

Para evaluar la competencia científica, el primer requisito imprescindible es establecer con claridad qué rasgos personales caracterizan la posesión, en algún grado, de esta competencia por los escolares. Lograda esa caracterización, el problema didáctico se centra en determinar momentos, procedimientos y herramientas adecuadas para estimar la presencia y nivel de desarrollo de los aspectos identificadores de la competencia científica en el alumnado. En este artículo se parte de la consideración de esta competencia como un conjunto integrado de capacidades en relación con el conocimiento científico y se trata de especificar, para cada una de ellas y para el conjunto de las mismas, rasgos indicadores del nivel alcanzado en cada escolar.

**PALABRAS CLAVE:** *Competencia científica; Evaluación; Conocimiento escolar; Ciencia; Entorno cotidiano.*

MONOGRAFÍA

## ¿Cómo evaluar la competencia científica?

pp. 5-17

Pedro Cañal\*

Universidad de Sevilla

Recientemente formulamos una definición global de la competencia científica<sup>1</sup> como un conjunto integrado de capacidades personales para utilizar el conocimiento científico con el fin de: a) describir, explicar y predecir fenómenos naturales; b) comprender los rasgos característicos de la ciencia; c) formular e investigar problemas e hipótesis; y d) documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él (Pedrinaci y otros, 2012). Subrayando que el grado de competencia científica global que posea un alumno dependerá, en última instancia, de la validez que tengan sus actuaciones en las situaciones problemáticas cotidianas que haya de afrontar. Así pues, si enfocamos la enseñanza a impulsar

el desarrollo de la competencia científica, con todos los cambios que implica esta opción, se nos plantean inmediatamente a los profesores dos cuestiones básicas: ¿cómo evaluar si nuestra actuación en el aula está contribuyendo efectivamente al avance de esta competencia? y ¿cómo abordar la evaluación de la misma en nuestros alumnos?

Para dar una buena respuesta a las preguntas anteriores hay que tener en cuenta las características de esta competencia. Sabemos que implica el dominio de conocimientos teóricos, conocimientos prácticos (destrezas) y actitudes, pero de una manera integrada, no como suma de pequeñas subcompetencias de uno u otro tipo. Como reseñan Yus y otros (en prensa), incluso la evaluación PISA parece atomizar

\* Dirección de contacto: pcanal@us.es

<sup>1</sup> Este artículo se basa en parte en el capítulo 11 del libro de Pedrinaci, Caamaño, Cañal y de Pro (2012) *El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona, Graó, que titulamos "La evaluación de la competencia científica requiere nuevas formas de evaluar los aprendizajes"

☒ Artículo recibido el 15 de noviembre de 2012 y aceptado el 8 de diciembre de 2012.

la noción de competencia, alejándose con ello de la concepción holística original, al evaluar capacidades aisladamente, lo que posiblemente no permita mostrar con rigor el grado de adquisición por los estudiantes. Al requisito de integración se añade el de saber emplear esos conocimientos en diferentes contextos y situaciones, pues no se trata tan sólo de aprender a realizar una determinada tarea más o menos compleja sino de saber utilizar esos aprendizajes integrados ante muy diversos problemas. Y tener en cuenta, por último, que la competencia científica no es algo que se posea o no en términos absolutos, sino que su desarrollo es un proceso continuo en el que hay distintos grados, de forma que ésta podría y debería progresar a lo largo de la escolaridad y más allá de la misma.

### La evaluación del desarrollo de la competencia científica

El enfoque de competencias, de acuerdo con el conocimiento actual al respecto (OCDE, 2002, 2006, 2008; Comisión Europea, 2004; Monereo, 2005; Cañas, Martín y Nieda, 2007; Marina y Bernabeu, 2007; Zabalá y Arnau, 2007; Goñi, 2008; de Pro, 2011; Pedrinaci y otros, 2012; Cañal, 2012), exige al profesor una atención especial al desarrollo de aprendizajes con alto nivel de significatividad, integración y funcionalidad (lo que hemos denominado nivel SIF, en adelante)<sup>2</sup>. Será necesario por tanto que privilegie metas, procedimientos, instrumentos e indicadores de referencia adecuados para promover y estimar el nivel SIF de los conocimientos que se generan en el aula. Pero es obvio que para ello no bastarán las estrategias de enseñanza y de evaluación habituales, sino alternativas

didácticas expresamente diseñadas para lograr el avance de la competencia científica y procesos de evaluación válidos para explorar ese progreso.

De acuerdo con la caracterización que hemos realizado, la capacidad global para emplear correctamente los esquemas de conocimiento científico-escolar, frente a problemas particulares que se planteen al alumnado, depende principalmente de tres variables:

1. El nivel de significatividad, integración y funcionalidad (nivel SIF) de los aprendizajes básicos que conforman sus esquemas de conocimiento científico-escolares.

2. El grado de desarrollo de cada una de las capacidades definitorias de la competencia científica, que especificamos en Pedrinaci y otros (2012) y que desarrollamos en los puntos siguientes. Unas capacidades que progresan, a su vez, en la medida en que aumenta el nivel SIF de cada uno de los aprendizajes realizados y estos se interrelacionan entre sí, mejorando la configuración de sus esquemas de conocimiento y actuación.

3. El grado de competencia científica global, que depende de los niveles de desarrollo de cada una de las capacidades mencionadas, pero también, muy especialmente, del progreso de la integración entre sí de éstas, así como de la capacidad de cada escolar para emplearlas en nuevas situaciones-problema.

