

Comunicando ciencia en talleres experimentales para estudiantes de educación primaria y secundaria

Aportaciones de la didáctica de las ciencias experimentales al diseño, implementación y evaluación de talleres de comunicación científica

María Isabel Hernández y Digna Couso

Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM)

Universitat Autònoma de Barcelona





Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](#).

Agradecimientos

Esta guía ha sido elaborada en el marco de una ayuda para el fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación (FCT-14-8903) en el Año de la Biotecnología en España. Además, la guía aporta ejemplos de ámbitos como la biotecnología y la biomedicina tratados en los talleres Fes Recerca! del Programa Recerca en Societat del Parc Científic de Barcelona (PCB), que mantiene un convenio con el Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM) de la Universitat Autònoma de Barcelona, responsable de la evaluación de dichos talleres.

PRESENTACIÓN

Esta guía propone unas orientaciones para el diseño, implementación y evaluación de talleres experimentales destinados a estudiantes de primaria y secundaria, que puedan resultar de utilidad a aquellos/as profesionales que decidan asumir su co-responsabilidad como comunicadores y educadores científicos organizando o desarrollando este tipo de iniciativas desde cualquier institución científica o Unidad de Cultura Científica. Así pues, esta guía está destinada a todos aquellos/as profesionales científicos encargados o interesados en llevar a cabo acciones de comunicación científica en formato de talleres experimentales para alumnado de primaria o secundaria.

De todas formas, como se justifica a lo largo de esta guía, la tarea de diseñar y gestionar la evaluación de talleres experimentales no es, en absoluto, trivial y es por ello que a menudo ésta suele llevarse a cabo en colaboración con expertos internos o externos a la institución encargada de dicha gestión.

Las autoras de esta guía, con una formación de base en ciencias y en didáctica de las ciencias y con una amplia experiencia en investigación en didáctica de las ciencias y en el asesoramiento del diseño y evaluación de iniciativas de educación científica, han elaborado un marco que pueda servir para orientar los talleres experimentales llevados a cabo por profesionales científicos desde una perspectiva de educación científica.

Sea cual sea la motivación y formato de un determinado programa o ciclo de talleres experimentales de ciencias, esta guía pretende aportar un conjunto de recomendaciones y ejemplos que orienten la práctica en base a experiencias que han resultado fructíferas y marcos de acción bien fundamentados.

Esta guía empieza por invitar a la reflexión sobre para qué diseñar y realizar talleres experimentales de comunicación científica desde instituciones científicas para alumnado de primaria y secundaria. A partir de los objetivos que podrían esperarse de este tipo de acciones, la guía propone unas orientaciones para el diseño y puesta en escena de talleres experimentales de comunicación científica. Finalmente, la guía presenta algunas recomendaciones para la evaluación de este tipo de acciones de comunicación y educación científica en función de los objetivos que se propongan. Dependiendo de los intereses del usuario de esta guía, podría plantearse una lectura no lineal de la misma.

ÍNDICE

Presentación	2
1 ¿Para qué diseñar y realizar talleres de comunicación científica para alumnado de enseñanza primaria o secundaria?	5
1.1 Objetivos generales de las iniciativas de comunicación y educación científica.....	7
1.2 Objetivos específicos de los talleres experimentales.....	8
2 ¿Qué implica contribuir a la mejora de la cultura o alfabetización científica del alumnado a través de talleres experimentales?.....	9
2.1 ¿Cómo estructurar talleres experimentales para alumnado de primaria o secundaria?.	10
2.2 ¿Cómo promover el desarrollo de conocimientos a partir del trabajo experimental en talleres de educación científica?	13
2.3 ¿Qué estrategias didácticas utilizar para facilitar el desarrollo de actitudes positivas respecto a la ciencia?	15
3 ¿Qué implica fomentar vocaciones científico-tecnológicas entre los jóvenes a través de talleres experimentales?	16
3.1 ¿Cómo mejorar la percepción de auto-eficacia de los estudiantes en ciencias?.....	17
3.2 ¿Cómo mejorar la información sobre estudios y profesiones científicas?	18
3.3 ¿Cómo mejorar la percepción social de la ciencia?.....	18
4 ¿Cómo favorecer el diálogo entre el alumnado y los investigadores en los talleres experimentales?	19
5 ¿Cómo evaluar la calidad de los talleres experimentales para alumnado de primaria y secundaria?	21
5.1 Criterios para la evaluación de los talleres experimentales	22
5.2 Instrumentos para la evaluación de los talleres experimentales.....	23
5.3 Análisis de datos para la evaluación de los talleres experimentales.....	27
Conclusiones	30
Referencias	31

1 ¿PARA QUÉ DISEÑAR Y REALIZAR TALLERES DE COMUNICACIÓN CIENTÍFICA PARA ALUMNADO DE ENSEÑANZA PRIMARIA O SECUNDARIA?

Vivimos en un contexto en el que las políticas a nivel europeo, nacional y local (Hazelkorn et al. 2015) abogan por potenciar las colaboraciones entre la educación formal, no formal e informal, las empresas y la sociedad civil con el fin de **asegurar una participación relevante de todos los actores sociales en la ciencia**. El objetivo primordial de esta colaboración es **aumentar la elección de estudios científicos y carreras con fundamentación científica entre los estudiantes, y mejorar la empleabilidad y la competitividad de las personas**. De la misma manera, también se persigue promover una investigación e innovación responsables (RRI son las siglas en inglés de *Responsible Research and Innovation*), que se involucre en la **mejora de las competencias de la ciudadanía para comprender los productos o resultados científicos, y para debatir y ser críticos con sus beneficios y consecuencias**.

En este sentido, son cada vez más numerosas y variadas las iniciativas que están en línea con la llamada “escolarización abierta” (*open schooling* en inglés) y que involucran a diversos profesionales (profesores, alumnos, investigadores, empresas) para **acercar proyectos reales a las aulas**, compartiendo y aplicando de esta manera resultados de la investigación científica y tecnológica. Uno de los formatos más habituales de algunas de estas iniciativas son los **talleres experimentales** destinados a estudiantes de primaria y secundaria, organizados por instituciones científicas. Estos talleres experimentales suelen compartir las siguientes características:

- Intervención de duración acotada (horas) y aislada (una vez a lo largo de un curso escolar para un mismo grupo de alumnos).
- Actividad fuera de la escuela, en un laboratorio o espacio específico para tal fin.
- Uso de material e instrumental específico para el taller experimental, a menudo diferente del que las escuelas suelen disponer.
- Cierto grado de implicación activa del alumnado en la realización de actividades manipulativas y en la discusión de ideas.
- Organización a cargo de actores ajenos a la escuela (investigadores en algún ámbito científico o tecnológico, comunicadores de la ciencia, monitores con una base científica).

Esto supone para los profesionales científicos y tecnológicos una responsabilidad y, al mismo tiempo, un reto, ya que no sólo se espera de ellos la capacidad de investigar e innovar en sus ámbitos de acción, sino también de **involucrar a la sociedad, velar por la igualdad, educar, comunicar los resultados a toda la sociedad**, etc., con el fin de contribuir a la consecución de los anteriores objetivos.

Aunque tradicionalmente la comunidad científica se ha implicado activamente en comunicar la ciencia dentro y fuera de dicha comunidad, su responsabilidad de contribuir a la educación científica es aun relativamente reciente. Y, en muchos casos, la distinción entre ambas facetas (comunicación vs educación científica) es difícil de caracterizar. Tal como defienden algunos autores (Baram-Tsabari & Osborne 2015), aunque ambas facetas comparten rasgos comunes, sus prioridades son distintas.

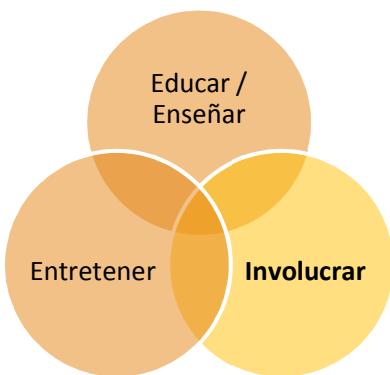


Figura 1 Prioridad de la comunicación científica

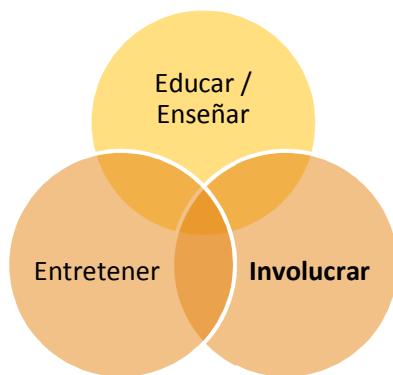


Figura 2 Prioridad de la educación científica

Una de estas diferencias es el énfasis que cada una pone en los aspectos de **educar o enseñar**, **entretenir e involucrar al público** (Fig. 1 y Fig. 2). Mientras que la prioridad de la educación científica es, evidentemente, educar y, en cambio, entretenir e involucrar son mediadores útiles para este fin, aunque no siempre presentes en la enseñanza de las ciencias, para el campo de la comunicación científica, involucrar al público es la prioridad.

A pesar de estas diferencias, existe una tendencia común al ámbito de la comunicación científica y al de la educación científica, a tratar de superar un modelo tradicional transmisor a favor de un modelo dialógico centrado en el público objeto promoviendo su participación activa (Fig. 3).



Figura 3 Cambio del modelo de comunicación científica (arriba) y educación científica (abajo)

1.1 OBJETIVOS GENERALES DE LAS INICIATIVAS DE COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN CIENTÍFICA

La mayoría de programas que informan de iniciativas o actividades de comunicación y educación científica ofrecidas por museos, centros de ciencia, institutos de investigación, etc., recogen habitualmente algunos de los objetivos (o todos ellos) que muestra la Figura 4.



