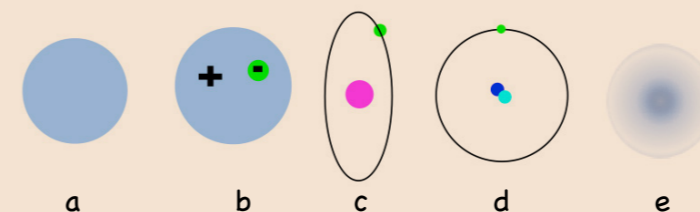
Aspectos epistémicos que se promoven e/ou desenvolven coa realización desta actividade

	COÑECEMENTO DISCIPLINAR	PRÁCTICAS
M	Os científicos constrúen modelos para comprender os fenómenos naturais	Comparar modelos para identificar características comúns e diferenzas
	Diferentes modelos poden utilizarse para representar o mesmo fenómeno	Identificar as limitacións dos modelos
	Os modelos son provisionais. Modifícanse cando non concordan cos datos observados no mundo real	
A	Os científicos elaboran explicacións empregando probas das súas investigacións e o que xa coñecen sobre o mundo natural. As boas explicacións están baseadas en probas	Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión

O guión que se lle proporciona ao alumnado para cada parte é o seguinte:

Parte I: comprendendo a estrutura da materia

1. Como representarías un átomo? Elabora un debuxo para un exemplo calquera
2. Os seguintes debuxos representan un átomo de hidróxeno e denomínanse modelos.



2a. Son todos estes modelos iguais? Por que?

- 2b. Por que cres que hai distintos modelos para representar o átomo de hidróxeno?
 2c. Cres que son todos válidos? Por que?

Parte II: Aplicando o coñecemento sobre modelos atómicos

Os modelos atómicos permítenos comprender a estrutura da materia. Estes foron evolucionando a medida que o coñecemento científico avanzaba.

A continuación, preséntanse unha serie de fenómenos que se poden explicar cos distintos modelos atómicos e un conxunto de probas científicas que sustentan os distintos modelos.

Clasifica os fenómenos e as probas en función do modelo que permite explicalos. Ten en conta que un mesmo modelo pode explicar distintos fenómenos.

Fenómenos que o modelo permite explicar

1. Discontinuidade da materia
2. Existencia de carga negativa nos átomos
3. Natureza eléctrica da materia
4. Carácter neutro do átomo
5. Existencia do núcleo atómico
6. Estabilidade do átomo
7. Existencia de distintos niveis de enerxía para os electróns
8. Existencia de distintos subniveis de enerxía para os electróns

Probas científicas que sustentan o modelo

- a. Experimentos en tubos de descarga de gases
- b. Desviación das partículas alfa ao atravesar unha lámina de ouro
- c. Descubrimento do electrón
- d. Descubrimento do protón
- e. Espectro atómico do átomo de hidróxeno
- f. Experimentos que demostran a natureza ondulatoria dos electróns

Unha vez feita a clasificación, responde ás seguintes preguntas:

3. Por que son necesarias as probas científicas no establecemento dos modelos?
4. Cal dos modelos permite explicar un maior número de fenómenos? Por que?
5. Por que cres que o modelo mecanocuántico é o aceptado na actualidade?
6. Cres que o modelo actual é definitivo? Por que?

Recomendacións para o desenvolvemento da actividade









Na parte I é recomendable facer unha posta en común das respostas ás preguntas 2a, 2b e 2c, para a partir delas abordar os aspectos epistémicos mencionados. As preguntas iniciais fórmulanse para obter información sobre o nivel de coñecemento do alumnado sobre o átomo, pero tamén sobre o coñecemento epistémico relacionado coa modelización. O alumnado participante no estudo tivo dificultades para responder a estas preguntas, especialmente as relativas a representación do átomo a partir de distintos modelos e á validez dos distintos modelos.

A parte II da actividade recoméndase levala a cabo ao final do tema para ver como o alumnado conecta os modelos cos fenómenos que permiten explicar. Dado que se trata dun tema de corte bastante teórico, o alumnado participante no estudo intentou buscar a resposta no libro. Cómpre aclarar cal é o propósito da actividade e recalcar que non se trata de reproducir as características dos distintos modelos nin de elaborar unha secuencia cronolóxica, senón de relacionar os modelos cos fenómenos que cada un permite explicar e coas probas que sustentan esa explicación. Neste punto é importante aclarar tamén que as probas que se presenta na actividade serven para sustentar os modelos, pero non son as probas que deron lugar ao descubrimento do modelo. Por exemplo en relación ao modelo de Rutherford, unha das probas que se consideran na actividade é o descubrimento do neutrón. Este descubrimento empregámolo como unha proba que sustenta a validez dese modelo, pero non como proba que incitase á formulación do modelo, pois o descubrimento do neutrón é posterior ao establecemento de dito modelo.

Neste punto é necesario tamén incidir no aspecto epistémico de que un modelo se modifica cando non concorda cos datos observados no mundo real. Ter en conta este aspecto é clave para entender o que se pide na actividade e completala de forma axeitada. Ademais o alumnado tamén amosou dificultade para establecer conexións ou relacións entre os datos aportados e os modelos, especialmente no tocante aos fenómenos que explica cada modelo.

Para que o alumnado comprenda o que demanda esta parte da actividade é útil proporcionarlle unha ficha de respostas como a que se representa na figura 2.

Figura 2. Ficha de respostas para a relación dos distintos modelos coas probas e os fenómenos que explican e exemplo de resolución.

