

Estes materiais pretenden fornecer recursos para os profesores e profesoras de ciencias en secundaria interesados en que o alumnado desenvolva a competencia en usar probas e argumentar; en levar a cabo un ensino no que o alumnado teña un papel activo, convertendo as clases de ciencias en comunidades de aprendizaxe.

ACTIVIDADES PARA TRABALLAR O USO DE PROBAS E A ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS

MARÍA PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE

JUAN RAMÓN GALLÁSTEGUI OTERO

FINS EIREXAS SANTAMARÍA

BLANCA PUIG MAURIZ



FINANCIADO POLA UNIÓN EUROPEA, 7º PROGRAMA MARCO



ACTIVIDADES PARA TRABALLAR O USO DE PROBAS E A ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS



MARÍA PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE

JUAN RAMÓN GALLÁSTEGUI OTERO

FINS EIREXAS SANTAMARÍA

BLANCA PUIG MAURIZ



ILUSTRACIÓNS: ANDREA LÓPEZ

PROXECTO MIND THE GAP, FINANCIADO POLA UNIÓN EUROPEA, 7º PROGRAMA MARCO

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Danú, 2009

© do texto: María Pilar Jiménez Aleixandre, Juan Ramón Gallástegui Otero, Fins Eirexas Santamaría, Blanca Puig Mauriz

© das ilustracións: Andrea López

Editado con financiamento da Unión Europea, como parte do proxecto “Mind the Gap: Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education” financiado no FP7 Science in Society da Unión Europea, código SIS-CT-2008-217725 (Investigadora Principal: Doris Jorde, Universidade de Oslo).

Edita: Danú, Santiago de Compostela

ISBN: 978-84-92764-17-4

Depósito Legal: C 2178-2009

1ª Edición: xullo 2009

Estes materiais poden ser fotocopiados para a súa utilización docente, citando aos autores e a obra orixinal.

EQUIPO E COLABORADORES DE MIND THE GAP-USC E RODA

Parte destas actividades foron desenvolvidas na USC como parte do proxecto Mind the Gap, financiado pola Unión Europea, e outras foron deseñadas como parte de unidades didácticas do proxecto RODA, financiado polo Ministerio de Ciencia e Innovación.

Equipo de Mind the Gap na Universidade de Santiago de Compostela

María Pilar Jiménez Aleixandre	Juan Ramón Gallástegui Otero
Fins Eirexas Santamaría	Blanca Puig Mauriz

Proxecto RODA (Razoamento, Discurso e Argumentación) na USC

Joaquín Díaz de Bustamante	Ramón López Rodríguez
Víctor Álvarez Pérez	Miguel Bernal Gómez
Beatriz Bravo Torija	Marta Federico Agraso
Cristina Pereiro Muñoz	Carlos Reigosa Castro

Profesorado de secundaria colaborador en Mind the Gap

Manuel Cid Fernández, IES David Buján, Cambre
Ramón Cid Manzano, IES Sar, Santiago de Compostela
Luis Fernández López, IES Carlos Casares, Viana do Bolo
Xulio Gutiérrez Roger, IES Francisco Barreras, A Pobra do Caramiñal
Luis Jar Pereira, IES Laxeiro, Lalín
Xabier Prado Orbán, IES Pedra da auga, Pontearreas
Antonio Rivas Menéndez, IES Pontepedriña, Santiago de Compostela
Lois Rodríguez Calvo, IES Fraga do Eume, Pontedeume
Adela Vázquez Vázquez, IES Pontepedriña, Santiago de Compostela

Alumnado de secundaria do IES Carlos Casares (Viana do Bolo) autores do proxecto de indagación sobre o efecto da lúa nas plantas do capítulo 6

Adrián Bembibre Maza	Álvaro Bermúdez Yáñez
Ruben Pérez Salgado	Iván Vázquez Gómez

Estes materiais pretenden fornecer recursos para os profesores e profesoras de ciencias en secundaria interesados en levar a cabo un ensino no que o alumnado teña un papel activo, en converter as clases de ciencias en comunidades de aprendizaxe.

En particular queren servir de axuda para quen queren traballar na aula a competencia no uso de probas e a argumentación. Nos últimos anos a atención sobre o traballo co uso de probas está aumentando, tanto entre o profesorado, como na investigación en didáctica das ciencias. O interese pola competencia científica incrementouse a partir de que a Unión Europea propuxese en 2006 as competencias básicas como eixo da aprendizaxe, e de seren adoptadas nos documentos curriculares do Ministerio de Educación e da Xunta de Galicia de 2007.

Usar probas é, segundo os documentos curriculares e o marco da avaliación PISA, unha das tres dimensións que forman parte da competencia científica, xunto con formular preguntas que poden ser investigadas pola ciencia e explicar cientificamente fenómenos físicos e naturais. Porén, ás veces non resulta fácil para o profesorado deseñar actividades que promovan o desenvolvemento da capacidade de usar probas para avaliar o coñecemento. Neste documento propoñemos algúns “exemplos traballados” de actividades sobre uso de probas, coa intención de que o profesorado poida adaptalos, ou usalos como modelo para deseñar as súas propias actividades.

Trátase de exemplos que forman parte de unidades didácticas sobre distintos temas das ciencias da ESO e do Bacharelato. Cremos que as actividades son máis útiles se están conectadas cos contidos das materias. Parte delas foron deseñadas no proxecto *Mind the Gap*, e parte das unidades e actividades foron deseñadas e experimentadas na aula no marco do proxecto RODA (Razoamento, Discurso, Argumentación) –levado a cabo na Universidade de Santiago de Compostela desde 1994 con financiamento do Ministerio de Ciencia e Innovación– e que estuda como se desenvolven as competencias científicas e a argumentación na adolescencia. O noso traballo está enmarcado na perspectiva construtivista á que nos referiamos ao comezo: a que implica ao alumnado na resolución de problemas, na realización de proxectos de indagación na aula, na construción do coñecemento. Indagar, realizar pequenas investigacións, supón non só deseñar e levar a cabo experiencias no laboratorio ou no campo, senón tamén comparar distintas explicacións dun mesmo fenómeno, avaliar esas explicacións, hipóteses ou teorías de acordo coas probas dispoñibles en cada momento, formular hipóteses, elaborar informes e contrastalos, comunicarse con outras persoas sobre cuestións de ciencias.

Para a estrutura do capítulo 2 seguimos o modelo dos recursos do proxecto IDEAS, levado a cabo no Reino Unido, e no que participou Sibel Erduran, que tamén forma parte do bloque de argumentación en Mind the Gap.

A edición destes materiais está financiada pola Unión Europea, a través do 7º Programa Marco, Ciencia na Sociedade, como parte do proxecto “*Mind the Gap: Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education*” (Atención á fenda: Aprender, ensinar, investigación e normativas no ensino das ciencias baseado na indagación) código SIS-CT-2008-217725, dirixido por Doris Jorde da Universidade de Oslo. O obxectivo do proxecto é pechar fendas entre a investigación en didáctica de ciencias en Europa –que mostra as vantaxes dun enfoque baseado na indagación– e as aulas de ciencias, onde ás veces estes resultados tardan en ser difundidos. Dentro deste proxecto o equipo da USC participa no bloque de argumentación e comunicación.

Ademais da súa edición impresa (e as traducións ao castelán e ao inglés), os materiais poden ser descargados en pdf na web do proxecto:

www.rodasc.eu

Todos os capítulos, agás o 7, recursos, seguen un esquema común: introdución para o profesorado (identificada como I1 no capítulo 1, I2 no 2 etc); actividade para a aula (A1, A2 etc) e comentario sobre a actividade (C1, C2 etc.). O capítulo 4 corresponde a unha unidade didáctica; o 3, o 5 e o 6 a actividades que poderían formar parte de unidades, mentres que o 1 e o 2 agrupan actividades de menor duración que poden ser utilizadas para introducir o uso de probas na aula.

ÍNDICE

1- ¿Que compoñentes ten unha explicación sustentada en probas?	11
2- ¿Por que sabemos o que sabemos? Identificar probas	17
3- ¿Por que entra auga? Usar probas para escoller a mellor explicación	25
4- Decidir entre opcións en base a probas ¿Que calefacción é mellor?	31
5- ¿É ese o corpo de Copérnico? Avaliando probas	37
6- ¿Inflúe a lúa no crecemento das plantas? Deseñando un experimento para xerar probas	42
7- Recursos para a argumentación e o uso de probas	48

1.- ¿QUE COMPOÑENTES TEN UNHA EXPLICACIÓN SUSTENTADA EN PROBAS?

¿Para que serven as probas? Un importante papel das probas é o de sustentar ou refutar unha explicación científica. Un exemplo pode ser a orixe das montañas e do relevo terrestre. Durante moito tempo non houbo unha explicación satisfactoria pois, por exemplo, a da contracción debida ao arrefriamento da Terra que, segundo os seus defensores, produciría pregues como os que se forman nunha mazá ao secarse, non explicaba por que nunhas áreas as montañas eran máis altas que noutras, nin como era posible que as máis recentes (Himalaia, Alpes, Andes, Pirineos) fosen tan altas, cando nese intre a Terra xa se arrefriara parcialmente. A tectónica global forneceu outra explicación: que se debían aos fenómenos que acontecen nos límites entre as placas tectónicas, explicación que na actualidade está sustentada en numerosas probas.

Cara ao obxectivo de favorecer o uso de probas na aula o máis importante é deseñar tarefas e actividades que demanden un papel activo do alumnado, e non é indispensable que coñezan a estrutura dunha explicación baseada en probas. Porén, algúns modelos, como o proposto por Stephen Toulmin poden resultar útiles para que o alumnado distinga, por exemplo, os datos das xustificacións.

Para Toulmin un argumento, é dicir o resultado de coordinar unha explicación coas probas que o sustentan, está formado por tres compoñentes esenciais:

– **Conclusión:** o enunciado que se pretende probar ou refutar (un tipo especial de conclusións son as **explicacións** que procuran interpretar fenómenos naturais).

– **Probas** (para Toulmin **datos**): observación, feito, experimento ao que se apela para avaliar o enunciado. Neste traballo utilizaremos tanto *probas* como *datos*.

– **Xustificación:** é un enunciado que pon en relación a explicación coas probas.

Hai outros tres compoñentes que podemos considerar auxiliares:

– **Coñecemento básico:** apoia a xustificación, apelando por exemplo a teorías.

– **Cualificadores modais:** expresan o grao de certeza ou incerteza do argumento, así por exemplo “probablemente”, “con seguridade”, “depende” etc.

– **Refutación:** segundo Toulmin é o recoñecemento das restriccións ou excepcións á conclusión. Porén na actualidade, nos debates que enfrontan dúas explicacións opostas, enténdese por refutación a crítica ás probas do opoñente.

Un exemplo de argumento representado no formato de Toulmin, tirado do traballo de Joaquín Díaz de Bustamante, é o seguinte, no que catro alumnos de 3º da ESO se confrontan á tarefa “As pegadas do ladrón”, na que deben identificar a que tipo de tecido celular (entre catro opcións) corresponde a mostra que observan polo microscopio.