Figura 4 Objetivos generales de las actividades de comunicación y educación científica

Ahora bien, contribuir a alcanzar los anteriores objetivos es un reto complejo, y requiere a su vez reconocer y abordar otros subobjetivos estrechamente relacionados. La Figura 5 resume estos subobjetivos:

Contribuir a la mejora de la cultura o alfabetización científica del público	Fomentar vocaciones científico-tecnológicas entre los jóvenes	Favorecer el diálogo entre el público y los investigadores
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar conocimiento conceptual (conocimiento <i>de</i> ciencias, conceptos y modelos)• Desarrollar conocimiento procedimental y epistémico (prácticas científicas, técnicas y procedimientos, conocimiento <i>sobre</i> cómo se construye la ciencia)• Desarrollar conocimiento contextual (aplicación real, "<i>ciencia viva</i>")• Fomentar actitudes positivas respecto a la ciencia	<ul style="list-style-type: none">• Mejorar las competencias científicas (conocimientos y actitudes) – Factor educativo• Mejorar la percepción de auto-eficacia respecto a las ciencias – Factor psicológico• Mejorar el asesoramiento académico y profesional – Factor informativo• Mejorar la imagen social de las carreras y de los profesionales científicos – Factor social	<ul style="list-style-type: none">• Generar la necesidad de desarrollar conocimiento mediante preguntas• Dar la palabra al público y regular sus intervenciones• Facilitar la comprensión del público visualizando representaciones o utilizando analogías• Conectar con las ideas previas del público y con el vocabulario que conoce y sabe utilizar en registro científico• Estructurar el discurso

Figura 5 Subobjetivos relacionados con los objetivos generales de las actividades de comunicación y educación científica

Sea cual sea el foco de las actividades o iniciativas de comunicación y educación científica, cuando hablamos de un público objeto como el alumnado de educación primaria o secundaria, debería también fomentarse la **igualdad de oportunidades** (equidad de género, nivel socio-económico y socio-cultural).

En conclusión, resulta esencial conocer maneras de abordar los anteriores objetivos y subobjetivos mediante estrategias eficaces basadas en resultados de investigación del ámbito de la didáctica de las ciencias, entre otras áreas. Los apartados 2 – 4 de esta guía desarrollan algunas de estas estrategias.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LOS TALLERES EXPERIMENTALES

Todos los talleres experimentales abordan, en mayor o menor medida, conocimientos conceptuales y procedimentales, que pretenden que el alumnado participante desarrolle. Esto es, todos ellos seleccionan algunos conceptos relevantes para ser tratados con el alumnado, a menudo conectados con los contenidos del currículum oficial de ciencias y tecnología. Además, al tratarse de talleres experimentales, todos ellos seleccionan determinadas técnicas y procedimientos experimentales que los responsables del taller o los propios alumnos siguen. En este sentido, dependiendo de la temática de cada taller, éste puede perseguir unos determinados objetivos específicos.

En cambio, no todos los talleres experimentales comparten el objetivo de desarrollar el conocimiento epistémico (sobre cómo se construye la ciencia), ni contextual (sobre las aplicaciones que un determinado conocimiento conceptual o procedural puede tener) del alumnado.

Ante un trabajo práctico que deseamos que el alumnado realice, es necesario diferenciar entre **objetivos de la práctica** y **objetivos de aprendizaje**. Es decir, debemos por un lado establecer cuál es el objeto de estudio en esa práctica, cuáles son las acciones que se pretende que haga el alumnado en esa práctica, y por otro, decidir qué se espera que el alumnado aprenda o sea capaz de hacer al final del taller. Estos últimos no son objetivos de la práctica sino objetivos concretos que se pretenden de los alumnos a través de la realización de la práctica y que podrían ser evaluados al final de un período por el profesorado y/o el propio alumnado.

Aportando como ejemplo un taller experimental sobre genética y la enfermedad de la Diabetes tipo 2¹, los objetivos de esta práctica son formulados en los siguientes términos:

- Sembrar células en una placa de 12 pocillos y a continuación incubarlas con posibles compuestos activadores de Mitofusina 2.
- Cuantificar la activación del gen Mitofusina 2 mediante el luminómetro, un aparato que cuantifica la intensidad lumínosa, en nuestro caso de la luz producida por la reacción entre la proteína luciferasa y su substrato, la luciferina.

Siguiendo el ejemplo del taller antes descrito, a continuación se presenta (Tabla 1) una orientación para formular diferentes tipos de objetivos de aprendizaje específicos.

¹ Ejemplo de un taller Fes Recerca! del Programa Recerca en Societat gestionado por el Parc Científic de Barcelona (PCB)

Tabla 1 Orientación para la formulación de objetivos de aprendizaje de talleres experimentales

Objetivos de aprendizaje <i>(Al final del taller, se espera que el alumnado sea capaz de...)</i>		Ejemplo <i>(Taller experimental sobre genética y la enfermedad de la Diabetes tipo 2)</i>
Conocimiento conceptual	Explicar la relación entre A y B	A: El promotor del gen Mitofusina 2 B: El desarrollo de la enfermedad de la Diabetes tipo 2
Conocimiento procedural	Llevar a cabo y/o justificar el procedimiento C	C: Estudio de la eficacia de un medicamento para la Diabetes tipo 2 y detección de la actividad de un gen usando un luminómetro
Conocimiento epistémico	Explicar o reconocer cómo es o cómo procede la ciencia respecto a D	D: El papel de la incertidumbre y el error experimental en ciencias
Conocimiento contextual	Identificar en qué y cómo trabajan algunos investigadores en el ámbito E	E: Biomedicina

2 ¿QUÉ IMPLICA CONTRIBUIR A LA MEJORA DE LA CULTURA O ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA DEL ALUMNADO A TRAVÉS DE TALLERES EXPERIMENTALES?

Como ya se destaca en la figura 5, contribuir a la mejora de la alfabetización científica pasa por desarrollar el **conocimiento (conceptual, procedural, epistémico y contextual)** y las **actitudes científicas** de los estudiantes (OCDE 2013). La cuestión es, pues, cómo contribuir a desarrollar dicho conocimiento y actitudes a través de talleres experimentales.

De acuerdo con Besley et al. (2015), la comunicación científica intenta avanzar en una dirección similar a la educación científica: **centrándose en el alumnado** (o en la audiencia), **teniendo en cuenta el conocimiento, interés y motivación ya existente de los individuos**, y **unificando las agendas del aprendiz con las del educador** (o comunicador). En este sentido, fomentar una mejor comunicación científica equivaldría a mejorar la educación científica.

Otros autores (Osborne & Dillon 2008) recomiendan invertir los esfuerzos en que los jóvenes se involucren en iniciativas de ciencias que sean **estimulantes y participativas**:

- Dando oportunidades de **manipular y explorar fenómenos**
- Utilizando **estrategias didácticas variadas** y que **no se basen en la transmisión**
- Ofreciendo una visión que, aunque sea de manera sencilla, presente la **relevancia de la ciencia**
- Proporcionando **contextos** para el aprendizaje

En resumen, estos autores apuntan algunas estrategias didácticas a tener en cuenta a la hora de enfocar actividades de comunicación y educación científica como son los talleres experimentales, que se propongan como objetivo contribuir a la mejora de la cultura científica. Los siguientes

apartados proporcionan una pauta para materializar las anteriores recomendaciones en herramientas de diseño de talleres experimentales para estudiantes.

2.1 ¿CÓMO ESTRUCTURAR TALLERES EXPERIMENTALES PARA ALUMNADO DE PRIMARIA O SECUNDARIA?

De acuerdo con el modelo de participación crítica o socioconstructivista de comunicación y educación científica, es esencial partir del conocimiento e interés previo de los estudiantes, ya que son estos los responsables de construir o extender su conocimiento. En este sentido, y tal como muestra la Figura 6, cualquier taller experimental destinado a estudiantes de primaria o secundaria debería empezar por explorar sus conocimientos previos sobre el tema que trate dicho taller. Dicha exploración suele ser vehiculada por preguntas dirigidas por los investigadores o facilitadores del taller. Estas preguntas resultan más fructíferas cuando están contextualizadas en un caso concreto o proponen un reto sugerente, que conecte con el alumnado y, al mismo tiempo, sea relevante socialmente. Los temas de salud, como el que muestra el siguiente ejemplo², o de contaminación suelen ser especialmente relevantes para favorecer la toma de conciencia sobre asuntos de interés general y para orientar las acciones futuras de los estudiantes.

Ejemplo de contexto formulado como pregunta o reto:

“¿Cómo estudian los investigadores en ingeniería genética si una determinada proteína juega un papel en el desarrollo de una enfermedad? Participa en la investigación contra la ateroesclerosis”

Así pues, el diseño de la primera fase de un taller consistiría en seleccionar un contexto práctico y comprensible para los estudiantes, donde estos puedan aplicar su conocimiento previo, fomentando o conectando con sus intereses y justificando por qué dicho contexto es relevante. Esta primera fase también debería servir para explicitar qué objetivos de aprendizaje se persiguen para facilitar la autonomía y orientación del alumnado, como muestra el siguiente ejemplo.

Objetivo de la práctica: “Harás una transformación bacteriana”

Objetivos de aprendizaje: “Aprenderás a utilizar bacterias, tal como se hace en biotecnología, para estudiar qué papel juega una determinada proteína en el desarrollo de la enfermedad de la ateroesclerosis”

Ideas previas del alumnado: Los estudiantes no suelen considerar efectos beneficiosos y aplicaciones de las bacterias. Por lo tanto, sería importante que conocieran que la biotecnología utiliza bacterias en sus estudios para ayudar a la sociedad.

