

Estos materiales pretenden proporcionar recursos para los profesores y profesoras de ciencias en secundaria interesados en que el alumnado desarrolle la competencia en usar pruebas y argumentar; en llevar a cabo una enseñanza en la que el alumnado desempeñe un papel activo, convirtiendo las clases de ciencias en comunidades de aprendizaje.

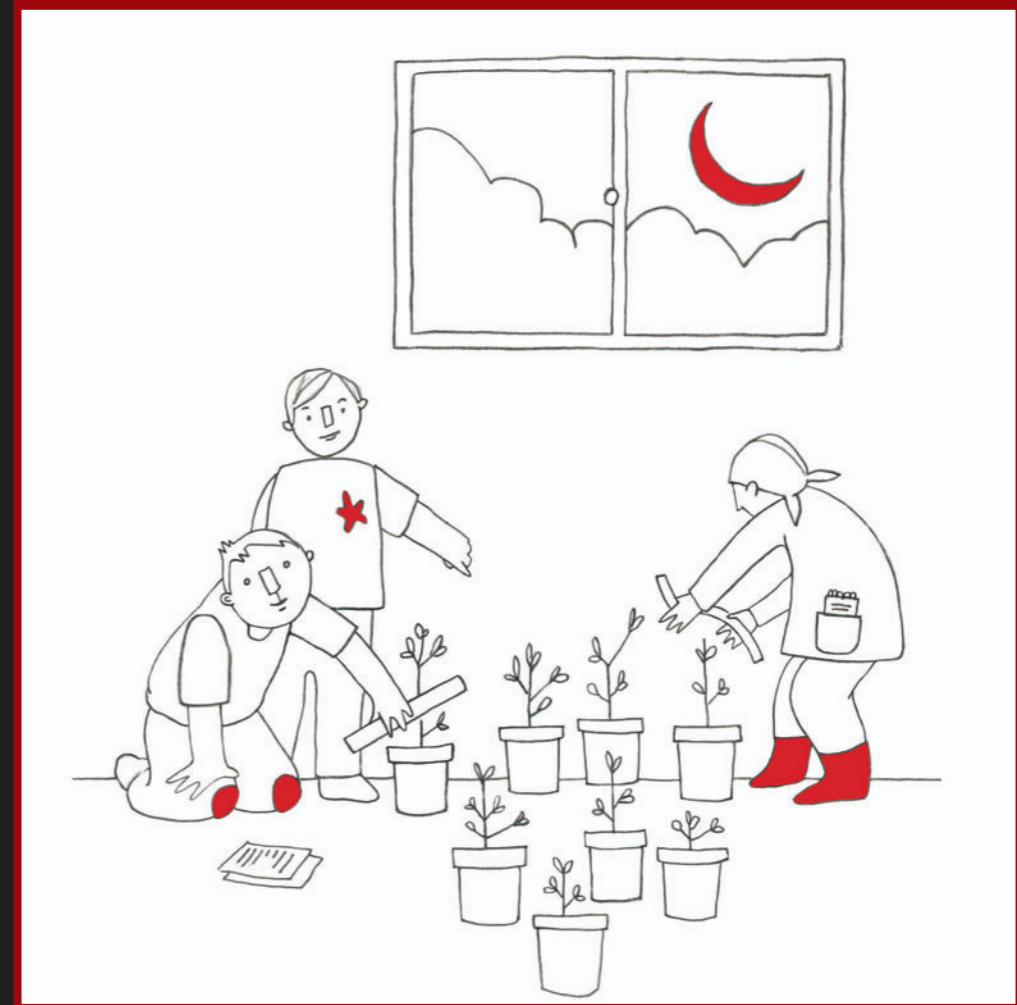
ACTIVIDADES PARA TRABAJAR EL USO DE PRUEBAS Y LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS

MARÍA PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE

JUAN RAMÓN GALLÁSTEGUI OTERO

FINS EIREXAS SANTAMARÍA

BLANCA PUIG MAURIZ



PROYECTO MIND THE GAP
FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA, 7º PROGRAMA MARCO



ACTIVIDADES PARA TRABAJAR EL USO DE PRUEBAS Y LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS



MARÍA PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE

JUAN RAMÓN GALLÁSTEGUI OTERO

FINS EIREXAS SANTAMARÍA

BLANCA PUIG MAURIZ



ILUSTRACIONES: ANDREA LÓPEZ

PROYECTO MIND THE GAP, FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA, 7º PROGRAMA MARCO

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Danú, 2009

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

© de las ilustraciones: Andrea López

Editado con financiación de la Unión Europea, como parte del proyecto “Mind the Gap: Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education” financiado en el FP7 Science in Society de la Unión Europea, código SIS-CT-2008-217725 (Investigadora Principal: Doris Jorde, Universidad de Oslo). La traducción al castellano ha sido posible gracias a la colaboración del Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais de la Universidade de Santiago de Compostela.

Edita: Danú, Santiago de Compostela

ISBN: 978-84-92764-20-4

Depósito Legal: C 2361-2009

1ª Edición: julio 2009

Estos materiales pueden ser fotocopiados para su utilización docente, citando a los autores y la obra original.

EQUIPO Y COLABORADORES DE MIND THE GAP-USC Y RODA

Parte de estas actividades han sido desarrolladas en la USC como parte del proyecto *Mind the Gap*, financiado por la Unión Europea, y otras fueron diseñadas como parte de unidades didácticas del proyecto RODA, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Equipo de Mind the Gap en la Universidad de Santiago de Compostela

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

Proyecto RODA (Razoamento, Discurso y Argumentación) en la 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

Ramón Cid Manzano, IES Sar, Santiago de Compostela
Manuel Cid Fernández, IES David Buján, Cambre
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, Ponteareas
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 del IES Carlos Casares (Viana do Bolo) autores del proyecto de indagación sobre el efecto de la luna en las plantas del capítulo 6

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

Estos materiales pretenden proporcionar recursos para los profesores y profesoras de ciencias en secundaria interesados en llevar a cabo una enseñanza en la que el alumnado tenga un papel activo, en convertir las clases de ciencias en comunidades de aprendizaje.

En particular quieren servir de ayuda para quienes quieren trabajar en el aula la competencia en el uso de pruebas y las destrezas de argumentación. En los últimos quince años la atención a cómo trabajar el uso de pruebas está aumentando, tanto entre el profesorado, como en la investigación en didáctica de las ciencias. El interés por la competencia científica se ha incrementado a partir de que en 2006 la Unión Europea propusiese las competencias básicas como objetivo central del aprendizaje, y de que fuesen adoptadas en los documentos curriculares del Ministerio de Educación y las comunidades autónomas.

Las competencias científicas, que forman parte de este conjunto, han constituido el eje de la evaluación PISA desde 1999. En PISA (OCDE, 2006, p 27) hay tres competencias científicas que se consideran prioritarias, las capacidades de:

- 1) Identificar cuestiones y preguntas científicas, que puedan ser respondidas con base en pruebas científicas.
- 2) Explicar o predecir fenómenos aplicando el conocimiento científico
- 3) Utilizar pruebas (*evidence*) científicas para elaborar y comunicar conclusiones y para identificar los supuestos, pruebas y razonamiento que las sustentan.

Sin embargo, a pesar de esta atención, a veces no resulta fácil para el profesorado diseñar actividades que promuevan la capacidad de usar pruebas para evaluar el conocimiento. En este documento proponemos algunos “ejemplos trabajados” de actividades sobre uso de pruebas, con la intención de que el profesorado pueda adaptarlos o usarlos como modelo para diseñar sus propias actividades.

Se trata de ejemplos que forman parte de unidades didácticas sobre temas de ciencias de ESO y Bachillerato. Creemos que las actividades son más útiles si están conectadas con los contenidos de las materias. Parte de ellas fueron diseñadas en el proyecto *Mind the Gap*, y otras fueron diseñadas y experimentadas en el aula en el marco del proyecto RODA (Razonamiento, Discurso, Argumentación) –llevado a cabo en la Universidad de Santiago de Compostela desde 1994 con financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación – que estudia como se desarrollan las competencias científicas y la argumentación en la adolescencia. Nuestro trabajo está enmarcado en la perspectiva constructivista y de indagación a la que nos referíamos al principio: implicar al alumnado en la resolución de problemas, en la realización

de proyectos de indagación en el aula, en la construcción del conocimiento. Indagar, realizar pequeñas investigaciones, supone no sólo diseñar y llevar a cabo experiencias en el laboratorio o en el campo, sino también comparar distintas explicaciones, hipótesis o teorías sobre un mismo fenómeno, evaluarlas de acuerdo con las pruebas disponibles, elaborar informes y contrastarlos, comunicarse con otras personas sobre cuestiones de ciencias.

La edición de estos materiales está financiada por la Unión Europea, a través del 7º Programa Marco, Ciencia en la Sociedad, como parte del proyecto “*Mind the Gap: Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education*” (Atención al escalón: Aprender, enseñar, investigación y normativas en la enseñanza de las ciencias basada en la indagación) código SIS-CT-2008-217725, dirigido por Doris Jorde de la Universidad de Oslo. El objetivo del proyecto es eliminar los ‘escalones’ o desconexiones entre la investigación en didáctica de ciencias en Europa –que muestra las ventajas de un enfoque basado en la indagación, o *Inquiry Based Science Education* – y las aulas de ciencias, donde a veces estos resultados tardan en ser difundidos. Dentro de este proyecto el equipo de la USC participa en el bloque de argumentación y comunicación.

Además de su edición impresa (en gallego, castellano e inglés), los materiales pueden ser descargados en pdf en la web del proyecto:

www.rodausc.eu

Todos los capítulos, excepto el 7, recursos, siguen un esquema común: introducción para el profesorado (identificada como I1 en el capítulo 1, I2 en 2 etc.); actividad para el aula (A1, A2 etc.) y comentario sobre la actividad (C1, C2 etc.). El capítulo 4 corresponde a una unidad didáctica; el 3, el 5 y el 6 a actividades que podrían formar parte de unidades, mientras que el 1 y el 2 agrupan actividades de menor duración que pueden ser utilizadas para introducir el uso de pruebas en el aula. Para la estructura del capítulo 2 seguimos el modelo de los recursos del proyecto IDEAS, llevado a cabo en el Reino Unido, y en el que participó Sibel Erduran, que también forma parte del bloque de argumentación en Mind the Gap.

ÍNDICE

1- ¿Qué componentes tiene una explicación sustentada en pruebas?	11
2- ¿Por qué sabemos lo que sabemos? Identificar pruebas	17
3- ¿Por qué entra agua? Usar pruebas para escoger la mejor explicación	25
4- Decidir entre opciones en base a pruebas ¿Qué calefacción es mejor?	31
5- ¿Es ese el cuerpo de Copérnico? Evaluando pruebas	37
6- ¿Influye la luna en el crecimiento de las plantas? Diseñando un experimento para generar pruebas	42
7- Recursos para la argumentación y el uso de pruebas	48

1.- ¿QUÉ COMPONENTES TIENE UNA EXPLICACIÓN SUSTENTADA EN PRUEBAS?

¿Para qué sirven las pruebas? Un importante papel de las pruebas es el de sustentar o refutar una explicación científica. Un ejemplo puede ser el origen de las montañas y del relieve terrestre. Durante mucho tiempo no hubo una explicación satisfactoria pues, por ejemplo, la contracción debida al enfriamiento de la Tierra que, según sus defensores, produciría pliegues como los formados en una manzana al secarse, no explicaba por qué en unas áreas las montañas eran más altas que en otras, ni cómo era posible que las más recientes (Himalaya, Alpes, Andes, Pirineos) fuesen tan altas, cuando en ese momento la Tierra ya se había enfriado parcialmente. La tectónica global suministró otra explicación: que se debían a los fenómenos producidos en los límites entre las placas tectónicas, explicación que en la actualidad está sustentada en numerosas pruebas.

En relación con el objetivo de favorecer el uso de pruebas en el aula lo más importante es diseñar tareas y actividades que demanden del alumnado un papel activo, y no es indispensable que conozcan la estructura de una explicación basada en pruebas. Sin embargo, algunos modelos, como el propuesto por Stephen Toulmin pueden resultar útiles para que el alumnado distinga, por ejemplo, los datos de las justificaciones.