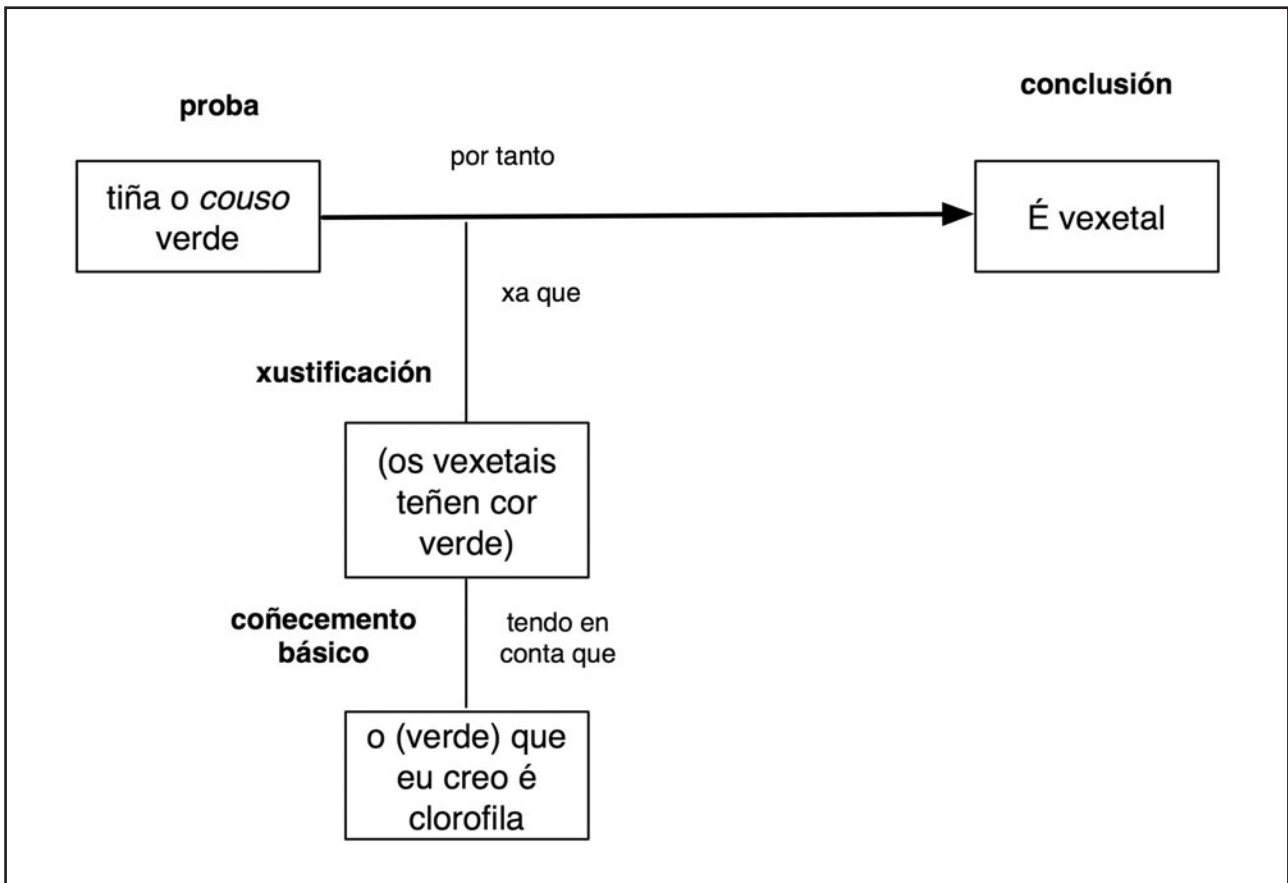


Figura 1.1 argumento sobre o tipo de tecido (Díaz de Bustamante, 1999)

Neste argumento aparecen sen paréntese as frases do alumnado, e entre paréntese os elementos implícitos no seu razoamento. Así consideramos que para Fabri (os nomes son pseudónimos) a observación de que na mostra hai elementos de cor verde constitúe unha proba de que o tecido é vexetal, non animal. Interpretamos que a conexión entre esta conclusión e a proba se establece a través dunha xustificación implícita: hai moitos vexetais que teñen cor verde. É esta xustificación, que por ser coñecida polos interlocutores talvez non consideren preciso enunci-la, a que permite chegar á conclusión de que o tecido é vexetal a partir da observación de algo de cor verde. A continuación Fabri indica que el cre que iso (o verde) é clorofila, o que constitúe un exemplo de coñecemento básico que sustenta a xustificación, facéndo-a máis sólida: os vexetais son verdes debido á clorofila.

Potencialmente podería opoñerse a este argumento unha condición para a refutación: a menos que a cor verde se deba a unha tinteira, por exemplo con verde de metilo. O certo é que o verde eran cloroplastos do parénquima baixo a epiderme vexetal e que, partindo deste argumento, os catro alumnos chegaron a identificalo.

A1

Escoller unha conclusión en base a datos: nutrientes nuns aperitivos

Escolle a *conclusión* que che pareza mellor apoiada polos *datos* que aparecen na táboa, baseada na información da etiqueta dun envase de aperitivos. A conclusión fai referencia á presenza de nutrientes (enerxéticos, plásticos, reguladores) no alimento.

hidratos de carbono	graxas	proteínas	sodio	outros (como colorantes)
60,5	28	5	0,8	3

Composición nutricional duns aperitivos de millo por cada 100 g

- A. Os aperitivos teñen todos os tipos de nutrientes necesarios e constitúen un alimento adecuado
- B. Os nutrientes plásticos, como as proteínas, e os reguladores, como vitaminas e sales minerais, son escasos nestes aperitivos.
- C. Hai poucos nutrientes enerxéticos (graxas) e serían necesarios máis.
- D. Para que fose un alimento completo habería que engadir vitaminas (nutrientes reguladores).

Construír unha explicación a partir de datos: a caída de obxectos

Adriana e Carlos están medindo o que tardan tres obxectos en alcanzar o solo cando os deixamos caer. Os tres obxectos son: 1) goma de borrar, masa 20 g; 2) folla de papel (masa 5 g) enrugada até ocupar un volume parecido ao da goma e 3) folla sen enrugada.

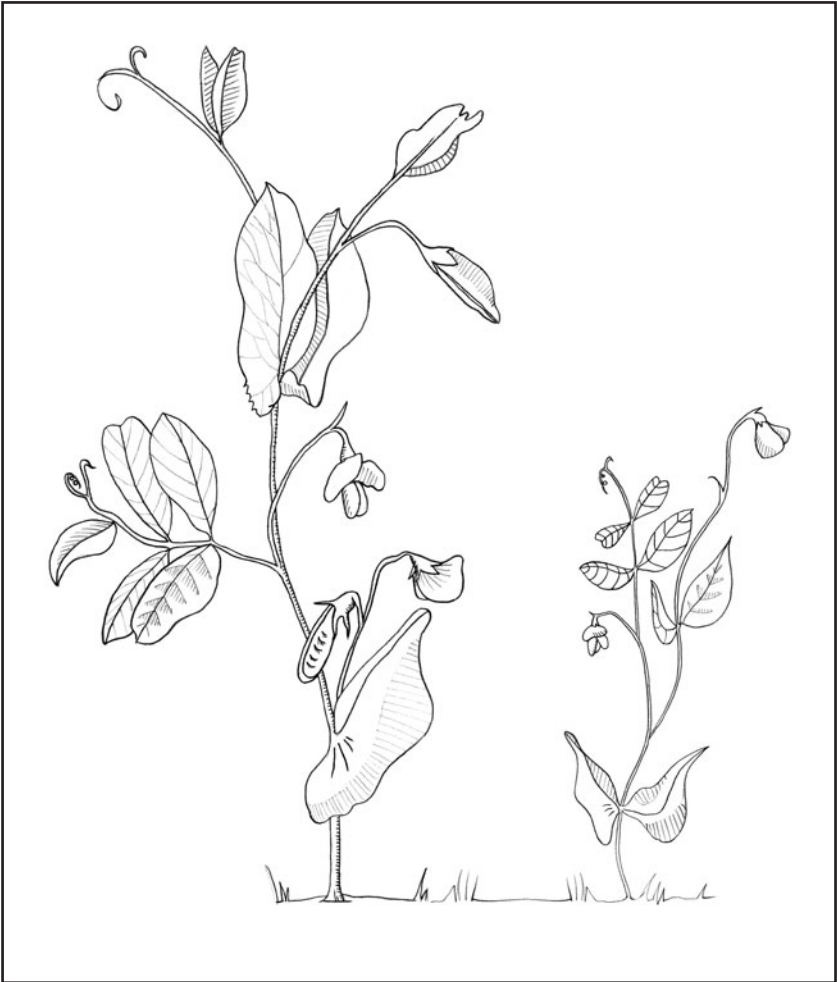
Ao deixalos caer comprobamos que chegan ao mesmo tempo a goma e o papel enrugado, mentres que a folla de papel sen enrugada tarda moito máis.

Constrúe unha *explicación* que che pareza adecuada para esta experiencia utilizando algunha ou varias das seguintes (ou outras que che parezan):

- A. Debe haber algún erro na realización da experiencia, porque a goma debería chegar antes.
- B. A masa non inflúe na velocidade de caída, que depende da gravidade.
- C. A velocidade de caída é maior canto maior é a masa.
- D. A menor velocidade da folla de papel débese ao ter máis superficie e ao rozamento co aire

A1

Construíndo unha predición: altura dos chícharos



Plantas alta e baixa de chícharo

A altura das plantas foi un dos sete caracteres que Mendel estudou nos chícharos. Neste caso alta (representamos o alelo como A) é dominante sobre baixa (representamos o alelo como a). Isto significa que tanto ao xenotipo AA como ao Aa correspóndelle o fenotipo “planta alta”, mentres que o fenotipo “planta baixa” ten un xenotipo aa.

Se cruzamos dúas plantas de chícharo altas que son heterocigotos para ese xene (Aa) ¿como será a súa descendencia? Indica cal das predicións (a, b, c) da primeira columna che parece máis probable e únea coa xustificación (x, y, z) que lle corresponda da segunda columna.

¿E se cruzamos dúas plantas de chícharo baixas, como será a descendencia?

PREDICIÓN PARA A DESCENDENCIA	PORQUE	XUSTIFICACIÓN
a. Todas as plantas serán altas		x. cada gameto leva só un alelo (A ou a) e estes poden combinarse no cigoto de distintas formas
b. Aproximadamente a metade serán altas e a outra metade baixas		y. maniféstase o alelo dominante (A)
c. Aproximadamente tres cuartas partes serán altas e unha cuarta parte baixas		z. ao seren heterocigotos (Aa) os proxenitores, a metade dos fillos levará unha forma e a outra metade outra

C1

Propoñemos que as actividades se realicen como parte de unidades didácticas, pois a súa realización demanda a articulación de conceptos e do uso de probas. En canto á competencia no uso de probas, nos exemplos subministranse distintas opcións co obxectivo de que resulte máis doado para o alumnado que está iniciándose nesta competencia, aínda que tamén poden utilizarse como cuestións abertas.

Comentario á actividade: Escoller unha conclusión en base a datos

Unha parte do alumnado tende a ignorar ou minimizar o papel dos nutrientes plásticos ou estruturais, e a centrarse sobre todo nos enerxéticos e en menor medida nos reguladores, de aí que segundo a nosa experiencia, se a pregunta é aberta, proporcionen respostas como A e D. En termos da competencia no uso de probas, isto significa que non atenden ao significado dos datos contraditorios coa súa conclusión, aquí a escaseza de proteínas (que nunha dieta equilibrada deberían constituír do 10 ao 15%).

Un segundo problema é que parte consideran como nutrientes enerxéticos só as graxas, o que explicaría a escolla de C. Para apoiar o traballo con datos, como os da táboa, suxerimos pedirles que teñan en conta os ingredientes das cinco columnas e que indiquen para cada un a que tipo de nutrientes corresponde, o que require que non prescindan de ningún. A comparación coas proporcións teóricas dunha dieta equilibrada permite construír xustificacións para B e completar así o argumento.

Comentario á actividade: Construír unha explicación a partir de datos

Trátase de que elaboren unha explicación (sería desexable que combinase B + D) e non só de escoller unha opción. A caída de graves é un exemplo de discrepancia entre a visión cotiá, alternativa, do alumnado e a da ciencia escolar. Segundo a ciencia todos os obxectos caen coa mesma velocidade, ao estar sometidos á mesma aceleración. Na vida cotiá obsérvanse diferenzas por exemplo entre a caída dunha folla de árbore e a dun froito, diferenzas que son atribuídas á masa. Extrapólase así, erroneamente, a idea intuitiva de que a máis masa, máis velocidade de caída, idea difícil de mudar.

Enfrontados a datos que levan a desbotar esta idea, parte do alumnado (e das persoas en xeral) tende a dudar dos datos (A, que aínda sendo pouco escollida é interesante para discutir), ou a considerar os feitos discrepantes como “anomalías”, antes que rexeitar a explicación alternativa, escollendo C.

Na capacidade de utilizar probas interaccionan as ideas previas co razoamento. O que para o profesorado parece evidente, que os dous primeiros obxectos chegan ao mesmo tempo, non é interpretado así por parte do alumnado. Isto pode proporcionar unha oportunidade de discutir na aula como a interpretación que facemos dos datos depende das nosas teorías. Segundo a ciencia escolar a goma e o papel enrugado caen como deben (B), e a caída do papel sen enrugado necesita de explicacións• adicionais, como o rozamento (D). Na teoría alternativa do alumnado, a goma e o papel sen enrugado caen como deben. Só o papel enrugado necesita de explicacións adicionais.

Suxerimos realizar esta experiencia na aula. Hai outras como deixar caer bólas de masas en relacións 1 a 5 ou 1 a 10 e ver como o tempo da caída é practicamente o mesmo. Xa Galileo propoñía comparar a caída dun ovo de galiña cun de mármore. Para chamar a atención do efecto da resistencia do aire podemos com-

C1

parar a caída dun folio colocado horizontal coa dun folio colocado de canto, ou tamén colocar o folio sobre unha carpeta, e comprobar que caen xuntos.

Comentario á actividade: Construindo unha predición

Escóllese un trazo distinto da cor ou forma por seren estes utilizados nos libros e prestarse a respostas memorísticas. Pode ser adecuada para 4º da ESO.

Os *datos* son fornecidos ao comezo: dominancia alto/ baixo, e o seren híbridos os dous proxenitores. Indícanse só dúas alternativas, máis a adecuada, por corresponder o conxunto á meirande parte das respostas. Os problemas na realización de predicións teñen relación coa falta de comprensión do proceso de separación de cromosomas (e alelos) nos gametos, e a variedade de combinacións ás que da lugar (representadas por exemplo no cadro de Punnett).