En lo que sigue, nos detendremos en caracterizar las capacidades de cuyo progresivo desarrollo e integración depende el avance de la competencia científica, organizándolas en función de cuatro dimensiones interrelacionadas: conceptual, metodológica, actitudinal e integrada. Y en función de esa caracterización propondremos, a título de ejemplo, posibles tareas de evaluación e indicadores de referencia.

<sup>2</sup> Significatividad, integración y funcionalidad no son aspectos independientes en el aprendizaje. Un aprendizaje más significativo lo es precisamente porque establece conexiones con otros, formando parte de esquemas más amplios; es decir, más integrados. Mayor significatividad e integración de los aprendizajes suele corresponderse también con una más amplia funcionalidad de lo aprendido, al poseer más conexiones con vivencias y constructos personales, que se generaron en contextos vitales semejantes a los posibles nuevos contextos de aplicación del saber. Tiene sentido, pues, referirnos al nivel SIF de los aprendizajes, como una característica integrada de los mismos.

## Dimensión conceptual

Incluimos en esta dimensión tres capacidades, que se caracterizan a continuación.

### ***1. Capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales.***

Esta capacidad se desarrolla en función de la calidad de los aprendizajes básicos realizados. Es decir, en relación con el nivel SIF de los conocimientos del alumnado sobre los principales conceptos y modelos científico-escolares que vaya trabajando. Esto implica, no sólo comprender y saber relacionar entre sí esas ideas, sino también saber usarlas para describir, explicar o predecir cosas o fenómenos de la realidad cotidiana.

Pero el carácter integrado del nivel SIF no es un obstáculo para que, a efectos de análisis, veamos los rasgos más específicos de la evaluación de cada una de esas tres componentes.

Veamos, a título de ejemplo, metas, procedimientos y criterios de evaluación que puedan resultar adecuados en la evaluación de aprendizajes relativos a modelos científico-escolares concretos (como pueden ser los de materia, ser vivo, animal, planta, célula, ecosistema, suelo, máquina, etc. ).

#### ***1.1. Evaluación del grado de significatividad de aprendizajes básicos concretos.***

Sabemos que evaluar la significatividad de un saber implica explorar en qué medida el alumno comprende lo que ha aprendido; es decir, determinar hasta qué punto sus nuevos conocimientos integran aspectos sustanciales de los nuevos contenidos con elementos del saber anterior e incluyen nexos con los grandes esquemas interpretativos y de acción que ya poseía el escolar.

Pero la significatividad no es, evidentemente, una cuestión de todo o nada sino de grado. El avance de la significatividad de nuestros aprendizajes se produce cuando vamos asimilando y reconstruyendo los contenidos, al establecer relaciones entre datos, conceptos, destrezas y actitudes que modifican el saber anterior;

es decir, por medio de la progresiva reorganización y mejora de los esquemas iniciales de comprensión y de actuación sobre aspectos y situaciones específicas de la realidad.

Por tanto, para evaluar el grado de significatividad de los aprendizajes en un campo concreto, son necesarias situaciones e instrumentos de evaluación que permitan, por una parte, poner de manifiesto la forma en que el escolar es capaz de utilizar sus conocimientos en momentos y contextos dados, para interpretar determinados hechos y fenómenos de la naturaleza empleando los aprendizajes cuya significatividad queremos evaluar. Y, por otra, valorar la distancia existente entre los conocimientos empleados por el escolar y unas formulaciones o actuaciones de referencia, unos indicadores del grado de significatividad (bajo, medio o alto), como son los siguientes:

- a) saber exponer lo aprendido utilizando las propias palabras;
- b) exponer ejemplos personales pertinentes, relativos a lo aprendido;
- c) saber emplear el conocimiento personal en relación con un nuevo contenido, contexto o experiencia;

Así, por ejemplo, si se tratara de evaluar el grado de significatividad de aprendizajes sobre la biología de las plantas en secundaria podríamos centrar el análisis en cuatro indicadores sobre aspectos que son fundamentales para la comprensión de las características de las plantas fotosintéticas:

- El grado de coherencia de las producciones y respuestas del alumnado con el modelo científico-escolar de referencia.
- Los criterios que utilizan para decidir qué puede, o no, ser considerado como una planta.
- El uso que hacen de sus conocimientos para interpretar la anatomía específica y aspectos particulares de la fisiología de una planta concreta. Y para hacerlo basándose en la amplia diversidad de adaptaciones evolutivas existentes para la realización de las funciones vitales de los seres vivos.

- En casos poco complejos, determinar los tipos de datos y argumentos que emplean para explicar la distribución de una especie vegetal en un ecosistema del entorno, en función de aspectos anatómicos, fisiológicos y de impacto humano.