Para Toulmin un argumento, es decir el resultado de coordinar una explicación con las pruebas que lo sustentan, está formado por tres componentes esenciales:

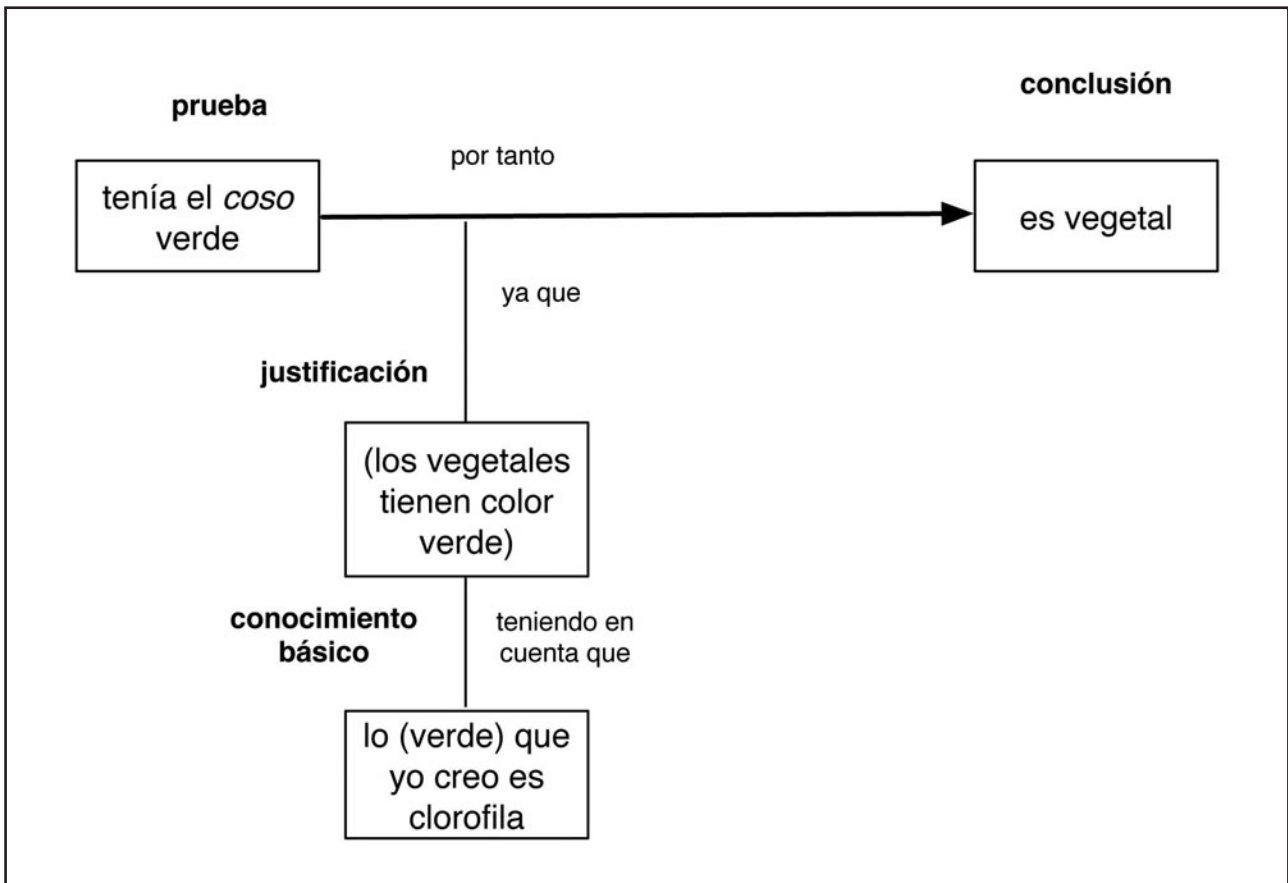
- **Conclusión:** el enunciado que se pretende probar o refutar (un tipo especial de conclusiones son las **explicaciones** que persiguen interpretar fenómenos naturales).
- **Pruebas** (para Toulmin **datos**): observación, hecho, experimento al que se apela para evaluar el enunciado. En este trabajo utilizaremos tanto *pruebas* como *datos*.
- **Justificación:** es un enunciado que pone en relación la explicación con las pruebas.

Hay otros tres componentes que podemos considerar auxiliares:

- **Conocimiento básico:** respalda la justificación, apelando por ejemplo a teorías.
- **Calificadores modales:** expresan el grado de certeza o incertidumbre del argumento, así por ejemplo “probablemente”, “con seguridad”, “depende” etc.
- **Refutación:** según Toulmin es el reconocimiento de las restricciones o excepciones a la conclusión. Sin embargo en la actualidad, en los debates que enfrentan dos explicaciones opuestas, se entiende por refutación la crítica a las pruebas del adversario.

11

Un ejemplo de argumento representado en el formato de Toulmin, tomado del trabajo de Joaquín Díaz de Bustamante, es el siguiente, en el que cuatro alumnos de 3º de ESO se enfrentan a la tarea “Las huellas del ladrón”, en la que deben identificar a qué tipo de tejido celular (entre cuatro opciones) corresponde la muestra que observan por el microscopio.



Argumento sobre el tipo de tejido (Díaz de Bustamante, 1999)

En este argumento aparecen sin paréntesis los enunciados del alumnado, y entre paréntesis los elementos implícitos en su razonamiento. Así consideramos que para Fabri (los nombres son pseudónimos) la observación de que en la muestra hay elementos de color verde constituye una prueba de que el tejido es vegetal, no animal. Interpretamos que la conexión entre esta conclusión y la prueba se establece a través de una justificación implícita: hay muchos vegetales que tienen color verde. Es esta justificación, que por ser conocida por los interlocutores tal vez no consideren preciso enunciar, la que permite llegar a la conclusión de que el tejido es vegetal a partir de la observación de algo de color verde. A continuación Fabri indica que él cree que eso (lo verde) es clorofila, lo que constituye un ejemplo de conocimiento básico que sustenta la justificación, haciéndola más sólida: los vegetales son verdes debido a la clorofila.

Potencialmente podría oponerse a este argumento una condición para la refutación: a menos que el color verde se deba a una tinción, por ejemplo con verde de metilo. Lo cierto es que el verde eran cloroplastos del parénquima bajo la epidermis vegetal y que, partiendo de este argumento, los cuatro alumnos llegaron a identificarlo.

A1

Escoger una conclusión en base a datos: nutrientes en unos aperitivos

Escoge la *conclusión* que te parezca mejor apoyada por los *datos* que aparecen en la tabla, basada en la información de la etiqueta de un envase de aperitivos. La conclusión hace referencia a la presencia de nutrientes (energéticos, plásticos, reguladores) en el alimento.

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

Composición nutricional de unos aperitivos de maíz por cada 100 g

- A. Los aperitivos tienen todos los tipos de nutrientes necesarios y constituyen un alimento adecuado.
- B. Los nutrientes plásticos, como las proteínas, y los reguladores, como vitaminas y sales minerales, son escasos en estos aperitivos.
- C. Hay pocos nutrientes energéticos (grasas) y serían necesarios más.
- D. Para que fuese un alimento completo habría que añadir vitaminas (nutrientes reguladores).

Construir una explicación a partir de datos: la caída de objetos

Adriana y Carlos están midiendo lo que tardan tres objetos en alcanzar el suelo cuando los dejamos caer. Los tres objetos son: 1) goma de borrar, masa 20 g; 2) hoja de papel (masa 5 g) arrugada hasta ocupar un volumen parecido al de la goma y 3) hoja sin arrugar.

Al dejarlos caer comprueban que llegan al mismo tiempo la goma y el papel arrugado, mientras que la hoja de papel sin arrugar tarda mucho más.

Construye una *explicación* que te parezca adecuada para esta experiencia utilizando alguna o varias de las siguientes (u otras que te parezcan):

- A. Debe haber algún error en la realización de la experiencia, porque la goma debería llegar antes.
- B. La masa no influye en la velocidad de caída, que depende de la gravedad.
- C. La velocidad de caída es mayor cuanto mayor es la masa.
- D. La menor velocidad de la hoja de papel se debe a tener más superficie y al rozamiento con el aire

A1

Construyendo una predicción: altura de los guisantes



Plantas alta y baja de guisante

La altura de las plantas fue uno de los siete caracteres que Mendel estudió en los guisantes. En este caso alta (representamos el alelo como A) es dominante sobre baja (representamos el alelo como a). Esto significa que tanto al genotipo AA como al Aa le corresponde el fenotipo “planta alta”, mientras que el fenotipo “planta baja” tiene un genotipo aa .

Si cruzamos dos plantas de guisante altas que son heterocigotos para ese gen (Aa) ¿cómo será su descendencia? Indica cuál de las predicciones (a, b, c) de la primera columna te parece más probable y únala con la justificación (x, y, z) que le corresponda de la segunda columna.

¿Y si cruzamos dos plantas de guisante bajas, cómo será la descendencia?

PREDICCIÓN PARA LA DESCENDENCIA	PORQUE	JUSTIFICACIÓN
a. Todas las plantas serán altas		x. cada gameto lleva solo un alelo (A o a) y estos pueden combinarse en el cigoto de distintas formas
b. Aproximadamente la mitad serán altas y la otra mitad bajas		y. se manifiesta el alelo dominante (A)
c. Aproximadamente tres cuartas partes serán altas y una cuarta parte bajas		z. al ser heterocigotos (Aa) los progenitores, la mitad de los hijos llevará una forma y la otra mitad otra

C1

Proponemos realizar las actividades como parte de unidades didácticas, pues requieren la articulación de conceptos y del uso de pruebas. En cuanto a la competencia en el uso de pruebas, en los ejemplos se proporcionan distintas opciones con el objetivo de que resulte más fácil para el alumnado que está iniciándose en ella, aunque también pueden utilizarse como preguntas abiertas. La construcción de justificaciones demanda un sólido conocimiento conceptual

Comentario a la actividad: Escoger una conclusión en base a datos

Una parte del alumnado tiende a ignorar o minimizar el papel de los nutrientes plásticos o estructurales, y a centrarse sobre todo en los energéticos y en menor medida en los reguladores, de ahí que en nuestra experiencia, si la pregunta es abierta, respondan A o D. En términos de la competencia en el uso de pruebas, esto significa que no atienden al significado de los datos contradictorios con su conclusión, aquí la escasez de proteínas (que en una dieta equilibrada deberían constituir del 10 al 15%).

Un segundo problema es que parte consideran como nutrientes energéticos solo a las grasas, lo que explicaría a elección de C. Para apoyar el trabajo con datos, como los de la tabla, sugerimos pedirles que tengan en cuenta los ingredientes de las cinco columnas y que indiquen para cada uno a qué tipo de nutrientes corresponde, lo que requiere que no prescindan de ninguno. La comparación con las proporciones teóricas de una dieta equilibrada permite construir justificaciones para B y completar así el argumento.

Comentario a la actividad: Construir una explicación a partir de datos

Se trata de que elaboren una explicación (sería deseable que combinase B + D) y no solo de escoger una opción. La caída de graves es un ejemplo de discrepancia entre la visión cotidiana, alternativa, del alumnado y la de la ciencia escolar. Según la ciencia todos los objetos caen con la misma velocidad, al estar sometidos a la misma aceleración. En la vida cotidiana se observan diferencias por ejemplo entre la caída de una hoja de un árbol y la de un fruto, diferencias que son atribuidas a la masa. Se extrapola así, erróneamente, la idea intuitiva de que a más masa, más velocidad de caída, idea difícil de cambiar.

Enfrentados a datos que llevan a descartar esta idea, parte del alumnado (y de las personas en general) tiende a dudar de los datos (A, que aun siendo poco escogida es interesante para discutir), o a considerar los hechos discrepantes como “anomalías”, antes que rechazar la explicación alternativa, escogiendo C.

En la capacidad de usar pruebas interaccionan las ideas previas con el razonamiento. Lo que para el profesorado parece evidente, que los dos primeros objetos llegan al mismo tiempo, no es interpretado así por parte del alumnado. Esto puede proporcionar una oportunidad de discutir en el aula como la interpretación que hacemos de los datos depende de nuestras teorías. Según la ciencia escolar la goma y el papel arrugado caen como deben (B), y la caída del papel sin arrugar necesita de explicaciones• adicionales como el rozamiento (D). En la teoría alternativa del alumnado la goma y el papel sin arrugar caen como deben. Solo el papel arrugado necesita de explicaciones adicionales.

Sugerimos realizar esta experiencia en el aula. Hay otras como dejar caer bolas de masas en relaciones 1 a 5 o 1 a 10 y ver cómo el tiempo de caída es prácticamente el mismo. Ya Galileo proponía comparar la

C1

caída de un huevo de gallina con uno de mármol. Para llamar la atención sobre el efecto de la resistencia del aire podemos comparar la caída de un folio colocado horizontalmente con la de un folio colocado de canto, o también colocar el folio sobre una carpeta, y comprobar que caen juntos.

Comentario a la actividad: Construyendo una predicción

Se escoge un rasgo distinto del color o la forma por ser éstos utilizados en los libros y prestarse a respuestas memorísticas. Puede ser adecuada para 4º de la ESO.

Los *datos* se proporcionan al principio: dominancia alto/ bajo, y ser híbridos los dos progenitores. Además de la alternativa de la ciencia escolar, se indican solo dos, por corresponder el conjunto a la mayor parte das respuestas. Los problemas en la realización de predicciones tienen relación con la falta de comprensión del proceso de separación de cromosomas (y alelos) en los gametos, y la variedad de combinaciones a las que da lugar (representadas por ejemplo en el cuadro de Punnett).

Las justificaciones se construyeron de modo que cada una sea compatible (hasta cierto punto) con una predicción: a-y, b-z e c-x. Esto permite evaluar la capacidad de articulación entre predicción (que equivale aquí a la conclusión) y justificación, pues puede haber quienes escojan a o b, opciones inadecuadas desde el punto de vista del modelo, relacionándolas con la justificación correspondiente.