As xustificacións construíronse de modo que cada unha delas é compatible (até certo punto) cunha das predicións: a-y, b-z e c-x. Isto permite avaliar a capacidade de articulación entre predición (que equivale aquí á conclusión) e xustificación, pois pode haber quen escollan a ou b, opcións inadecuadas desde o punto de vista do modelo, relacionándoas coa xustificación correspondente.

Cómpre sinalar que o tamaño das plantas pode tamén estar influído por factores ambientais, como os nutrientes, o clima nun determinado intre, a cantidade de auga (de chuvia ou rego) que reciba etc, o que constitúe un exemplo de interacción entre xenos e ambiente no fenotipo.

2.- ¿POR QUE SABEMOS O QUE SABEMOS? IDENTIFICAR PROBAS

Os enunciados de coñecemento en ciencias distínguense das meras opinións en que pasan por un proceso de avaliación, son contrastados coas probas dispoñibles en cada momento (Jiménez Aleixandre, 2009). Isto non significa que o coñecemento científico se constrúa a través dunha serie de pasos que son sempre os mesmos, aínda que podemos dicir que é un intento de dar resposta a unha pregunta sen resolver, e por tanto que parte dunha pregunta. Por exemplo no caso da teoría da evolución ¿como xurdiron tantas especies distintas de seres vivos? O modelo de selección natural de Darwin e Wallace responde á pregunta ¿por que mecanismo se orixinan novas especies a partir das anteriores? Nalgúns casos a resposta é articulada como explicación de observacións de fenómenos físicos e naturais, noutros elabórase unha hipótese e deséñanse experimentos para comprobala. Explicacións e probas ou datos interaccionan, modifícanse como resultado da interacción, e en todo caso a interpretación das probas ou datos realízase desde os lentes dunha teoría, non sendo neutral nin totalmente “obxectiva”. As explicacións teóricas mudan, ás veces porque xorden novas probas, ás veces porque novas teorías explican mellor que as anteriores os fenómenos observados.

É importante traballar en clase coas probas que sustentan algúns enunciados de coñecemento, mesmo se non é posible facelo con todos, para promover o desenvolvemento do uso de probas.

A continuación propoñemos algúns exemplos, nunha actividade inspirada nos recursos do proxecto IDEAS (Osborne et al 2004), na que se suscita unha reflexión sobre algúns enunciados de coñecemento e as probas que os sustentan (en termos de Toulmin entre a conclusión e os datos), e as xustificacións que relacionan ambos.

A2

¿Por que sabemos que...?

Na columna da esquerda figuran algunhas ideas que estudamos nas ciencias:

- Intenta escribir na columna da dereita as *prob*as que coñezas para cada unha delas.
- Unha vez aportadas as probas, escolle tres ideas e intenta escribir unha *xustificación* de por que a proba sustenta a idea.

IDEA (ENUNCIADO DE COÑECEMENTO)	PROBAS	XUSTIFICACIÓNS
1. Os seres vivos evolucionan ao longo do tempo: as especies actuais proceden doutras especies anteriores		
2. Os seres vivos están formados por células		
3. A enerxía que circula nun ecosistema vai diminuindo dun nivel alimentario ao seguinte, cunha 'perda' dun 90% en cada un		
4. A masa consérvase nas reaccións químicas		
5. O osíxeno é necesario para as reaccións de combustión e para a formación de óxidos		
6. A temperatura das sustancias puras mantense constante durante o cambio de estado (por exemplo de líquido a gas)		
7. O son precisa dun medio (sólido, líquido ou gas) para a súa transmisión		
8. A Terra xira sobre si mesma, o que causa a alternancia día/noite		
9. A extinción dos dinosaurios debeuse probablemente ao impacto dun asteroide		
10. A Terra ten un 4.550 millóns de anos de idade		

C2

En xeral ao alumnado resúltalle máis difícil achegar xustificacións que probas. A continuación fornécense algunhas probas e xustificacións a título de exemplos.

ENUNCIADO DE COÑECEMENTO	PROBAS	XUSTIFICACIÓNS
1. Os seres vivos evolucionan ao longo do tempo: as especies actuais proceden doutras especies anteriores	Rexistro fósil: existencia de organismos con trazos de 'antepasados comúns', por exemplo dinosaurios con plumas	Confirma a predición da existencia de formas de transición, que comparten trazos de dous ou máis grupos actuais
2. Os seres vivos están formados por células	Empíricas: observación de células da epiderme de feitas, pel de fabas; mucosa bucal	Calquera tecido animal ou vexetal está formado por células
3. A enerxía que circula nun ecosistema vai diminuindo dun nivel alimentario ao seguinte, cunha 'perda' dun 90% en cada un	Diminución de biomasa en distintos niveis (pirámides): proporcións de produtores, herbívoros, carnívoros primarios e secundarios	A menor cantidade de biomasa (E química) nos niveis altos mostra que a meirande parte da E se emprega en respiración e mantemento

Enunciado 1: Evolución, 2º ciclo ESO

Refírese á orixe das especies e non ao mecanismo de selección natural. As probas aportadas con máis frecuencia polo alumnado son as paleontolóxicas (Puig e Jiménez, 2009). A teoría da evolución é unha explicación histórica, e moitas das probas toman forma de *confirmación de predicións*: así a existencia de antepasados comúns de organismos que, segundo a teoría, están emparentados, como réptiles e aves (os antepasados son dinosaurios). Fósiles como *Archaeopteryx*, que comparte características de dinosauro e de ave mostran que ambos tiñan ancestrais comúns.

Outras probas: os órganos vestixiais (o apéndice nos humanos), só explicables se consideramos que nos antepasados tiveron algunha función.

Enunciado 2: Organización celular, 1º ciclo ESO

A organización celular é un dos trazos que caracterizan aos seres vivos, porén hai estudos que mostran como esta definición non é aplicada por parte do alumnado a determinadas partes dos seres vivos, como dentes ou cunchas (Díaz de Bustamante, 1994, Caballer e Giménez, 1992). Cómpre sinalar que a definición suscita un problema no caso dos virus, que non teñen organización celular: son seres vivos que utilizan a maquinaria celular doutros organismos.

En canto ás probas neste caso poden ser empíricas, observación de tecidos ao microscopio; a xustificación é teórica. Proponse utilizar a feita dos muros (*Polypodium vulgare*), moi abundante en Galicia, sexa sobre árbores ou sobre muros de pedra.

C2

Enunciado 3: Transferencia de enerxía. 2º ciclo ESO

Esta idea é necesaria, por exemplo, para comprender por que o número de elos dunha cadea alimentaria é limitado, por que é máis eficiente comer vexetais ou herbívoros que carnívoros, cuestións nas que o alumnado presenta serias dificultades (Bravo e Jiménez, 2009). Os datos son as distintas cantidades de biomasa nos niveis, e a xustificación conecta os datos de biomasa (enerxía química contida na materia orgánica) co enunciado referente á enerxía. É tamén relevante o coñecemento básico, como o principio de conservación da enerxía.

ENUNCIADO DE COÑECEMENTO	PROBAS	XUSTIFICACIÓNS
4. A masa consérvase nas reaccións químicas	Empíricas: reacción $Pb(NO_3)_2 + 2 KI \rightarrow 2KNO_3 + PbI_2 \downarrow$ comprobando que non hai variación de masa	Reactivos e produtos teñen os mesmos átomos, e por tanto a mesma masa
5. O osíxeno é necesario para as reaccións de combustión e para a formación de óxidos	-Oxidación (ou non) de cravos de ferro en distintos medios -As chamas apáganse en recipientes pechados	Non se oxida se se elimina o osíxeno disolto na auga. As chamas apáganse ao acabarse o osíxeno do medio

Enunciado 4: Conservación da masa nas reaccións químicas, 1º e 2º ciclo da ESO.

As probas son empíricas: medir a masa antes e despois da reacción. A conservación da masa é asumida facilmente en reaccións en fase líquida, pero non é tan aceptada cando ocorren cambios de fase, sobre todo se aparecen ou desaparecen gases.

No primeiro ciclo propónse medir a masa nunha reacción de precipitación, por exemplo

$Pb(NO_3)_2 + 2 KI \rightarrow 2KNO_3 + PbI_2 \downarrow$. Ao aparecer unha sustancia sólida, podía pensarse nun aumento de masa, o que é refutado na balanza.

A conservación da masa nas reaccións nas que interveñen gases como a formación de ferruxe no ferro ou unha combustión, é máis difícil de comprobar nun laboratorio escolar. No 2º ciclo propónse facer unha predición baseada na conservación da masa e comprobar que se confirma: facendo a reacción $CaCO_3 + 2 HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2$, sobre unha balanza, mediremos unha aparente perda de masa de 0,44 g (do CO_2) por cada 1,00 g de $CaCO_3$ que botemos, tal como predín os cálculos baseados na conservación, actividade dos materiais AcAb (García Rodeja et al. 1987). Na nosa experiencia a actividade de queimar magnesio, proposta en moitos textos, presenta algúns problemas.

Enunciado 5: Papel do osíxeno na combustión e formación de óxidos, 1º ciclo ESO

A necesidade do osíxeno nas combustións adoita ser aprendida en primaria. No primeiro ciclo podemos comprobar o papel do osíxeno medindo o tempo que tarda en apagarse unha candeia ao cubrila con recipientes de diferentes volumes. Canto maior é o recipiente, máis tempo tarda en apagarse.

C2

A oxidación do ferro pódese traballar con actividades como as discutidas por Mortimer e Scott (2003): cada estudante coloca un cravo de ferro nunhas condicións que considera adecuadas para que se oxide. Despois de tres semanas tráense os cravos a clase e compáranse os resultados. Nunha segunda fase deséñase un experimento que permita determinar o papel do aire, da auga e da luz na oxidación do ferro.

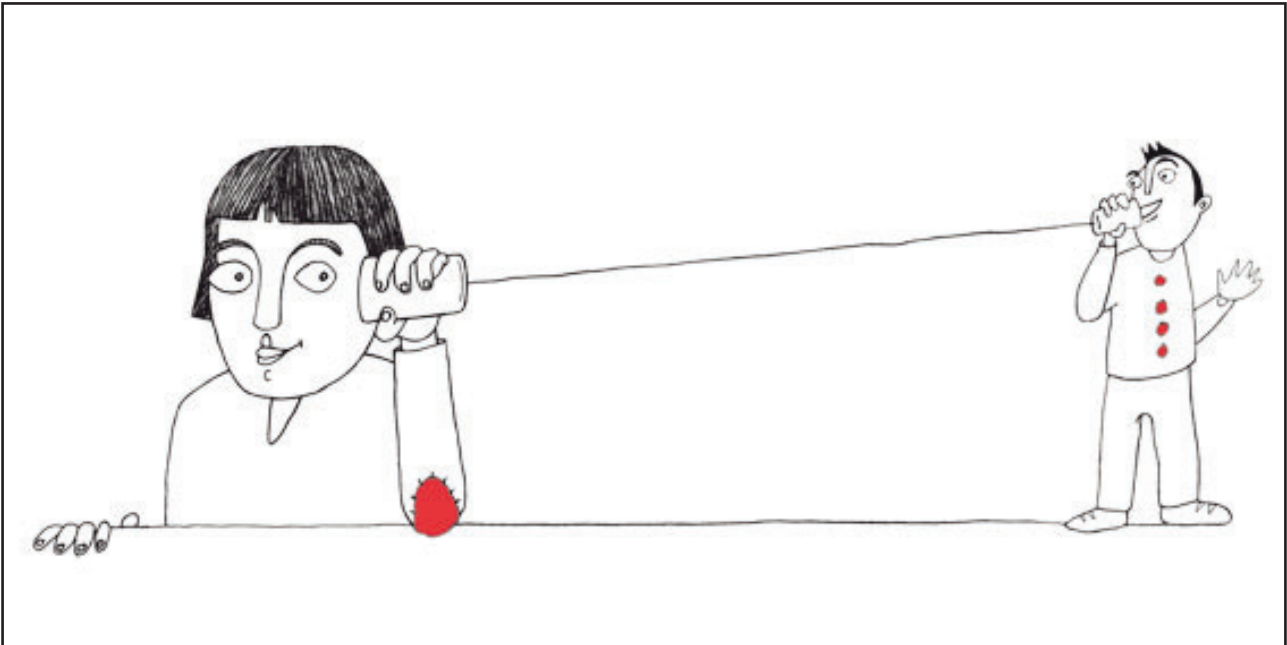
Enunciado 6: Temperatura definida de cambio de estado, 1º ciclo ESO

ENUNCIADO DE COÑECEMENTO	PROBAS	XUSTIFICACIÓNS
6. A temperatura das sustancias puras mantense constante durante o cambio de estado (por exemplo de líquido a gas)	Empíricas: medir a temperatura da auga fervendo	Ao aumentar a potencia do lume non aumenta a T
7. O son precisa dun medio (sólido, líquido ou gas) para a súa transmisión	-Empírica: teléfono de fío con vasos de plástico e cordel -Ao facer o baleiro non se escoita o son	Escoitamos porque o son se transmite polo cordel (ou por outro medio como o aire)

A propiedade de ter unha temperatura definida de cambio de estado é utilizada decote como criterio para diferenciar sustancias puras de mesturas. Proponse que o alumnado vaia medindo a temperatura de auga mentres quece, elaborando un gráfico dos datos da temperatura en función do tempo. Se se dispón dunha fonte de calor regulable, compróbase que a temperatura de ebulición non aumenta aínda que aumentemos a potencia: ferve con máis intensidade, pero á mesma temperatura. Nestes enunciados de menor nivel de abstracción pode non ser necesaria a xustificación.