Concretando aún más, hay que destacar qué cuestiones sobre esos bloques de conocimiento de la biología de las plantas verdes podríamos seleccionar y mediante qué actividades evaluarlas. Evitando cuestiones que puedan sugerir simples contestaciones memorísticas, elegir aspectos que exijan respuestas reflexionadas y construidas a partir de los conocimientos y vivencias personales del alumnado, dando prioridad a actividades de evaluación (debates, ensayos personales, experiencias, investigaciones, etc.) centradas en cuestiones como las siguientes:

- El cuerpo de las plantas tiene una gran proporción de átomos de carbono. ¿De dónde los obtiene?
- ¿Qué harías para saber la proporción de agua que tienen distintas especies de plantas?
- ¿En qué partes de una planta (por ejemplo, una zanahoria o un alcornoque) consideras que hay células y en cuáles no?
- ¿Cómo sabe una célula de una hoja, por ejemplo, qué proteínas debe fabricar?
- ¿Todas las células de un árbol tienen el mismo ADN? Si es así, cómo son tan diferentes, por ejemplo, las células de la raíz, de una hoja y las que forman parte de sus flores?
- ¿De dónde consigue cada célula de una ortiga los nutrientes inorgánicos y orgánicos que necesita?
- ¿Una manzana o una lechuga está viva cuando te la comes?
- ¿Por qué las plantas verdes expulsan oxígeno a la atmósfera a pesar de que consumen oxígeno al respirar?
- ¿Por qué algunos alumnos piensan que las plantas respiran al revés que los animales, cuando respiran igual?
- ¿Para qué hace la fotosíntesis una planta?
- ¿En qué se parece la fotosíntesis y la digestión de los alimentos que hacemos los animales, en cuanto a sus fines?
- ¿Por qué nos dicen muchas veces en nuestras casas que no debemos dormir con plantas en nuestro cuarto?
- ¿Cómo sobreviven los árboles de hoja caduca cuando las pierden?
- ¿Por qué cuando se pide a alguien que pinte una flor suele dibujar una margarita, que no es una flor?
- ¿Qué relación hay entre las flores y los frutos en plantas como el jaramago, olivo, higo, pera, girasol, etc.?
- ¿Cómo es posible que estructuras corporales tan distintas como las de un pequeño musgo y las de una encina sirvan por igual para realizar unas mismas funciones vitales?
- ¿En qué se parecen y en qué se diferencian los estambres de las flores que diseminan el polen por insectos y las que lo hacen por el aire?
- ¿En qué se parecen y en qué se diferencian una semilla de alpiste y un huevo de gusano de seda?
- ¿Podemos comparar la hoja de una planta y una placa fotoeléctrica?
- ¿A qué se puede deber que una especie de planta sea abundante en una determinada zona de un ecosistema y muy escasa o inexistente en otra?
- ¿Qué puede hacer que una especie de planta se extinga en un ecosistema?
- ¿Por qué en las ciudades crecen, entre otras plantas silvestres, muchas ortigas, cardos y jaramagos y nunca encontramos otras plantas que son muy comunes en los campos próximos?
- ¿Podría sobrevivir una acacia en las praderas africanas, o una ortiga en la ciudad, sin sus espinas?
- ¿Por qué la mayor parte de los árboles tienen el tronco recubierto por una corteza?
- ¿Por qué son tan dulces y alimenticios algunos frutos? ¿le reporta ello algún beneficio a la planta que los produce?
- ¿Qué ventaja tienen las “plantas carnívoras” respecto a las que no lo son?

### 1.2. Evaluación del nivel de integración de los aprendizajes básicos.

La integración del saber avanza en la medida en que actitudes, conceptos y destrezas se desarrollan “internamente” (asimilando nuevos datos y experiencias) y “externamente” (estableciendo vínculos con otros conceptos y destrezas), mediante los ajustes y reajustes entre aprendizajes exigidos por los procesos de modelización. Para evaluar la medida o el grado en que los conocimientos del alumnado están interrelacionados debemos recurrir al análisis de sus producciones. Pueden ser especialmente útiles, en el caso de la biología de las plantas (que hemos tomado como ejemplo), el análisis de los registros obtenidos en el curso de actividades de evaluación como las siguientes:

- *Actuaciones personales del alumnado en determinadas situaciones-problema:* ¿Qué debería poder observar/detectar un robot enviado a un lejano planeta para saber si en el mismo hay seres vivos que hacen fotosíntesis?
- *Respuesta personal o colectiva a cuestionarios:* cuestionario de concepciones sobre la nutrición de los seres vivos, comparando los autótrofos con los heterótrofos.
- *Tareas de autoevaluación del alumnado:* ¿Qué dudas se me plantean al reflexionar sobre la posibilidad de que haya plantas en otros planetas?
- *Diario de clase del estudiante:* Pedir al alumnado que exprese en su diario: a) todas las relaciones que establece entre los conocimientos que se van trabajando en clase y b) las que realiza entre éstos nuevos contenidos y sus ideas y experiencias personales.
- *Carpeta de trabajo personal o de equipo:* Como en el caso del diario de clase.
- *Realización o interpretación de mapas conceptuales:* Dados unos determinados conceptos relativos a la biología de las plantas, elaborar un mapa conceptual que los relacione mediante nexos explicativos de la relación. O bien, dado un mapa conceptual, explicar ordenadamente su contenido.

- *Debates que promuevan la argumentación:* ¿Podría existir un mundo en el que sólo existiesen seres autótrofos? ¿Y uno en el que no hubiera autótrofos?
- *Respuesta a preguntas de examen:* Preguntas especialmente diseñadas para explorar el grado de integración de los conocimientos del alumnado.
- *Elaboración e implementación de proyectos de investigación:* Tareas de diseño, desarrollo y comunicación de resultados sobre alguno de los interrogantes planteados en los puntos anteriores.