Cabe señalar que el tamaño de las plantas puede también estar influenciado por factores ambientales, como los nutrientes, el clima en un determinado momento, la cantidad de agua (de lluvia o riego) que reciba etc, lo que constituye un ejemplo de interacción entre genes y ambiente en el fenotipo.

2.- ¿POR QUÉ SABEMOS LO QUE SABEMOS? IDENTIFICAR PRUEBAS

Los enunciados de conocimiento en ciencias se distinguen de las meras opiniones en que pasan por un proceso de evaluación, son contrastados con las pruebas disponibles en cada momento (Jiménez Aleixandre, 2009). Esto no significa que el conocimiento científico se construya a través de una serie de pasos que son siempre los mismos, aunque podemos decir que es un intento de dar respuesta a una pregunta sin resolver, y por tanto que parte de una pregunta. Por ejemplo en el caso de la teoría de la evolución ¿cómo surgieron tantas especies distintas de seres vivos? El modelo de selección natural de Darwin y Wallace responde a una segunda pregunta ¿por qué mecanismo se originan nuevas especies a partir de las anteriores? En algunos casos la respuesta es articulada como explicación de observaciones de fenómenos físicos y naturales; en otros se elabora una hipótesis y se diseñan experimentos para comprobarla. Explicaciones y pruebas o datos interaccionan, se modifican como resultado de la interacción, y en todo caso la interpretación de las pruebas o datos se realiza desde la lente de una teoría, no siendo neutral ni totalmente “objetiva”. Las explicaciones teóricas cambian, a veces porque surgen nuevas pruebas, a veces porque nuevas teorías explican mejor que las anteriores los fenómenos observados.

Es importante trabajar en clase con las pruebas que sustentan algunos enunciados de conocimiento, incluso si no es posible hacerlo con todos, para promover el desarrollo del uso de pruebas.

A continuación proponemos algunos ejemplos, en una actividad inspirada en los recursos del proyecto IDEAS (Osborne et al. 2004), en la que se suscita una reflexión sobre algunos enunciados de conocimiento y las pruebas que los sustentan (en términos de Toulmin entre la conclusión y los datos) y las justificaciones que relacionan ambos. No siempre es fácil diferenciar justificaciones de pruebas, y a veces ambas están integradas en un solo razonamiento. Para el alumnado puede ser posible relacionar pruebas y conclusiones, pero muchas justificaciones requieren un sólido conocimiento de los conceptos implicados. Por esta razón se propone realizar las actividades de identificar pruebas con el alumnado de secundaria y las de identificar justificaciones en formación del profesorado, o en bachillerato.

A2

¿Por qué sabemos que...?

En la columna de la izquierda figuran algunas ideas que estudiamos en ciencias:

- Intenta escribir en la columna del centro las *pruebas* que conozcas para cada uno de ellos.
- Una vez aportadas las pruebas, escoge tres enunciados e intenta escribir una *justificación* de por qué la prueba sustenta la idea.

IDEA (ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO)	PRUEBAS	JUSTIFICACIONES
1. Los seres vivos evolucionan a lo largo del tiempo: las especies actuales proceden de otras especies anteriores		
2. Los seres vivos están formados por células		
3. La energía que circula en un ecosistema va disminuyendo de un nivel alimentario al siguiente, con una 'pérdida' de un 90% en cada uno		
4. La masa se conserva en las reacciones químicas		
5. El oxígeno es necesario para las reacciones de combustión y para la formación de óxidos		
6. La temperatura de las sustancias puras se mantiene constante durante el cambio de estado (por ejemplo de líquido a gas)		
7. El sonido precisa un medio (sólido, líquido o gas) para su transmisión		
8. La Tierra gira sobre sí misma, lo que causa la alternancia día / noche		
9. La extinción de los dinosaurios se debió probablemente al impacto de un asteroide		
10. La Tierra tiene unos 4550 millones de años de edad		

C2

En general al alumnado (e incluso al profesorado en formación) le resulta más difícil aportar justificaciones que pruebas. A continuación se facilitan algunas pruebas y justificaciones a título de ejemplos.

ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO	PRUEBAS	JUSTIFICACIONES
1. Los seres vivos evolucionan a lo largo del tiempo: las especies actuales proceden de otras especies anteriores	Registro fósil: existencia de organismos con rasgos de 'antepasados comunes', por ejemplo dinosaurios con plumas	Confirma la predicción de la existencia de formas de transición, que comparten rasgos de dos o más grupos actuales
2. Los seres vivos están formados por células	Empíricas: observación al microscopio de células de la epidermis de helechos; mucosa bucal	Todos los tejidos animales o vegetales están formados por células
3. La energía que circula en un ecosistema va disminuyendo de un nivel alimentario al siguiente, con una 'pérdida' de un 90% en cada uno	Disminución de biomasa en distintos niveles (pirámides): proporciones de productores, herbívoros, carnívoros primarios y secundarios	La menor cantidad de biomasa (E química) en los niveles altos muestra que la mayor parte de la E se emplea en respiración y mantenimiento

Enunciado 1: Evolución, 2º ciclo ESO

Se refiere al origen das especies y no al mecanismo de selección natural. Las pruebas aportadas con más frecuencia por el alumnado son las paleontológicas (Puig y Jiménez, 2009). La teoría de la evolución es una explicación histórica, y muchas de las pruebas toman forma de *confirmación de predicciones*: así la existencia de antepasados comunes de organismos que, según la teoría, están emparentados, como reptiles y aves (los antepasados son dinosaurios). Fósiles como Archaeopteryx, que comparte características de dinosaurio y de ave muestran que ambos tenían ancestros comunes. Otras pruebas: los órganos vestigiales (el apéndice en los humanos), solo explicables si consideramos que en los antepasados tuvieron alguna función.

Enunciado 2: Organización celular, 1º ciclo ESO

La organización celular es uno de los rasgos que caracterizan a los seres vivos, pero hay estudios que muestran como esta definición no es aplicada por parte del alumnado a partes de los seres vivos, como dientes o conchas (Díaz y Jiménez, 2008; Caballer y Giménez, 1992). Cabe señalar que la definición suscita el problema de los virus, que no tienen organización celular y utilizan la maquinaria celular de otros organismos.

En cuanto a las pruebas en este caso pueden ser empíricas: observación de tejidos al microscopio; la justificación es teórica. Un buen material puede ser el helecho polipodio (*Polypodium vulgare*), abundante sobre árboles o sobre muros de piedra.

C2

Enunciado 3: Transferencia de energía, 2º ciclo ESO

Esta idea es necesaria, por ejemplo, para comprender por qué el número de eslabones de una cadena alimentaria es limitado, o por qué es más eficiente comer vegetales o herbívoros que carnívoros, cuestiones en las que el alumnado presenta serias dificultades (Bravo y Jiménez, 2009). Los datos son las distintas cantidades de biomasa en los niveles, y la justificación conecta los datos de biomasa (energía química contenida en la materia orgánica) con el enunciado referente a la energía. Es también relevante el conocimiento básico, como el principio de conservación de la energía.

ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO	PRUEBAS	JUSTIFICACIONES
4. La masa se conserva en las reacciones químicas	Empíricas: reacción $Pb(NO_3)_2 + 2 KI \rightarrow 2KNO_3 + PbI_2 \downarrow$ comprobando que no hay variación de masa	Reactivos y productos tienen los mismos átomos y por tanto la misma masa
5. El oxígeno es necesario para las reacciones de combustión y para la formación de óxidos	– Las llamas se apagan en recipientes cerrados – Oxidación (o no) de clavos de hierro en distintos medios	Los productos de ambas reacciones son combinaciones del átomo de oxígeno con otros átomos

Enunciado 4: Conservación de la masa en las reacciones químicas, 1º y 2º ciclo de ESO

Las pruebas son empíricas: medir la masa antes y después de la reacción. La conservación de la masa es aceptada fácilmente en reacciones en fase líquida, pero no lo es tanto cuando ocurren cambios de fase, sobre todo si aparecen o desaparecen gases.

En el primer ciclo proponemos medir la masa en una reacción de precipitación, por ejemplo $Pb(NO_3)_2 + 2 KI \rightarrow 2KNO_3 + PbI_2 \downarrow$. Al aparecer una sustancia sólida, podría pensarse en un aumento de masa, lo que es desmentido en la balanza.

La conservación de la masa en las reacciones en las que intervienen gases como la formación de herrumbre en el hierro o una combustión, es más difícil de comprobar en un laboratorio escolar. En el 2º ciclo proponemos hacer una predicción basada en la conservación de la masa y comprobar que se confirma: haciendo la reacción $CaCO_3 + 2 HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2$, sobre una balanza, mediremos una aparente pérdida de masa de 0,44 g (del CO_2) por cada 1,00 g de $CaCO_3$ que echemos, tal como predicen los cálculos basados en la conservación, actividad de los materiales AcAb (García Rodeja et al. 1987). Sin embargo para el alumnado el hecho de que un globo hinchado pese más que vacío no justifica que el gas (o aire) dentro pese. Las ideas alternativas pueden interferir con las pruebas. En nuestra experiencia la actividad de quemar magnesio, propuesta en muchos textos, presenta algunos problemas.

C2

Enunciado 5: Papel del oxígeno en la combustión y formación de óxidos, 1º ciclo ESO

La necesidad de oxígeno en las combustiones suele ser aprendida en primaria, pero parte del alumnado creen que los cuerpos arden ‘solos’. En el primer ciclo podemos comprobar el papel del oxígeno midiendo el tiempo que tarda en apagarse una vela al cubrirla con recipientes de diferentes volúmenes. Cuanto mayor es el recipiente, más tiempo tarda en apagarse. Dado que los productos de combustión y oxidación son combinaciones del átomo de oxígeno con otros átomos, la conservación de los átomos en las reacciones requiere que el oxígeno esté presente en los reactivos.

La oxidación del hierro se puede trabajar con actividades como las discutidas por Mortimer y Scott (2003): cada estudiante coloca un clavo de hierro en unas condiciones que considera adecuadas para que se oxide. Después de tres semanas se traen los clavos a clase y se comparan los resultados. En una segunda fase se diseña un experimento que permita determinar el papel del aire, del agua y de la luz en la oxidación del hierro, por ejemplo que el clavo no se oxida si se elimina el oxígeno disuelto en el agua.

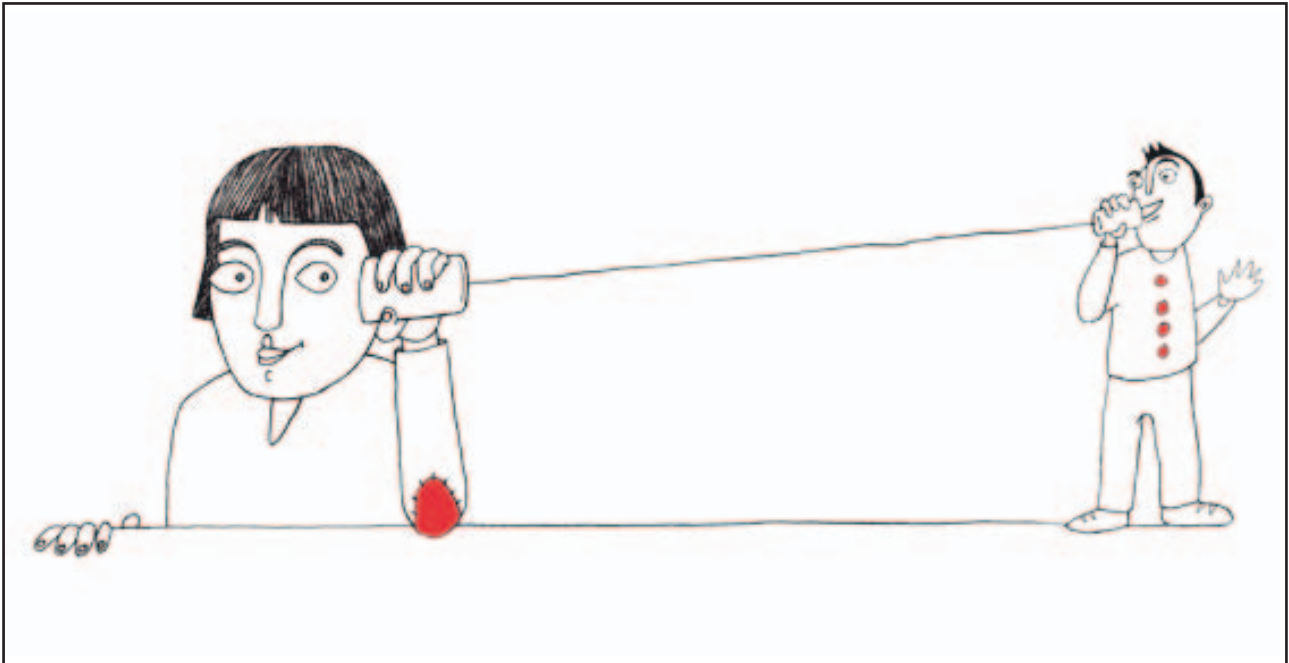
ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO	PRUEBAS	JUSTIFICACIONES
6. La temperatura de las sustancias puras se mantiene constante durante el cambio de estado (por ejemplo de líquido a gas)	Empíricas: Medir la temperatura del agua hirviendo	El cambio de estado requiere energía. Al alcanzar la T de ebullición, toda la E se invierte en el cambio de estado
7. El sonido necesita un medio (sólido, líquido o gas) para su transmisión	<ul style="list-style-type: none"> – Empírica: teléfono de hilo con vasos de plástico y cordel – Al hacer el vacío no se escucha el sonido 	Oímos porque el sonido se transmite por el cordel (o por otro medio como el aire)

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

La propiedad de tener una temperatura definida de cambio de estado es utilizada habitualmente como criterio para diferenciar sustancias puras de mezclas. Se propone que el alumnado vaya midiendo la temperatura del agua mientras se calienta, elaborando un gráfico de los datos de la temperatura en función del tiempo. Si se dispone de una fuente de calor regulable, se comprueba que la temperatura de ebullición no aumenta aunque aumentemos la potencia: hierve con más intensidad, pero a la misma temperatura. La justificación es que el cambio de estado requiere energía. Al alcanzar la temperatura de ebullición, toda la energía se invierte en el cambio de estado.