C2

Enunciado 7: O son precisa un medio para a súa transmisión. 1º ciclo ESO



O medio máis habitual polo que recibimos o son é o aire. Observar como se transmite o son por un cordel tenso entre dous vasos de plástico, fabricando un teléfono de fío, é unha maneira de comprobar que o son tamén se transmite polos sólidos, ademais de resultarlles divertido. Pérez et al., alumnos de 2º de ESO poñen máis actividades sobre esta cuestión.

Se se dispón dunha campá na que se poida facer o baleiro, colocando nela unha fonte de son como un timbre, é ilustrativo comprobar a predición de que se deixa de oír o son ao extraer o aire da campá. ¡A guerra das galaxias debía ser moi silenciosa!

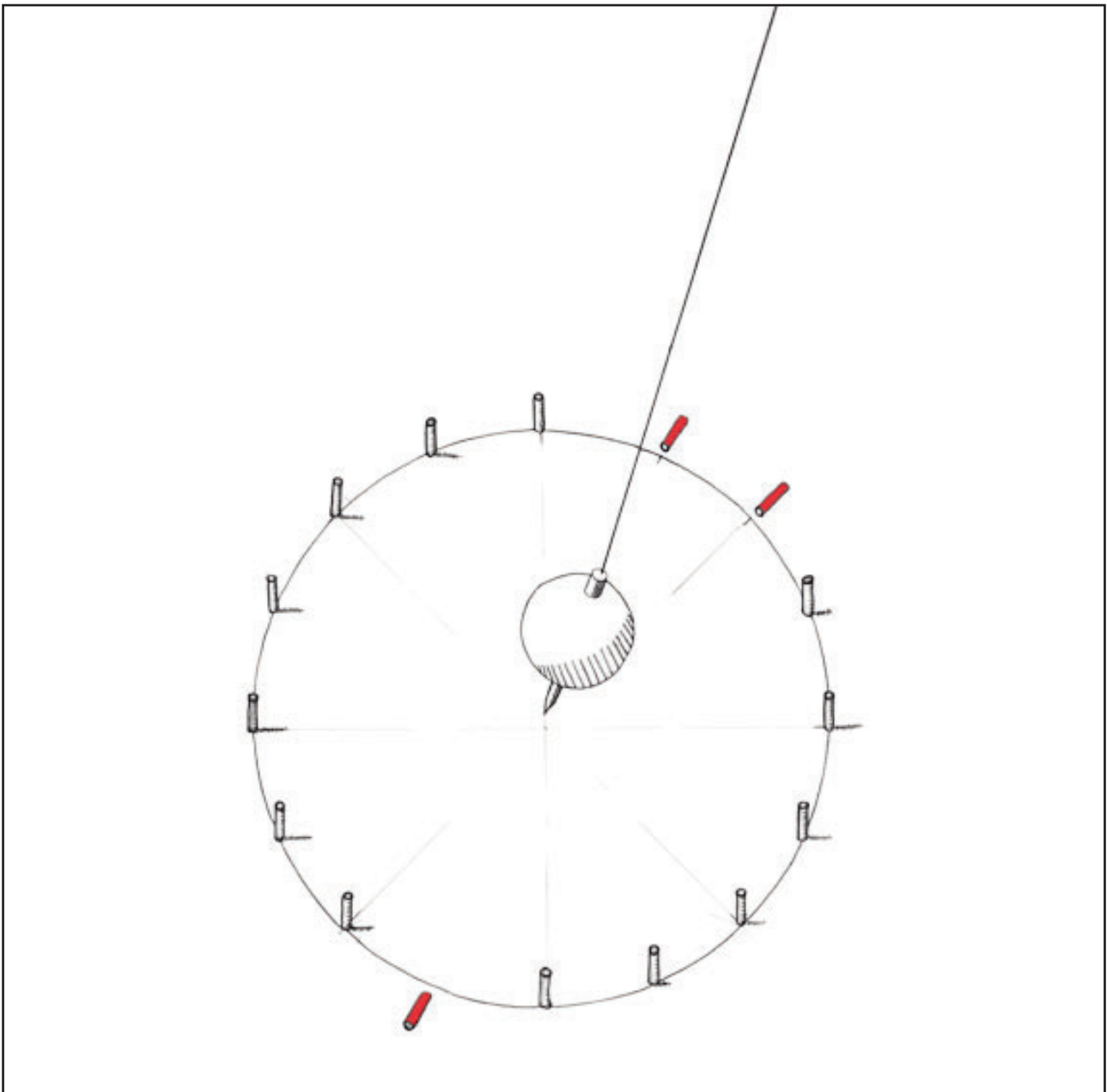
Pode ser interesante discutir algún outro enunciado de física (ou doutras ciencias) para o que non hai probas empíricas adecuadas a secundaria, por exemplo: a corrente eléctrica é un fluxo de electróns.

ENUNCIADO DE COÑECEMENTO	PROBAS	XUSTIFICACIÓNS
8. A Terra xira sobre si mesma, o que causa a alternancia día/noite	Péndulo de Foucault: o plano de oscilación do péndulo parece xirar	O plano de oscilación non se move, ten que ser a Terra a que xira baixo el
9. A extinción dos dinosaurios debeuse probablemente ao impacto dun asteroide	Iridio e carbono no límite entre os períodos Cretáceo e Terciario (K/T) por todo o mundo	O iridio é un metal raro na codia terrestre e frecuente nalgúns meteoritos
10. A Terra ten un 4.550 millóns de anos de idade	Datos radiométricos: cantidade dalgúns isótopos radioactivos	Ritmo constante de desintegración dalgúns isótopos e a súa proporción nos compoñentes das rochas

C2

Enunciado 8: A Terra xira sobre si mesma, 1º ciclo ESO.

Ninguén pon en dúbida este enunciado, o que lle resulta difícil ao alumnado é dar probas. O plano de oscilación do péndulo (como o da Casa das Ciencias) permanece constante: é o planeta que xira baixo o péndulo o que coloca aos pilotos na traxectoria deste, facéndoos caer. A interpretación correcta deste experimento pode ser anti-intuitiva para o alumnado, xa que a observación parece mostrar o contrario do enunciado (a Terra xira sobre si): obsérvase o desprazamento aparente do péndulo, derrubando os pilotos. Para establecer unha conexión entre datos (observación do fenómeno) e conclusión (a Terra xira), requírese un coñecemento previo das leis do péndulo. Por tanto, resultaría interesante realizar experiencias previas co péndulo no laboratorio. Outra proba pode ser o experimento de Hafele-Keating: avións circunvalando a Terra en sentidos contrarios.



C2

Enunciado 9: A extinción dos dinosauros debeuse a un asteroide, 2º ciclo ESO

É un exemplo de como o achado de novas probas pode resolver o debate entre teorías, neste caso sobre a extinción dos dinosauros: o impacto dun asteroide como causa da extinción hai 65 millóns de anos, no límite K/T. A presenza de iridio –elemento escaso na codia terrestre mais abundante nalgúns meteoritos– nestes estratos apunta ao impacto dun gran asteroide. O impacto debeu causar fenómenos como incendios, maremotos, escurecemento da atmosfera polas partículas que bloquearon a radiación solar etc. o que causou unha extinción masiva, incluíndo os dinosauros. Esta hipótese, inicialmente acollida con reticencia, foi reforzada con novas probas, como o descubrimento en 1991 do cráter Chixhulub na península do Yucatán, de idade coincidente coa extinción.

O alumnado pode avaliar, en base ás probas dispoñibles actualmente, as teorías que competiron para explicar a extinción: erupcións volcánicas, cambios climáticos, radiacións cósmicas, problemas xenéticos, predación dos ovos por mamíferos, envelenamento pola aparición das plantas con flores, etc.

Enunciado 10: A Terra ten uns 4 550 millóns de anos de idade, 2º ciclo ESO

Para a datación dos materiais xeolóxicos son utilizados métodos radiométricos, baseados no ritmo constante de desintegración de isótopos de determinados elementos. As cantidades dalgunhas parellas de elementos, como K/Ar ou U/Pb, nos minerais dunha rocha permiten coñecer o tempo pasado desde que se formou.

Pódese traballar sobre os métodos utilizados historicamente para calcular a idade da Terra, avaliando as conclusións: a) o bispo Usher (1650) que o mundo fora creado o 23 de outubro do 4004 a. C., baseándose na Biblia; b) Buffon (1779) de 75 000 anos a partir do ritmo de arrefriamento dunha esfera; c) Kelvin (finais do XIX) 24 400 m. a., calculando o arrefriamento da Terra desde a súa formación; d) Joly (1899), entre 80 e 100 m. a. pola salinidade do mar supoñendo que o sal provén da erosión dos continentes.

3.- ¿POR QUE ENTRA AUGA? USAR PROBAS PARA ESCOLLER A MELLOR EXPLICACIÓN

É habitual no traballo científico que para explicar un feito ou fenómeno exista máis dunha posibilidade. Trátase entón de decidir cal das explicacións é a mellor, en función do coñecemento e dos datos dispoñibles. A construción do coñecemento científico supón en moitos casos un proceso de elección entre distintas teorías que compiten por explicar un fenómeno. Tamén nas clases de ciencias é frecuente que se lle pida ao alumnado que opte polas explicacións da ciencia escolar e abandone outras explicacións alternativas ou espontáneas. No capítulo primeiro menciónanse as teorías sobre a orixe das montañas, no segundo as explicacións sobre a caída dos graves.

Para traballar a elección entre explicacións alternativas, propónse unha actividade de laboratorio que figura en moitos libros de texto e outros materiais ao traballar as combustións: Trátase de analizar o que ocorre cando unha candea que arde sobre auga é tapada cun recipiente.

Os dous feitos máis salientables que ocorren son: 1) a candea apágase, e 2) a auga entra, até unha certa altura, no interior do recipiente co que se tapou.

En canto ao primeiro proceso, a candea apágase porque despois de tapala queda sen osíxeno suficiente para continuar a súa combustión. O feito e mais a explicación adoitan ser familiares para o alumnado.

Para dar conta do ascenso da auga no recipiente, propoñemos dúas explicacións alternativas, entre as que o alumnado deberá escoller baseándose en probas:

a) Ao arder a candea consúmese o osíxeno do interior do recipiente, e a auga ocupa o seu lugar ascendendo por el.

b) Ao arder a candea o aire do recipiente quéntase e dilátase. Cando a chama diminúe e se apaga, o aire arrefríase e contráese, provocando o ascenso da auga.

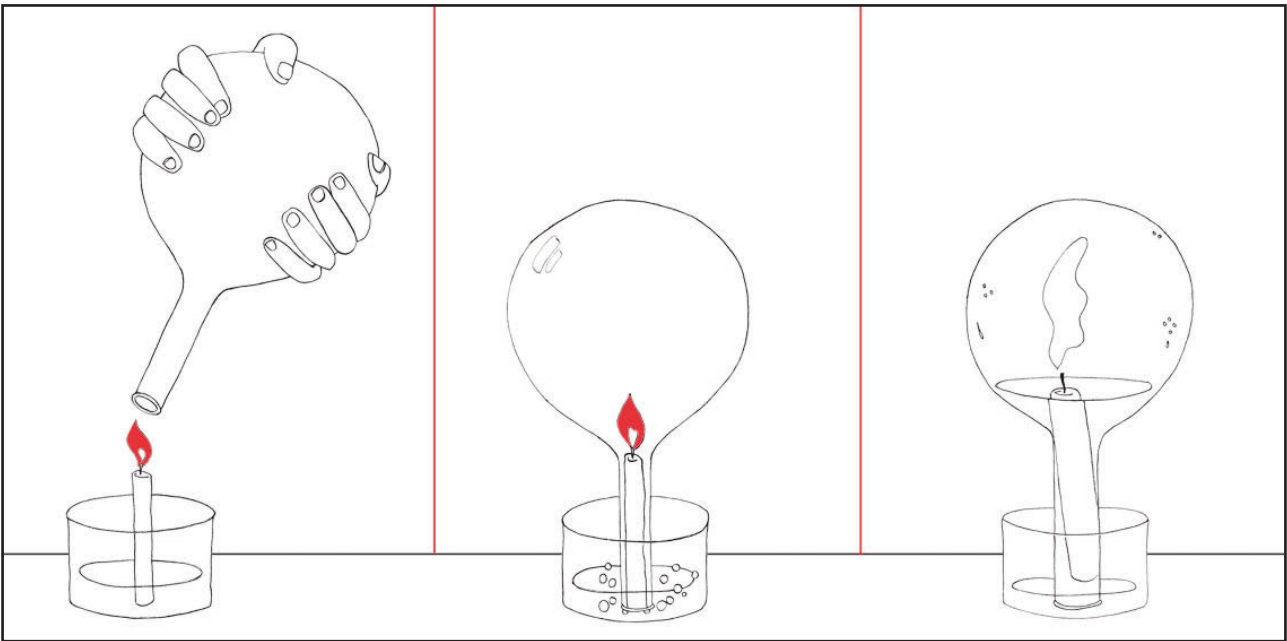
Na primeira fase, pídeselle ao alumnado que sinale se as explicacións a) e b) dan conta adecuadamente das observacións feitas, e que escollan unha delas como a mellor explicación, é dicir a mellor sustentada polas probas.