### 1.3. Evaluación de la funcionalidad de los aprendizajes básicos.

El grado de funcionalidad de un aprendizaje se relaciona con la validez del mismo para utilizarlo adecuadamente en otras situaciones, escolares y extraescolares. La funcionalidad de un aprendizaje sobre la estructura de las flores, derivado del estudio del esquema-tipo de sus partes que suele incluirse en los textos escolares, será sin duda muy inferior al aprendizaje que se produzca mediante reiteradas actividades de observación y de reflexión sobre flores reales del entorno. En el primer caso el alumnado puede aprender los nombres de esas partes y salir airoso de una pregunta de examen típica al respecto. Podrá reproducir el esquema y los nombres de las partes pero, en la mayoría de los casos, tendrá enormes dificultades o incapacidad para interpretar adecuadamente la anatomía de flores comunes en su entorno como las del jaramago, la margarita o la ortiga. ¿Qué utilidad tiene ese conocimiento “general” si no es válido para entender, por ejemplo, la relación entre la flor y los frutos del jaramago; o para darnos cuenta de que cuando realizamos el rito cultural del “*me quiere, no me quiere*” con una margarita no estamos arrancando los pétalos de una flor, sino las flores externas de una inflorescencia; o apreciar que la ortiga o los ficus sí tienen flores, aunque no llamen la atención y no respondan tampoco al esquema general que aprendimos? Evaluar la funcionalidad de los conocimientos del alumnado sobre, en este ejemplo, la estructura de las flores, impli-

ca comprobar en qué medida los aprendizajes realizados son válidos para comprender la anatomía y funcionamiento de las flores reales del entorno cotidiano.

## **2. Capacidad de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas.**

Implica saber usar conceptos y modelos científico-escolares para detectar que unos hechos o circunstancias son problemáticos, en dónde radica el problema, cómo ha podido generarse y posibles soluciones o respuestas fundamentadas a los interrogantes. Es decir, apercibirse de que unos hechos le plantean interrogantes para los que no tiene una respuesta inmediata y reflexionar al respecto, formulando posibles causas y consecuencias de los mismos, así como posibles explicaciones y líneas de actuación para darles respuesta o solución.

Son indicadores de esta capacidad:

- Entender el problema: qué interrogantes plantea y qué debe conocerse para dar respuesta a los mismos.
- Determinar si se trata probablemente de un problema abordable o si, por su naturaleza y por cómo está planteado, no parece posible que se le pueda dar solución o respuesta.
- Establecer con fundamento si es o no un problema relevante para la ciencia o para el estudiante.
- Determinar qué relación guarda el problema analizado con otros problemas próximos.
- Enunciar posibles respuestas o soluciones que se podrían dar inicialmente al problema, a título de hipótesis.

Como ejemplo sobre la evaluación de esta capacidad podemos analizar las producciones de los estudiantes en el curso de actividades relacionadas con el trabajo en el aula sobre el problema siguiente: *¿Por qué cuando vemos que se aproximan nubes muy negras pensamos que va a llover mucho y con frecuencia es así?* Un análisis adecuado del problema, revelador del nivel

de desarrollo de esta capacidad, podría basarse en indicadores como los siguientes:

- El estudiante se plantea al respecto preguntas: ¿Por qué algunas nubes son muy oscuras y otras más claras o blancas? ¿Por qué razón la nubes más oscuras suelen ser indicadoras de tormenta, con fuertes lluvias? ¿Es cierto que, como se dice, estas nubes negras “están cargadas de agua” y por eso son oscuras? ¿Por qué llueve? ¿Por qué estas nubes producen lluvia muy intensa, con gotas de grueso calibre o, a veces, granizo? ¿Cómo saben los meteorólogos cuándo y en qué lugares va a haber tormentas?
- El estudiante es capaz de interesarse personalmente por encontrar respuesta a preguntas como las anteriores.
- Relaciona este problema con otros como: por qué se producen los rayos y truenos; qué diferencia hay entre el granizo y la nieve; por qué cuando hay presión atmosférica baja se forman borrascas; por qué se forman huracanes en el Caribe; etc.
- El estudiante no se limita a plantear preguntas como las anteriores, sino que es capaz de formular explicaciones basadas en sus conocimientos y experiencias anteriores.

## **3. Capacidad de diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas de la realidad.**

El avance de esta capacidad implica progresar en la comprensión de para qué, con qué fundamento y cómo se elabora el conocimiento científico. Pero no es fácil para el escolar llegar a distinguir entre los fines, los fundamentos y los métodos de la investigación científica, y los propios de otras aproximaciones a la realidad. En la vida cotidiana, por ejemplo, basta con que una noticia se divulgue con alguna apariencia de cientificidad para que sea considerada como saber científico (con la aureola de verdad incontestable que se le suele otorgar).

El desarrollo consistente y efectivo de esta capacidad es mucho más exigente y requiere progresar coordinadamente en varios aspectos:

a) Comprender para qué y con qué fundamento se elabora el conocimiento científico.

b) Entender cómo se elabora el saber científico y cuándo, y por qué, se modifica.

c) Saber detectar qué características hacen que otros conocimientos no puedan ser considerados científicos.

d) Distinguir entre fuentes de información fiables y no fiables, desde el punto de vista científico. Y saber contrastar varias fuentes para comprobar la coincidencia y acuerdo científico o discrepancia existente.