C2

Enunciado 7: El sonido necesita un medio para su transmisión, 1º ciclo ESO



El medio más habitual por el que recibimos el sonido es el aire. Observar cómo se trasmite el sonido por un cordel tenso entre dos vasos de plástico, fabricando un teléfono de hilo, es una manera de comprobar que el sonido también se transmite por los sólidos, además de resultarles divertido. Pérez et al., alumnos de 2º de ESO proponen más actividades sobre esta cuestión.

Si se dispone de una campana en la que se pueda hacer el vacío, colocando en ella una fuente de sonido como un timbre, es ilustrativo comprobar la predicción de que se deja de oír el sonido al extraer el aire de la campana. ¡La guerra de las galaxias debía ser muy silenciosa!

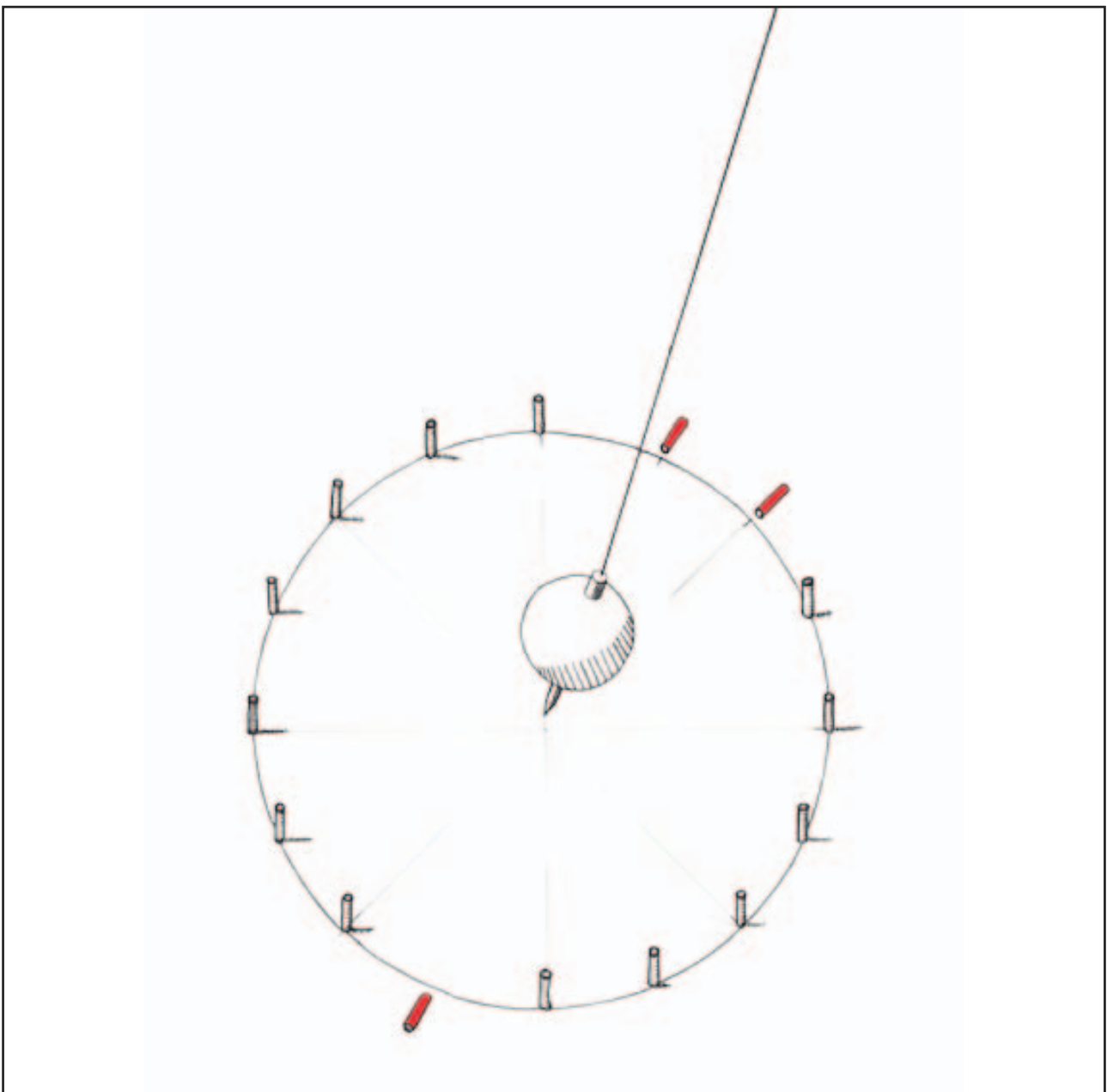
Puede ser interesante discutir algún otro enunciado de física (o de otras ciencias) para el que no hay pruebas empíricas adecuadas a secundaria, por ejemplo: la corriente eléctrica es un flujo de electrones.

ENUNCIADO DE CONOCIMIENTO	PRUEBAS	JUSTIFICACIONES
8. La Tierra gira sobre sí misma, lo que causa la alternancia día / noche	Péndulo de Foucault: el plano de oscilación del péndulo parece girar	El plano de oscilación no se mueve, tiene que ser la Tierra la que gira bajo él
9. La extinción de los dinosaurios se debió probablemente al impacto de un asteroide	Iridio e Carbono en el límite entre los periodos Cretácico y Terciario (K/T) por todo el mundo	El iridio es un metal raro en la corteza terrestre y frecuente en algunos meteoritos
10. La Tierra tiene unos 4550 millones de años de edad	Datos radiométricos: cantidad de algunos isótopos radioactivos	Ritmo constante de desintegración de algunos isótopos y su proporción en los componentes de las rocas

C2

Enunciado 8: La Tierra gira sobre sí misma, 1º ciclo ESO.

Nadie pone en duda este enunciado, lo que le resulta difícil al alumnado es dar pruebas. El plano de oscilación del péndulo (como los de Museos o Casas de las Ciencias) permanece constante: es el planeta que gira bajo el péndulo el que coloca a los pilotes en la trayectoria de éste, haciéndolos caer. La interpretación correcta de este experimento puede no ser intuitiva para el alumnado, ya que la observación parece mostrar lo contrario del enunciado (la Tierra gira sobre su propio eje): se observa el desplazamiento aparente del péndulo, derribando los pilotes. Para establecer una conexión entre datos (observación del fenómeno) y conclusión (la Tierra gira), se requiere un conocimiento previo de las leyes del péndulo. Por ello, resultaría interesante realizar experiencias previas con el péndulo en el laboratorio. Otra prueba puede ser el experimento de Hafele-Keating: aviones circunvalando la Tierra en sentidos contrarios.



C2

Enunciado 9: La extinción de los dinosaurios se debió a un asteroide, 2º ciclo ESO

Es un ejemplo de cómo el hallazgo de nuevas pruebas puede arrojar luz en el debate entre teorías, en este caso sobre la extinción de los dinosaurios: el impacto de un asteroide como causa de la extinción hace 65 millones de años, en el límite K/T. La presencia de iridio, elemento escaso en la corteza terrestre pero abundante en algunos meteoritos, en estos estratos apunta al impacto de un gran asteroide. El impacto debió causar fenómenos como incendios, nubes de polvo que bloquearon la radiación solar, oscureciendo la atmósfera, e inhibiendo la fotosíntesis, lo que causó una extinción masiva, incluyendo los dinosaurios. Esta hipótesis, aún sujeta a discusión, fue reforzada con nuevas pruebas, como el descubrimiento en 1991 del cráter Chicxulub en Yucatán, México, de edad coincidente con la extinción.

El alumnado puede evaluar, en base a las pruebas disponibles actualmente, las teorías que compitieron para explicar la extinción: erupciones volcánicas, cambios climáticos, radiaciones cósmicas, problemas genéticos, depredación de los huevos por mamíferos, o envenenamiento por la aparición de las plantas con flores.

Enunciado 10: La Tierra tiene unos 4550 millones de años de edad, 2º ciclo ESO

Los métodos radiométricos, basados en el ritmo constante de desintegración de isótopos de determinados elementos, son utilizados para la datación de las rocas. Las cantidades de algunas parejas de elementos, como K/Ar o U/Pb, en los minerales de una roca permiten conocer el tiempo pasado desde que se formó.

Se puede pedir al alumnado la evaluación de conclusiones anteriores, basadas en métodos utilizados históricamente para calcular la edad de la Tierra. Por ejemplo a) el obispo Usher (1650) afirmaba, basándose en la Biblia, que el mundo había sido creado el 23 de octubre de 4004 a. C.; b) Buffon (1779) calculó una edad de 75000 años a partir del ritmo de enfriamiento de una esfera; c) Kelvin (1862) de 20 a 400 m. a., basándose en cálculos del enfriamiento de la Tierra desde su formación; d) Joly (1899), entre 80 y 100 m. a., por la salinidad del mar suponiendo que la sal proviene de la erosión de los continentes.

3.- ¿POR QUÉ ENTRA AGUA? USAR PRUEBAS PARA ESCOGER LA MEJOR EXPLICACIÓN

Es habitual en el trabajo científico que para explicar un hecho o fenómeno exista más de una posibilidad. Se trata entonces de decidir qué explicación es la mejor, en función del conocimiento y de los datos disponibles. La construcción del conocimiento científico supone en muchos casos un proceso de elección entre distintas teorías que compiten por explicar un fenómeno. También en las clases de ciencias es frecuente que se le pida al alumnado que opte por las explicaciones de la ciencia escolar y abandone otras explicaciones alternativas o espontáneas. En el capítulo primero se mencionan las teorías sobre el origen de las montañas, en el segundo las explicaciones sobre la caída de graves.

Para trabajar la elección entre explicaciones alternativas, se propone una actividad de laboratorio que figura en muchos libros de texto y otros materiales al tratar las combustiones: Se trata de analizar lo que ocurre cuando una vela que arde sobre agua es tapada con un recipiente.

Los dos hechos más destacables que ocurren son: 1) que la vela se apaga y 2) que el agua entra, hasta una cierta altura, en el interior del recipiente con el que se tapó.

En cuanto al primer proceso, la vela se apaga porque después de taponarla se queda sin oxígeno suficiente para continuar su combustión. El hecho y la explicación suelen ser familiares para el alumnado.

Para dar cuenta del ascenso del agua en el recipiente, proponemos dos explicaciones alternativas, entre las que el alumnado deberá escoger basándose en pruebas:

a) Al arder la vela se consume el oxígeno del interior del recipiente, y el agua ocupa su lugar ascendiendo por él.

b) Al arder la vela el aire del recipiente se calienta y se dilata. Cuando la llama disminuye y se apaga, el aire se enfría y se contrae, provocando el ascenso del agua.