² Ejemplo de un taller Fes Recerca! del Programa Recerca en Societat gestionado por el Parc Científic de Barcelona (PCB)

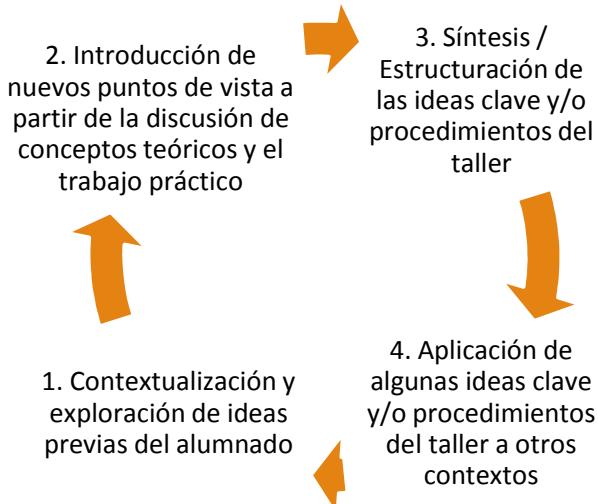


Figura 6 Propuesta de estructuración de los talleres experimentales

Una segunda fase del taller consistiría en la **introducción de nuevos puntos de vista**. A menudo se asocia el término introducción con un modelo de comunicación transmisivo, como si el único responsable de esta introducción fuese el profesorado y/o un libro de texto. Esta fase de construcción de conocimiento de los estudiantes puede y debe ser **orientada por el profesorado** y, a menudo, por algún **protocolo** describiendo las pautas a seguir y las preguntas a responder o definiendo términos clave (p. ej. diana terapéutica, ateroesclerosis, macrófago, colesterol, MYLIP, etc) a modo de glosario. No obstante, también es esencial **involucrar a los estudiantes** en la realización de experimentos y en la discusión del **diseño** del mismo, en la formulación de **predicciones**, en la **toma e interpretación de datos** y en la **discusión de resultados**. Así pues, en esta etapa es importante **introducir de manera dialógica** los conceptos teóricos necesarios para la realización de los experimentos y describir, discutir y justificar las técnicas y procedimientos a seguir.

El papel de los investigadores debería ser el de facilitar esta actividad de los estudiantes dotándolos de las **bastidas o ayudas necesarias para facilitar su comprensión y orientación** a lo largo del taller. Por ejemplo, la formulación de buenas preguntas y una apropiada gestión de las contribuciones de los estudiantes (ver Apartado 4 para más detalle), el uso de analogías, la utilización de recursos digitales como animaciones o simulaciones, la visualización de diagramas en una pantalla o pizarra digital suelen ser recursos con gran potencial, si se utilizan de manera adecuada. El ejemplo³ de la Tabla 2 muestra una pauta para presentar de manera esquemática los materiales y procedimientos experimentales de un taller en un protocolo de laboratorio escrito o en una presentación digital de los investigadores, que pudiera ser proyectada para el grupo de estudiantes participantes en el taller.

³ Ejemplo de un taller Fes Recerca! del Programa Recerca en Societat gestionado por el Parc Científic de Barcelona (PCB)

Tabla 2 Ejemplo de presentación esquemática de los materiales y procedimientos experimentales de un taller

Fases	A. Transformación de bacterias	B. Crecimiento de las bacterias transformadas	C. Purificación del plásmido (aislamiento del resto de componentes bacterianos)
Descripción ¿Qué hacemos? ¿Para qué lo hacemos?	Insertamos el gen MYLIP, ya introducido al plásmido, dentro de las bacterias mediante un <i>choque térmico</i> (sometiendo la muestra a diferentes temperaturas) y con la ayuda de una solución tampón para facilitar el paso del plásmido a través de los poros de la membrana celular de las bacterias
Materiales ¿Qué tenemos o utilizamos?	- 2 tubitos con bacterias en gel - 1 tubo en gel con el ADN circular llamado plásmido MYLIP. - Micropipeta de 20 µl y puntas - Caja porexpan + hielo - Baño líquido con agua destilada - Flotador para tubitos - Cronómetro

Una vez los estudiantes han realizado los procedimientos planteados siguiendo las técnicas descritas y habiendo obtenido determinados resultados, estos deben ser interpretados. La interpretación y discusión de resultados podría dar pie a una fase de **síntesis o estructuración de las ideas y/o procedimientos clave del taller experimental**. Esta fase se caracteriza por la discusión o puesta en común de los resultados obtenidos por los diferentes grupos de estudiantes, y la interpretación de los mismos a la luz de determinados conceptos o modelos teóricos a modo de elaboración de conclusiones. Siguiendo con el ejemplo anterior, en esta fase se podría hacer referencia de nuevo al diagrama de las fases del trabajo experimental realizado, y pedir a los estudiantes que respondieran por escrito y luego explicaran en gran grupo diferentes resultados experimentales.

Ejemplo de preguntas de síntesis y estructuración de resultados:

FASE A - ¿Qué hemos conseguido al someter a las bacterias a un choque térmico?

FASE B - ¿Por qué hemos utilizado una placa de cultivo que tenía un antibiótico para hacer crecer las bacterias?

FASE C - ¿Cómo hemos hecho precipitar el ADN bacteriano y el ADN de interés?

Finalmente, sería oportuno que los estudiantes tuvieran un cierto espacio de discusión sobre preguntas relacionadas, a partir de las cuales **aplicar algunos de los conocimientos desarrollados a lo largo del taller**. El siguiente ejemplo sigue el hilo de los anteriores y muestra preguntas que

pretenden situar al alumno en un marco más amplio de investigación biomédica y bioquímica. Estas preguntas pueden servir para regular el conocimiento de los estudiantes así como para extender el mismo hacia otros horizontes.

Ejemplo de preguntas de aplicación:

“¿Qué has aprendido en este taller sobre la proteína MYLIP? ¿Para qué sirve el procedimiento concreto que hemos seguido en la línea de investigación de nuevos fármacos contra la ateroesclerosis?”

2.2 ¿CÓMO PROMOVER EL DESARROLLO DE CONOCIMIENTOS A PARTIR DEL TRABAJO EXPERIMENTAL EN TALLERES DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA?

Si bien es cierto que, en muchos contextos educativos, aumentar la cantidad de trabajo experimental o práctico se asocia a un progreso o mejora en cuanto al aprendizaje, muchos autores (Hodson 1991, Millar 2009) se cuestionan su eficacia. Hay quien considera que la espectacularidad de los fenómenos a observar es clave para ayudar a los estudiantes a comprender ideas o conceptos, pero diversos estudios ponen de manifiesto que el exceso de trabajo manipulativo sin una actividad mental profunda sirve de poco para aprender ciencias o sobre la ciencia y sus métodos. De hecho, la idea de que las explicaciones emergen de las observaciones ha sido etiquetada como la “falacia de la inducción” (Driver 1983).

A menudo las condiciones de realización de trabajo experimental con los estudiantes son poco adecuadas: el trabajo práctico se lleva a cabo con una duración muy limitada, sin que los alumnos hayan podido familiarizarse con el equipamiento antes de tomar medidas, viéndose limitada la rigurosidad y la precisión en la toma de datos. Como resultado, es habitual que los estudiantes tengan dificultades no sólo a la hora de producir los fenómenos que supuestamente deberían observar, sino también a la hora de elaborar patrones, tendencias o explicaciones. Incluso cuando los estudiantes toman las medidas o realizan las observaciones que el profesorado espera, las conclusiones que pueden parecer obvias para un profesor o investigador, pueden no serlo tanto para los estudiantes. Además, el trabajo práctico a menudo se presenta como algo rutinario, no como una actividad que tiene en cuenta al alumno y lo inspira a ser creativo.

Estas limitaciones del trabajo experimental han llevado a diversos autores a proponer **experiencias de trabajo experimental más “auténticas” o fundamentadas en las prácticas científicas** (Osborne 2014). Así pues, el debate no se centra en si debería realizarse trabajo experimental o no con los estudiantes, ya que la experimentación es un rasgo central y distintivo de la actividad científica (Fig. 7) que le aporta valor y que debería ser enseñado a toda la ciudadanía.

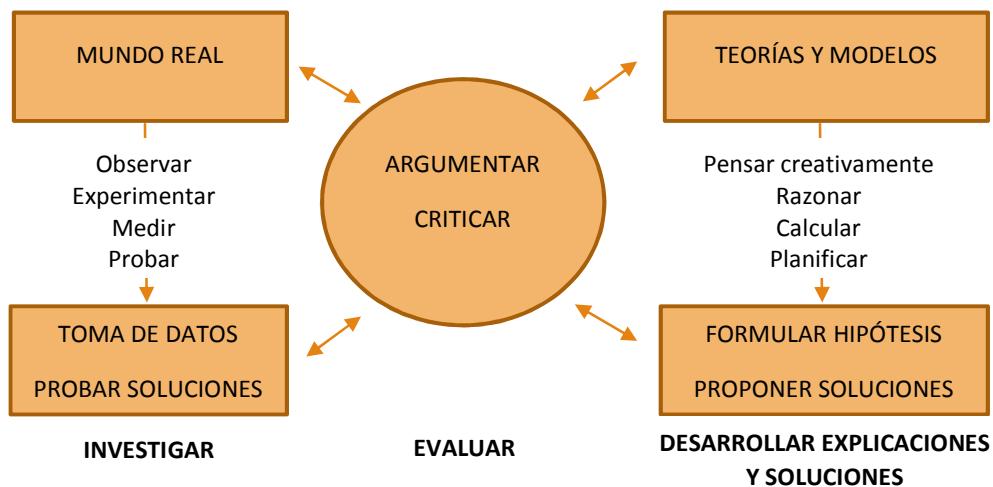


Figura 7 Un modelo de actividad científica (Osborne 2014)

Más bien, la cuestión es cómo podemos realizar de manera eficaz trabajo experimental con los estudiantes. Millar (2009) propone una herramienta de análisis y reflexión sobre el diseño de las actividades experimentales. La Tabla 3 presenta una adaptación de la misma.