Son situaciones especialmente interesantes para evaluar esta capacidad los debates, reflexiones u otros formatos de tareas que promuevan la discusión y la argumentación del alumnado en torno al carácter científico o no de campos como la astrología, la medicina homeopática, el “diseño inteligente” o algunos productos comerciales como el “agua imantada”, “las pulseras del equilibrio”, etc. Se tratará, en cualquiera de estos casos, de analizar la capacidad del alumnado para distinguir el carácter científico o no científico de un determinado campo de conocimiento, una teoría, una noticia, una propaganda, etc., en función de características como sus fines, el tipo de problema abordado, la fundamentación disponible al respecto en libros o Internet, la forma de exponerlo, las conclusiones a las que se llega, etc.

## Dimensión metodológica

Consideramos en esta dimensión las cuatro capacidades que siguen.

### 4. Capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación.

Identificar problemas científicos, es decir, problemas que se puedan investigar desde los fundamentos y metodologías científicas, es una de las características definitorias de la competencia científica. Que el alumnado sea capaz de detectar aspectos problemáticos que se puedan abordar desde la ciencia es un aprendizaje im-

portante, junto con los de formular posibles hipótesis al respecto y planificar la contrastación de las mismas.

Pueden ser buenos indicadores de esta capacidad los siguientes:

– *Saber observar y concentrar la atención.*

Puede evaluarse en tareas dirigidas a detectar problemas o preguntas científicas en una situación dada y explicar en dónde radica el problema. El profesor puede, por ejemplo, narrar una situación concreta y el alumnado tendría que intentar detectar algún problema o interrogante que esté presente o se derive del relato.

– *Formular problemas en forma científicamente abordable.* En el caso anterior, o en otras situaciones, se podría proponer al alumnado que reflexione sobre una formulación inicial dada de un interrogante, a fin de mejorar la precisión con que se define y, con ello, lograr que pueda someterse a estudio científico con más posibilidades de éxito. Partiendo, por ejemplo, de una pregunta como *¿Los animales ven como nosotros?*, podría analizarse la capacidad de los escolares para apreciar que esa pregunta puede referirse a distintos aspectos de la visión de distintas especies de animales, que podrían diferir mucho entre sí. Se evaluaría, entonces, la capacidad existente (individual, de equipo o del colectivo de la clase) para mejorar el enunciado precisando, por ejemplo, en qué especie concreta se investigaría este interrogante y a qué aspecto de la visión se refiere la pregunta (si tienen o no la misma agudeza visual que nosotros, si poseen mayor o menor capacidad para ver por la noche, si ven el color como nosotros o sólo en tonalidades de gris, etc.).

– *Formular posibles hipótesis o explicaciones que resuelvan el problema.* Al igual que en la detección y formulación adecuada de problemas que puedan investigarse, en la formulación de explicaciones o hipótesis también hay un proceso de mejora a recorrer. Las hipótesis propuestas han de poseer alguna base de fundamentación constatable y su formulación debe ser suficientemente clara y explícita para que pueda someterse a contrastación en la práctica. En el caso anterior, si el problema se hubiera formulado finalmente como: *“¿El ratón albino*

de laboratorio tiene capacidad para distinguir los colores del espectro visible humano?”, una hipótesis que denotaría un escaso desarrollo de esta capacidad sería, por ejemplo: “El ratón albino de laboratorio ve los colores como nosotros”, pues se trata de una explicación ambigua, que no resulta fácil de investigar. En el extremo opuesto, una formulación del tipo: “Es probable que los ratones albinos de laboratorio perciban sólo tonalidades de gris, ya que las poblaciones silvestres y no albinas de *Mus musculus* tienen sobre todo vida nocturna”, mucho más precisa y fundamentada, denotaría un desarrollo notable de esta capacidad.

– *Diseñar planes de investigación.* Una buena definición del problema a investigar y de la hipótesis a contrastar abre el camino para concretar un proyecto de investigación, pero este tipo de tarea tiene sin duda gran dificultad y requiere de múltiples experiencias apoyadas por el profesor para progresar en su dominio. Son aspectos clave e interrelacionados en la evaluación de este aspecto, como indicadores:

- La coherencia entre la formulación del problema, las hipótesis enunciadas y las tareas, procedimientos e instrumentos de investigación incluidos en el proyecto de investigación, para dar respuesta a los interrogantes planteados.
- La validez de las tareas, procedimientos e instrumentos previstos para lograr los datos que son necesarios para contrastar las hipótesis enunciadas.
- La validez de los procedimientos seleccionados para el tratamiento de los datos obtenidos.

### 5. Capacidad de obtener información relevante para la investigación.

Esta capacidad incluye la posesión de criterios y procedimientos adecuados para: a) buscar, valorar y seleccionar fuentes de información fiables y relevantes para la cuestión investigada; y b) obtener información valiosa de cada fuente. Se trata por tanto, como en el resto de capacidades anteriores, de una capacidad compleja que integra diversos aprendizajes de procedimientos

y destrezas científico-escolares, cuyo desarrollo e integración exige proporcionar al alumnado ocasiones reiteradas de participar activamente en procesos de investigación escolar.

La evaluación de esta capacidad puede centrarse en el análisis de la destreza del alumnado en tareas como:

- Buscar y seleccionar fuentes de información fiables y relevantes (el entorno natural, libros, videotecas, archivos, Internet, etc.). Mediante el análisis del grado de destreza en el uso de criterios de fiabilidad y relevancia en estas búsquedas y en los procesos de selección de fuentes.
- Seleccionar información fiable y relevante (cualitativa y cuantitativa) en esas fuentes. Mediante el análisis de la destreza personal en el uso de procedimientos e instrumentos de búsqueda, observación y experimentación para la obtención de datos, así como de los criterios de fiabilidad y relevancia que se aplican en la selección de esos datos.