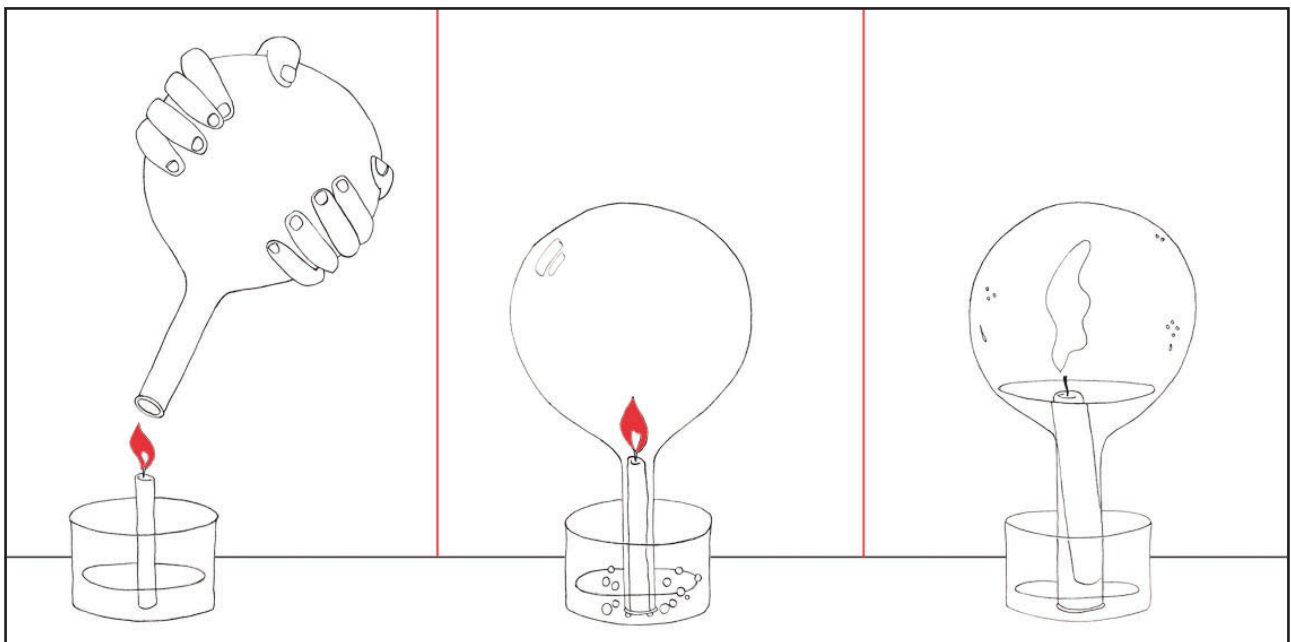
En la primera fase, se le pide al alumnado que señale si las explicaciones a) y b) dan cuenta adecuadamente de las observaciones hechas, y que escojan una de ellas como la mejor explicación, es decir la mejor sustentada por las pruebas.

En una segunda fase, que puede ser complementaria o para alumnado de niveles superiores, se facilitan datos complementarios: que las velas se apagan sin consumir todo el oxígeno del aire por un lado, y datos de la estequiometría de la reacción por otro.

A3

¿Qué explicación de la entrada de agua es compatible con las pruebas?

Coloca una vela encendida en un cristallizador o un recipiente grande con uno o dos centímetros de agua, y cúbrela con un matraz dado la vuelta. Coloca el matraz de modo que quede apoyado en el cristallizador. La vela queda así ardiendo en el interior del matraz.



Observa atentamente todo lo que ocurre.

La vela se apaga un tiempo después de tapanla. *¿Puedes explicar por qué se apaga?*

.....

.....

Otra cosa que ocurre es que el agua asciende por el matraz hasta alcanzar una cierta altura, que es aproximadamente el 20% del volumen del matraz. *¿Por qué sube el agua?*

Podemos pensar en dos explicaciones diferentes para esta subida:

EXPLICACIÓN a)
Al arder la vela se consume el oxígeno del interior del matraz, y el agua ocupa su lugar ascendiendo por él.

EXPLICACIÓN b)
Al arder la vela el aire del matraz se calienta y se dilata. Cuando la vela se apaga, el aire se enfría y se contrae, provocando el ascenso del agua

Analizando con más detalle lo ocurrido, podrás *decidir cuál de las dos explicaciones de la subida del agua es mejor*. anota que fenómenos has observado y que explicación crees que puede explicar cada uno de ellos. Si es necesario, repite la experiencia.

A3

Observación 1:

He observado que al principio, mientras la llama está ardiendo, salen burbujas de aire por debajo del matraz.

sí no

¿Crees que esta observación es correctamente explicada por a?

sí no

Indica las razones:.....
.....
.....

¿Crees que esta observación es correctamente explicada por b?

sí no

Indica las razones:.....
.....
.....

Observación 2:

He observado que después de unos segundos la llama va disminuyendo hasta apagarse, y el agua asciende por el matraz. Parte del ascenso ocurre con la llama ya apagada.

sí no

¿Crees que esta observación es correctamente explicada por a?

Indica las razones:.....
.....
.....

¿Crees que esta observación es correctamente explicada por b?

sí no

Indica las razones:.....
.....
.....

A3

Observación 3:

He observado que el agua sube hasta ocupar aproximadamente el 20% del matraz.

sí no

¿Crees que esta observación es correctamente explicada por a?

sí no

Indica las razones:.....
.....
.....

¿Crees que esta observación es correctamente explicada por b?

sí no

Indica las razones:.....
.....
.....

¿Cuál de las dos explicaciones a o b crees que es la mejor?

Explica por qué:

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

A3

Actividad complementaria

A continuación se aportan dos informaciones complementarias de la experiencia anterior. Debes indicar si las explicaciones a y b son adecuadas para ellas y por qué.

Dato complementario 1:

El aire contiene un 21% de oxígeno. Una vela se apaga cuando el porcentaje de oxígeno desciende a un valor del orden del 15%, es decir, mucho antes de que se haya consumido todo el oxígeno que contiene el aire.

¿Crees que la explicación a es compatible con este dato?

sí no

Indica las razones:.....
.....

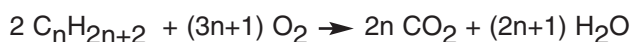
¿Crees que la explicación b es compatible con este dato?

sí no

Indica las razones:.....
.....

Dato complementario 2:

Las velas no suelen estar formadas por sustancias puras, pero simplificando supongamos que son parafinas de fórmula tipo C_nH_{2n+2} , siendo la reacción de combustión:



aunque “desaparece” el gas oxígeno en cantidad “3n+1”, aparece el gas dióxido de carbono en cantidad “2n”, compensando unos dos tercios de la disminución de volumen.

¿Crees que la explicación a es compatible con este dato?

sí no

Indica las razones:.....
.....

¿Crees que la explicación b es compatible con este dato?

sí no

Indica las razones:.....
.....

C3

Comentarios a la actividad de combustión de la vela

Algunas de las observaciones realizadas en la experiencia pueden variar según sea el tamaño o la forma del recipiente con que se tapa la vela (sugerimos utilizar matraces de 1 L para que dure algo más, de 5 a 10 segundos). Al repetir el experimento por segunda vez el resultado puede ser distinto, a menos que tengamos la precaución de renovar el aire en el interior del matraz y secarlo, para que esté como la primera vez. En la primera fase se pide al alumnado que compruebe si las observaciones pueden o no ser explicadas por las dos alternativas. Luego se solicita que escojan la mejor.

En cuanto a la explicación de la observación 1, la salida de burbujas de aire por debajo al tapar la vela con el matraz y mientras la llama arde, sólo es compatible con la explicación *b*, la dilatación del aire a causa de la llama. Según *a*, mientras hay llama se consume oxígeno, y cuanto mayor sea la llama, mayor debe ser la velocidad a la que se consume. El volumen de gas del matraz debería disminuir, no aumentar.

Observación 2: que empiece a entrar agua al disminuir el tamaño de la llama y continúe entrando con la llama apagada solo es compatible con *b*: el aire se enfría y se contrae. La *a* no puede explicar que entre agua con la llama apagada.

La tercera observación, que el agua ocupe un 20% del matraz puede ser explicada por las dos teorías. Según *a*, dado que el aire tiene el 21% de oxígeno, si se consume todo, debemos esperar una disminución del 21% del volumen. El valor del orden del 20% es aceptable dado el margen de error del experimento. Para *b*, una contracción de volumen del 20% supone un enfriamiento del gas del orden de 75° C, que puede darse.

En la actividad complementaria, el primer dato, que las velas se apagan cuando el porcentaje de oxígeno desciende a un 15% (Kempa 1976, Lavoisier 1776), solo es compatible con *b*. El aire tiene un 21 % de oxígeno, y si la vela se apaga cuando baja al 15%, debemos esperar una disminución del 6% del volumen. Se refuerza la conclusión de que *a* no es compatible con las observaciones 1 y 2, y hace que la observación 3, que sí era compatible con *a* (suponiendo que se consumía todo el oxígeno) deje de serlo.

El segundo dato complementario, que puede proporcionarse al alumnado que haya trabajado el ajuste de reacciones y estequiometría, refuerza también la explicación *b*, dado que la mitad de la disminución de volumen debida a la desaparición de oxígeno quedaría compensada por la aparición de CO₂.

A pesar de esto, aún se encuentra en muchos libros el experimento de la vela como un método para medir experimentalmente la composición del aire.

4.- DECIDIR ENTRE OPCIONES EN BASE A PRUEBAS: ¿QUE CALEFACCIÓN ES LA MEJOR?

En este capítulo se presenta una propuesta llevada a cabo en el marco de una unidad didáctica sobre la energía, sus fuentes y usos. Se trata pues, no de actividades breves, sino de una unidad y una tarea diseñada para integrar la argumentación y el uso de pruebas con el aprendizaje de los conceptos de ciencias.

Uno de los contextos del trabajo con pruebas es usarlas para decidir entre posibles opciones o decisiones. Pero la competencia para evaluar diversas opciones requiere conocimientos previos sobre los conceptos y sobre el trabajo científico y saber utilizarlos tanto para justificar la decisión tomada como para descartar otras. Esta competencia, además del dominio científico, incide en el contexto social en el que los conocimientos de las ciencias son generados y aplicados. Esta perspectiva CTS (Ciencia-Técnica-Sociedad) o socio-científica, requiere que los alumnos desarrollen la capacidad crítica de analizar las distintas propuestas.


El conocimiento científico y tecnológico no es independiente del contexto social en el que se genera y aplica y puede tener implicaciones no siempre manifiestas, por ejemplo en el ámbito de los valores. Tal es el caso de los problemas ambientales relacionados con la gestión de los recursos naturales.

En este capítulo se analiza una actividad de trabajo con pruebas que pretende que el alumnado desarrolle, además de las competencias científicas, la competencia ambiental y el pensamiento crítico. La competencia ambiental comprende la capacidad para reconocer los problemas, tomar conciencia de la responsabilidad personal al hacerles frente y proponer soluciones. El objetivo de la actividad es el desarrollo de la capacidad de evaluar conocimientos mediante el uso de pruebas. Los alumnos y alumnas construyen argumentos sobre un problema con implicaciones sociales: la elección entre varios sistemas de calefacción. Estas tareas pretenden contribuir a los objetivos de aprendizaje de las ciencias, y contribuir también a la formación de una ciudadanía crítica, capaz de tomar decisiones por sí misma.

A4

Escogemos un sistema de calefacción (guión del alumnado)

Carta (simulada) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC)



El Vicerrectorado de Calidad y Planificación estratégica de la USC

INFORMA

Ante la puesta en marcha por parte de la Universidad de Santiago de Compostela de un Plan de Optimización Energética (POE), el primero de sus características en una universidad española, en el que se propone: + eficiencia y - impacto (ambiental)

SOLICITA

Que le sea remitido, a la mayor brevedad posible, un informe sobre la opción de calefacción que considere más adecuada para la construcción de los nuevos edificios de la Facultad de Ciencias de la Salud. Es necesario dejar claras las razones alegadas para la toma de decisión, considerando que:

- Los gastos de primera instalación no se tienen en cuenta, solo los gastos de mantenimiento (lo que pagará la facultad por la calefacción).
- Hay que tener en cuenta tanto el precio (coste mensual de la calefacción) como el impacto ambiental.
- Entre las posibles opciones están las que aparecen en la tabla de la revista de la OCU y otras procedentes de fuentes renovables.
- Puedes hacer otras recomendaciones que te parezcan relevantes para el objetivo de reducir costes y generar el menor impacto ambiental posible.