Tabla 3 Herramienta de análisis del diseño de una actividad experimental

Grado de apertura de la actividad	¿La pregunta a resolver viene dada por los investigadores o la proponen los alumnos? ¿Los alumnos siguen unas instrucciones detalladas del procedimiento? ¿Pueden los estudiantes decidir cómo proceder en algún paso?
Estructura lógica de la actividad	¿Se recogen datos y, a continuación, se piensa cómo podrían interpretarse? ¿Se utilizan las ideas previas para generar preguntas y predicciones y, a continuación, se recogen datos para tratar de dar respuesta a las preguntas o probar las predicciones? ¿Se presenta la teoría y, a continuación, se "comprueba" con la práctica?
Papel del conocimiento conceptual	¿Se introducen ciertas ideas científicas? ¿Las observaciones se describen haciendo uso de terminología científica? ¿Se formulan hipótesis? ¿Se identifican similitudes y diferencias entre objetos, materiales o fenómenos? ¿Se sugieren posibles interpretaciones de los datos? ¿Se evalúa si una interpretación es adecuada dada una observación? ¿Se establecen relaciones entre variables? ¿Se obtienen valores de magnitudes que no pueden ser medidas directamente?
Papel del conocimiento procedural	¿Se utilizan instrumentos de medida u observación? ¿Se sigue un procedimiento práctico estándar? ¿Se diseña un procedimiento de medida u observación? ¿Se describen las técnicas a seguir? ¿Se presenta el material? ¿Se justifican los procedimientos?

En cuanto al **grado de apertura de la actividad experimental**, suele criticarse el exceso de los protocolos tipo “recetas de cocina”, que proporcionan a los estudiantes unas instrucciones de los pasos que deben seguir, normalmente en forma de dossier muy pautado. La principal crítica de estas actividades es que los estudiantes suelen perder de vista el objetivo global de la práctica y se limitan

a seguir las instrucciones mecánicamente sin profundizar en su conocimiento sobre el tema en cuestión.

Tal y como se ha comentado, otra de las críticas al trabajo experimental es confiar en que el conocimiento conceptual emerja únicamente a partir de las observaciones. Si uno de los objetivos del trabajo experimental es contribuir al desarrollo de conocimiento conceptual de los estudiantes, es esencial reflexionar sobre la **estructura lógica de la actividad experimental** que se pretende diseñar. La investigación en didáctica de las ciencias (Abrahams & Millar 2008) parece indicar que las actividades prácticas que siguen la lógica de “empezar por pensar sobre una situación o pregunta, realizando predicciones y, a continuación, tomar datos para comprobar la predicción” tienden a promover una mayor integración de la acción y el pensamiento que las actividades que siguen la lógica de “empezar por tomar datos en forma de observaciones y medidas para ver qué pasa”.

2.3 ¿QUÉ ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS UTILIZAR PARA FACILITAR EL DESARROLLO DE ACTITUDES POSITIVAS RESPECTO A LA CIENCIA?

De acuerdo con el marco más reciente de la evaluación PISA (OCDE 2013), las actitudes científicas que influyen al desarrollo de competencias científicas son el interés por las ciencias, la valoración de las metodologías de la investigación científica y la concienciación ambiental. En este sentido, los talleres experimentales pueden contribuir a mejorar las actitudes científicas de los estudiantes en la medida en que:

Tabla 4 Rasgos de las estrategias didácticas que promueven el desarrollo de actitudes positivas respecto a la ciencia

Rasgos de las estrategias didácticas	Ejemplo de estrategia didáctica en un taller experimental
Muestran múltiples horizontes que abre cierta línea de investigación	Mostrar artículos de investigación recientes relacionados con el tema del taller
Reflejan el componente creativo y no rutinario que tiene la ciencia	Fomentar la participación del alumnado en el diseño experimental o en la discusión sobre el mismo
Dan evidencias de la gran repercusión y relevancia social de la ciencia	Mostrar aplicaciones concretas del conocimiento científico para cuestiones de salud o medioambientales, como la búsqueda de fármacos para tratar determinadas enfermedades
Llevan a cabo actividades sugerentes que conectan con aspectos emotivos , como el interés, el placer o la empatía	Explicar vivencias personales decisivas en la formación científica de un/a investigador/a
Acompañan los contenidos de imágenes, animaciones, sonidos , que puede causar un impacto sensorial asociado al conocimiento	Mostrar un recurso audiovisual del desarrollo de un determinado proceso experimental que requiere de mucho tiempo (p. ej. formación de un fractal) en un lapso de tiempo más breve

3 ¿QUÉ IMPLICA FOMENTAR VOCACIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS ENTRE LOS JÓVENES A TRAVÉS DE TALLERES EXPERIMENTALES?

Como ya apuntaba al inicio esta guía, existe una preocupación notable en la mayoría de contextos europeos por el descenso del número de estudiantes que escogen estudios de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas más allá de los 16 años. También existe una preocupación extendida de que el perfil de aquellos que deciden continuar su formación y carrera profesional en las anteriores áreas es demasiado limitado, estando poco representado por las mujeres, la clase trabajadora y algunos grupos étnicos minoritarios, especialmente en áreas como la física y la ingeniería. En este sentido, ciertos campos científico-tecnológicos ya predicen o están experimentando un impacto negativo en la economía debido al impacto que este descenso puede suponer. Además, existe una necesidad imperante de mejorar la alfabetización científico-tecnológica entre todos los grupos sociales.

Diversos estudios (Archer et al. 2013, EVERIS 2012) han arrojado luz sobre los factores que influyen la probabilidad de los jóvenes a aspirar a carreras con una base científica. Por ejemplo, el estudio ASPIRES (Archer et al. 2013) puso de manifiesto que muy pocos estudiantes de entre 10 y 14 años (un 15%) aspiran a ser científicos. Este resultado sugirió la implicación de actuar desde la escuela primaria, ya que las actividades e intervenciones en estudiantes de educación secundaria podrían estar llegando tarde. Además, este estudio longitudinal mostró que los estudiantes con un bajo capital científico (entendido como las cualificaciones, la comprensión, el conocimiento, el interés y los contactos sociales relacionados con las ciencias y la tecnología) que no expresan aspiraciones hacia profesiones científico-tecnológicas a la edad de 10 años, tienen pocas probabilidades de desarrollar estas aspiraciones a la edad de 14.

Otro de los resultados de este estudio fue que a pesar de que los estudiantes que expresan las visiones más positivas de la ciencia escolar son los que tienen más probabilidades de aspirar a carreras científicas, las actitudes de los estudiantes respecto a la ciencia escolar no explican completamente las aspiraciones científicas. Por lo tanto, aunque el **factor educativo** (mejora de las competencias científicas - conocimientos y actitudes) es clave para mejorar la cultura científica de la ciudadanía, no parece decisivo en el fomento de vocaciones científico-tecnológicas de los estudiantes.

Otros de los factores que diversos estudios (CRECIM 2012) apuntan pueden contribuir al fomento de vocaciones científico-tecnológicas de los estudiantes son:

- **Factor psicológico:** Relacionado con la percepción de auto-eficacia respecto a las ciencias que tienen los estudiantes de sí mismos.
- **Factor informativo:** Relacionado con el asesoramiento académico y profesional que los estudiantes (y sus familiares) reciben.
- **Factor social:** Relacionado con la imagen social de las carreras y de los profesionales científicos.

Cuando se trata de programas de ciencias fuera de la escuela, como es el caso de muchos talleres experimentales que se plantean en la actualidad, su éxito depende de las posibilidades que tienen de facilitar que los jóvenes expandan, profundicen y refuerzen las experiencias vividas relacionadas con las ciencias. La acumulación de este tipo de oportunidades de aprendizaje puede acabar

teniendo un impacto en el desarrollo de su conocimiento e interés. En general, una única actividad fuera de la escuela no suele tener un efecto inmediatamente reconocible o detectable en el desarrollo de conocimiento o interés (aunque puntualmente una experiencia potente pueda ser transformadora). Pero podría tener un efecto relativamente profundo si sirve para orientar, inspirar o motivar a un estudiante a ser más abierto a las oportunidades de aprendizaje de ciencias.

A continuación, se presentan algunas orientaciones prácticas sobre cómo incidir en algunos de los anteriores factores desde los talleres experimentales de ciencias llevados a cabo desde instituciones científicas.

3.1 ¿CÓMO MEJORAR LA PERCEPCIÓN DE AUTO-EFICACIA DE LOS ESTUDIANTES EN CIENCIAS?

Una de las primeras preguntas que los estudiantes afrontan cuando se plantean una carrera profesional es: ¿Es ésta (adecuada) para mí? La respuesta a esta pregunta pasa por alinear los intereses, valores y capacidades personales con las características de la carrera que se plantean en cuestión. En este sentido, las personas tienden a escoger carreras que reflejen sus intereses y capacidades. Está claro que las personas están más predispuestas a afrontar retos y a escoger situaciones que consideren que son capaces de manejar y, en cambio, tienden a evitar actividades que consideren que sobrepasan sus capacidades. Es por ello que cualquier iniciativa que se plantee incidir en las vocaciones científico-tecnológicas de los estudiantes debería intentar influir en su percepción de auto-eficacia, entendiendo ésta como la creencia sobre las propias capacidades para producir los niveles de realización esperados en una carrera profesional.

Como ya se apuntaba en el apartado 2, para este fin es también importante proporcionar experiencias de aprendizaje de las ciencias bien planificadas, bien organizadas, con suficiente apoyo o ayuda, y altamente participativas. La Tabla 5 resume otras características que deberían incluir las estrategias didácticas utilizadas en las acciones que se propongan incidir en la percepción de auto-eficacia de los estudiantes.