	Fenómenos que o modelo permite explicar	Probas científicas que sustentan o modelo	Fenómenos que o modelo permite explicar	Probas científicas que sustentan o modelo
 Thomson			 Thomson	Discontinuidade da materia Existencia de carga negativa nos átomos Natureza eléctrica da materia Carácter neutro do átomo Resultados de experimentos en tubos de descarga de gases Descubrimento do electrón
 Rutherford			 Rutherford	Discontinuidade da materia Existencia de carga negativa nos átomos Natureza eléctrica da materia Carácter neutro do átomo Existencia do núcleo atómico Resultados do experimento da lámina de ouro Descubrimento do protón Descubrimento do neutrón
 Bohr			 Bohr	Discontinuidade da materia Existencia de carga negativa nos átomos Natureza eléctrica da materia Carácter neutro do átomo Existencia do núcleo atómico Estabilidade do átomo Existencia de distintos niveis de enerxía Espectro do átomo de hidróxeno
 Mecanoc cuántico			 Mecanoc cuántico	Discontinuidade da materia Existencia de carga negativa nos átomos Natureza eléctrica da materia Carácter neutro do átomo Existencia do núcleo atómico Estabilidade do átomo Existencia de distintos niveis de enerxía para os electróns Existencia de distintos subniveis de enerxía para os electróns Experimentos que demostran a natureza ondulatoria dos electróns

As preguntas que se formulan despois de completar a ficha, están encamiñadas a abordar o coñecemento epistémico. Na pregunta 3 preténdese que o alumnado considere que as probas científicas son necesarias para garantir a validez do modelo para explicar os fenómenos que se pretenden explicar. As preguntas 4 e 5 están encamiñadas a que o alumnado comprenda que o modelo aceptado na actualidade debe poder explicar todos os fenómenos relacionados coa estrutura atómica, mentres que a pregunta 6 permite abordar a temporalidade dos modelos.

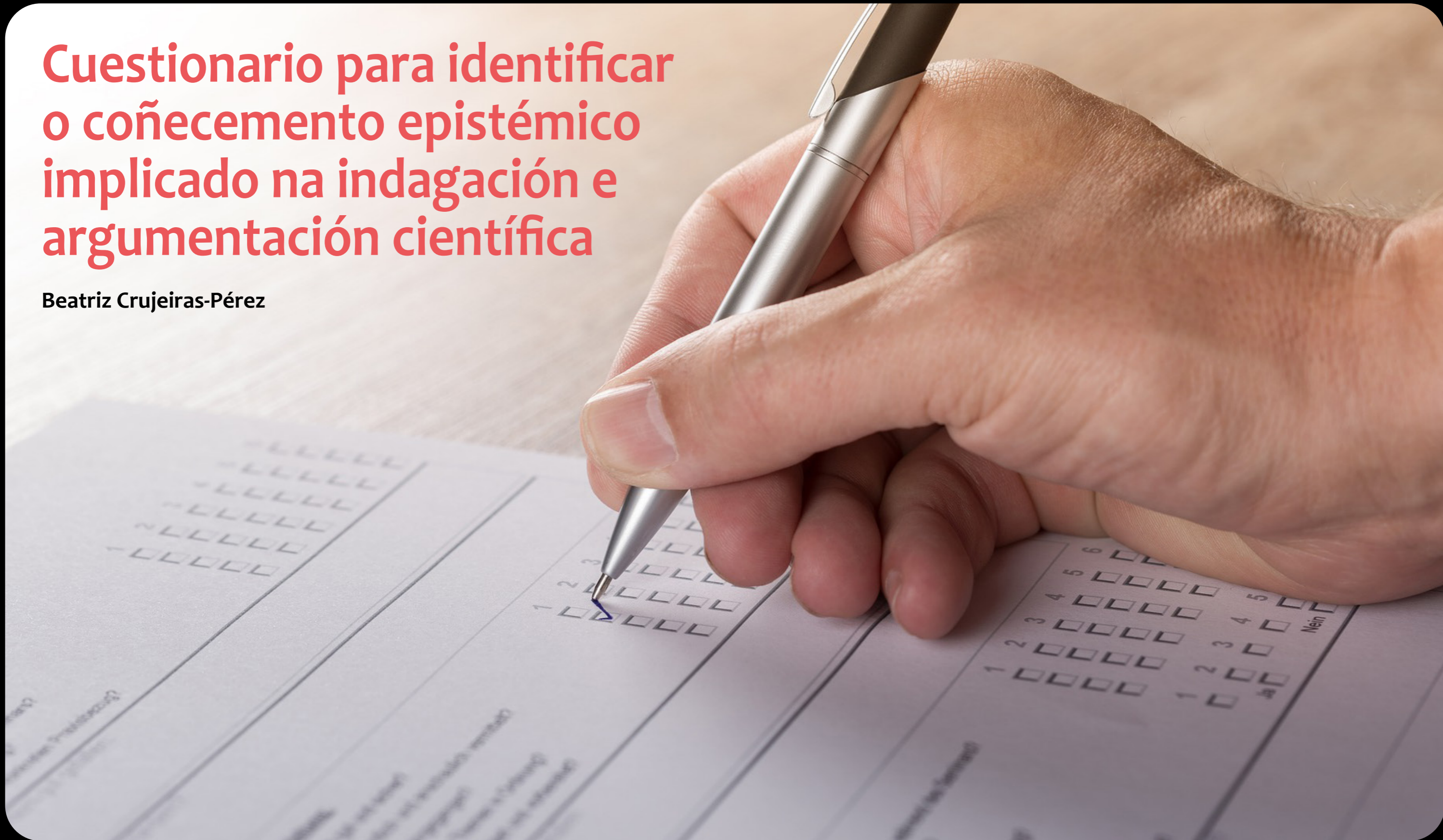
Avaliación dos desempeños do alumnado sobre os aspectos epistémicos

Nesta actividade son múltiples os aspectos epistémicos que se poden avaliar, tal e como se foi describindo nos apartados anteriores. Nesta sección preséntase un exemplo de rúbrica para as prácticas epistémicas implicadas na modelización e argumentación.