### 6. Capacidad de procesar la información obtenida.

El mayor o menor desarrollo de esta capacidad reside en la habilidad del alumnado para llevar a cabo cada una de las tareas necesarias para organizar e interpretar adecuadamente los datos obtenidos.

La evaluación del nivel de desarrollo de esta capacidad puede centrarse en el análisis de la destreza de los escolares en las tareas de:

- *Resumir:* localizar los datos e ideas principales y sintetizarlos con exactitud y concisión.
- *Comparar:* localizar las principales coincidencias y discrepancias cualitativas o cuantitativas.
- *Clasificar:* determinar criterios que permitan establecer categorías de clasificación adecuadas en función de los mismos.
- *Cuantificar:* determinar cantidades, frecuencias, medias, etc.



- *Leer y hacer tablas y gráficos*: traducir datos a formas de expresión gráficas que permitan poner de manifiesto algunas de sus características.
- *Establecer relaciones*: de orden, de magnitud, causales, correlacionales, etc.
- *Interpretar resultados*: establecer su significado en relación con las hipótesis.
- *Debatir argumentando*: contrastar y defender o poner en duda con argumentos bien fundamentados las ideas personales y ajenas (Jiménez Aleixandre, 2010).

### **7. Capacidad de formular conclusiones fundamentadas.**

Se trata ahora de explorar la capacidad del alumnado para, a partir de los resultados obtenidos en un estudio, formular conclusiones relativas a los objetivos, problemas, hipótesis y metodología de la investigación, teniendo en cuenta, en su caso, resultados y conclusiones de investigaciones anteriores sobre la problemática investigada.

Será preciso determinar el grado en que es capaz cada estudiante, cada equipo de investigación o la clase, de realizar tareas como las siguientes:

- Formular conclusiones fundadas en hechos, datos, observaciones o experiencias, con carácter de pruebas, coherentes con los planteamientos, resultados y antecedentes de la investigación.
- Ajustar las conclusiones a los resultados, sin conclusiones aventuradas o sin fundamento.
- Redactar las conclusiones basándose en una argumentación bien fundamentada, que tome en consideración, en su caso, datos y conclusiones aportadas por otras personas o estudios anteriores.

Posiblemente lo más adecuado sea abordar estos análisis evaluativos en situaciones de enseñanza y aprendizaje que exijan al alumnado poner en práctica su capacidad y sus aprendizajes concretos en relación con tareas de identificación e investigación de problemas relativos a

la ciencia y la tecnología, situados en contextos próximos a los cotidianos, como podrían ser: ¿por qué no funciona el ventilador que hay en el aula?; ¿qué alimentos prefieren estos caracoles?; ¿puede vivir una planta con clorofila encerrada herméticamente en un vivario de cristal?; ¿cómo podemos saber por observación cuándo es el equinoccio de primavera?

### **Dimensión actitudinal**

En esta dimensión consideramos las tres capacidades que siguen.

#### **8. Capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla.**

Es decir, en contextos de investigación escolar y de toma de decisiones, valorar positivamente las informaciones procedentes de fuentes y procedimientos científicamente fiables y ser críticos con aquellas que no reúnan esos requisitos.

Son muchas las situaciones y tareas en las que es posible evaluar esta capacidad. Veamos una de ellas. Es común, por ejemplo, la recepción por email de mensajes semejantes al que se reproduce seguidamente (un mensaje real, localizable en Internet):

VICERRECTORADO Y SERVICIOS GENERALES UNIDAD DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Camino del Pozuelo s/n, 16071 Cuenca  
Investigadores de la Universidad de Princeton han descubierto algo aterrador. Durante varios meses estuvieron alimentando a dos grupos de ratones, un grupo con comida guardada en una nevera, y al otro con comida guardada en una nevera pero con varios imanes decorativos pegados en su puerta. El objeto del estudio era ver cómo afectaban las radiaciones electromagnéticas de los imanes en los alimentos. Sorprendentemente y tras rigurosos estudios clínicos, constataron que el grupo de ratones que consumieron la comida irradiada por los imanes tenía un 87% más de probabilidades de contraer cáncer que los del otro grupo.

Los imanes adheridos a cualquier aparato (electrodoméstico) conectado a la corriente eléctrica aumenta el consumo gasto-eléctrico de dicho aparato, por au-

mentar la fuerza electromagnética del campo eléctrico de dicho aparato.

PASAD ESTA INFORMACION A TODOS LOS QUE CONOZCAIS POR FAVOR.

Todos tenemos algún imán en la nevera, como elemento decorativo, sin que hasta ahora se sospechara que fueran perjudiciales.

PERO SON LETALES. Es peligroso jugar con las fuerzas de la naturaleza y con las energías. Si tenéis algún imán, quitadlo rápidamente y ponedlo lejos de cualquier alimento.