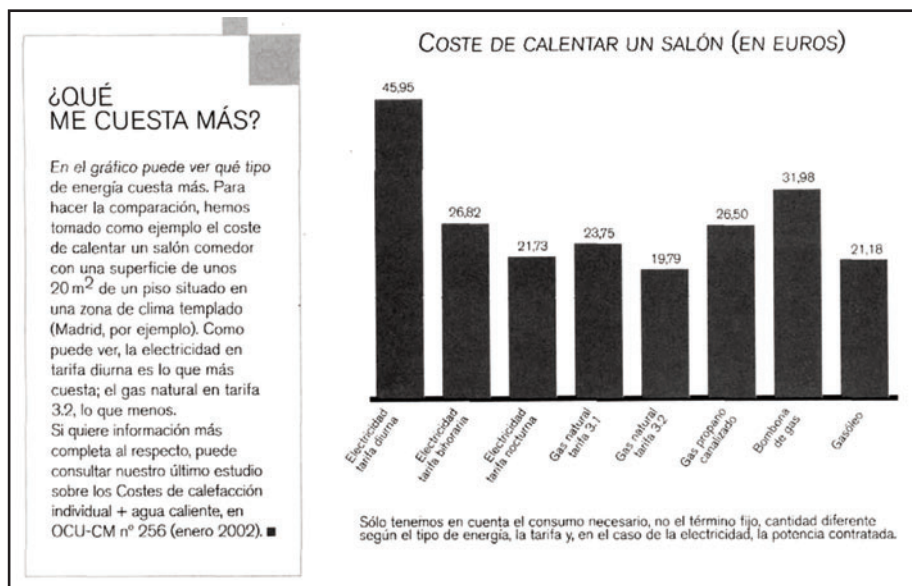
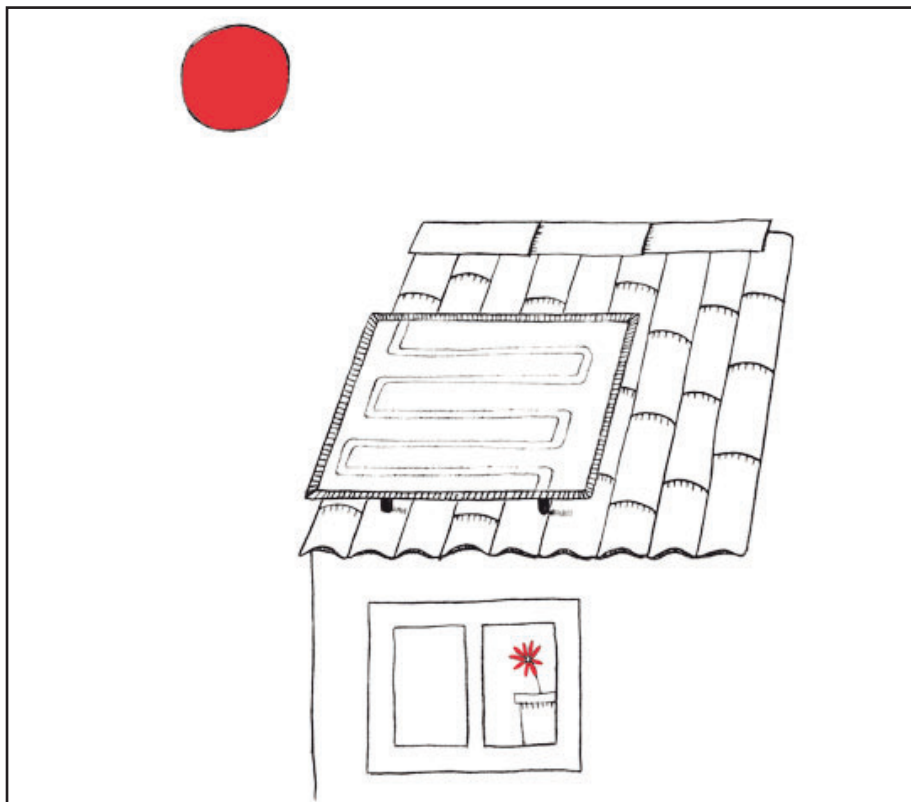


Tabla de la revista *Compra Maestra* (OCU)

A4

Para redactar vuestro informe, podéis utilizar los apuntes y libros de texto, y acceder a Internet. Recomendamos, por ejemplo, la consulta del siguiente material:

- Información relativa a la “energía verde” de los grupos ecologistas en internet: Greenpeace (www.greenpeace.org/espana/reports/informes-renovables-100) y Adena (www.wwf.es).
- Información sobre energías renovables de las empresas eléctricas en internet: Iberdrola (www.iberdrola.es/webcorp) y Endesa (www.endesa.es).
- Información de las empresas suministradoras de gas, electricidad, gasóleo, etc. sobre sus productos y servicios: Unión Fenosa (www.unionfenosa.es), Gas natural (<http://portal.gasnatural.com>), Repsol (www.repsol.com/es).
- Noticias publicadas en diversos medios en 2003 sobre las ofertas de ‘energía verde’:
La CNE investiga a Iberdrola y Endesa por un supuesto fraude en la venta de “energía verde”
www.consumer.es/web/es/economia_domestica/2003/11/10/90785.php
Investigan a Iberdrola y Endesa por un supuesto fraude con “energía verde”
(<http://www.lavozdegalicia.es/hemeroteca/2003/11/09/2148024.shtml>)
- Información sobre el cambio climático
Panel Intergubernamental sobre el cambio climático: www.ipcc.ch
El 2003, el tercer año más caliente desde que se hacen mediciones
(<http://www.lavozdegalicia.es/hemeroteca/2003/12/16/2255923.shtml>).



C4

Comentarios a la actividad “Escogemos un sistema de calefacción”

Puesta en práctica por el profesor Xulio Gutiérrez Roger y Fins Eirexas con alumnado de 2º de BAC. Durante cuatro sesiones se trabajó en pequeños grupos en la selección de información y redacción de los informes, y con la clase completa en un debate final, en el que cada grupo justifica su elección.

¿Qué necesita el alumnado para desarrollar la tarea?:

En primer lugar recoger información sobre las diferentes opciones de sistemas de calefacción y las características de las distintas fuentes de energía. La evaluación de las ventajas e inconvenientes de cada opción debe realizarse atendiendo a los criterios fijados en la tarea, tanto explícitos (económico y de impacto ambiental) como implícitos (renovable / no renovable).

Para llegar a una decisión necesitan movilizar las siguientes competencias:

- Procesar información sobre diferentes fuentes de energía.
- Evaluar el impacto de estas fuentes haciendo uso de los conceptos de “recurso natural”, “renovable / no renovable”, “sostenible”, etc.
- Contextualizar las distintas opciones valorando las posibilidades reales de utilización en Santiago de Compostela en el momento actual.
- Decidir sobre un sistema de calefacción.

Para procesar la información sobre las fuentes de energía y evaluar ventajas e inconvenientes deben referirse a los datos del dossier (folletos informativos de las empresas, noticias de prensa), libros de texto y páginas web, estableciendo un diálogo con ellos para estructurar sus justificaciones. Deben tener en cuenta también los requisitos de la tarea (menos coste económico e impacto ambiental) y otros factores como el contexto local (accesibilidad de la fuente en Compostela), y la posibilidad de contratar el suministro de una única fuente, como la eólica o la solar. Además deben considerar datos como el uso para la facultad, los horarios o el clima local.

En la última sesión, en la que se contrastan las distintas opciones, argumentando a favor de las propias y en contra de las ajenas, interpretando los datos y apoyando o refutando otras intervenciones, pueden surgir nuevas justificaciones que no están explícitas en los informes.

Variedad de las opciones escogidas en dos cursos de 2º de BAC

No hay ningún sistema de calefacción que se pueda considerar “ideal” con los criterios propuestos, ya que actualmente no es posible contratar un suministro energético que proceda exclusivamente de las fuentes renovables (a pesar de lo que afirmaba la publicidad de la “energía verde”). La posibilidad de autoabastecerse con energía solar o eólica está limitada por razones técnicas. Por eso los distintos grupos se vieron forzados a escoger la opción “menos mala”, que incluía una fuente no renovable, como se resume en la tabla.

C4

OPCIÓN	FUENTE DE ENERGÍA	GRUPO
Una sola fuente	Gas natural	A, C, F
	Electricidad con tarifa nocturna	E
Varias fuentes	Energía solar combinada con gas natural	B, G
	Energía solar combinada con electricidad	D

Decisiones de los grupos

Se genera una variedad de soluciones en cuanto a las fuentes de energía, desde optar por una sola fuente, sea gas (la más escogida) o electricidad, o por una combinación de varias fuentes. La variedad está relacionada con el diseño del problema, que es abierto, es decir que admite varias soluciones posibles.

¿Qué pruebas y justificaciones emplearon los distintos grupos?

Para apoyar sus decisiones apelan a datos de distinta naturaleza, primero relacionados con los criterios indicados en la tarea: a) el impacto ambiental, en la mayor parte de los casos la contaminación producida por distintas fuentes, en algún caso su carácter renovable (o no); y b) el coste económico. Otras pruebas incluyen, c) el impacto en el paisaje, d) las características físicas (calorías producidas) y químicas (composición); e) datos geológicos, como el gradiente geotérmico; f) propuestas técnicas y g) efectos en la salud.

En las justificaciones, que relacionan las pruebas con las decisiones, usaron las pruebas no solo para defender su opción, sino también para descartar otras. Por ejemplo en cuanto a la “energía verde” (de fuentes renovables), que no es posible para el usuario discriminar la procedencia de la energía contratada.

C4

PRUEBAS	JUSTIFICACIÓN
Contaminación	“Produce menos sustancias contaminantes que cualquier otro combustible fósil” (g. A, gas natural) “El gasóleo se descartó por producir más gases contaminantes (CO, CO ₂ , NO, NO ₂)” (g. G, solar + gas)
Coste económico	“La tarifa nocturna, consume electricidad durante la noche, cuando ésta es más barata” (g. E, electricidad) “sus tarifas [<i>de la electricidad</i>] son todas mucho más caras que la opción del gas natural” (g. C, gas natural)
Otros impactos: paisaje	“Su transporte es por tubos subterráneos, lo que implica que no se daña el paisaje ni la vida animal y vegetal” (g. F, gas natural)
Físicas (calorías producidas) y químicas (composición)	“La combustión del gas natural produce 11500 Kcal./m ³ ” (grupos A, B y G) “Está compuesto por metano y también etano y propano” (g. E, electricidad)
Geológicas	“La geotérmica no es aprovechable en Santiago” (g. A, gas natural)
Técnicas	“Para usar energía solar, el edificio debería construirse (...) con la orientación adecuada” (g. G, solar + gas) “La solar es intermitente (...) podría solucionarse usando acumuladores” (g. B, solar + gas)
Salud	“Da lugar [<i>la contaminación del aire</i>] a numerosas enfermedades respiratorias y reacciones de tipo alérgico” (g. A, gas natural)

Resumen de las pruebas y justificaciones de los grupos

¿Por qué este diseño de la tarea favorece el uso de pruebas?:

El diseño de la tarea como un problema auténtico, en el que es visible la relación con la vida real, promueve la implicación del alumnado. El carácter abierto da lugar a una variedad de soluciones, lo que favorece la selección de datos y la argumentación, haciendo necesario que cada grupo aporte pruebas y justifique la opción elegida.

En la justificación de las opciones, y ante la imposibilidad de escoger una opción enteramente renovable (“energía verde” anunciada por ciertas eléctricas) tuvieron que apelar a sus conocimientos y construir argumentos para defender la elección “menos mala” (en palabras del profesor). Seis de los siete grupos escogieron sistemas diferentes de la “energía verde”, lo que indica una contextualización de la tarea así como el uso de las competencias en el procesamiento de la información, cuestiones relevantes para el desarrollo del pensamiento crítico, que puede posibilitar, por ejemplo, la evaluación de la publicidad.

5.- ¿ES ESTE EL CUERPO DE COPÉRNICO? EVALUANDO PRUEBAS

En los capítulos anteriores se discuten distintas propuestas para trabajar el papel de las pruebas en la evaluación del conocimiento, para aprender a usar pruebas. Las pruebas tienen una función en la confirmación o refutación de enunciados, pero es importante también abordar cómo se evalúan las propias pruebas, en otras palabras, qué criterios utilizar para decidir sobre la fiabilidad de una prueba, sobre su relación con la afirmación que se quiere probar, sobre la suficiencia de una prueba o conjunto de pruebas.

Se trataría de responder a preguntas como: ¿Es fiable esta prueba? En un conjunto dado de pruebas ¿son algunas más sólidas que otras? ¿Tiene relación la prueba con la conclusión sometida a examen? ¿En qué medida un conjunto de pruebas apoya mejor un enunciado o una teoría que una prueba aislada?

Un ejemplo de cómo un conjunto de pruebas de distinto carácter apoya una teoría, es la evolución. De los dos enunciados que forman parte de esta teoría, nos referimos al primero, que todos los seres vivos tienen un origen común, descienden de uno o de unos pocos organismos. Algunas pruebas que confirman la teoría de la evolución son paleontológicas, por ejemplo, la existencia de formas de transición, como *Archaeopteryx*, citado en el capítulo 2, y que confirman la predicción de que entre los organismos anteriores y sus descendientes existieron formas intermedias. Otras son genéticas, como el grado de semejanza en el ADN, más alto en las especies emparentadas (que tienen antepasados comunes más próximos). Por ejemplo el grado de similitud entre el ADN de los seres humanos y de los chimpancés es de un 98%. Otras constituyen ejemplos de la interacción con la cultura: la selección de la tolerancia a la lactosa en los adultos en relación con la domesticación de las vacas y la disponibilidad de leche. De forma semejante, el conjunto de pruebas que sustentan la teoría de la tectónica de placas es muy variado.