PRÁCTICAS	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
Comparar modelos para identificar características comúns e diferenzas (parte I)	Identifica diferenzas entre os modelos e xustifica por que existen distintos modelos para representar o átomo empregando o coñecemento epistémico	Identifica diferenzas entre os modelos, pero a xustificación non inclúe aspectos epistémicos	Identifica diferenzas entre os modelos, pero non o explica de forma adecuada	Non identifica diferenzas entre os distintos modelos do átomo de hidróxeno
Identificar as limitacións dos modelos (parte II)	Identifica adecuadamente as limitacións dos modelos para explicar os fenómenos que se inclúen na actividade e o xustifica en base ao coñecemento epistémico disciplinar	Identifica adecuadamente as limitacións dos modelos para explicar os fenómenos que se inclúen na actividade pero non o xustifica en base ao coñecemento epistémico	Identifica adecuadamente as limitacións dalgúns modelos para explicar os fenómenos	Non identifica as limitacións dos modelos
Construír argumentos baseados en probas para sustentar unha conclusión (parte II, pregunta 6)	Elabora un argumento para sustentar a súa conclusión sobre a temporalidade do modelo empregando as probas científicas aportadas na actividade	Elabora un argumento para sustentar a súa conclusión sobre a temporalidade do modelo empregando algunha proba científica	Elabora un argumento para sustentar a súa conclusión sobre a temporalidade do modelo, pero sen empregar ningunha proba científica	Elabora un argumento que non sustenta a conclusión establecida sobre a temporalidade do modelo

Cuestionario para identificar o coñecemento epistémico implicado na indagación e argumentación científica

Beatriz Crujeiras-Pérez

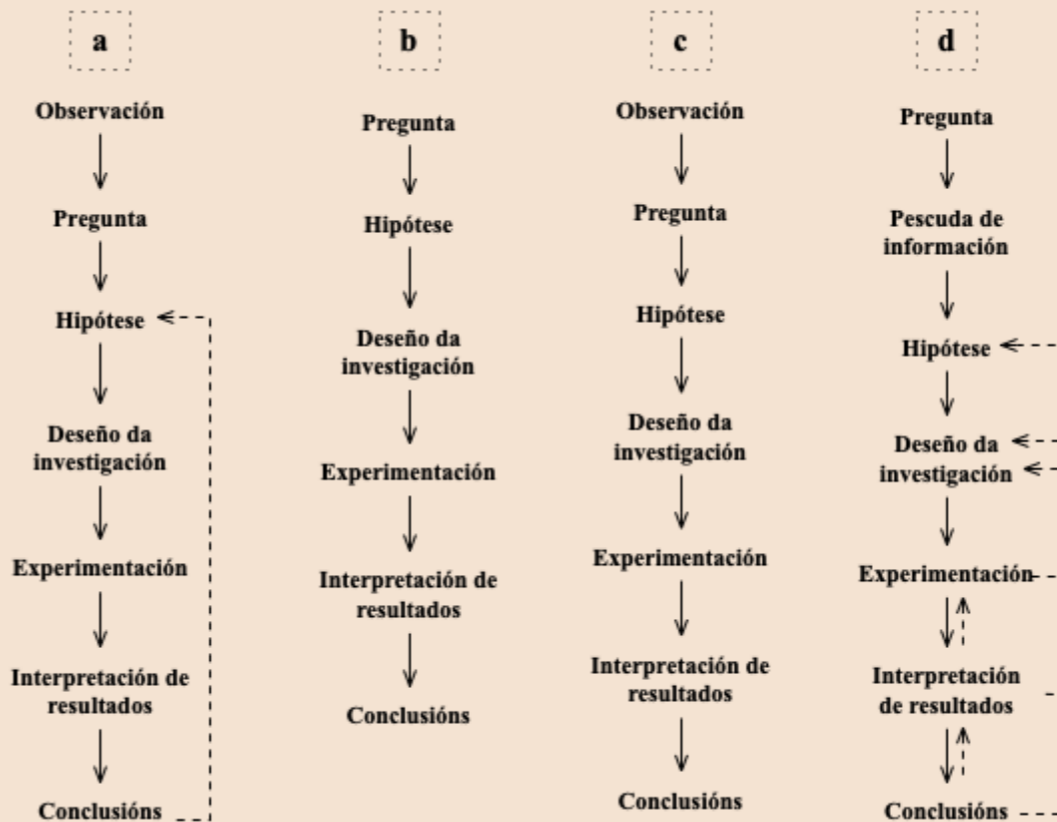


Este instrumento está deseñado para examinar como é o coñecemento epistémico disciplinar que posúe o alumnado en relación coas prácticas de indagación e argumentación. Consiste en 4 preguntas de resposta aberta relacionadas con algunhas actividades de indagación que se inclúen neste compendio. Os aspectos epistémicos que se examinan en cada pregunta son os seguintes:

	PREGUNTA	COÑECEMENTO EPISTÉMICO DISCIPLINAR
I	1. Seleccionar a mellor forma de levar a cabo unha investigación científica	Todas as investigacións científicas empezan formulando unha pregunta a investigar
	2. Seleccionar e xustificar cal sería o procedemento máis axeitado entre dúas opcións para identificar de forma fiable a presenza de microplásticos en area de praia	A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación
	3. Identificar a fiabilidade nunha investigación levada a cabo por alumnado de secundaria para pescudar cal dos materiais sería o máis axeitado para construír unha pista de carreiras para coches	É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas (feitos mesturados con opinións, conclusións baseadas en probas insuficientes, etc.) para garantir a fiabilidade da investigación
A	4. Seleccionar a conclusión máis axeitada para unha investigación sobre o efecto da temperatura na disolución do cacao en auga en función de datos empíricos e xustificar a selección realizada	Unha conclusión debe responder á pregunta formulada e estar sustentada en probas

O cuestionario que se lle entrega ao alumnado é o seguinte:

1. Das seguintes imaxes, sinala cal consideras que sería a mellor forma de realizar unha investigación científica e explica por que.



2. Se tiveras que seleccionar un procedemento axeitado e fiable para identificar os microplásticos na area da praia, cal dos seguintes escollerías? Xustifica a resposta

Procedemento A

1. Secamos as mostras de area nunha estufa durante 48h
2. Preparamos unha disolución saturada de cloruro de sodio en auga (358g por cada litro) e a filtramos.
3. Pesamos 50g de cada tipo de area e poñemos cada unha nun vaso de precipitados. Preparamos 2 mostras por cada tipo de area.
4. Engadimos 200mL da disolución a cada mostra, removemos a area durante 2 minutos de forma continua e esperamos 10 minutos a que repose.

5. Filtramos o líquido recollendo as partículas sólidas en suspensión nun filtro de papel e lavamos o filtro con auga destilada.
6. Secamos na estufa durante 5 minutos.
7. Observamos o contido do filtro cunha lupa binocular para identificar o número e tipo de microplásticos.
8. Sacamos unha foto á proxección que observamos na lupa par acada mostra como proba de observación

Procedemento B

1. Secamos as mostras de area nunha estufa durante 48h
2. Preparamos unha disolución saturada de cloruro de sodio en auga (358g por cada litro) e a filtramos.
3. Collemos area de cada tipo e poñemos cada mostra nun vaso de precipitados.
4. Engadimos 200mL da disolución anterior a cada mostra, axitamos e esperamos uns minutos.
5. Filtramos o líquido e recollemos as partículas sólidas en suspensión nun filtro de papel.
6. Lavamos o filtro
7. Observamos o contido do filtro cunha lupa binocular para identificar o número e tipo de microplásticos.

3. Un grupo de estudantes quere pescudar cal é o mellor material para construír unha pista de carreiras para coches de xoguete. Para isto investigan tres tipos de materiais: plástico, madeira e cortiza. Realizan un experimento deslizando o coche a través dun plano inclinado que recubren cada vez cun dos materiais a investigar. Como resultado obteñen que a cortiza é o material que permite ao coche desprazarse con máis velocidade.

Cres que os resultados que obtiveron son fiables? Xustifica a resposta

4. Nunha investigación sobre o efecto da temperatura na velocidade de disolución do cacao en auga obtemos os seguintes datos

T(°C)	t(s)		
20	123	100	121
40	100	99	100
65	60	60	60
100	32	30	31

Cal das seguintes conclusións sería a máis axeitada científicamente? Xustifica a resposta

- a. A temperatura inflúe de forma directa na velocidade de disolución do cacao
- b. A medida que aumentamos a temperatura a velocidade de disolución do cacao aumenta
- c. A medida que aumentamos a temperatura a velocidade de disolución do cacao diminúe
- d. A temperatura inflúe de forma directa na velocidade de disolución do cacao porque a medida que a aumentamos tamén aumenta a velocidade de disolución do cacao, xa que a 100°C o cacao tarda menos en resolverse que a 20°C.

Recomendacións

Este cuestionario permite pescudar cal é o coñecemento do alumando sobre determinados aspectos epistémicos disciplinares sobre a indagación científica, aínda que tamén se aborda parte da argumentación, no tocante ás conclusións científicas. Dado que se trata dun cuestionario breve, é recomendable empregalo antes de implementar as actividades sobre indagación que se recollen neste compendio. Tamén se pode empregar para coñecer a aprendizaxe sobre estes aspectos ao final do proceso. O alumnado participante neste proxecto, realizou o cuestionario antes e despois do proceso de ensino e aprendizaxe, observando unha evolución moi positiva no seu coñecemento epistémico. En particular, ao inicio do estudo a maioría do alumnado consideraba as observacións como punto de partida dunha investigación, non empregaba criterios epistémicos para avaliar a fiabilidade dunha investigación e poucos facían referencia ás probas empíricas para sustentar unha conclusión. En cambio ao final do estudo, despois de teren realizado parte das actividades de indagación que se recollen neste compendio, o 63% recoñecía as preguntas como punto de partida dunha investigación, o 73% empregou criterios epistémicos para avaliar a fiabilidade dunha investigación e o 85% empregou as probas empíricas para sustentar unha conclusión.