Inexplicablemente el Gobierno no ha dado ningún mensaje de aviso, pero gracias a Internet y la buena voluntad de todos, podemos ayudarnos mutuamente. Gracias

XXXXX - Profesora Titular de Universidad. Universidad de XXXXXXXX

(Se han eliminado los datos de identificación que figuraban en el email)

En este ejemplo, la evaluación de esta capacidad nos llevaría a analizar las actuaciones del alumnado mediante indicadores como los siguientes:

- La atención que se presta a la cualificación personal del firmante o de la institución para la que trabaja: desde la aceptación acrítica de la firma que aparece en el mensaje, hasta la exploración y ratificación de la veracidad de la misma; desde la confianza inicial en la verosimilitud de que una persona como esa comunique resultados procedentes de una universidad extranjera, hasta una actitud de desconfianza y escepticismo en esa posibilidad.
- La ratificación de las informaciones por varias fuentes. Basta, por ejemplo, con una sencilla búsqueda en Internet para encontrar múltiples comentarios sobre este correo.
- Atención a los procedimientos empleados y a las pruebas para llegar a las conclusiones o ideas propuestas. Hay que ver si el alumnado detecta, en la lectura del correo, un lenguaje y relato de los hechos poco preciso y fundamentado, que no parezca concordar con su carácter de noticia científica.
- Detección de fallos o inconsistencias en los argumentos o procedimientos empleados.

- Comprobación de si el alumnado es capaz de detectar errores como: a) el de mantener que los imanes producen radiación electromagnética, b) el presunto efecto inductor de esa radiación de cambios en los alimentos capaces de producir cáncer en las personas que los consuman, c) la incoherencia de no tener en cuenta que si esos imanes fueran los causantes de esos presuntos cambios en los alimentos su retirada no los evitaría, ya que el sistema de cierre de los frigoríficos suele basarse en imanes dispuestos en el contorno de la puerta y, por otra parte, el motor compresor incluye imanes de mucho mayor efecto magnético.

### ***9. Capacidad de interesarse por el conocimiento, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas socio-ambientales.***

La posesión de esta capacidad se manifiesta en las respuestas que dé el alumnado en las situaciones y tareas (debates, cuestionarios, análisis de noticias de actualidad, etc.) que se implementen para ello. Nuestra atención deberá ahora dirigirse a indicadores como los siguientes:

- ¿En qué medida expresan interés ante interrogantes planteados en clase o presentes en el contexto cotidiano?
- ¿Proponen o son partidarios de iniciativas o soluciones fundamentadas científicamente que favorezcan procesos de equilibración y desarrollo sostenible?
- ¿Manifiestan interés por el conocimiento en profundidad del origen, consecuencias y posibles soluciones de problemas científicos y socio-ambientales?
- ¿Valoran positivamente la adopción de medidas previstas de fundamentación científica, dirigidas a resolver esos problemas?
- ¿Cómo se manifiestan, por ejemplo, ante los problemas relacionados con el cambio climático?
- ¿Se muestran interesados en indagar sobre las posibles consecuencias del cambio climático y reflexionar sobre posibles medidas para mitigar y revertir sus efectos?

- ¿Qué interés manifiestan ante noticias relativas, por ejemplo, a investigaciones sobre el cáncer o sobre la evolución humana?
- ¿Comentan en clase o fuera noticias de televisión o Internet ?

### **10. Capacidad de adoptar decisiones autónomas y críticas en contextos personales y sociales.**

Es ésta una capacidad que puede desarrollarse en la medida en que el alumnado llega a hacer suyos los conocimientos y criterios científicos, conjugados con otros de distinta naturaleza, que sean necesarios para efectuar valoraciones y tomar decisiones con autonomía, creatividad y suficiente fundamentación. Una capacidad también relacionada con el dominio de los procesos de evaluación autorreguladora, que tanta importancia tienen en la construcción y en la implementación de la competencia científica, ya que permiten al alumnado hacerse conscientes y valorar sus propios puntos de vista y sus dudas y, a partir de ese autoconocimiento, tener mayores posibilidades de autonomía, creatividad y capacidad crítica.

La vida del aula, en contextos de investigación escolar, puede y debe proporcionar múltiples ocasiones para estimar el desarrollo personal y colectivo de esta capacidad. Pero ello obliga, naturalmente, a adoptar un clima de aula y estrategias de enseñanza que eviten el excesivo protagonismo y dirección del docente, y que, por el contrario, alienten el debate abierto, la crítica, la toma de decisiones en común y la autonomía personal.

## **Dimensión integrada**

### **11. Capacidad de utilizar en forma integrada las anteriores capacidades para dar respuestas o pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos científicos, tecnológicos o socio-ambientales, en contextos vivenciales del alumnado.**

La competencia científica, considerada globalmente y no capacidad a capacidad, no es algo que se desarrolle una vez que el estudiante po-

sea cada una de las capacidades parciales, sino que puede irse formando a lo largo de la escolaridad, al hilo de los avances en el desarrollo de cada una de las capacidades científicas. Lo específico en este apartado es, por tanto, reflexionar sobre cómo implementar el análisis del proceso de integración sinérgica de las distintas capacidades científicas. Y, en segundo lugar, caracterizar las situaciones y tareas que pueden ser adecuadas para esta evaluación global.

Una primera reflexión es que la competencia científica global se manifestará principalmente en el curso de tareas de investigación escolar sobre problemas relativos a contextos cotidianos. Será en esas situaciones cuando el estudiante necesitará utilizar en forma integrada las capacidades científicas consideradas anteriormente, si desea o necesita encontrar respuestas satisfactorias y pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos de carácter científico, tecnológico o socio-ambiental que estén presentes en su contexto vital.