Nunha segunda fase, que pode ser complementaria ou para alumnado de niveis superiores, fornécense datos complementarios: que as candeas se apagan sen consumir todo o osíxeno do aire por unha banda, e datos da estequiometría da reacción por outra.

A3

¿Que explicación da entrada de auga é compatible coas probas?

Coloca unha candea prendida nun cristalizador ou recipiente grande cun ou dous centímetros de auga, e cúbrea cun matraz dado volta. Coloca o matraz de modo que quede apoiado no cristalizador. A candea queda así ardendo no interior do matraz.



Observa atentamente todo o que ocorre.

A candea apágase un tempo despois de tapala. *¿Podes explicar por que se apaga?*

.....

.....

Outra cousa que ocorre é que a auga ascende polo matraz até alcanzar unha certa altura, que é aproximadamente o 20% do volume do matraz. *¿Por que sobe a auga?*

Podemos pensar en dúas explicacións diferentes para esta subida:

EXPLICACIÓN a)
 Ao arder a candea consúmese o osíxeno do interior do matraz, e a auga ocupa o seu lugar ascendendo por el.

EXPLICACIÓN b)
 Ao arder a candea o aire do matraz quéntase e dilátase. Cando a candea se apaga, o aire arrefríase e contráese, provocando o ascenso da auga

Analizando máis polo miúdo o ocorrido, poderás *decidir cal das dúas explicacións da subida da auga é mellor*. anota que fenómenos observaches e que explicación cres que pode explicar cada un deles. Se é necesario, repite a experiencia.

A3

Observación 1:

Observei que ao principio, mentres a chama está ardendo, saen burbullas de aire por debaixo do matraz.

si non

¿Cres que esta observación é correctamente explicada por a?

si non

Indica as razóns:.....
.....
.....

¿Cres que esta observación é correctamente explicada por b?

si non

Indica as razóns:.....
.....
.....

Observación 2:

Observei que despois duns segundos a chama vai diminuíndo até apagarse, e a auga ascende polo matraz. Parte do ascenso ocorre coa chama xa apagada.

si non

¿Cres que esta observación é correctamente explicada por a?

si non

Indica as razóns:.....
.....
.....

¿Cres que esta observación é correctamente explicada por b?

si non

Indica as razóns:.....
.....
.....

A3

Observación 3:

Observei que a auga sobe até ocupar aproximadamente o 20% do matraz

si non

¿Cres que esta observación é correctamente explicada por a?

si non

Indica as razóns:.....
.....
.....

¿Cres que esta observación é correctamente explicada por b?

si non

Indica as razóns:.....
.....
.....

¿Cal das dúas explicacións a ou b cres que é a mellor? Explica por que

.....
.....
.....

A3

ACTIVIDADE COMPLEMENTARIA

A continuación achéganse dúas informacións complementarias da experiencia anterior. Cómpre indicar se as explicacións a e b son adecuadas para elas e por que.

Dato complementario 1:

O aire contén un 21% de osíxeno. Unha candeia apágase cando a porcentaxe de osíxeno descende a un valor da orde do 15%, é dicir, moito antes de ter consumido todo o osíxeno que contén o aire.

¿Cres que a explicación a é compatible con este dato?

si non

Indica as razóns:.....
.....

¿Cres que a explicación b é compatible con este dato?

si non

Indica as razóns:.....
.....

Dato complementario 2:

As candeas non adoitan ser sustancias puras, mais simplificando supoñamos que son parafinas de fórmula tipo C_nH_{2n} , sendo a reacción de combustión:



aínda que desaparece o gas osíxeno en cantidade “2n”, aparece o gas dióxido de carbono en cantidade “n”, compensando a metade da diminución de volume.

¿Cres que a explicación a é compatible con este dato?

si non

Indica as razóns:.....
.....

¿Cres que a explicación b é compatible con este dato?

si non

Indica as razóns:.....
.....

C3

Comentarios á actividade de combustión da candeia

Algunhas das observacións realizadas na experiencia poden variar segundo sexa o tamaño ou a forma do recipiente co que se tapa a vela (suxerimos utilizar matraces de 1 L para que dure algo máis, de 5 a 10 segundos). Tamén ocorre que ao repetir o experimento por segunda vez, o resultado é distinto, a menos que teñamos a precaución de renovar o aire no interior do matraz e secalo, para que estea como a primeira vez. Na primeira fase pídese ao alumnado que comprobe se as observacións poden ou non ser explicadas polas dúas alternativas. Logo solicítase que escollan a mellor.

En canto á explicación da observación 1, a saída de burbullas de aire por debaixo ao tapar a candeia co matraz e mentres a chama está ardendo, só é compatible coa explicación *b*, a dilatación do aire a causa da chama. Segundo a explicación *a*, mentres hai chama consúmese osíxeno, e canto maior sexa a chama, maior debe ser a velocidade á que se consume. O volume de gas do matraz debería diminuír, non aumentar.

Observación 2: que comece a entrar auga ao diminuír o tamaño da chama e continúe entrando coa chama apagada só é compatible con *b*: ao diminuír a chama o aire arrefríase e contráese. A *a* non pode explicar que entre auga coa chama apagada.

A terceira observación, que a auga ocupe un 20% do matraz pode ser explicada polas dúas teorías. Segundo *a*, dado que o aire ten o 21% de osíxeno, se se consume todo, debemos esperar una diminución do 21% no volume. O valor da orde do 20% é aceptable dada a marxe de erro do experimento. Para *b*, unha contracción de volume do 20% supón un arrefriamento do gas da orde de 75 °C, que pode darse perfectamente.

Na actividade complementaria, o primeiro dato, que as candeas se apagan cando a porcentaxe de osíxeno descende a un 14 ou 15% (Kempa 1976, Lavoisier 1776), só é compatible con *b*. O aire ten o 21 % de osíxeno, e se a candeia se apaga cando baixa ao 15%, debemos esperar só unha diminución do 6% do volume. Refórzase a conclusión de que *a* non é compatible coas observacións 1 e 2, e ademais fai que a observación 3, que si era compatible con *a* (supoñendo que se consumía todo o osíxeno) deixe de selo.

O segundo dato complementario, que pode proporcionarse ao alumnado que traballara o axuste de reaccións e estequiometría, reforza tamén a explicación *b*, dado que a metade da diminución de volume debida á desaparición do osíxeno quedaría compensada pola aparición de CO₂.

A pesar disto, aínda se encontra en moitos libros o experimento da candeia como un método para medir experimentalmente a composición do aire.

4.- DECIDIR ENTRE OPCIONS EN BASE A PROBAS: ¿QUE CALEFACCION É A MELLOR?

Neste capítulo preséntase unha proposta levada a cabo no marco dunha unidade didáctica sobre a enerxía, as súas fontes e os seus usos. Trátase pois, non de actividades breves, senón dunha tarefa deseñada para integrar a argumentación e o uso de probas nos contidos das ciencias.

Un aspecto importante do traballo con probas é usalas para decidir entre distintas opcións e hipóteses posibles. Mais a competencia para avaliar diversas opcións require un coñecemento previo dos conceptos e do traballo científico e saber utilizalos tanto para xustificar a decisión tomada como para desbotar outras.

A competencia para avaliar diversas opcións transcende o ámbito científico para atinxir tamén aos aspectos sociais nos que os coñecementos das ciencias son aplicados. Esta perspectiva CTS (Ciencia-Técnica-Sociedade) ou sociocientífica, fai preciso que os alumnos dispoñan da capacidade crítica para analizar as distintas propostas.


O coñecemento científico e tecnolóxico non é independente do contexto social no que se xera e aplica e pode ter implicacións non sempre manifestas, por exemplo no ámbito dos valores. Tal é o caso dos problemas de carácter ambiental relacionados coa xestión dos recursos naturais.

Neste capítulo analízase unha actividade de traballo con probas para que o alumnado desenvolva, alén das competencias científicas, a competencia ambiental e o pensamento crítico. A competencia ambiental abrangue a capacidade para recoñecer os problemas, tomar conciencia da responsabilidade persoal en facerlles fronte e propoñer solucións. Desenvolver a capacidade de avaliar coñecementos mediante o uso de probas e a construción de argumentos sobre problemas sociocientíficos é un dos obxectivos da actividade que presentamos: a escolla entre varios sistemas de calefacción. Ademais dos obxectivos de aprendizaxe das ciencias, pretende contribuír tamén a formación dunha cidadanía crítica, capaz de tomar decisións por si mesma.

A4

Escollemos un sistema de calefacción (guión do alumnado)

Carta (simulada) da Universidade de Santiago de Compostela (USC)



O Vicerreitorado de Calidade e Planificación estratéxica da USC

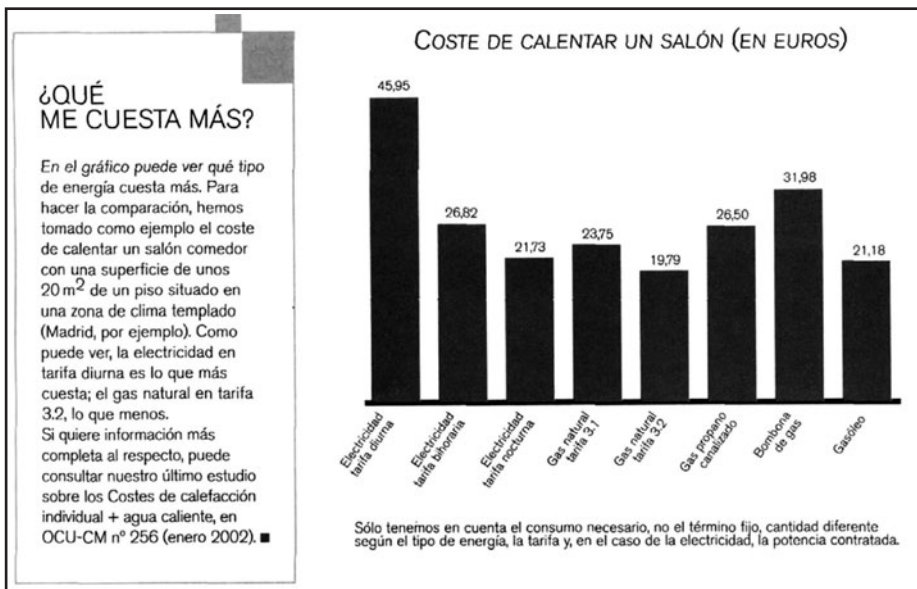
INFORMA

Ante a posta en marcha por parte da Universidade de Santiago de Compostela dun plan de Optimización Enerxética (POE), o primeiro das súas características nunha universidade española, no que se propón: + **eficiencia** e - **impacto** (ambiental)

SOLICITA

Lle sexa remitido, coa maior brevidade posible, un informe sobre a opción de calefacción que considere máis axeitada para a construción dos novos edificios da Facultade de Ciencias da Saúde. Cómpre deixar claras as razóns alegadas para a toma de decisión, considerando que:

- Os gastos de primeira instalación non se teñen en conta, só os gastos de mantemento (o que pagará a facultade pola calefacción).
- Hai que ter en conta tanto o prezo (custo mensual da calefacción) como o impacto ambiental.
- Entre as posibles opcións están as que aparecen na táboa da revista da OCU e outras procedentes de fontes renovables.
- Podes facer outras recomendacións que che parezan relevantes.



Táboa da revista OCU

A4

Para redactar o voso informe, podeades utilizar os apuntamentos e libros de texto, e acceder a internet. Recomendamos, por exemplo, a consulta do seguinte material:

-Información relativa á “enerxía verde” dos grupos ecoloxistas en internet: Greenpeace (www.greenpeace.org/espana_es/electricas) e Adena (www.wwf.es).