Tabla 5 Rasgos de las estrategias didácticas que pretenden mejorar la percepción de auto-eficacia de los estudiantes

Rasgos de las estrategias didácticas	Ejemplo de estrategia didáctica en un taller experimental
Usar un discurso más inclusivo / más feminizado	Explicitar las cualidades de las personas adecuadas para las profesiones científico-tecnológicas (p. ej. capacidad de análisis o de trabajo en grupo) en lugar de las actividades asociadas a dichas profesiones (p. ej. modelización matemática), ya que las últimas pueden ser menos familiares para el alumnado
Promover la vivencia de un determinado rol científico	Fomentar la participación de los estudiantes en la discusión sobre el rol de determinados profesionales científicos en la realización de actividades dentro de una línea de investigación (p. ej. ¿Qué creéis que deberían hacer los/as investigadores/as en biomedicina ahora que el fármaco X ya ha sido desarrollado por los/as investigadores/as en bioquímica?)

Usar modelos educativos no competitivos, sino de colaboración o cooperación , y de alta recompensa o refuerzo positivo	Compartir los resultados experimentales de diferentes grupos de estudiantes para minimizar el error experimental. Valorar cuando una técnica sale bien con esfuerzo, cuidado y constancia
Ayudar a reflexionar sobre las propias capacidades	Explicitar que ser mejor académicamente en letras que en ciencias o matemáticas no significa que uno/a no sea suficientemente bueno/a en ciencias o matemáticas

3.2 ¿CÓMO MEJORAR LA INFORMACIÓN SOBRE ESTUDIOS Y PROFESIONES CIENTÍFICAS?

Lo que cada estudiante sabe sobre la variedad de carreras profesionales es clave para formar su decisión final en cuanto a su profesión futura. El estudio ASPIRES (Archer et al. 2013) puso también de manifiesto que una de las implicaciones de la extendida carencia de capital científico es que la mayoría de jóvenes y sus familiares no son conscientes de que la ciencia puede conducir a rutas profesionales muy diversas más allá de los 16 años. Resulta pues imprescindible que los estudiantes **conozcan la enorme diversidad de perfiles profesionales científicos** (p. e. profesor, investigador, comunicador, emprendedor, desarrollador, ...) y **de carreras que sirven para trabajar en instituciones científicas** (Science Council 2011).

Existen muchas maneras de enseñar sobre profesiones científico-tecnológicas. Tradicionalmente, este conocimiento se ha compartido a través de figuras como asesores especializados o profesorado. Pero esta información también puede obtenerse **observando** lo que otros hacen cuando trabajan (p. ej. en un laboratorio profesional), y/o **hablando con los profesionales** sobre las tareas reales que llevan a cabo y el contexto real en el que trabajan.

Cualquier iniciativa llevada a cabo por una institución científica y que involucre a alumnado de primaria y secundaria en talleres experimentales debe ser consciente que **los profesionales responsables** de los mismos **sí o sí informan**, de manera directa o indirecta. Los estudiantes quieren y necesitan saber “de primera mano” qué se estudia y qué se hace en ciencias (y cómo se accede, etc). Por ello, es importante que esta información se haga explícita y, en la medida de lo posible, se aborden las inquietudes de los estudiantes al respecto.

3.3 ¿CÓMO MEJORAR LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA?

La toma de decisiones acerca de una carrera profesional es influenciada por la percepción social (familias, medios de comunicación, amistades, etc.) y esta percepción está conectada con la imagen de la actividad científica (por ejemplo, el impacto ambiental, el rol de los profesionales, las posibilidades de crecimiento o de innovación y creatividad).

En general, no existe una amplia conciencia de la relevancia social, de la ética o de la responsabilidad social del trabajo y de las instituciones científico-tecnológicas. También pueden existir otras barreras relacionadas con la percepción de las profesiones científico-tecnológicas como la estabilidad laboral, los salarios o el status social.

Como también han puesto de manifiesto algunos estudios (Archer et al. 2013, Ruiz-Mallén & Escalas 2012), la imagen del científico como una persona inteligente o sabia hace que muchos estudiantes consideren que la ciencia no es para ellos. Además, la imagen predominante del científico como un

hombre blanco de clase media sigue siendo un problema. Una cuestión importante que afecta a la percepción social desde una temprana edad es la cuestión de género. Las chicas tienden en menor medida a aspirar a carreras científicas a pesar de que un mayor porcentaje de chicas que de chicos tienden a puntuar las ciencias como su asignatura favorita.

Así pues, en relación a este factor, las iniciativas que promueven el trabajo experimental en talleres destinados a alumnado de educación primaria o secundaria deberían ser conscientes de estas barreras y tratar de contribuir a difuminarlas. En este sentido, algunas de las recomendaciones para abordar la cuestión de la imagen de la ciencia que se comunica desde las instituciones científicas son:

- Dar a conocer cómo es el **trabajo de la comunidad científica** explicitando o haciendo que el alumnado vivencie que:
 - No existe una sola manera de hacer ciencia o un único **método científico** universal lineal.
 - La **ciencia y la tecnología** tienen un impacto mutuo.
 - El conocimiento generado por los científicos es comunicado a toda la comunidad científica para someterse a **discusión y confrontación**.
- Romper estereotipos del avance de la ciencia reconociendo que:
 - Los/as científicos/as **no descubren verdades** sino que elaboran explicaciones o interpretaciones plausibles con carácter tentativo.
 - Las **observaciones no son neutras** (no todo el mundo observa lo mismo), sino que están orientadas por la teoría.
 - El conocimiento científico **se fundamenta** en gran medida, **pero no completamente**, en la **observación**, la **evidencia experimental**, los argumentos racionales y el escepticismo o la crítica.

4 ¿CÓMO FAVORECER EL DIÁLOGO ENTRE EL ALUMNADO Y LOS INVESTIGADORES EN LOS TALLERES EXPERIMENTALES?

Desde el marco de participación crítica o dialógico, cualquier actividad de educación científica orientada a alumnado de educación primaria o secundaria debería concebirse como un proceso de intercambio social en el que la comunicación o el diálogo es el instrumento que actúa como mediador. En este proceso, las **preguntas** tienen un papel fundamental ya que en muchas ocasiones son las que permiten establecer relaciones entre los hechos o fenómenos objeto de estudio, el conocimiento de los estudiantes y el conocimiento científico (Roca et al. 2013). Estas autoras plantean un marco de análisis de las preguntas planteadas en diferentes momentos y con objetivos distintos en el contexto de una clase de ciencias (Tabla 6).

Tabla 6 Tipos de demanda de una pregunta (Roca et al. 2013)

Categoría	Preguntas	Definición de la categoría
Descripción	¿Cómo? ¿Dónde? ¿Quién? ¿Cuántos? ¿Qué pasa? ¿Cómo pasa?	Preguntas que piden información sobre una entidad, fenómeno o proceso. Piden datos que permiten la descripción o acotamiento del hecho sobre el que se centra la atención.
Explicación causal	¿Por qué? ¿Cuál es la causa? ¿Cómo es que?	Preguntas que piden el porqué de una característica, diferencia, paradoja, proceso, cambio o fenómeno.
Comprobación	¿Cómo se puede saber? ¿Cómo lo saben? ¿Cómo se hace? ¿A través de qué método? ¿Qué evidencias hay?	Preguntas que hacen referencia a cómo se sabe o cómo se ha llegado a conocer o a hacer una determinada afirmación.
Generalización, definición	¿Qué es? ¿Pertenece a tal grupo? ¿Qué diferencia hay?	Preguntas que piden «qué es» o las características comunes que identifican una categoría o clase. También pueden pedir la identificación o pertinencia de una entidad, fenómeno o proceso a un determinado modelo o clase.
Predicción	¿Qué consecuencias? ¿Qué puede pasar? ¿Podría ser? ¿Qué pasará si...?	Preguntas sobre el futuro, la continuidad o la posibilidad de un proceso o hecho.
Gestión	¿Qué se puede hacer? ¿Cómo se puede?	Preguntas que hacen referencia a qué se puede hacer para propiciar un cambio, para resolver un problema, para evitar una situación...
Evaluación, opinión	¿Qué piensas, opinas? ¿Qué es para ti más importante?	Preguntas que piden la opinión o la valoración personal

La mayoría de estas preguntas podría ser formulada tanto al inicio de un taller experimental (*¿Cómo crees que? ¿Qué crees que...? ¿Qué sabes de...? ¿Qué te gustaría saber de...?*) como al final, según si el objetivo en cada momento es favorecer la explicitación de ideas previas del alumnado o recoger sus observaciones, explicaciones o conclusiones después de un trabajo previo.

Todos estos tipos de preguntas son pertinentes a la hora de plantear un taller experimental con alumnado y es especialmente relevante hacerles notar que la demanda es diferente en cada caso. Por ejemplo, muchos estudiantes suelen tener dificultades a la hora de distinguir entre la descripción de las observaciones que realizan (*¿Qué pasa cuando hacemos...?*) y la interpretación de los resultados o elaboración de explicaciones (*¿Por qué pasa?*) en base a un modelo teórico.

Igualmente importante para favorecer el diálogo entre los estudiantes y los investigadores en los talleres experimentales es la regulación o la devolución que los investigadores proporcionan a partir de las contribuciones, respuestas o incluso preguntas del alumnado. En este sentido, algunos tipos de preguntas como las que piden una definición o las que buscan una única “respuesta correcta” son especialmente complicadas para el alumnado dando lugar a una menor participación. Las

predicciones pueden provocar confrontación y discusión siempre y cuando no se limiten a una “pura votación” de una opción entre un conjunto, y puedan ir acompañadas de una justificación de una determinada respuesta.

Finalmente, cabe mencionar la importancia de adaptar el lenguaje científico al lenguaje del alumnado para tratar de acercar a éste hacia el conocimiento científico desde su punto de partida. A menudo, los investigadores abusan de **terminología científica** que carece de significado para el alumnado, haciendo que éste se sienta desorientado o confuso. En este sentido, las **analogías** pueden resultar un recurso especialmente útil. Por ejemplo, en biotecnología, biomedicina o bioquímica, suele utilizarse el término *diana terapéutica* para referirse a un lugar del organismo donde un fármaco ejerce su acción. Aunque el propio término podría entenderse como una analogía, los investigadores pueden contribuir al desarrollo de significados del alumnado utilizando el recurso visual de una pieza de puzzle que debe encajar en algún lugar para encontrar su foco o lugar de destino.