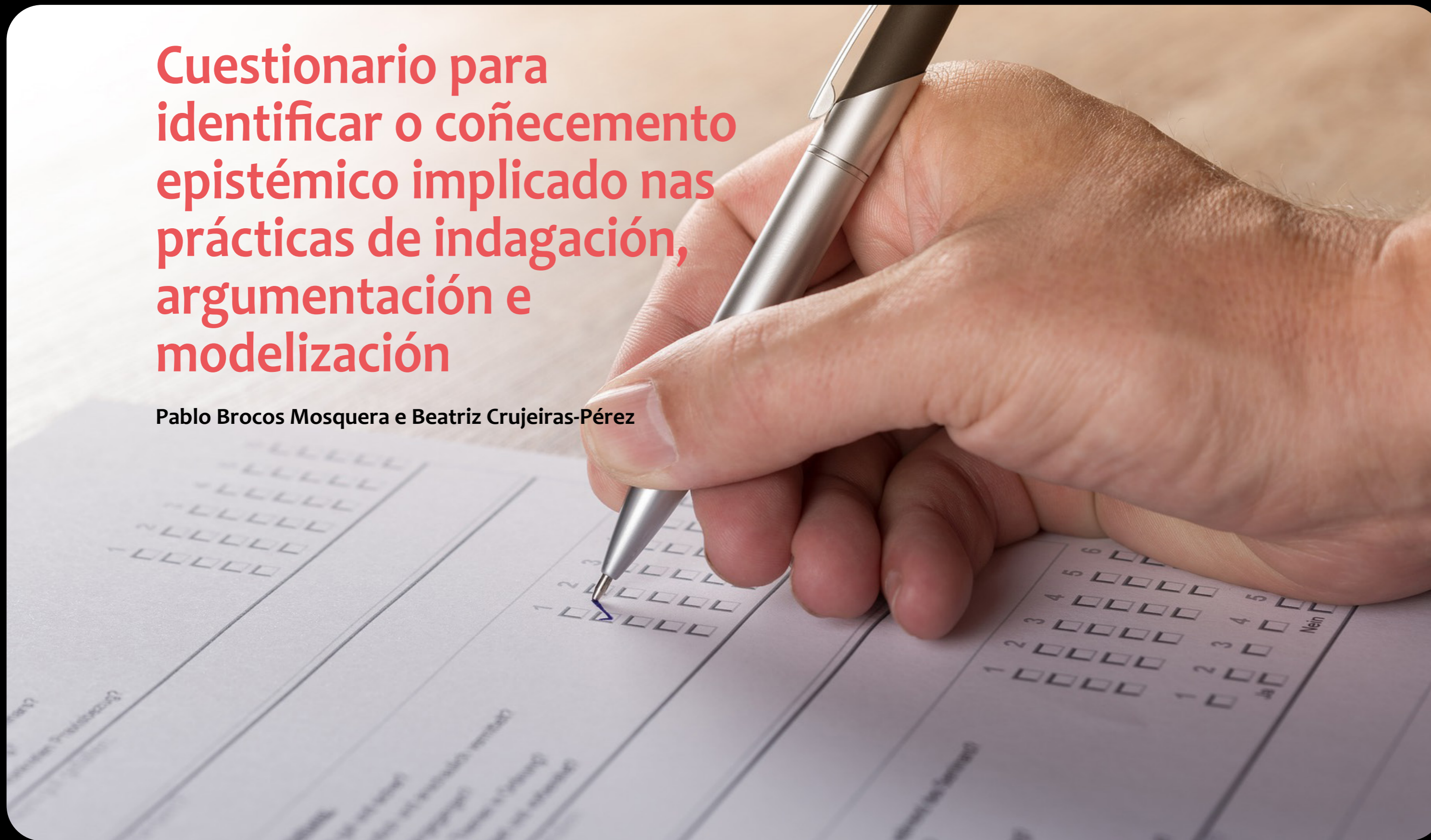
Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

A continuación preséntase un exemplo de rúbrica de análise para os aspectos epistémicos disciplinares da indagación e argumentación.

ASPECTO	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
Todas as investigacións científicas empezan formulando unha pregunta a investigar	Escolle a opción correcta e o xustifica adecuadamente por que todas as investigacións deben comezar por unha pregunta	Escolle a opción correcta pero a xustificación é pouco adecuada	Escolle a opción correcta, pero a xustificación non é adecuada ou non xustifica a selección escollida	Non escolle a opción correcta e non identifica a necesidade de comezar a investigación formulando unha pregunta
A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación	Xustifica a selección do procedemento en base a criterios de precisión e reproducibilidade	Xustifica a selección do procedemento en base a criterios de precisión ou reproducibilidade	Xustifica a selección do procedemento en base a criterios non epistémicos	Non xustifica a selección do procedemento máis fiable
É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas (feitos mesturados con opinións, conclusións baseadas en probas insuficientes, etc.) para garantir a fiabilidade da investigación	Indica que a investigación non é fiable e xustifica a súa resposta en base aos erros de deseño cometidos polo alumnado na investigación	Indica que a investigación non é fiable e xustifica a súa resposta en base a criterios non epistémicos	Indica que a investigación non é fiable pero a xustificación non é adecuada	Considera a investigación realizada como fiable
Unha conclusión debe responder á pregunta formulada e estar sustentada en probas	Refírese explicitamente ao uso das probas empíricas para sustentar a conclusión	Refírese implicitamente ao uso das probas empíricas para sustentar a conclusión	Fai referencia á tendencia xeral dos datos para sustentar a conclusión, pero non ás probas concretas	Non fai referencia ás probas empíricas para sustentar a conclusión

Cuestionario para identificar o coñecemento epistémico implicado nas prácticas de indagación, argumentación e modelización