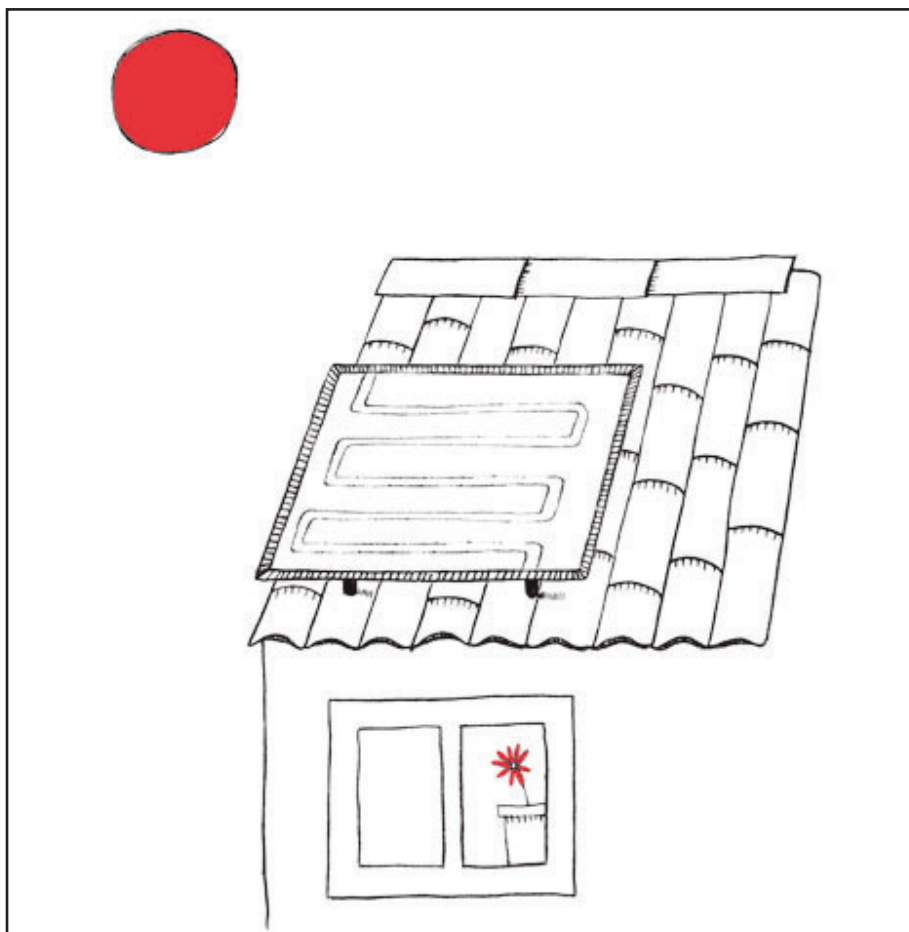
-Información sobre enerxías renovábeis das empresas eléctricas en internet: Iberdrola (www.iberdrola.es/webcorp) e Endesa (www.endesa.es).

-Información das empresas subministradoras de gas, electricidade, gasóleo, etc. sobre os seus produtos e servizos: Unión Fenosa (www.unionfenosa.es), Gas natural (<http://portal.gasnatural.com>), Repsol (www.repsol.com/es).

-Dúas noticias aparecidas no xornal La Voz de Galicia os días 10 de novembro e 17 de decembro de 2003 nas páxinas de economía e sociedade:

Investigan a Iberdrola y Endesa por un supuesto fraude con “energía verde” (<http://www.lavozdeg Galicia.es/hemeroteca/2003/11/09/2148024.shtml>)

El 2003, el tercer año más caliente desde que se hacen mediciones (<http://www.lavozdeg Galicia.es/hemeroteca/2003/12/16/2255923.shtml>).



C4

Comentarios á actividade “Escollemos un sistema de calefacción”

Posta en práctica polo profesor Xulio Gutiérrez Roger e Fins Eirexas con alumnado de 2º de BAC. Tráballouse catro sesións en pequenos grupos na redacción dos informes e coa clase completa nun debate final, no que cada grupo xustifica a súa escolla.

¿Que necesita o alumnado para desenvolver a tarefa:

En primeiro lugar recoller información sobre as diferentes opcións de sistemas de calefacción e as características das distintas fontes de enerxía. A avaliación das vantaxes e inconvenientes de cada opción debe realizarse atendendo aos criterios fixados na tarefa, tanto explícitos (económico e de impacto ambiental) como implícitos (renovable / non renovable).

Para chegar a unha decisión precisan mobilizar as seguintes competencias:

- Procesar información sobre diferentes fontes de enerxía.
- Avaliar o impacto destas fontes facendo uso dos conceptos de “recurso natural”, “renovable / non renovable”, “sustentable”, etc.
- Contextualizar as distintas opcións valorando as posibilidades reais de utilización en Santiago de Compostela no momento actual.
- Escoller un sistema de calefacción.

Para procesar a información sobre as fontes de enerxía e avaliar vantaxes e inconvenientes deben referirse aos datos fornecidos no dossier (folletos informativos das empresas, noticias de prensa), libros de texto e páxinas web, establecendo un diálogo con eles para estruturar as súas xustificacións. Deben ter en conta tamén os requirimentos da tarefa (menores custo económico e impacto ambiental) e outros factores como o contexto local (accesibilidade da fonte en Compostela), e a posibilidade de contratar o subministro dunha única fonte, como a eólica ou a solar. Ademais deben considerar datos como o uso para facultade, os horarios, e o clima local.

Na última sesión, na que se contrastan as distintas opcións, argumentando a favor das propias e contra as alleas, interpretando os datos e apoiando ou refutando outras intervencións, poden xurdir novas xustificacións que non están explícitas nos informes.

Variación das opcións escollidas en dous cursos de 2º de BAC

Non hai ningún sistema de calefacción que poida considerarse “ideal” cos criterios propostos, xa que actualmente non é posible contratar un subministro enerxético que proceda exclusivamente de fontes renovables (a pesar do que afirmaba a publicidade da “enerxía verde”). A posibilidade de autoabastecerse con enerxía solar ou eólica está limitada por razóns técnicas. Por iso os distintos grupos víronse forzados a escoller a opción “menos mala”, que incluía unha fonte non renovable, como se resume na táboa.

C4

OPCIÓN	FONTE DE ENERXÍA	GRUPO
Unha soa fonte	Gas natural	A, C, F
	Electricidade con tarifa nocturna	E
Varias fontes	Enerxía solar combinada con gas natural	B, G
	Enerxía solar combinada con electricidade	D

Decisións dos grupos

Xérase unha variedade de solucións en canto ás fontes de enerxía, desde optar por unha soa fonte, sexa gas (a máis escollida) ou electricidade, ou por unha combinación de varias fontes. A variedade está relacionada co deseño do problema, que é aberto, é dicir que admite varias solucións posibles.

¿Que probas e xustificacións empregaron os distintos grupos?

Para apoiar as súas decisións apelan a datos de distinta natureza, primeiro relacionados cos criterios indicados na tarefa: a) o impacto ambiental, na meirande parte dos casos a contaminación producida por distintas fontes, nalgún caso o seu carácter renovable (ou non); e b) o custo económico. Outras probas inclúen, c) o impacto na paisaxe, d) as características físicas (calorías producidas) e químicas (composición); e) datos xeolóxicos, como o gradiente xeotérmico; f) propostas técnicas e g) efectos na saúde.

Nas xustificacións, que relacionan as probas coas decisións, usaron as probas non só para defender a súa opción, senón tamén para descartar outras. Por exemplo en canto á “enerxía verde” (de fontes renovables), que non é posible para o usuario discriminar a procedencia da enerxía contratada.

C4

PROBAS	XUSTIFICACIÓN
Contaminación	“Produce menos sustancias contaminantes que calquera outro combustible fósil” (g. gas natural) “O gasóleo descartouse por producir máis gases contaminantes” (CO, CO ₂ , NO, NO ₂) (g. G, solar + gas)
Custo económico	“A tarifa nocturna consume electricidade durante a noite, cando esta é máis barata” (g. E, electricidade) “As súas tarifas [da electricidade] son todas moito máis caras que a opción do gas natural” (g. C, gas natural)
Outros impactos: paisaxe	“O seu transporte é por tubos subterráneos, o que implica que non se dana a paisaxe nin a vida animal e vexetal” (g. F, gas natural)
Físicas (calorías producidas) e químicas (composición)	“A combustión natural produce 11500 kcal/m ³ ” (grupos A, B e G) “Está composto por metano e tamén por etano e propano (g. E, electricidade)
Xeolóxicas	“A xeotérmica non é aproveitable en Santiago” (g. A, gas natural)
Técnicas	“Para usar enerxía solar, o edificio debería construírse (...) coa orientación axeitada (g. G, solar + gas) “A solar é intermitente (...) podería solucionarse usando acumuladores (g. B, solar + gas)
Saúde	“Da orixe [a contaminación do aire] a numerosas enfermidades respiratorias e reaccións de tipo alérxico” (g. A, gas natural)

Resumo das probas e xustificacións dos grupos

¿Por que este deseño de tarefa favorece o uso de probas?:

O deseño da tarefa como un problema auténtico, no que é visible a relación coa vida real, promove a implicación do alumnado. O carácter aberto da lugar a unha variedade de solucións, o que favorece a selección de datos e a argumentación, facendo necesario que cada grupo aporte probas e xustifique a opción escollida.

Na xustificación das opcións, e ante a imposibilidade de escoller unha opción enteiramente renovable (“enerxía verde” anunciada por certas eléctricas) tiveron que apelar aos seus coñecementos e construír argumentos para defender a escolla “menos mala” (en palabras do profesor). Seis dos sete grupos escolleron sistemas diferentes da “enerxía verde”, o que indica unha contextualización da tarefa así como o uso das competencias no procesamento da información, cuestións relevantes para o desenvolvemento do pensamento crítico, que pode posibilitar, por exemplo, a avaliación da publicidade.

5.- ¿É ESE O CORPO DE COPÉRNICO? AVALIANDO PROBAS

Nos capítulos anteriores discútese distintas propostas para traballar o papel das probas na avaliación do coñecemento, para aprender a usar probas. As probas teñen unha función na confirmación ou refutación de enunciados, mais é importante tamén abordar como se avalían as propias probas, noutras palabras, que criterios utilizar para decidir sobre a fiabilidade dunha proba, sobre a súa relación coa afirmación que se quere probar, sobre a suficiencia dunha proba ou conxunto de probas.

Trataríase de responder a preguntas como: ¿É fiable esta proba? Nun conxunto dado de probas ¿son algunhas máis sólidas que outras? ¿Ten relación a proba coa conclusión sometida a exame? ¿En que medida un conxunto de probas sustenta mellor un enunciado ou unha teoría que unha proba illada?

Un exemplo de como un conxunto de probas de distinto carácter apoia unha teoría, é a evolución. Dos dous enunciados que forman parte desta teoría, referímonos ao primeiro, que todos os seres vivos teñen unha orixe común, descenden dun ou duns poucos organismos. Algunhas probas que confirman a teoría da evolución son paleontolóxicas, por exemplo, a existencia de formas de transición, como *Archaeopteryx*, citado no capítulo 2, e que confirman a predición de que entre os organismos anteriores e os seus descendentes existiron formas intermedias. Outras son xenéticas, como o grao de semellanza no ADN, máis alto nas especies emparentadas (que teñen antepasados comúns máis próximos). Por exemplo o grao de similitude entre o ADN dos seres humanos e dos chimpancés é do 98%. Outras constitúen exemplos de interacción coa cultura: a selección da tolerancia á lactosa nos adultos en relación coa domesticación das vacas e a dispoñibilidade de leite. De forma semellante, o conxunto de probas que sustentan a teoría da tectónica de placas é moi variado.