Veamos por ejemplo cómo podríamos afrontar la evaluación de esta competencia global del alumnado ante un problema como el siguiente: “¿Por qué dice mucha gente que es malo dormir con plantas en el dormitorio y que por eso hay que sacarlas al exterior por la noche?” Es probable que muchos estudiantes de la clase compartan esta creencia y no se hayan planteado nunca ponerla en duda, mientras que otros la rechacen con unos u otros argumentos. La investigación de este problema exigiría, no sólo movilizar conocimientos sobre la nutrición de las plantas y emplearlos para dilucidar si conviene o no tenerlas en el dormitorio por la noche, sino también considerar la existencia de procesos de transmisión cotidiana, e incluso escolar, de ideas total o parcialmente erróneas y la necesidad de avanzar en el desarrollo de criterios científicos personales que nos permitan mayor autonomía e independencia para valorar con rigor y tomar decisiones fundamentadas en nuestra vida cotidiana.

El estudio sobre el problema descrito podría realizarse con la clase dividida en equipos de investigación. Ello permitiría, empleando los instrumentos de evaluación adecuados (diario

de investigación de cada equipo, grabación y transcripción de algunos debates, contestación de cuestionarios, etc.), obtener datos de las ideas y argumentos empleados en cada equipo en el curso de los debates y, a partir de ahí, conseguir información relevante acerca del nivel SIF de sus aprendizajes sobre la biología de las plantas verdes (particularmente en aspectos de su nutrición como la respiración, la fotosíntesis, el intercambio de gases con la atmósfera, etc.). Un seguimiento de las tareas de diseño del plan de investigación de cada equipo, y de su puesta en práctica, permitirá analizar en la acción cada una de las capacidades científicas y su nivel de integración en el pensamiento y la práctica investigadora, es decir el grado de competencia científica global de la clase, de los equipos y/o de cada uno de los estudiantes implicados, según las tareas e instrumentos de evaluación que empleemos.

## REFERENCIAS

- CAÑAL, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica en secundaria? *Alambique*, 72, 75-83.
- CAÑAS, A.; MARTÍN DÍAZ, M. J. y NIEDA, J. (2007). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*. Madrid: Alianza.
- COMISIÓN EUROPEA (2004). *Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo. Programa Educación y Formación 2010*. Bruselas.
- GOÑI, J. M. (2008). *Ideas clave. El desarrollo de la competencia matemática*. Barcelona: Graó.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010). *Diez ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- MARINA, J. A. y BERNABEU, R. (2007). *Competencia social y ciudadana*. Madrid: Alianza Editorial.
- MONEREO, C. (Coord.) (2005). *Internet y competencias básicas. Aprender a colaborar, a comunicarse, a participar, a aprender*. Barcelona: Graó.
- OCDE (2002). *Definition and Selection of Competencies* (De Se Co) (en línea): [www.oecd.org/dataoecd/48/22/41529556.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/48/22/41529556.pdf)
- OCDE (2006). PISA 2006. *Marco de la evaluación. Conocimiento y habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura* (en línea): <http://www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>
- OCDE (2008). Informe PISA 2006. *Competencias científicas para el mundo de mañana*. Madrid: Santillana.
- PEDRINACI, E.; CAAMAÑO, A.; CAÑAL, P. y DE PRO, A. (2012). *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- PRO, A. de (2011). Aprender y enseñar con experiencias... y ahora para desarrollar competencias. *Investigación en la Escuela*, 74, 5-22.
- YUS, R.; FERNÁNDEZ, M.; GALLARDO, M.; BARQUÍN, J.; SEPÚLVEDA M. P. y SERVÁN, M. J., (en prensa). La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. *Revista de Educación*, 360. (en línea): [http://www.revistaeducacion.mec.es/doi/360\\_127.pdf](http://www.revistaeducacion.mec.es/doi/360_127.pdf)
- ZABALA, A. y ARNAU, L. (2007). *Once ideas clave. Como aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.

## ABSTRACT

### *How to evaluate scientific competence?*

To evaluate the scientific competence, the first prerequisite is to establish clearly what features characterize personal possession, to some degree, this competence for schoolchildren. Achieved this characterization, the problem is focused on determining teaching moments, procedures and tools to assess the presence and level of development of identifiers aspects of scientific literacy in students. This article is part of the consideration of this competence as an integrated set of capabilities in relation to scientific knowledge and it is specified for each of them and for all of them, traits indicators the level in each child.

**KEY WORDS:** *Scientific competence; Assessment; School knowledge; Science; Everyday environment.*

## RÉSUMÉ

### *Comment évaluer la compétence scientifique?*

Pour évaluer la compétence scientifique, la première condition est d'établir clairement quels sont les traits personnels pour caractériser la possession, dans une certaine mesure, ce concours pour les écoliers. Obtenu cette qualification, le problème est axée sur la détermination des moments d'enseignement, des procédures et des outils pour évaluer la présence et le niveau de développement des aspects les identificateurs de culture scientifique chez les élèves. Cet article fait partie de la contrepartie de cette compétence comme un ensemble intégré de capacités par rapport aux connaissances scientifiques et il est précisé pour chacun d'eux et pour eux tous, les traits indicateurs du niveau pour chaque enfant.

**MOTS CLÉ:** *Compétence scientifique; Évaluation; Connaissance scolaire; Science; Environnement quotidien.*