Pablo Brocos Mosquera e Beatriz Crujeiras-Pérez



Este instrumento está deseñado para examinar o coñecemento epistémico disciplinar e práctico que posúe o alumnado en relación coas prácticas de indagación, argumentación e modelización. Consiste en 4 situacións que se presentan ao alumnado, que deberá responder a unha serie de cuestións relacionadas con elas. Os aspectos epistémicos que se examinan con cada situación son os seguintes:

	SITUACIÓN	COÑECEMENTO EPISTÉMICO
I	1. Investigación escolar para investigar as mellores condicións para xermolar sementes de lentellas	É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas para garantir a fiabilidade da investigación A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación
A	2. Avaliación da adecuación de argumentos para xustificar posibles decisións a implementar para protexer a un paxaro ameazado	A autoridade é menos persuasiva que as probas Un argumento de carácter social debe conter referencias a valores
	3. Avaliación de explicacións alternativas sobre as causas que provocaron un incendio forestal	As conclusións científicas como xuízos que requiren a avaliación dentro dun marco de alternativas e probas en vez de como feitos acumulados Cuestionar a validez de argumentos baseados en conxuntos pequenos de datos, mostras sesgadas ou sen mostra control
M	4. Avaliación da viabilidade de tres modelos que representan o ciclo da auga	Diferentes modelos poden utilizarse para representar o mesmo fenómeno
		Os modelos son provisionais. Modifícanse cando non concordan cos datos observados no mundo real

O cuestionario que se lle entrega ao alumnado é o seguinte:

1. Na aula de educación primaria queremos pescudar cal é o mellor método de facer xerminar unha semente de lentella. Para iso empregamos varios vasos con diferentes condicións, por exemplo:
- A semente con algodón, auga, aire e luz
 - A semente con algodón, aire, abono e luz e sen auga
 - A semente sen algodón pero con auga, aire e luz

- A semente con algodón, auga e aire pero sen luz.

A clase organizouse en catro equipos de traballo e cada equipo preparou un dos experimentos. Cada equipo tiña que encargarse observar e rexistrar a evolución do experimento unha vez ao día durante tres semanas. Ao final dese período cada equipo compartiu os datos co resto da clase. Durante ese proceso decatámonos de que dous grupos tiñan 15 anotacións correspondentes aos 15 días de observación e fotos documentando a evolución, un dos grupos tiña 10 datos pero sen fotos e outro solo recollera datos a primeira semana e a última con fotos de todos os días observados. Aínda así analizamos a información e chegamos a unha conclusión.

- Que podes comentar acerca da forma de tomar datos tendo en conta a natureza do traballo científico?

- Cres que chegaron a unha conclusión axeitada? Por que?

2. Nunha praia de Galicia un grupo de científicos están intentando recuperar a poboación de píllara papuda. Para iso están barallando tomar unha serie de medidas durante os meses de maio a xullo, porque é cando ten lugar a posta dos ovos da píllara na area. Unha delas é impedir o acceso dos usuarios da praia a determinadas zonas, a cal pode xustificarse en base a distintas probas. Cal das seguintes opcións cres que sería o argumento máis axeitado para xustificar a medida que pretenden tomar?

- Porque algúns bañistas lles contaron que ás veces os usuarios esmagan os ovos ao colocar as súas pertenzas enriba dos niños
- Porque unha vez observaron como un can comía algúns ovos
- Porque existe consenso científico en que os depredadores acaban cos ovos
- Porque un grupo de investigación publicou un traballo que sinala que a poboación de ovos se reduce un 10% despois de cada época estival nos últimos dez anos.

- Explica por que escolliches esa opción e non o resto.

- Cres que a decisión de pechar as praias debe tomarse exclusivamente en base a datos científicos?

3. Imaxina que formas parte do SEPRONA e investigas a causa dun incendio ocorrido hai uns días. Para iso revisas os informes dos expertos que acudiron á zona ese día e entrevistas aos axentes implicados (bombeiros, representantes da comunidade de montes, técnicos da Consellería de Medio Rural e veciños da zona próxima ao incendio). a información que obtés e compartes cos teus compañeiros é a seguinte:

Posibles causas

- Fenómeno natural
- O fallo nun xerador eléctrico próximo á zona
- A queima intencionada

Datos recollidos nos informes

- a. Condicións climatolóxicas: 27°C, vento do nordés 50km/h, humidade do aire 30% (técnicos de medio rural)
- b. Aparición de dous chisqueiros de metal calcinados na zona do incendio (bombeiros)
- d. Identificación dun xerador eléctrico estragado (representantes da comunidade de montes)
- c. Identificación dun grupo de motoristas baixando polo lugar onde se produciu o incendio 5 minutos antes de declararse (veciños)

Unha vez analizada a información elaborades as seguintes posibles conclusións.

Conclusión 1

A causa do incendio é intencionada xa que se atoparon dous chisqueiros na zona do incendio e os veciños viron a un grupo de motoristas na zona

Conclusión 2

A causa do incendio non está tan clara xa que tamén pode ser natural porque as condicións climatolóxicas favorecían que se producira

Conclusión 3

A causa non pode ser natural porque non se cumpre a regra do 30 (temperatura igual ou superior a 30°C, vento de máis de 30km/h e humidade igual ou inferior ao 30%), polo tanto debe ser intencionada ou accidental

Por que se elaboran 3 posibles conclusións?