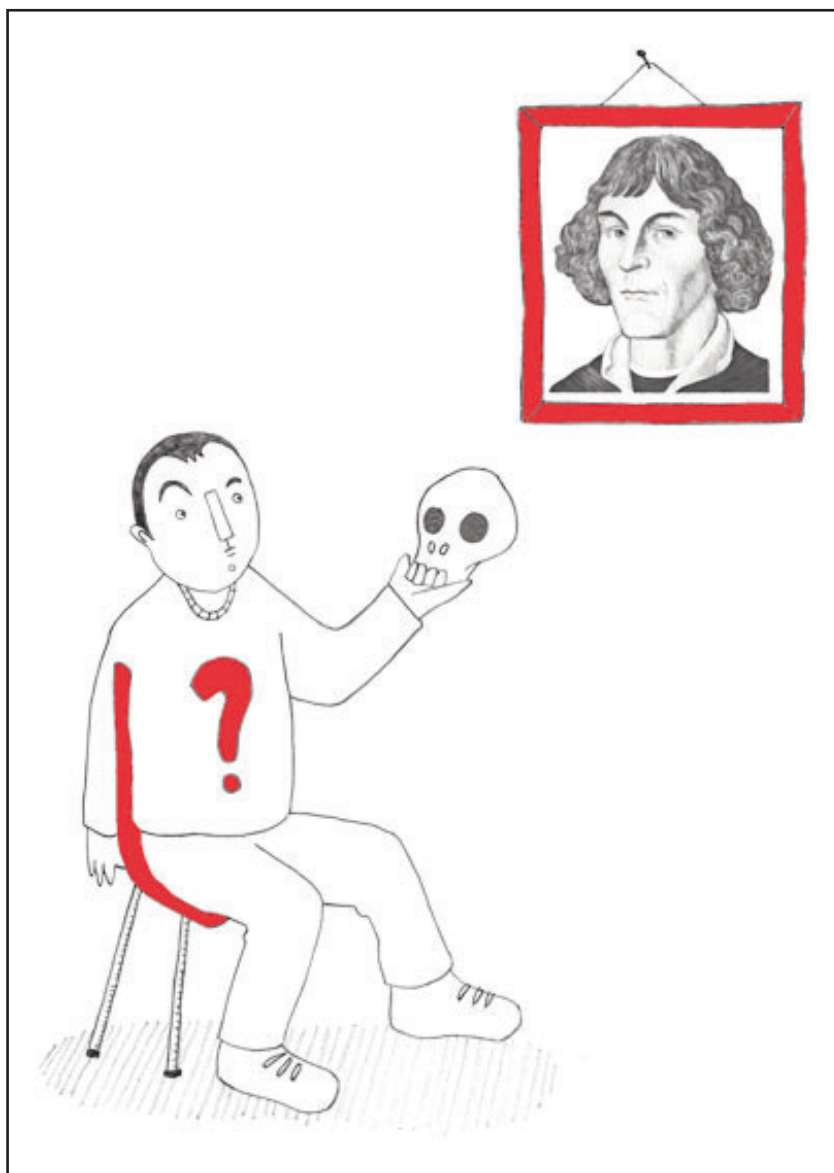
Para traballar esta dimensión na aula, propoñemos unha actividade adaptada de Jiménez Aleixandre (2009), baseada nun caso que recentemente tivo repercusión nos medios de comunicación e que combina un protagonista relevante na Historia da Ciencia co uso de métodos forenses contemporáneos.

A5

¿É ese o corpo de Copérnico?

Nicolás Copérnico (1473–1543) foi un astrónomo que articulou a idea de que a Terra xiraba ao redor do sol e non ao revés, recompilando datos que a apoiaban. Copérnico morreu aos 70 anos en Frombork (Polonia), cidade na que viviu os últimos anos da súa vida. No século XVII, durante unha das invasións de Polonia por Suecia, parte da súa biblioteca foi levada a Suecia, encontrándose hoxe na Universidade de Upsala. Díciase que fora soterrado na catedral de Frombork, mais, entre os diversos enterramentos nela, non había ningunha tumba que levase o seu nome (o que nesa época era frecuente). Durante moitos anos arqueólogos de distintos países procuraron os seus restos en van.

En agosto de 2005 un equipo dirixido polo arqueólogo Jerzy Gassowski, por encargo do bispo, encontrou baixo o solo da catedral de Frombork, perto dun altar, uns restos que atribuíron a Copérnico, en concreto un cranio e algúns dentes. A identificación foi baseada inicialmente en semellanzas entre o cranio e os retratos de Copérnico, como ter o nariz roto e unha cicatriz enriba do ollo esquerdo.



Estudos forenses realizados sobre o cranio indicaron que correspondía a un home duns 70 anos. O laboratorio forense da policía de Polonia utilizou o cranio para facer unha reconstrución informática de como sería o rostro do home ao que pertenceu, e que resultou semellante aos retratos de Copérnico (reconstrución que pode verse en <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/7740908.stm>).

A experta sueca en xenética Marie Allen analizou ADN extraído dun dente dese cranio, dunha vértebra e dun fémur. Para poder comparalo, localizáronse, entre as páxinas do libro *Calendarium Romanum Magnum* (que pertencera a Copérnico e agora está en Upsala) catro cabelos. A análise do ADN permitiu comprobar, en novembro de 2008, que dous deses cabelos pertencían á mesma persoa que o dente e os ósos.

A5

¿Que probas da identificación de Copérnico son máis fiables?

Os datos e análises mencionados arriba foron recollidos pola prensa con titulares como: “O ADN confirma que os restos encontrados en 2005 son os de Copérnico”, “Un esqueleto do século XVI identificado como o astrónomo Copérnico”, ou “Finaliza a procura da tumba do astrólogo Copérnico que durou dous séculos “ (é un erro do xornal, astrónomo e astrólogo non é o mesmo).

a) ¿Consideras que as probas son *suficientes* para identificar aos restos encontrados con Copérnico? ¿Chegaría con ter unicamente unha ou dúas desas probas? Explica a túa resposta.

b) Fai unha lista de todas as probas que se citan para identificar os restos, e ordénaas de máis a menos *fiable*, é dicir da que che pareza máis convincente á que che pareza menos.

c) Indica na lista as que consideres máis *específicas* (é dicir que proban que os restos son precisamente de Copérnico), e as menos específicas (por exemplo que sexa alguén da súa época ou que comparta outras características con el).

d) Pensa se para algunha ou varias desas probas habería unha *explicación alternativa* á proposta (que o cranio e os ósos pertencen a Copérnico). Se unha (ou máis) non proba que o corpo é de Copérnico: ¿que é o que proba?

C5

Comentarios á actividade *¿É ese o corpo de Copérnico?*

As tarefas propostas pretenden favorecer o desenvolvemento de criterios para avaliar probas, como suficiencia, fiabilidade, especificidade ou posibilidade de interpretación alternativas, o que necesitará da axuda do profesorado.

a) *¿Consideras que as probas son suficientes para identificar aos restos encontrados con Copérnico? ¿Chegaría con ter unicamente unha ou dúas desas probas?*

O criterio de suficiencia é o máis xeral. Pretende poñer de manifesto que algunhas probas poden apuntar nunha dirección sen chegar a ser suficientes, como as primeiras mencionadas en 2005, nariz rota e cicatriz sobre o ollo. Ao mesmo tempo é interesante facerlles notar que se ben unha soa desas dúas características non sería unha proba fiable, a acumulación das dúas (ou de máis) incrementa a fiabilidade, dado que é menos probable que coincidan en varias persoas simultaneamente.

b) *Fai unha lista de todas as probas que se citan para identificar os restos, e ordénaas de máis a menos fiable, é dicir da que che pareza máis convincente á que che pareza menos.*

No texto aparecen sete probas, e unha posible ordenación de máis a menos fiable pode ser: 1) a proba de ADN; 2) a cicatriz sobre o ollo; 3) o nariz roto; 4) a idade de 70 anos dos restos; 5) a reconstrución informática do rostro; 6) que os restos correspondesen a un varón (está implícito, aínda que non se cita); 7) o feito de estar soterrado na catedral. (Pode haber outras formas de ordenalas).

Neste caso a fiabilidade indica a probabilidade, segundo a proba, de que os restos sexan de Copérnico. Así as probas de ADN teñen unha fiabilidade superior ao 99%. En canto a cicatriz e o nariz roto, algúns estudantes poden considerar un máis fiable e outros outro (pode ser interesante debater a frecuencia de cada lesión); é interesante destacar que non proban a identificación, só que é posible que os restos sexan de Copérnico. Que os restos correspondan a unha persoa de 70 anos, tampouco proba a identificación, senón que esta é compatible coas probas (se fosen dunha persoa de 40 non o sería). Na nosa opinión a reconstrución informática non é tan fiable, dado que foi realizada coñecendo os retratos do astrónomo, a diferenza, por exemplo, das policiais ('retratos robot').

Que os restos sexan dun varón (o que está probado tamén pola análise de ADN) é unha proba pouco específica, como se discute a continuación, mais forma parte do conxunto de aspectos a contemplar. Por último, aínda que tampouco é moi específica, cómpre ter en conta que nas catedrais (e perto do altar) non se enterraba a calquera cidadán, senón unicamente aos persoeiros. É importante discutir explicitamente que, mesmo sendo algunha destas probas por separado pouco relevantes, a acumulación outorga máis fiabilidade á conclusión proposta.

c) *Indica na lista as que consideres máis específicas (é dicir que proban que os restos son precisamente de Copérnico), e as menos específicas (por exemplo que sexa alguén da súa época ou que comparta outras características con el).*

C5

A especificidade, é dicir que a proba en cuestión se relaciona coa conclusión sometida a exame, é outro criterio importante á hora de seleccionar probas. Unha posible orde pode ser: 1) a proba de ADN; 2) a cicatriz sobre o ollo; 3) o nariz roto; 4) a reconstrución informática do rostro; 5) estar soterrado na catedral; 6) a idade de 70 anos; 7) que os restos correspondesen a un varón. Aínda que, nalgúns casos, as probas máis específicas (entre outras cousas por selo) son as máis fiables, noutros non é así, e pode manterse por exemplo que o sexo masculino ou a idade só proban estritamente que a persoa era un varón e que morreu aos 70 anos.

d) Pensa se para algunha ou varias desas probas habería unha *explicación alternativa* á proposta (que o cranio e os ósos pertencen a Copérnico).

É importante que o alumnado se decate de que unha proba pode ter varias interpretacións posibles (Lucas e García-Rodeja, 1990). Por exemplo, a do ADN mostra que os cabelos e o dente son da mesma persoa, mais non que sexa Copérnico, e podería explicarse porque eses libros manexábaos tamén outra xente (como mostra que só dous dos catro cabelos correspondesen á mesma persoa que o dente). Esa outra persoa sería tamén algún persoeiro, de aí que fose enterrado na catedral.

Que unha proba poida ter varias interpretacións permite que o coñecemento cambie, non só con novas probas, senón con novas teorías que levan a interpretacións distintas.

6.- ¿INFLÚE A LÚA NO CRECEMENTO DAS PLANTAS? DESEÑANDO UN EXPERIMENTO PARA XERAR PROBAS

O uso de probas non se desenvolve nun espazo illado do resto do ensino, senón no marco de unidades didácticas e actividades levadas a cabo na aula, no laboratorio ou no campo. En particular, o uso de probas e a argumentación poden enmarcarse na perspectiva que contempla a aprendizaxe como indagación. A indagación pretende que o alumnado practique a ciencia, o que segundo autores como Chinn e Malhotra (2002), significa non tanto manipulación, senón participación nos procesos de razoamento e de construción do coñecemento que son propios da ciencia.

¿En que consiste practicar o traballo científico? ¿Que actividades fai o alumnado cando indaga? Non existe un conxunto fixo de 'pasos' para indagar, mais si podemos sinalar entre os procesos nos que participa o alumnado cando realiza auténticas indagacións os seguintes, propostos por Chinn e Malhotra:

- Xerar preguntas a investigar
- Diseñar estudos, planificar pequenas investigacións, experimentos.
- Realizar observacións, recoller datos e analízalos.
- Explicar os resultados: transformar observacións e datos a outros formatos, analizar se se cometeron erros.
- Propoñer e desenvolver interpretacións (teorías) para uns resultados.
- Estudar informes de investigación doutras persoas.

Como indican estes autores, en moitas ocasións os experimentos realizados nas escolas non teñen este carácter, pois o alumnado non decide as preguntas a investigar, nin planifica as investigacións, senón que segue instrucións, e o mesmo ocorre con outros procesos. Mais, aínda sendo menos frecuentes, lévanse a cabo indagacións.

O traballo que se discute neste capítulo responde a unha pregunta xerada polos propios alumnos de 3º de ESO do IES Carlos Casares, Adrián Bembibre, Álvaro Bermúdez, Rubén Pérez e Iván Vázquez, así como a un estudo deseñado e planificado por eles. O seu profesor de Bioloxía e Xeoloxía, Luis Fernández (2009), propón, como parte da materia, a realización de traballos de investigación en equipo, con temas decididos polo propio alumnado, que planifica e leva a cabo o proxecto. O que propoñemos é que se dea esta oportunidade ao alumnado, aínda que neste caso a actividade parte da pregunta decidida por outros.

A6

¿Inflúe a lúa no crecemento das plantas?



Escóitase moitas veces dicir que cómpre plantar, recolleitar ou podar as plantas nunha fase determinada do ciclo da lúa (ou que hai que cortar o cabelo en crecente ou na lúa chea). Así por exemplo sementar entre lúa nova e cuarto crecente as sementes de xerminación rápida (como as fabas), e sementar entre lúa chea e cuarto mingunte (dise tamén lúa de fouce) as sementes de xerminación lenta. Podar en mingunte. Outros din que as plantas medran máis na lúa chea e que non se debe plantar na lúa nova.

Adrián, Álvaro, Rubén e Iván, estudantes de 3º da ESO oíron moitas veces ás súas familias e veciños repetir esta crenza popular. Procuraron

información na biblioteca e en internet, e non puideron encontrar estudos que demostrasen se o ciclo da lúa inflúe nas plantas. Describen así o seu obxectivo: “Constatar cientificamente se afecta o ciclo da lúa ao crecemento das plantas”.