5 ¿CÓMO EVALUAR LA CALIDAD DE LOS TALLERES EXPERIMENTALES PARA ALUMNADO DE PRIMARIA Y SECUNDARIA?

El actual clima de políticas y toma de decisiones fundamentadas en evidencias requiere cada vez más que las iniciativas o actividades demuestren sus resultados. Y esto va mucho más allá de utilizar como indicador el número de personas de la audiencia potencial que es alcanzado.

En el ámbito de la educación, cada vez más se espera **obtener evidencias del impacto** de las iniciativas en el aprendizaje. Además, la evaluación de cualquier iniciativa de educación y comunicación científica es clave para **mejorar la calidad** global de la propia iniciativa y para **entender de qué manera contribuye a un ecosistema de aprendizaje** del alumnado más amplio (Committee on Successful Out-of-School STEM Learning et al. 2015). En general, la evaluación de una iniciativa educativa consiste en un proceso sistemático de recogida de información (datos) para mejorar la comprensión sobre cómo funciona la iniciativa respecto al fomento del interés, del aprendizaje y/o de la percepción del alumnado, y para fundamentar las decisiones al respecto.

Una evaluación puede llevarse a cabo de muy diversas formas, incluyendo estudios puntuales, estudios iterativos o cílicos de recogida de datos y reflexión, involucrando o no la participación de diversos actores implicados o relacionados con la propia iniciativa, e incluyendo un amplio espectro de métodos - cuantitativos, cualitativos o mixtos. Decidir cuándo utilizar **diferentes estrategias e instrumentos** de evaluación tiene que ver con la **madurez y objetivos** de la iniciativa o actividad y con los objetivos de la evaluación. En este sentido, la evaluación de una nueva iniciativa o actividad debería estar orientada a **proporcionar información** sobre las cualidades de su diseño e implementación (contenido y estrategias) con el propósito de **mejorarla**, a partir de la devolución proporcionada por los participantes (cómo es recibida o percibida). Cuando la iniciativa o actividad ya es más estable, una evaluación más formal podría centrarse en analizar la **eficacia**, es decir, si los objetivos esperados están siendo alcanzados. Cuando todo esto ya se ha hecho, podría pensarse en una **evaluación comparativa** para entender las fortalezas y debilidades de una iniciativa o actividad respecto a otra similar en cuanto a diseño u objetivos.

Caracterizar los rasgos distintivos de una iniciativa de educación y comunicación científica y ser capaz de **recoger, categorizar y analizar las respuestas de los participantes** son algunos de los principales retos a la hora de entender de qué manera la iniciativa en cuestión tiene un impacto o no en los participantes. En el contexto de la mayoría de iniciativas de educación científica que tienen lugar fuera de la escuela, los **cuestionarios** individuales suelen suponer una interrupción del ritmo normal de la actividad. Por este motivo, una evaluación podría combinar la administración de cuestionarios y el uso de otras estrategias menos invasivas como las **observaciones no participantes** o las **entrevistas** para medir y documentar el desarrollo de la actividad (cómo buscan ayuda los estudiantes, qué ideas comparten durante la actividad, qué dificultades surgen, etc.). Es por ello que las evaluaciones suelen llevarse a cabo en colaboración con expertos internos o externos en diferentes estrategias y diseño de instrumentos de evaluación.

A continuación, se definen de manera operativa diferentes **criterios** que pueden ser utilizados a la hora de evaluar la calidad de una iniciativa de educación y evaluación científica. También se presentan diversos **instrumentos** que pueden ser adaptados a las necesidades y características de diferentes iniciativas de educación científica. Finalmente, se presenta una propuesta de **análisis de datos** provenientes de respuestas de alumnado a un cuestionario de evaluación.

5.1 CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS TALLERES EXPERIMENTALES

La evaluación de la calidad de una iniciativa de educación y comunicación científica debería contemplar cuatro elementos clave: los objetivos que se propone conseguir, el diseño de la propia actividad, la manera en que ésta se lleva a cabo y los resultados alcanzados (Fig. 8).

Cómo medir los resultados depende en gran medida de cómo los diseñadores de una determinada iniciativa los hayan definido y de cómo entiendan los factores que pueden afectar estos resultados. ¿Qué deberían ser capaces de hacer los alumnos que han aprendido X? ¿Qué factores pueden haber influenciado su aprendizaje? Las respuestas a estas preguntas afectan la manera de diseñar una evaluación e intentar medir el aprendizaje del alumnado.

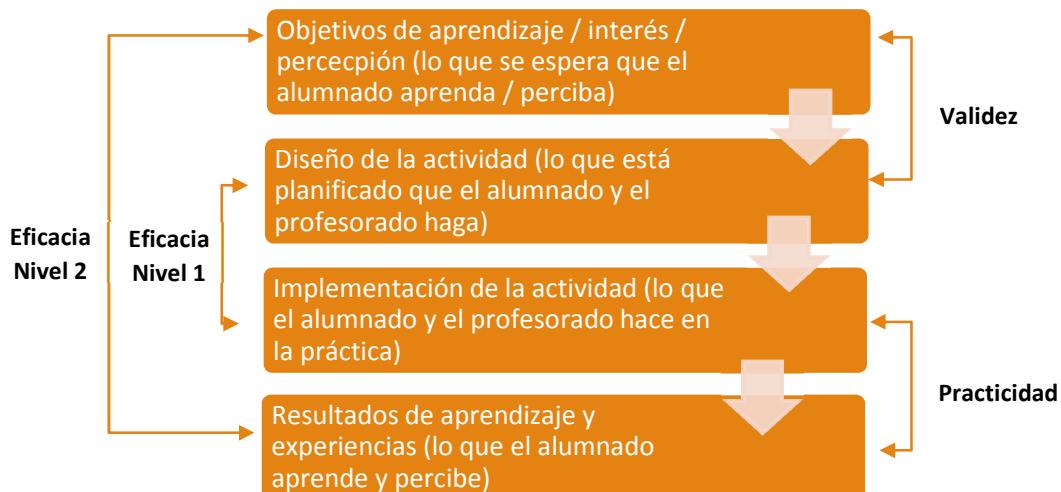


Figura 8 Elementos clave para diseñar y ejecutar la evaluación de una iniciativa de educación y comunicación científica
(adaptado de Millar et al. 1999 y van den Akker 1999)

La Tabla 7 muestra las definiciones de cada uno de los criterios indicados en la Figura 8, que pueden ser utilizados a la hora de evaluar la calidad de una iniciativa de comunicación y educación científica, como son los talleres experimentales de ciencias llevados a cabo por investigadores de una determinada institución científica. También se mencionan instrumentos de recogida de datos que podrían utilizarse en el diseño y ejecución de la evaluación de una iniciativa de educación y comunicación científica.

Tabla 7 Criterios de evaluación de una iniciativa de educación y comunicación científica

Criterio	Definición	Posibles instrumentos
Eficacia Nivel 1	Grado de consistencia entre las acciones llevadas a cabo por los estudiantes durante la implementación de una actividad y el diseño planificado de la misma	<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de observación
Eficacia Nivel 2	Grado de consistencia entre los resultados de aprendizaje, percepción e interés del alumnado de la implementación de la actividad y los objetivos esperados	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios para el alumnado
Practicidad	Grado de interés y utilidad de la actividad en condiciones “normales” percibido por los participantes (y/u otros expertos)	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios para el profesorado y el alumnado
Validez	Grado de consistencia entre los objetivos y el diseño del taller	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis crítico de la estructura y contenido de los dosieres y presentaciones que sirven de pauta para el alumnado • Protocolo de observación

5.2 INSTRUMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS TALLERES EXPERIMENTALES

Las evaluaciones que se llevan a cabo en iniciativas educativas fuera de la escuela en el formato de talleres experimentales suelen documentar los **resultados a corto término**, a pesar de que el aprendizaje suele producirse a largo término y en múltiples escenarios. En este sentido, una evaluación del impacto de una determinada iniciativa puntual de educación científica fuera de la escuela - como suelen ser los talleres experimentales - tiene más posibilidades de centrarse en los resultados a corto término sobre la **percepción del aprendizaje** o el **impacto en el interés** de los estudiantes, midiendo la eficacia de nivel 1 o 2, la validez o la practicidad. La evaluación también podría destinarse a analizar qué aporta la iniciativa o qué es distintivo de la misma, documentando su **impacto potencial** sobre alguno de los factores que contribuyen al fomento de las vocaciones científico-tecnológicas y la mejora de la cultura científica.

A continuación, las Tablas 8 y 9 muestran ejemplos de cuestionarios para alumnado y profesorado respectivamente. La Tabla 10 muestra un ejemplo de protocolo de observación, que podría ser utilizado tanto por un observador no participante como por los propios facilitadores de la actividad o taller. Estos ejemplos pueden ser adaptados a las necesidades y características de diferentes iniciativas de educación científica.