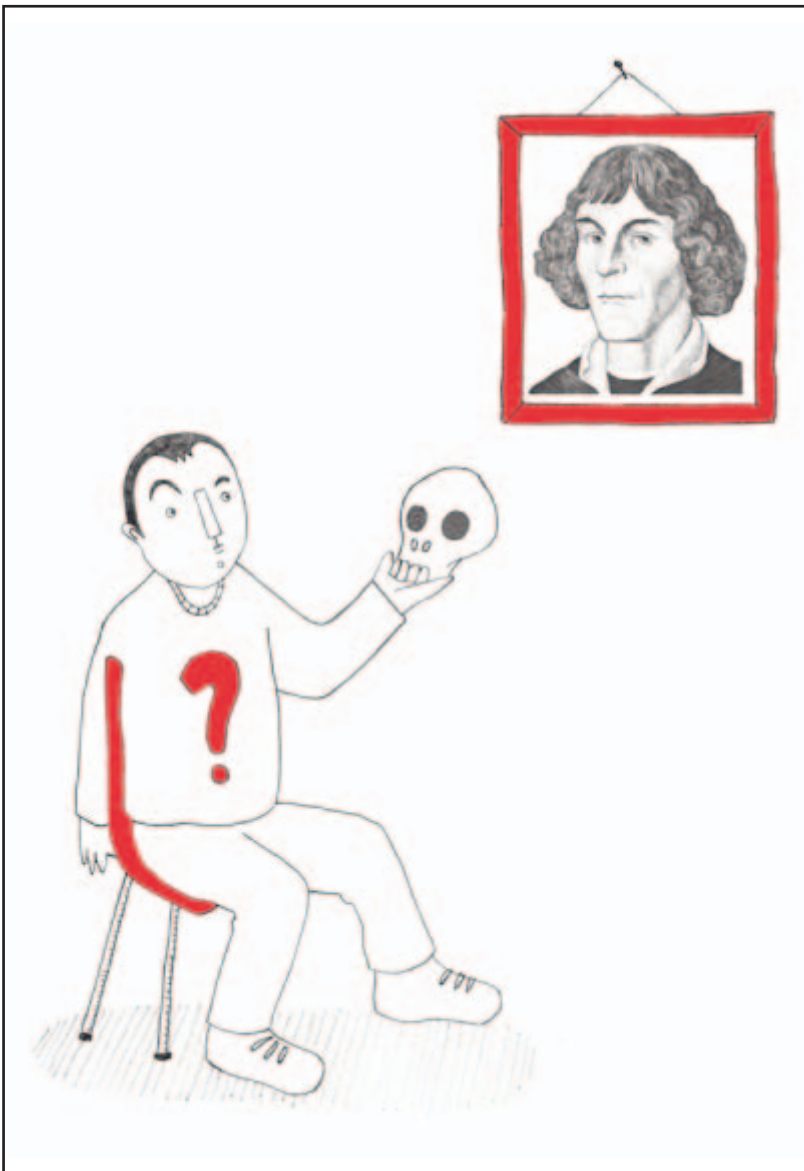
Para trabajar esta dimensión en el aula, proponemos una actividad adaptada de Jiménez Aleixandre (2009), basada en un caso que recientemente tuvo repercusión en los medios de comunicación y que combina un protagonista relevante en la Historia de la Ciencia con el uso de métodos forenses contemporáneos.

A5

¿Es ese el cuerpo de Copérnico?

Nicolás Copérnico (1473–1543) fue un astrónomo que articuló la idea de que la Tierra giraba alrededor del sol y no al revés, recopilando datos que la apoyaban. Copérnico murió a los 70 años en Frombork (Polonia), ciudad en la que vivió los últimos años de su vida. En el siglo XVII, durante una de las invasiones de Polonia por Suecia, parte de su biblioteca fue llevada a Suecia, encontrándose hoy en la Universidad de Upsala. Se decía que había sido enterrado en la catedral de Frombork, pero, entre los diversos enterramientos, no había ninguna tumba que llevase su nombre (lo que en esa época era frecuente). Durante muchos años arqueólogos de distintos países buscaron sus restos en vano.

En agosto de 2005 un equipo dirigido por el arqueólogo Jerzy Gassowski, por encargo del obispo, encontró bajo el suelo de la catedral de Frombork, cerca de un altar, unos restos que atribuyeron a Copérnico, en concreto un cráneo y algunos dientes. La identificación se basó inicialmente en semejanzas entre el cráneo y los retratos de Copérnico, como tener la nariz rota y una cicatriz encima del ojo izquierdo.



Estudios forenses realizados sobre el cráneo indicaron que correspondía a un hombre de unos 70 años. El laboratorio forense de la policía de Polonia utilizó el cráneo para hacer una reconstrucción informática de cómo sería el rostro del hombre al que perteneció, y que resultó semejante a los retratos de Copérnico (reconstrucción que puede verse en <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/7740908.stm>).

La experta sueca en genética Marie Allen analizó ADN extraído de un diente de ese cráneo, de una vértebra y de un fémur. Para poder compararlo, se localizaron, entre las páginas del libro *Calendarium Romanum Magnum* (que perteneció a Copérnico y ahora está en Upsala) cuatro cabellos. El análisis del ADN permitió comprobar, en noviembre de 2008, que dos de esos cabellos, el diente y los huesos pertenecían a la misma persona.

A5

¿Que pruebas de la identificación de Copérnico son más fiables?

Los datos y análisis mencionados arriba fueron recogidos en la prensa con titulares como: “El ADN confirma que los restos encontrados en 2005 son los de Copérnico”, “Un esqueleto del siglo XVI identificado como el astrónomo Copérnico”, o “Finaliza la búsqueda de la tumba del astrólogo Copérnico que ha durado dos siglos” (es un error del periódico, astrónomo y astrólogo no es lo mismo).

a) ¿Consideras que las pruebas son *suficientes* para identificar los restos encontrados con Copérnico? ¿Sería suficiente disponer únicamente de una o dos de esas pruebas? Explica tu respuesta.

b) Haz una lista de todas las pruebas que se citan para identificar los restos, y ordénalas de más a menos *fiable*, es decir de la que te parezca más convincente a la que te lo parezca menos.

c) Indica en la lista las que consideres más *específicas* (es decir que prueban que los restos son precisamente de Copérnico), y las menos específicas (por ejemplo que sea alguien de su época o que comparta otras características con él).

d) Piensa si para alguna o varias de esas pruebas habría una *explicación alternativa* a la propuesta (que el cráneo y los huesos pertenecen a Copérnico). Si una (o más) no prueba que el cuerpo es de Copérnico: ¿qué es lo que prueba?

C5

Comentarios a la actividad ¿Es ese el cuerpo de Copérnico?

Las tareas propuestas pretenden favorecer el desarrollo de criterios para evaluar pruebas, como suficiencia, fiabilidad, especificidad o posibilidad de interpretaciones alternativas, lo que necesitará de la ayuda del profesorado.

a) ¿Consideras que las pruebas son *suficientes* para identificar los restos encontrados con Copérnico? ¿Sería suficiente disponer únicamente de una o dos de esas pruebas?

El criterio de suficiencia es el más general. Pretende poner de manifiesto que algunas pruebas pueden apuntar en una dirección sin llegar a ser suficientes, como las primeras mencionadas en 2005, nariz rota y cicatriz sobre el ojo. Al mismo tiempo es interesante hacerles notar que si bien una sola de esas dos características no sería una prueba fiable, la acumulación de las dos (o de más) incrementa la fiabilidad, dado que es menos probable que coincidan en varias personas simultáneamente. Esta cuestión, en nuestra experiencia, es apuntada al utilizar la tarea con profesorado en formación.

b) Haz una lista de todas las pruebas que se citan para identificar los restos, y ordénalas de más a menos *fiable*, es decir de la que te parezca más convincente a la que te lo parezca menos.

En el texto aparecen siete pruebas, y una posible ordenación de más a menos fiable puede ser: 1) la prueba de ADN; 2) la cicatriz sobre el ojo; 3) la nariz rota; 4) la edad de 70 años de los restos; 5) la reconstrucción informática del rostro; 6) que los restos correspondiesen a un varón (está implícito, aunque no se cita); 7) el hecho de estar enterrado en la catedral. (Puede haber otras formas de ordenarlas).

En este caso la fiabilidad indica la probabilidad, según la prueba, de que los restos pertenezcan a Copérnico. Así las pruebas de ADN tienen una fiabilidad superior al 99%. En cuanto a la cicatriz y la nariz rota, algunos estudiantes pueden considerar una más fiable y otros otra (se puede debatir la frecuencia de cada lesión); es interesante destacar que no prueban la identificación, solo que es posible que los restos sean de Copérnico. Que los restos correspondan a una persona de 70 años, tampoco prueba la identificación, sino que ésta es compatible con las pruebas (si fuesen de una persona de 40 no lo sería). Algunos estudiantes indican que la reconstrucción informática no es tan fiable, dado que fue realizada conociendo los retratos del astrónomo, a diferencia, por ejemplo, de las policiales ('retratos robot').

Que los restos sean de un varón (lo que está probado también por el análisis del ADN) es una prueba poco específica, como se discute a continuación, pero forma parte del conjunto de aspectos a contemplar. Por último, aunque tampoco es muy específica, conviene tener en cuenta que en las catedrales (y cerca del altar) no se enterraba a cualquier ciudadano, sino únicamente a personajes ilustres. Es importante discutir explícitamente que, aún siendo alguna de estas pruebas por separado poco relevantes, la acumulación otorga más fiabilidad a la conclusión propuesta.

c) Indica en la lista las que consideres más *específicas* (es decir que prueban que los restos son precisamente de Copérnico) y las menos específicas (por ejemplo que sea de alguien de su época o que compartiera otras características con él).

C5

La especificidad, es decir que la prueba en cuestión se relaciona con la conclusión sometida a examen, es otro criterio importante a la hora de seleccionar pruebas. Un posible orden puede ser: 1) la prueba de ADN; 2) la cicatriz sobre el ojo; 3) la nariz rota; 4) la reconstrucción informática del rostro; 5) estar enterrado en la catedral; 6) la edad de 70 años; 7) que los restos correspondiesen a un varón. Aunque, en algunos casos, las pruebas más específicas (entre otras cosas por serlo) son las más fiables, en otros no es así, y puede mantenerse por ejemplo que el sexo masculino o la edad solo prueban estrictamente que la persona era un varón y que murió a los 70 años.

d) Piensa si para alguna o varias de esas pruebas habría una *explicación alternativa* a la propuesta (que el cráneo y los huesos pertenecen a Copérnico).

Es importante que el alumnado tenga en cuenta que una prueba puede tener varias interpretaciones posibles (Lucas y García-Rodeja, 1990). Por ejemplo, la del ADN muestra que los cabellos y el diente son de la misma persona, pero no que sea Copérnico, y podría explicarse porque esos libros los manejaba también otra gente (como muestra que solo dos de los cuatro cabellos correspondiesen a la misma persona que el diente). Esta otra persona sería también alguien ilustre, de ahí que fuese enterrado en la catedral.

Que una prueba pueda tener varias interpretaciones permite que el conocimiento cambie, no sólo con nuevas pruebas, sino con nuevas teorías que llevan a interpretaciones distintas.

6.- ¿INFLUYE LA LUNA EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS?

DISEÑANDO UN EXPERIMENTO PARA GENERAR PRUEBAS

El uso de pruebas no se desarrolla en un espacio aislado del resto de la enseñanza, sino en el marco de unidades didácticas y actividades llevadas a cabo en el aula, en el laboratorio o en el campo. En particular, el uso de pruebas y la argumentación pueden enmarcarse en la perspectiva que contempla el aprendizaje como indagación. La indagación pretende que el alumnado practique la ciencia lo que, según autores como Chinn y Malhotra (2002), significa no tanto manipulación, sino participación en los procesos de razonamiento y de construcción del conocimiento propios de la ciencia.

¿En qué consiste practicar el trabajo científico? ¿Qué actividades realiza el alumnado cuando indaga? No existe un conjunto fijo de 'pasos' para indagar, pero podemos señalar, entre los procesos en los que participa el alumnado cuando realiza indagaciones auténticas, los siguientes propuestos por Chinn y Malhotra:

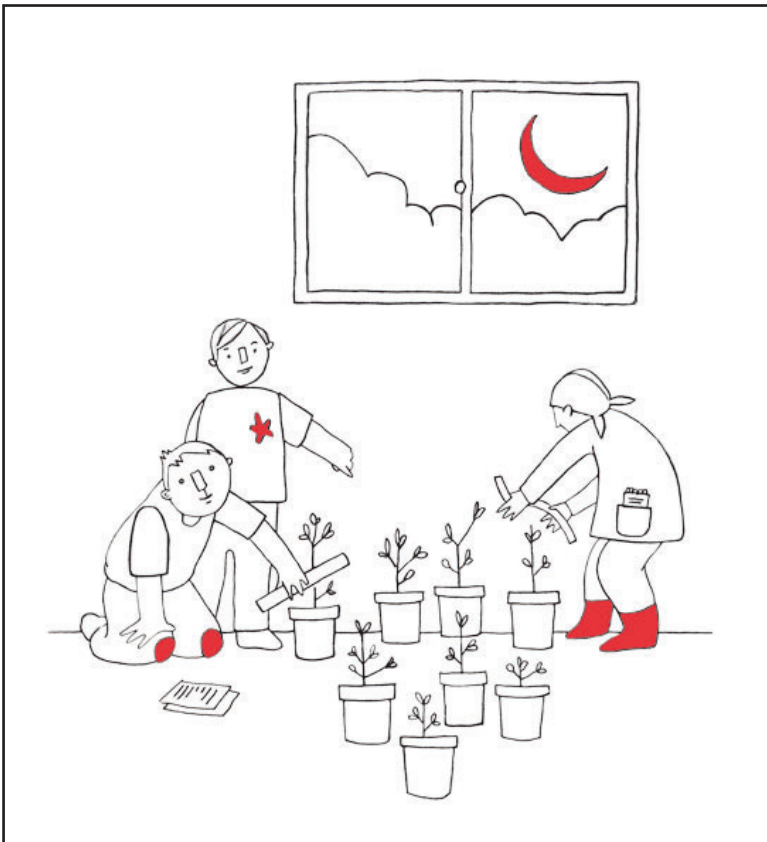
- Generar preguntas a investigar.
- Diseñar estudios, planificar pequeñas investigaciones, experimentos.
- Realizar observaciones, recoger datos y analizarlos.
- Explicar los resultados: transformar observaciones y datos a otros formatos, analizar si se cometieron errores.
- Proponer y desarrollar interpretaciones (teorías) para unos resultados.
- Estudiar informes de investigación de otras personas.