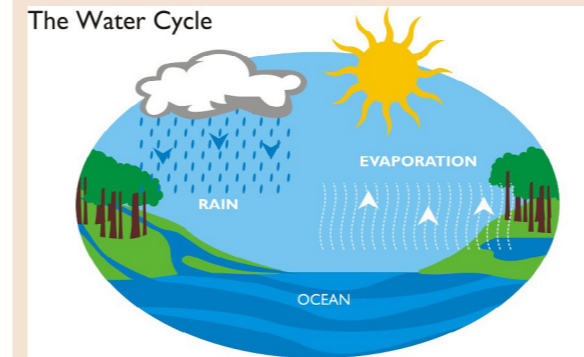
Son todas as conclusións válidas? Xustifica detalladamente a resposta

Cal é a mellor conclusión? En que aspectos te baseas para seleccionala?

4. Tendo en conta as seguintes representacións:



a. Fuente: USGS (2006)



b. Fuente: Global Water Partnership



c. Elaboración propia

- Cal delas serve para representar o ciclo da auga?

- Servirán estes modelos para explicar o ciclo da auga ao alumnado en todas partes? Explicarano dentro de un millón de anos? Xustifica as respostas.

Recomendacións

Este cuestionario encamiñase a avaliar diversos aspectos epistémicos relacionados coas tres grandes prácticas científicas (indagación, argumentación e modelización), foco central das propostas recollidas neste compendio. Como tal, pode utilizarse ben como diagnóstico inicial, para coñecer as ideas previas do alumnado sobre este tipo de coñecemento, ou ben tras a implementación de diversas actividades enfocadas ao desenvolvemento do coñecemento epistémico das prácticas científicas, como as propostas nesta publicación. O cuestionario pode realizarse individualmente ou en pequeno grupo. A segunda posibilidade é probablemente máis interesante dende un punto de vista da aprendizaxe, mais limita o potencial diagnóstico individualizado do cuestionario, e require un seguimento das discusións orais desenvolvidas nos distintos grupos.

Instrumento para a avaliación dos desempeños do alumnado

A continuación preséntase un exemplo de rúbrica de análise para os aspectos epistémicos avaliados mediante este cuestionario.

ASPECTO	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
É preciso identificar os erros en razoamentos baseados en investigacións pouco deseñadas para garantir a fiabilidade da investigación	Identifica erros relacionados coa toma de datos e/ou coa reproducibilidade da investigación	Identifica diferenzas na forma de traballar dos grupos e indica a máis adecuada pero sen xustificalo en base a aspectos epistémicos	Non identifica erros de forma explícita pero propón a forma máis adecuada de traballar	Non fai referencia a este aspecto epistémico na súa resposta
A toma de datos precisa e a replicación de resultados son elementos esenciais para garantir a credibilidade dunha investigación	Fai referencia á toma de datos obxectiva e completa para garantir unha investigación fiable	Fai referencia á toma de datos obxectiva ou completa para garantir unha investigación fiable	Fai referencia a erros no proceso de investigación mais non os relaciona coa credibilidade da investigación	Non fai referencia á credibilidade dos resultados da investigación
A autoridade é menos persuasiva que as probas	Fai referencia ao papel dos datos e á obxectividade do proceso da súa obtención para aceptar un argumento como válido	Fai referencia ao papel dos datos	Fai referencia xeral á metodoloxía ou o rigor científica	Non fai referencia a este aspecto epistémico na súa resposta
Un argumento de carácter social debe conter referencias a valores	Considera aspectos éticos, sociais, culturais e/ou económicos ademais de criterios científicos	Valora a necesidade de ter en conta outros aspectos pero considera o coñecemento científico como o determinante	Recoñece a necesidade de ter en conta outros factores ademais dos científicos, sen especificar	Non recoñece a necesidade de ter en conta outros factores ademais da información

ASPECTO	EXCELENTE	ADECUADO	REGULAR	DEFICIENTE
As conclusións científicas como xuízos que requiren a avaliación dentro dun marco de alternativas e probas en vez de como feitos acumulados	Recoñece a necesidade de avaliar distintas conclusións para resolver unha cuestión, avaliando especificamente as distintas alternativas	Recoñece a necesidade de avaliar distintas conclusións para resolver unha cuestión	Recoñece a utilidade de considerar conclusións alternativas	Non recoñece a necesidade de avaliar distintas conclusións para resolver unha cuestión
É preciso cuestionar a validez de argumentos baseados en conxuntos pequenos de datos, mostras sesgadas ou sen mostra control	Cuestiona a validez dos argumentos en función da natureza dos datos nos que se basean e os procedementos utilizados para recollelos	Cuestiona a validez dos argumentos en función da natureza dos datos nos que se basean	Referencia á necesidade de recoller datos para garantir a obxectividade dos argumentos	Non cuestiona a validez dos argumentos
Diferentes modelos poden utilizarse para representar o mesmo fenómeno	Identifica o uso de distintos modelos dun mesmo fenómeno xustificando en base ao contexto específico no que se utilizarán	Identifica o uso de distintos modelos dun mesmo fenómeno e xustifícao en base á complexidade dos mesmos	Identifica o uso de distintos modelos dun mesmo fenómeno pero non o xustifica	Non identifica os usos de distintos modelos representando un mesmo fenómeno
Os modelos son provisionais. Modifícanse cando non concordan cos datos observados no mundo real	Recoñece a natureza provisional do modelo, xustificando que a nosa comprensión científica do fenómeno pode cambiar ao longo do tempo	Recoñece a natureza provisional do modelo, xustificando que o fenómeno pode cambiar ao longo do tempo, invalidando os modelos	Recoñece a natureza provisional do modelo sen ofrecer xustificacións	Non recoñece a natureza provisional do modelo