Tabla 8 Ejemplo de cuestionario para el alumnado

Formulación de la pregunta	Tipo de pregunta	¿Qué pretende evaluar?
P1. a) En el taller de hoy lo que te ha quedado <u>más</u> claro y lo que <u>mejor</u> podrías explicar a otra persona es... (Objetivos específicos de cada taller) b) Después del taller, todavía tienes dudas sobre...	Ranquin de 3 opciones (conocimientos conceptuales, procedimentales, contextuales) Pregunta abierta	Eficacia nivel 2 Impacto en la percepción de aprendizaje - Mejora de la cultura científica del alumnado
P2. Expresa tu <u>grado de acuerdo / desacuerdo</u> con las siguientes afirmaciones y justifícalo: a) El taller me ha ayudado a entender mejor contenidos tratados previamente en clase b) A pesar de las indicaciones del protocolo y de los/las investigadores/as, me he sentido perdido/da en algunos momentos c) Las explicaciones que daban los/las investigadores/as eran de mi alcance y me han servido para entender el tema d) Me he sentido capaz de realizar todas las técnicas y procedimientos durante el taller e) Haciendo este taller he sentido que soy bastante bueno para las ciencias f) El taller me ha servido para conocer qué carrera han seguido los jóvenes investigadores/as g) Ahora tengo más claro qué se hace en una institución como ésta, en concreto en el ámbito X h) Ahora tengo más claro que los/las investigadores/as en ciencias son diferentes del estereotipo típico de los científicos i) El taller me ha servido para conocer algunas de las aplicaciones de la ciencia para la sociedad	Valoración con escala de Likert de 4 puntos (Muy de acuerdo, De acuerdo, En desacuerdo, Muy en desacuerdo) Justificación – Pregunta abierta	Eficacia nivel 2 Impacto en alguno de los factores que influyen en el fomento de las vocaciones científicas: <ul style="list-style-type: none">• Educativo: ítems a, b, c• Psicológico: ítems d, e• Informativo: ítems f, g• Social: ítems h, i
P3. De las características del taller de hoy, las que te han gustado más son... a) Tema del taller – Aplicación real b) Aparatos y técnicas poco habituales en la escuela c) Dinámica de trabajo en grupo d) Conocer e interactuar con jóvenes investigadores e) Conocer un espacio donde se hace investigación científica actualmente f) Estructura del taller: introducción, experimentación g) Otros	Opción múltiple con posibilidad de seleccionar un máximo de 3 respuestas	Practicidad Grado de interés y utilidad percibida de los talleres
P4. ¿Quieres seguir una carrera científico-técnica? ¿Este taller te ha ayudado a tener más clara tu decisión?	Opción múltiple con posibilidad de seleccionar una única opción (Sí / No / No lo tengo claro)	Eficacia nivel 2 Impacto en el fomento de las vocaciones científico-tecnológicas

Tabla 9 Ejemplo de cuestionario para el profesorado

Formulación de la pregunta	Tipo de pregunta	¿Qué pretende evaluar?
P1. En el taller de hoy lo que crees que ha quedado <u>más</u> claro a la mayoría de los alumnos y lo que crees que <u>mejor</u> podrían explicar a otra persona es... (Objetivos específicos de cada taller)	Ranquin de 3 opciones (conocimientos conceptuales, procedimentales, contextuales)	Eficacia nivel 2 Percepción de impacto en el desarrollo de ideas del alumnado - Mejora de la cultura científica
P2. Expresa tu <u>grado de acuerdo / desacuerdo</u> con las siguientes afirmaciones y justificalo:		
a) El taller ha ayudado a la mayoría de alumnos a entender mejor contenidos tratados previamente en clase b) A pesar de las indicaciones del protocolo y de los/las investigadores/as, muchos alumnos se han sentido perdidos/da c) Las explicaciones que daban los/las investigadores/as eran del alcance de la mayoría de los alumnos y les han servido para entender el tema d) La mayoría de alumnos se han sentido capaces de realizar todas las técnicas y procedimientos durante el taller e) Haciendo este taller la mayoría de alumnos han podido sentir que son bastante buenos para las ciencias f) El taller les ha servido para conocer qué carrera han seguido los jóvenes investigadores/as g) La mayoría de los alumnos ahora tienen más claro qué se hace en una institución de investigación como ésta h) La mayoría de los alumnos ahora tienen más claro que los/las investigadores/as en ciencias son diferentes del estereotipo típico de los científicos i) El taller les ha servido para conocer algunas de las aplicaciones de la ciencia para la sociedad	Valoración con escala de Likert de 4 puntos (Muy de acuerdo, De acuerdo, En desacuerdo, Muy en desacuerdo)	Eficacia nivel 2 Percepción de impacto en alguno de los factores que influyen en el fomento de las vocaciones científicas del alumnado: <ul style="list-style-type: none">• Educativo: ítems a, b, c• Psicológico: ítems d, e• Informativo: ítems f, g• Social: ítems h, i
P3. De las características del taller de hoy, las que te han gustado más son...	Opción múltiple con posibilidad de seleccionar un máximo de 3 respuestas	Practicidad Grado de interés y utilidad percibida de los talleres
P4. Si pudieses hacer alguna propuesta de cambio del taller de hoy, ésta consistiría en...	Respuesta abierta	Practicidad Grado de interés y utilidad percibida de los talleres

Tabla 10 Protocolo de observación

En cuanto a la estructura del taller	
¿Se explicitan los objetivos de la práctica y de aprendizaje del taller?	<i>Distinción entre los objetivos de la sesión y los de aprendizaje</i>
¿Se intentan recuperar / explicitar las ideas iniciales / previas de los alumnos sobre el tema del taller?	<i>¿Respecto a qué aspectos – conceptuales, procedimentales, contextuales?</i>
¿Se conecta la investigación que se hace en la propia institución con el taller que se lleva a cabo (como contexto de aplicación)?	<i>¿Cómo?</i>
¿Se plantea una pregunta o problema a resolver por los alumnos/as?	<i>¿Cuál?</i>
¿Se realizan explicaciones de los nuevos contenidos?	<i>¿Cómo? ¿Cuándo?</i>
¿Se justifica cada procedimiento experimental?	<i>¿Cómo? ¿Cuándo?</i>
¿Se hace una puesta en común a modo de síntesis o estructuración de la sesión con el fin de regular algunas ideas de los alumnos?	<i>¿Cómo? ¿Qué se comenta en ella?</i>
¿Se conectan los contenidos tratados durante el taller con otros contextos a modo de aplicación o extensión del conocimiento desarrollado?	<i>¿Cómo?</i>
En cuanto a los contenidos del taller	
¿Se introducen y/o recuerdan conceptos teóricos?	<i>¿Cuáles?</i>
¿Se introducen y/o recuerdan nuevas técnicas / procedimientos?	<i>¿Cuáles?</i>
¿Se introducen aspectos de naturaleza de la ciencia (p. ej. sobre cómo se construye el conocimiento científico)?	<i>¿Qué ideas se comunican?</i>
¿Los contenidos están relacionados con los del currículum oficial de ciencias del nivel de los alumnos?	
¿Los contenidos se adaptan según el nivel del alumnado asistente (ESO / BACH)?	<i>¿Cómo?</i>
¿Se ha seleccionado un número limitado y alcanzable de contenidos para la duración del taller?	
¿Se discute la relevancia social / científica del tema tratado?	<i>¿Cómo?</i>
¿Se presenta la institución responsable del taller y la investigación que en ella se hace?	<i>¿Qué? ¿Cómo?</i>
¿Se proporciona información sobre carreras profesionales y estudios científicos?	<i>¿Cómo? ¿Cuándo?</i>
¿Se presenta el itinerario académico / profesional de los investigadores a cargo del taller?	<i>¿Cómo? ¿Cuándo?</i>
¿Se refuerzan estereotipos científicos a través del discurso (p. ej. los científicos “descubren verdades”, los científicos siguen un método rígido y son poco creativos / originales)?	<i>¿Cómo?</i>
¿Se habla de las emociones, intereses o valores de la ciencia?	<i>¿Cuáles? ¿Cómo?</i>
En cuanto al lenguaje utilizado por los investigadores	
¿El/La investigador/a utiliza diferentes tipos de lenguajes: gráfico, verbal, ...?	<i>¿Cuáles? ¿Para qué?</i>
¿El/La investigador/a utiliza terminología demasiado especializada y potencialmente alejada del alumnado?	<i>¿Cuál?</i>
¿El/La investigador/a aporta definiciones de nuevos conceptos que introduce?	<i>¿De cuáles?</i>
¿El/La investigador/a utiliza ejemplos y/o analogías para facilitar la comprensión de ciertos conceptos o términos?	<i>¿Cuáles?</i>
¿El/La investigador/a adapta el lenguaje utilizado según el nivel del alumnado asistente (ESO / BACH)?	<i>¿Cómo?</i>