Como indican estos autores, en muchas ocasiones los experimentos realizados en el aula no tienen este carácter, pues el alumnado no decide las preguntas a investigar, ni planifica las investigaciones, sino que sigue instrucciones, y lo mismo ocurre con otros procesos. Sin embargo, aún siendo menos frecuentes, sí se llevan a cabo indagaciones.

El trabajo que se discute en este capítulo responde a una pregunta generada por los propios alumnos de 3º de ESO del IES Carlos Casares, Adrián Bembibre, Álvaro Bermúdez, Rubén Pérez e Iván Vázquez, así como a un estudio diseñado y planificado por ellos. Su profesor de Biología y Geología, Luis Fernández (2009), propone, como parte de la materia, la realización de trabajos de investigación en equipo, con temas decididos por el propio alumnado, que planifica y lleva a cabo el proyecto. Lo que proponemos es que se dé esta oportunidad al alumnado, aunque en estos materiales la actividad parte de una pregunta decidida por otros.

A6

¿Influye la luna en el crecimiento de las plantas?



Se oye decir a veces que hay que plantar, recolectar o podar las plantas en una fase determinada del ciclo de la luna (o que hay que cortarse el pelo en creciente o en luna llena). Así por ejemplo sembrar entre luna nueva y cuarto creciente las semillas de germinación rápida (como las habichuelas), y sembrar entre luna llena y cuarto menguante las semillas de germinación lenta. Podar en menguante. Otros dicen que las plantas crecen más en luna llena y que no se debe plantar en luna nueva.

Adrián, Álvaro, Rubén e Iván, estudiantes de 3º de ESO han oído a sus familias y vecinos repetir esta creencia popular. Buscaron información en la

biblioteca y en Internet, y no pudieron encontrar estudios que demostrasen si el ciclo de la luna influye en las plantas. Describen así su objetivo: “Constatar científicamente si el ciclo de la luna afecta al crecimiento de las plantas.”

Recibes el encargo de colaborar con este grupo en su investigación. Planifica, de la forma más precisa que puedas, que es lo que deberíais hacer para comprobar si es cierto que las fases de la luna afectan a las plantas. Algunas preguntas que pueden ayudarte en esta planificación son:

- ¿Qué consideraríamos una *prueba* de que las fases de la luna afectan a las plantas?
- ¿Qué *datos* debemos recoger para llegar a tener esa prueba (o la contraria)?
- ¿Qué *número* mínimo de experimentos hay que planificar para esto?
- ¿Cómo *asegurarnos* de que comprobamos la fase de la luna, no otro factor?
- ¿Qué *materiales* necesitamos para llevarlos a cabo?

A6

Este grupo decidió que consideraría una prueba que unas plantas creciesen más si se plantaban en una fase determinada, y que los datos que debían recoger era la medida de las plantas plantadas en las cuatro fases, siendo necesario un mínimo de cuatro experimentos, uno por cada fase. Para asegurarse de que comprobaban la fase de la luna (no otro factor), Adrián y sus compañeros propusieron usar materiales idénticos en los cuatro experimentos y medir el agua suministrada. Los materiales fueron: a) 15 habichuelas de mata baja para sembrar, marca Bina; b) sustrato universal *Turba green*; c) algodón para el inicio de la germinación; d) vasos de plástico de 220 cm³ (15x4); e) una jeringuilla milimetrada para suministrar 20 cl cada vez de agua de la traída; f) calibre milimetrado del departamento de tecnología. Así describen los experimentos:

“Empezamos el 29 de febrero, al inicio de la luna menguante. Pusimos 15 habichuelas en algodón humedecido con 20 cl en unos vasos. Una semana después las trasplantamos a vasos llenos de sustrato, volviendo a echar 20 cl de agua. El suministro de agua fue semanal hasta el 28 de marzo, en que las medimos con el calibre, desde la base del tallo hasta el extremo. Repetimos el proceso en los tres ciclos restantes de la luna.”

La tabla resume la altura en cm (de las plantas que salieron, que no fueron todas):

PLANTA Nº	LUNA MENGUANTE	LUNA NUEVA	LUNA CRECIENTE	LUNA LLENA
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 ayudar a Adrián y a sus compañeros a *interpretar* estos resultados. ¿Crees que se puede extraer alguna (o algunas) *conclusión*? Si tuvieses que hacer tú el experimento ¿hay algo que harías de distinto modo?

A6 Las conclusiones a las que llegaron Adrián, Álvaro, Rubén e Iván fueron estas:

1. Las plantas de habichuela que más crecen, en base a los datos de la media aritmética, son las que fueron plantadas en luna llena (incluso haciendo la media de las 15).
2. Si tenemos en cuenta la dispersión de los datos en las plantaciones de las cuatro fases de la luna (con valores altos y bajos en todas ellas, y semillas que no germinaron), no podemos concluir, para este caso, que hay influencia de la fase de la luna en el crecimiento de las plantas de habichuela.
3. Es necesario profundizar en este estudio, con nuevos experimentos, para poder obtener conclusiones más firmes.

¿Estás de acuerdo con estas conclusiones? ¿Con qué parte de las conclusiones estás de acuerdo y con qué parte no? Justifica tus respuestas.

En la conclusión 2 se dice que no se puede concluir que exista influencia de la fase de la luna en el crecimiento de las plantas. ¿Estás de acuerdo? Justifícalo.

¿Puedes proponer alguna hipótesis alternativa (distinta de la influencia de la luna) para explicar por qué es más alta la media en la fase de luna llena? ¿Cómo comprobarlo?

Con estos resultados, algunas personas estarían un poco disgustadas porque, después de mucho trabajo, no pueden afirmar ni negar de forma clara la influencia de la luna. ¿Crees que experimentos como éste son útiles a pesar de ello? ¿Qué se aprende de ellos?

En la conclusión 3 se dice que sería conveniente realizar nuevos experimentos. Propón algunas cosas que se deberían tener en cuenta para planificar estos nuevos experimentos, de modo que los resultados aportasen pruebas más sólidas sobre la influencia de la luna.

Lleva a cabo un experimento para mejorar las conclusiones existentes, comprobando las hipótesis alternativas.

C6 Comentarios a la actividad sobre la influencia de la luna en el crecimiento de las plantas

Se propone entregar cada una de las tres hojas de la actividad en momentos diferentes, para que el alumnado realice su propia propuesta. Sería deseable que llevarsen a cabo el experimento, siempre con la guía del profesorado. En este caso las hojas segunda y tercera podrían utilizarse para comparar sus propios resultados con los descritos aquí.

En cuanto a lo que considerarían una prueba, el debate sobre las distintas propuestas (que pueden coincidir o no con las del proyecto descrito), pueden centrarse en los criterios discutidos en el capítulo 5, si son suficientes, fiables, específicas.

Una parte del alumnado daría una interpretación de los resultados distinta de la de Adrián y sus compañeros, interpretando que la media de 18 cm de las plantas sembradas en luna llena, más elevada que en las otras fases, indica la influencia positiva de la luna en esta fase. Para el alumnado resulta difícil aceptar que los resultados de un experimento pueden no ser concluyentes ni en el sentido de probar la hipótesis, ni en el de refutarla.

Sin embargo, la interpretación que proponen Adrián y sus compañeros tiene la virtud (como indicó el profesor Luis Fernández en el debate realizado en el aula) de reconocer la incertidumbre como un elemento integrante del trabajo científico: hay muchos casos en los que es necesario repetir experimentos, diseñarlos de nuevo, preguntarse si se cometió algún error y qué se puede mejorar.

En cuanto a las sugerencias para diseñar mejor el experimento, están relacionadas con las hipótesis alternativas, distintas de la influencia de la luna, para explicar el crecimiento más alto en luna llena. Un ejemplo es el control de variables: los estudiantes tuvieron cuidado de que todas las plantas recibiesen la misma cantidad de agua, pero no controlaron si la temperatura era la misma en todos los casos. Aunque puede ser difícil lograr una temperatura constante en un laboratorio escolar, se podría medir la temperatura ambiente para saber si hay diferencias apreciables. Teniendo en cuenta que las semillas se plantaron en la fase de luna menguante el 29 de febrero, y en la de luna llena el 21 de marzo, una hipótesis alternativa puede ser que la temperatura fue aumentando durante esas cuatro semanas (aunque no sea posible tomar los datos de la temperatura del laboratorio, sí se pueden recuperar los de la temperatura del pueblo en ese período, que en febrero pueden bajar de 0° C y en marzo alcanzar los 20° C).

C6 Después de realizar una actividad como ésta, en la que se cuestionan creencias populares, el alumnado suele pedir al docente 'la respuesta'. Además de sugerir la realización de nuevos experimentos, podemos remitirlos al blog del profesor Jorge Cruz (jcruzmundet.blogspot.com/2009/04/el-mito-de-la-influencia-lunar_10.html) que discute la inexistencia de pruebas sobre la creencia de la influencia de la luna en las prácticas agrícolas. Cruz indica que esta influencia es atribuida, bien a las diferencias de iluminación entre las fases, bien a la atracción gravitatoria.

En cuanto a la influencia de la luz, como indica Cruz, la cantidad de luz solar que refleja la luna es insignificante en comparación con la del propio sol.

En cuanto a la influencia de la atracción gravitatoria, se dice que si la luna es capaz de provocar las mareas, también tendrá influencia en los seres vivos, formados en gran medida por el agua, o en el agua que existe en el suelo (podemos añadir que este tipo de argumento es analógico y que esto no constituye una prueba). Cruz indica que en los lagos y embalses, grandes masas líquidas, no hay mareas ni se percibe la influencia de la luna, y realiza un cálculo, a partir de la definición de la ley de gravitación universal, para mostrar que la atracción de la luna sobre una semilla de 2 g (en concreto ajos, ya que existe la creencia de que no se pueden plantar en luna creciente y que son expulsados) es tres mil veces menor que la de la Tierra, siendo por tanto imposible que el ajo sea 'expulsado' fuera del suelo como dice la creencia. Plantea una hipótesis alternativa: que los pájaros picotean en los sembrados, sacando fuera algunas semillas, y cita la existencia de estudios que refutan la influencia de la luna.

Otro estudio sobre una creencia popular, en este caso la de que el pan bendito no se enmohece y es imperecedero, fue realizada por un estudiante del mismo instituto, ganando el premio de la Casa de las Ciencias, y causando un gran impacto social en el pueblo; está publicada en Alambique (Fernández y López Carracedo, 2005).

Estos ejemplos muestran como el uso de pruebas tiene relación con el desarrollo del pensamiento crítico, con el análisis crítico de creencias sin base en las pruebas.

7.- RECURSOS PARA LA ARGUMENTACIÓN Y EL USO DE PRUEBAS

RECURSOS EN LA RED

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

BIBLIOGRAFÍA GENERAL Y DE LOS CAPÍTULOS 1 Y 2

- Bravo Torija, B. & Jiménez Aleixandre, M. P. (2010) ¿Salmones o sardinas? Uso de datos y justificaciones en argumentos de ecología. *Alambique*, 62.
- Bravo, B., Puig, B. & Jiménez Aleixandre, M. P. (2009) Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20, 144–149
- Caballer, M. J. & Giménez, I. (1992) Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 172–180.
- Díaz de Bustamante, J. & Jiménez Aleixandre, M. P. (2008) El desarrollo de competencias para usar la noción de célula en secundaria. En P. Calvo, J. Fonfría, (eds.) *Recursos Didácticos en Ciencias Naturales* (pp 169–186), Madrid: Real Sociedad Española de Historia Natural.
- García-Rodeja, E., Lorenzo, F., Domínguez, J. M. & Díaz, J. (1987) *Proyecto AcAb Química*. Universidad 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.
- OCDE (2006) *PISA 2006. Marco de la evaluación: Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura*. Madrid: Santillana / Ministerio de Educación y Ciencia.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004) *Ideas, evidence and argument in science*. London: King's College London.

- Pérez, A., Bustos, J. A., Medranda, D., Cordero, A. & Antón, J.E. (2007) Teléfonos y vasos comunicantes. (Alumnos IES Victoria Kent, Torrejón de Ardoz, web do IES)
- IES Victoria Kent: <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Alumnos>
- 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 DEL 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 en Cardoso Ferreira, N. 1989. Primeros pasos en Química. Una entrevista con Lavoisier. *Enseñanza de las Ciencias* 7 (1), 77–83).

BIBLIOGRAFIA DEL 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. Comunicación en 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 al congreso Enseñanza de las Ciencias, Granada. (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 DEL CAPÍTULO 5

- Lucas, A. M. & 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 DEL 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*, 186
- Fernández López, L. & López Carracedo, J. (2005) Un pan eterno ¿ciencia o metafísica? *Alambique*, 45, 105–110.