Referencias bibliográficas



- Berland, L., e Crucet, K. (2015). Epistemological Trade-Offs: Accounting for Context When Evaluating Epistemological Sophistication of Student Engagement in Scientific Practices, *Science Education*, 100, 5-29. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21196>
- Besley, A., Vijver, M. G., Behrens, P. e Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114 (1), 77-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>
- Chen, Y., Brand, H. e Park, S. (2016). Examining Elementary Students' Development of Oral and Written Argumentation Practices Through Argument-Based Inquiry. *Science and Education*, 25, 277-320. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-016-9811-0>
- Chinn, C. A. e Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175-218. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.10001>
- Constantinou, C.P. e Papadouris, N. (2004). Potential Contribution of Digital Video to the Analysis of the Learning Process in Physics: A Case Study in the Context of Electric Circuits. *Educational Research and Evaluation: An International Journal on Theory and Practice*, 10(1), 21-39. <http://dx.doi.org/10.1076/edre.10.1.21.26300>
- Crawford, B. e Cullin, M. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1379-1401. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690410001673775>
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring Science Education: The importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.
- Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32, 268-291. <http://dx.doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Duschl, R. A. e Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching Nature of Science, *Science and Education*, 22, 2109-2139. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Duschl, R. A. e Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: an entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1(12), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6>
- Falk, H., e Yarden, A. (2009). "Here the Scientists Explain What I Said." Coordination Practices Elicited During the Enactment of the Results and Discussion Sections of Adapted Primary Literature". *Research in Science Education*, 39, 349-383. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-008-9114-9>
- Ford, M. (2008). Disciplinary Authority and Accountability in Scientific Practice and Learning. *Science Education*, 92, 404-423. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20263>
- Georgia Department of Education (2016). K-12 Georgia Standards of Excellence (GSE) for Science.
- Giere, R. N. (1990). *Explaining Science: a cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., e Crujeiras, B. (2017). Epistemic practices and Scientific Practices in Science Education. En B. Akpan, e K. Taber (Eds.) *Science Education: An International Comprehensive Course Companion*. Rotterdam: Sense Publishers. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. En R. A. Duschl e R. E. Grandy (Eds.). *Teaching Scientific Inquiry*. Rotterdam: Sense Publishers, pp.99-117. http://dx.doi.org/10.1163/9789460911453_009
- Kelly, G. J., McDonald, S., e Wickman, P.-O. (2012). Science Learning and Epistemology. En B. J. Fraser, K. G. Tobin, e C. J. McRobbie (Eds.). *Second International Handbook of Science Education* (Volume 1, pp. 281-291). Dordrecht: Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_20
- Kittleson, J. M. (2011). Epistemological Beliefs of Third-Grade Students in an investigation-rich classroom. *Science Education*, 95, 1026-1048. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20457>
- Kolstø, S. D. (2007). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690600560878>
- Khun, D., Arvidsson, T.S., Lesperance, R. e Corprew, R. (2017). Can Engaging in Science Practices Promote Deep Understanding of Them? *Science Education*, 101, 232-250. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21263>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. K. Abell e N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., e Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry: The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire, *Journal of Research in Science Teaching*, 51 (1), 65-83. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.21125>

- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., e Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153 – 191. http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1
- Metz, K. E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22(2), 219-290. http://dx.doi.org/10.1207/s1532690xci2202_3
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC) (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organisation for Economic and Cooperative Development (OECD) (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. En N. G. Lederman e S. K. Abell (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*, Volume II (pp. 579–599). New York: Routledge.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., e Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science: A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <http://dx.doi.org/10.4324/9780203097267.ch29>
- Pluta, W. J., Chinn, C. A., e Duncan, R. (2011). Learners' epistemic criteria for good scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (5), 486-511. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20415>
- Reiser, B. J., Berland, L. K., e Kenyon, L. (2012). Engaging Students in Scientific Practices of Explanation and Argumentation. *Science and Children*, 49(8), 8-13.
- Ryu, S., Han, Y., e Paik, S-H. (2015). Understanding Co-development of Conceptual and Epistemic Understanding through Modeling Practices with Mobile Internet. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 330-355. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-014-9545-1>
- Ryu, S., e Sandoval, W. A. (2012). Improvements to Elementary Children's Epistemic Understanding From Sustained Argumentation. *Science Education*, 96, 488-526. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21006>
- Sampson, V., Grooms, J., e Walker, J. P. (2011). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217–257. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20421>
- Sandoval, W. A., e Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.10130>
- Sandoval, W., Bell, P., Coleman, E., Enyedy, N., e Suthers, D. (2000). Designing Knowledge Representations for Learning Epistemic Practices of Science, Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, April 25.
- Sandoval, W. A., e Çam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383–408. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20426>
- Sandoval, W. (2014). Science education's need for a theory of epistemological development. *Science Education*, 98, 383 – 387. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21107>
- Sandoval, W. A., Greene, J. A., e Bråten, I. (2016). Understanding and promoting thinking about knowledge: Origins, issues, and future directions of research on epistemic cognition. *Review of Research in Education*, 40(1), 457–496. <http://dx.doi.org/10.3102/0091732X16669319>
- Schwarz, C.V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., e . . . Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 632 – 654. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20311>

Estes materiais son parte dos resultados do proxecto de investigación EPIS-PRACT e pretenden servir como recursos para o profesorado de educación secundaria interesado en promover o desenvolvemento do coñecemento sobre a natureza das prácticas científicas na aula. O uso destas tarefas na aula proporciona ao alumnado oportunidades para aplicar os coñecementos curriculares en contextos que requiren un papel activo, a toma de decisións, pensamento crítico e creatividade.