Recibes o encargo de colaborar con este grupo na súa investigación. Planifica, da forma máis precisa que poidas, que é o que deberíades facer para comprobar se é certo que as fases da lúa afectan ás plantas. Algunhas preguntas que poden axudarte nesta planificación son:

- ¿Que considerariamos unha *proba* de que as fases da lúa afectan ás plantas?
- ¿Que *datos* debemos recoller para chegar a ter esa proba (ou a contraria)?
- ¿Que *número* mínimo de experimentos hai que planificar para iso?
- ¿Como *asegurarnos* de que comprobamos a fase da lúa, non outro factor?
- ¿Que *materiais* necesitamos para levalos a cabo?

A6

Este grupo decidiu que consideraría unha proba que unhas plantas medrasen máis se se plantaban nunha fase determinada, e que os datos que debían recoller era a medida das plantas plantadas nas catro fases, sendo necesario un mínimo de catro experimentos, un por cada fase. Para asegurarse de que comprobaban a fase da lúa (non outro factor), Adrián e os seus compañeiros propuxeron usar materiais idénticos nos catro experimentos e medir a auga subministrada. Os materiais foron: a) 15 fabas de mata baixa para semente, marca Bina; b) substrato universal *Turba green*; c) algodón para o inicio da xerminación; d) vasos de plástico de 220 cc (15x4); e) unha xeringa milimetrada para subministrar 20 cl cada vez de auga da traída; f) calibre milimetrado do departamento de tecnoloxía do instituto. Así describen os experimentos:

“Comezamos o 29 de febreiro, coincidindo co inicio da lúa minguante. Puxemos 15 fabas en algodón humedecido con 20 cl nuns recipientes. Unha semana despois transplantámolas aos vasos cheos do substrato, volvendo a botar 20 cl de auga. O subministro de auga foi semanal, até o 28 de marzo, en que as medimos co calibre, da base do talo até o extremo. Repetimos o proceso nos tres ciclos da lúa restantes.”

Os resultados en cm (das plantas que saíron, que non foron todas) resúmense na táboa:

PLANTA Nº	LÚA MINGUANTE	LÚA NOVA	LÚA CRECENTE	LÚA CHEA
1	3,56	3,1	8,22	19,5
2	0,8	9,6	7,8	18,2
3	3,08	8,9	11	21,5
4	13,2	8,5	11,5	22
5	9,9	8	14,5	21
6	13,22	3,9	–	6
7	8,9	11,9	–	–
8	7,4	2,5	–	–
9	5,82	4	–	–
10	8,5	2	–	–
11	5,69	3	–	–
12	5,13	2,1	–	–
MEDIA	7,1 cm	5,6 cm	10,64 cm	18 cm

Debes axudar a Adrián e os seus compañeiros a *interpretar* estes resultados. ¿Cres que se pode extraer algunha (ou algunhas) *conclusión*? Se tiveses que facer ti o experimento ¿hai algo que farías de distinto modo?

A6 As conclusións ás que chegaron Adrián, Álvaro, Rubén e Iván foron estas:

1. As plantas de faba que máis crecen, en base aos datos da media aritmética, son as que foron plantadas en lúa chea (incluso facendo a media das 15).

2. Se temos en conta a dispersión dos datos nas plantacións das catro fases da lúa (con valores altos e baixos en todas elas, e sementes que non xerminaron), non podemos concluír, para este caso, que hai influencia da fase da lúa no crecemento das plantas de faba.

3. É necesario profundar neste estudo, con novos experimentos, para poder obter conclusións máis firmes.

¿Estás de acordo con estas conclusións? ¿Con que parte das conclusións estás de acordo e con que parte non? Xustifica as túas respostas.

Na conclusión 2 dise que non se pode concluír que exista influencia da fase da lúa no crecemento das plantas. ¿Estás de acordo? Xustifícao.

¿Podes propoñer algunha hipótese alternativa (distinta da influencia da lúa) para explicar por que é máis alta a media na lúa chea? ¿Como comprobalo?

Con estes resultados, algunhas persoas estarían un pouco desgustadas porque, despois de moito traballo, non poden afirmar nin negar de forma clara a influencia da lúa. ¿Cres que experimentos como este son útiles así e todo? ¿Que se aprende deles?

Na conclusión 3 dise que cómpre facer novos experimentos. Propón algunhas cousas que se deberían ter en conta para planificar eses experimentos, de modo que os resultados aportasen probas máis sólidas sobre a influencia da lúa.

Leva a cabo un experimento para mellorar as conclusións existentes, comprobando as hipóteses alternativas.

C6 Comentarios á actividade sobre a influencia da lúa no crecemento das plantas

Proponse entregar cada unha das tres follas da actividade en momentos diferentes, para que o alumnado realice a súa propia proposta. O máis desexable sería que levasen a cabo o experimento planificado, sempre coa guía do profesorado. Nese caso as follas segunda e terceira poderían utilizarse para comparar os seus propios resultados cos que se describen aquí.

En canto ao que considerarían unha proba, o debate sobre as distintas propostas (que poden coincidir coas decisións tomadas no proxecto descrito ou non), poden centrarse nos criterios discutidos no capítulo 5, se son suficientes, fiables, específicas.

Hai parte do alumnado que faría unha interpretación dos resultados distinta da que escribiron Adrián e os seus compañeiros, interpretando que a media de 18 cm das plantas sementadas en lúa chea, máis elevada que nas outras fases, indica a influencia positiva da lúa nesta fase. Para o alumnado resulta difícil aceptar que os resultados duns experimentos poden non ser concluíntes nin no sentido de probar a hipótese, nin no de refutala.

Porén, a interpretación que propoñen Adrián e os seus compañeiros ten a virtude (como indicou o profesor Luis Fernández no debate realizado na aula) de recoñecer a incerteza como un elemento integrante do traballo científico: hai moitos casos nos que é necesario repetir experimentos, deseñalos de novo, preguntarse se se cometeu algún erro e que se pode mellorar.

En canto ás suxestións que se poderían facer para deseñar mellor o experimento, están relacionadas coas hipóteses alternativas, distintas da influencia da lúa, para explicar o crecemento máis alto na lúa chea. Un exemplo é o control de variables: os estudantes tiveron coidado de que todas as plantas recibisen a mesma cantidade de auga, mais non controlaron se a temperatura era a mesma en todos os casos. Aínda que pode ser difícil lograr unha temperatura constante nun laboratorio escolar, sería interesante medir a temperatura ambiente para saber se hai diferenzas apreciables. Tendo en conta que as sementes se plantaron na fase de lúa minguante o 29 de febreiro, e na de lúa chea o 21 de marzo, unha hipótese alternativa pode ser que a temperatura foi aumentando durante esas catro semanas (aínda que non sexa posible tomar os datos da temperatura do laboratorio, si se poden recuperar os da temperatura da vila nese período, que en febreiro poden baixar de 0°C e en marzo acadar os 20°C).

Logo de realizar unha actividade como esta, na que se cuestionan crenzas populares, o alumnado adoita pedir ao docente 'a resposta'. Ademais de suxerir a realización de novos experimentos, podemos remitir ao blog do profesor Jorge Cruz (jcruzmundet.blogspot.com/2009/04/el-mito-de-la-influencia-lunar_10.html) quen discute a inexistencia de probas sobre a crenza da influencia da lúa nas prácticas agrícolas. Cruz indica que esta influencia é atribuída, ben ás diferenzas de iluminación entre as fases, ben á atracción gravitatoria.

C6

En canto á influencia da luz, como indica Cruz, a cantidade de luz solar que reflicte a lúa é insignificante en comparación coa do propio sol.

En canto á influencia da atracción gravitatoria, dise que se a lúa é capaz de provocar as mareas, tamén terá influencia nos seres vivos, formados en grande medida por auga, ou na auga que existe no solo (podemos engadir que este tipo de argumento é analóxico e que isto non constitúe unha proba). Cruz indica que nos lagos e encoros, grandes masas líquidas, non hai mareas nin se percibe a influencia da lúa, e realiza un cálculo, a partir da definición da lei da gravitación universal, para mostrar que a atracción da lúa sobre unha semente de 2 g (en concreto allos, xa que existe a crenza de que non se poden plantar en lúa crecente e que son expulsados) é tres mil veces menor que a da Terra, sendo por tanto imposible que o allo sexa 'expulsado' para fóra do solo como di a crenza. Propón unha hipótese alternativa: que os paxaros peteiran nas sementeiras, tirando algunhas sementes para fóra, e cita a existencia de estudos que refutan a influencia da lúa.

Outro estudo sobre unha crenza popular, neste caso a de que o pan bendito non colle mofo e é imperecedoiro, foi realizada por un estudante do mesmo instituto, gañando o premio da Casa das Ciencias, e tendo un gran impacto social na vila; está publicada en Alambique (Fernández e López Carracedo, 2005).

Estes exemplos mostran como o uso de probas ten relación co desenvolvemento do pensamento crítico, coa análise crítica de crenzas sen base nas probas.

7.- RECURSOS PARA A ARGUMENTACIÓN E O USO DE PRUBAS

RECURSOS NA REDE

- Proxecto **RODA-MTG** (pódese descargar este documento): www.rodausc.ue
- **Mind the gap**: www.uv.uio.no/english/research/projects/mindingthegap/index.html
- **Pegase** (CNRS-Universidade de Lyon): <http://www.inrp.fr/pegase-en/>
- **IDEAS** (King's College London) www.kcl.ac.uk/schools/sspp/education/research/projects/ideas.html
(parte traducido ao catalán en <http://www.xtec.cat/cdec/index.htm>)
- **Concept cartoons**: <http://www.conceptcartoons.com/science/news.htm>
- Proxecto **Viten** (Universidade de Oslo): www.viten.no

BIBLIOGRAFIA XERAL E DOS CAPÍTULOS 1 E 2

- Bravo, B., Puig, B. & Jiménez Aleixandre, M. P. (2009) Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20, 144-149
- García-Rodeja, E., Lorenzo, F., Domínguez, J. M. & Díaz, J. (1987) *Proyecto AcAb Química*. Universidade de Santiago de Compostela.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2009) *10 Ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2008) Designing argumentation learning environments. In: S. Erduran & M.P. Jiménez-Aleixandre (eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 91-115), Dordrecht: Springer
- Jiménez Aleixandre, M. P. & Díaz de Bustamante, J. (2003) Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359–378.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1999) Concept Cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4) 431-446.
- Mortimer, E. & Scott, P. (2003) *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Ideas, evidence and argument in science*. London: King's College London.
- Puig, B. & Jiménez Aleixandre, M. P. (2009) ¿Qué considera el alumnado como pruebas de la evolución? *Alambique*, 61.
- Toulmin, S. (2007): *Los usos de la argumentación*. Barcelona: Península.

BIBLIOGRAFIA DO CAPÍTULO 3

- García Rodeja, I. (1994). *Distintas interpretaciones de una experiencia con una vela*. Alambique, 1, 143.
- Kempa, R.F. (1967) The candle in the bell-jar: A critical appraisal. *Science Teaching Techniques*, 12. London: John Murray.
- Lavoisier, A.L., 1776. *Memoire sur la combustion des chandelles*, en Oeuvres de Lavoisier, 1864. Imprimerie Imperiale: Paris. citado por Cardoso Ferreira, N. 1989. Primeros pasos en Química. Una entrevista con Lavoisier. *Enseñanza de las Ciencias* 7 (1), 77-83.
- Pérez, A., Bustos, J. A., Medranda, D., Cordero, A. e Antón, J.E. (2007) Teléfonos e vasos comunicantes. (Alumnos IES Victoria Kent, Torrejón de Ardoz, web do IES)
<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Alumnos>

BIBLIOGRAFIA DO CAPÍTULO 4

- Eirexas, F., Jiménez-Aleixandre, M.P. (2007) What does Sustainability Mean? Critical Thinking and Environmental Concepts in Arguments about Energy by 12th Grade Students. Paper presented to the ESERA conference, Malmö.
- Eirexas, F., Jiménez-Aleixandre, M.P. & Díaz, J. (2005) Calidad en las justificaciones, uso de conceptos y consistencia entre datos e inferencias en la toma de decisiones sobre sistemas de calefacción. Comunicación ao congreso Enseñanza de las Ciencias, Granada, setembro. (Actas electrónicas).
- Federico Agraso, M., Eirexas Santamaría, F., Jiménez Aleixandre, M. P., Gutiérrez Roger, J. (2007) Un sistema de calefacción sustentable: decisiones sobre un problema auténtico. *Educatio Siglo XXI.*, 25, 51-68.

BIBLIOGRAFIA DO CAPÍTULO 5

- Lucas, A. M. e García-Rodeja, I (1990) Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 11–16.

BIBLIOGRAFIA DO CAPÍTULO 6

- Chinn, C. A. & Malhotra B. A. (2002) Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: a Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, 86: 175-218.
- Cruz, J. (2009) El mito de la influencia lunar. (Recuperado de jcruzmundet.blogspot.com/2009/04/el-mito-de-la-influencia-lunar_10.html)
- Fernández López, L. (2009) Los proyectos de investigación del alumnado para la adquisición de las competencias básicas. *Aula de Innovación Educativa* (en prensa)
- Fernández López, L. e López Carracedo, J. (2005) Un pan eterno ¿ciencia o metafísica? *Alambique*, 45, 105–110.