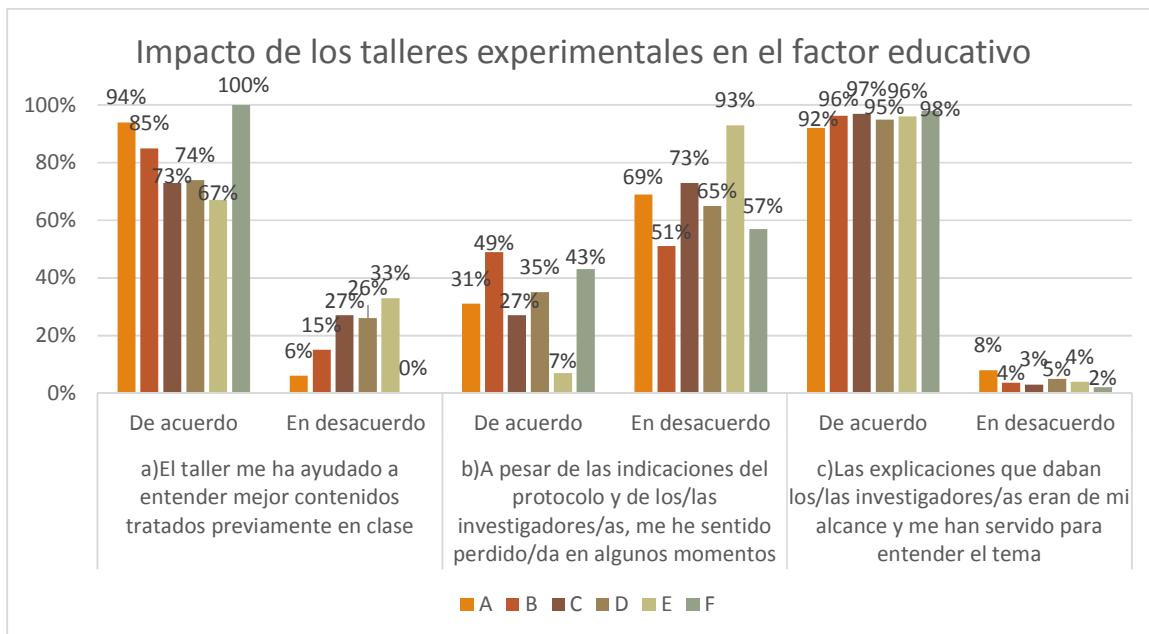
En cuanto a la interacción entre investigadores y alumnos	
¿El/La investigador/a hace constantemente preguntas a los alumnos?	
¿El/La investigador/a reformula sus preguntas si percibe que no se entienden?	
¿Las preguntas formuladas por el/la investigador/a son mayoritariamente abiertas o cerradas?	
¿El/La investigador/a da tiempo suficiente para que los alumnos respondan las preguntas?	<i>¿Qué estrategias utiliza para involucrarlos?</i>
¿El/La investigador/a da pie para que sean los alumnos los que formulen las preguntas?	<i>¿Cómo?</i>
¿Se fomenta el trabajo de los alumnos/as en pequeños grupos?	<i>¿Cuánto tiempo?</i>
En cuanto al rol del alumnado	
¿Qué proporción de tiempo está el alumnado involucrado activamente en gran grupo respecto a en pequeños grupos?	
¿Cuánto tiempo del taller se destina a que el alumnado escuche las explicaciones de los/las investigadores/as?	
¿Se promueve que los alumnos exploren libremente o han de seguir procedimientos pautados por los/las investigadores/as o el protocolo?	
¿Se promueve que escriban en el dossier?	<i>¿Cuándo?</i>
¿Se promueve que compartan sus dudas y sus ideas en gran grupo?	<i>¿Cómo?</i>

5.3 ANÁLISIS DE DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS TALLERES EXPERIMENTALES

El análisis de los datos suele ser uno de los aspectos que se da por sobreentendido. A menudo suele ser superficial, reduciéndose a un vaciado de los datos en bruto pero sin elaborarse su análisis. Sin embargo, es necesario que a la hora de realizar el análisis de los datos se tengan en cuenta aspectos como qué agrupación se puede hacer de unos datos. Sin duda, este tipo de análisis más profundo nos permitirá dar respuesta a los objetivos de la evaluación (por ejemplo, entender qué talleres experimentales dentro de un programa determinado han tenido un impacto mayor en algún factor particular o en la percepción de aprendizaje del alumnado).

Para poder hacer este tipo de análisis es necesario, por un lado, haber diseñado cuidadosamente y probado el instrumento diseñado, con el fin de caracterizar las futuras respuestas en dimensiones y categorías. Una vez recogidos los datos y vaciados utilizando herramientas de análisis adecuadas (por ejemplo, una hoja de cálculo), es necesario decidir la manera más adecuada y clara de representar los datos e interpretarlos a continuación. La Figura 9 muestra un ejemplo de evaluación comparativa de unos talleres experimentales a partir de los datos recogidos mediante cuestionarios al alumnado participante.

Figura 9 Ejemplo de evaluación comparativa de unos talleres experimentales



El gráfico representado en la Figura 9 muestra el impacto en el factor educativo percibido por estudiantes de educación secundaria participantes en diferentes talleres experimentales que tratan diferentes temas (A – F) y que son llevados a cabo por diferentes investigadores/as de la misma institución.

El análisis del ítem *a* del cuestionario (Tabla 8) muestra diferencias significativas en cuanto al impacto en la comprensión de contenidos tratados en clase. La discusión o interpretación de estos resultados podría apuntar a las diferencias del nivel de los estudiantes participantes según el curso escolar (ESO o BACHILLERATO), o a la conexión de los contenidos tratados en cada taller con el currículum oficial de educación secundaria. La posibilidad de complementar el análisis de respuestas de valoración (siguiendo una escala de Likert) con respuestas abiertas de justificación también puede arrojar luz sobre el análisis de datos. Por ejemplo, algunos alumnos responden en los siguientes términos:

“[El taller] me ha ayudado a saber utilizar el material de laboratorio pero no el temario”

Esta respuesta puede indicar que algunos alumnos claramente identifican ciertos contenidos tratados en cada taller (p. ej. procedimentales) pero no otros (p. ej. conceptuales).

“No lo habíamos tratado en clase” (1º BACH)

Esta otra respuesta reconoce que los contenidos tratados en el taller no han sido previamente tratados en clase. En cambio, el mismo taller realizado con alumnado de un curso superior podría dar lugar a resultados diferentes.

De la misma manera, el análisis de las respuestas al ítem *b* pone de manifiesto que en varios talleres, un porcentaje considerable de estudiantes reconoce haberse sentido perdido en algunos momentos. Algunas de las interpretaciones de estos resultados podrían abordar el planteamiento o estructura de cada taller o el vocabulario utilizado por los/as investigadores/as, tal y como apuntan algunas de las siguientes respuestas de diferentes alumnos:

“Me ha costado entender el vocabulario complejo”

“Era difícil saber el porqué de las cosas”

Finalmente, respecto al análisis del ítem *c*, la mayoría de estudiantes valora positivamente las explicaciones de los/as investigadores/as en todos los talleres, por ser de su alcance. Este resultado positivo podría interpretarse desde la óptica de la interacción que los/as investigadores/as generan durante cada taller con el alumnado. Algunos alumnos responden en esta misma línea:

“Las indicaciones [de los investigadores] eran claras, no eran muy técnicas”

CONCLUSIONES

Cada vez es más frecuente la promoción de iniciativas de difusión científica desde instituciones científicas y Unidades de Cultura Científica y uno de los formatos más populares es el de talleres de trabajo práctico o experimental en espacios destinados a tal fin. Dado que no es frecuente que los profesionales científicos hayan recibido una formación específica en comunicación científica, esta guía y los ejemplos que recoge proporcionan orientaciones bien fundamentadas, con el fin de facilitar el diseño, implementación y evaluación de talleres experimentales de comunicación y educación científica.

La guía pone un énfasis importante en el (re-)planteamiento de los objetivos perseguidos por las instituciones científicas o por algunos de sus miembros a título individual cuando se proponen diseñar y llevar a cabo talleres experimentales para estudiantes de primaria o secundaria. Al tener estos talleres un componente educativo, se persigue con esta guía invitar a la reflexión sobre qué se puede esperar de los participantes y cómo contribuir a cada objetivo con un diseño e implementación coherentes. De nuevo, partiendo de unos objetivos claros y acotados, y disponiendo de unas estrategias e instrumentos adecuados, es posible plantear una evaluación de la calidad de cualquier iniciativa de comunicación científica que involucre estudiantes y profesores de la escuela primaria o secundaria.

REFERENCIAS

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30 (14), 1945 - 1969.
- Archer, L., Osborne, J., DeWitt, J., Dillon, J., Wong, B., & Willis, B. (2013). *ASPIRES: Young people's science and career aspirations, age 10-14*. London: King's College London.
- Baram-Tsabari, A. & Osborne, J. (2015). Bridging science education and science communication research. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (2), 135-144.
- Besley, J. C., Dudo, A. & Storksdieck, M. (2015). Scientist' views about communication training. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (2), 199-220.
- Committee on Successful Out-of-School STEM Learning, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council (2015). Identifying and Supporting Productive STEM Programs in Out-of-School Settings. Washington D.C.: The National Academies Press.
- CRECIM (2012). Career decisions: which factors influence career choices and how do people make career decisions? *Observatory Methodology*. Public Report of the InGenious - ECB project. Retrieved from http://www.ingenious-science.eu/c/document_library/get_file?uuid=e234e812-67eb-4fc4-b05f-1b51e074614e&groupId=10136.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Chapter 1. The fallacy of induction in science teaching (pp. 1-10). Milton Keynes: Open University Press.
- EVERIS (2012). Factores influyentes en la elección de estudios científicos, tecnológicos y matemáticos.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M., Karikorpi, M., Lazoudis, A., Pintó, R. & Welzel-Breuer, M. (2015). Science Education for Responsible Citizenship. Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Millar, R., Le Maréchal, J.F. & Tiberghien, A. (1999). 'Mapping' the domain: Varieties of practical work. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), *Practical work in science education—Recent research studies* (pp. 33–59). Roskilde/Dordrecht, The Netherlands: Roskilde University Press/Kluwer.
- Millar, R. (2009). Analysing practical activities to assess and improve effectiveness: The Practical Activity Analysis Inventory (PAAI). York: Centre for Innovation and Research in Science Education, University of York.
- OCDE (2013). The 2015 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>.

Osborne, J. & Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. A Report to the Nuffield Foundation.

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177 – 196.

Roca, M., Márquez, C. & Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: Una propuesta de análisis. *Enseñanza de las ciencias*, 31 (1), 95-114.

Ruiz-Mallén, I. & Escalas, M. T. (2012). Scientists seen by children: A case study in Catalonia, Spain. *Science Communication*, 34 (4), 520-545.

Science Council (2011). *10 types of scientist*. From: <http://sciencecouncil.org/about-us/10-types-of-scientist/>

van den Akker, J. (1999). Principles and methods of development research. In J. van den Akker, R. Branch, K. Guftanson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 1-14). Boston: Kluwer.

Contacto

crecim@uab.cat

Cómo citar esta guía

Hernández, M. I. & Couso, D. (2016). *Comunicando ciencia en talleres experimentales para estudiantes de educación primaria y secundaria: Aportaciones de la didáctica de las ciencias experimentales al diseño, implementación y evaluación de talleres de comunicación científica*. Universitat Autònoma de Barcelona.