



La enseñanza de las ciencias basada en la indagación

Ideas clave

En muchos casos, la enseñanza de las ciencias se centra más en los contenidos y menos en los métodos. Sin embargo, la ciencia está formada por conocimientos, por metodologías y procesos de indagación, así como por las personas involucradas en la actividad científica [1]. Tal como menciona el nuevo currículo de Primaria, “a través del área de Ciencias de la Naturaleza, los alumnos y alumnas se inician en el desarrollo de las principales estrategias de la metodología científica, tales como la capacidad de formular preguntas, identificar el problema, formular hipótesis, planificar y realizar actividades, observar, recoger y organizar la información relevante, sistematizar y analizar los resultados, sacar conclusiones y comunicarlas, trabajando de forma cooperativa y haciendo uso de forma adecuada de los materiales y herramientas”¹. Utilizando la metodología de indagación en el aula podemos ayudar al alumnado a alcanzar ese objetivo y a que adquiera una mejor comprensión de los conocimientos explicitados en el currículum.

Se sabe que la historia de la ciencia es también la historia de los científicos y científicas. Para ofrecer una visión global de la ciencia, es necesario conocer las cualidades importantes para ser científico/a, y ser conscientes que a veces en la investigación

científica se cometen errores. En definitiva, el aula de ciencias del presente debe mostrar un equilibrio entre la concepción de la ciencia como conjunto de conocimientos, como proceso y como actividad humana.

La enseñanza de las ciencias basada en la indagación puede conseguir este equilibrio. Es una metodología que implica realizar observaciones, formular preguntas, consultar bibliografía y otras fuentes de información para entender qué conocimiento existe y revisarlo mediante la evidencia científica, planificar investigaciones, realizar experimentos, utilizar herramientas para recoger, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados [2]. Las actividades se pueden desarrollar de manera individual o colaborativa, y el proceso puede estar orientado por el maestro al tiempo que el alumnado

El proceso de aprendizaje es científico si... [2].

- Parte de la premisa de que el mundo existe y se puede estudiar
- Se centra en el mundo natural y se propone explicarlo
- Se pregunta preferiblemente cómo funciona algo y no por qué funciona
- Elabora predicciones acerca de cómo funciona algo
- Trabaja con ideas comprobables
- Usa un enfoque sistemático
- Se basa en pruebas cuantificables y medidas que se pueden replicar (experimentación, observación,...)
- Utiliza la teoría o el conocimiento existente para explicar los resultados
- Tiende a cuestionar, no a probar, los conocimientos existentes
- Involucra a la comunidad científica (referencias, debates,...)
- Da lugar a nuevas investigaciones (proponiendo nuevas preguntas)

¹<http://www.boe.es/boe/dias/2014/03/01/pdfs/BOE-A-2014-2222.pdf>



desarrolla iniciativa propia en la planificación y desarrollo de los experimentos. El aprendizaje de las ciencias basado en la indagación implica:

- Observar: mirar con atención, tomar notas, comparar y contrastar.
- Cuestionar: formular preguntas sobre las observaciones y que puedan dar lugar a investigaciones.
- Aceptar o rechazar hipótesis: elaborar explicaciones coherentes con las observaciones realizadas.
- Investigar: planificar, llevar a cabo acciones, tomar medidas, recopilar datos, controlar variables.
- Interpretar: sintetizar, extraer conclusiones, identificar patrones.
- Comunicar: informar a los demás mediante varios medios, ya sea oral, escrito o de representación.
- Evaluar: elaborar opiniones o críticas basadas en observaciones y conocimientos ya adquiridos.

Fases de la indagación

Existen varios modelos de enseñanza por indagación aceptados por la comunidad de innovadores educativos, los cuales coinciden en lo esencial. Las fases de indagación aquí propuestas se han probado eficaces en muchos países europeos² y describen los procesos de aprendizaje que realiza el alumnado a lo largo de la actividad. Por eso, no tienen por qué ocurrir necesariamente en orden cronológico. Por ejemplo, las explicaciones elaboradas a partir de los datos recogidos pueden crear una necesidad de recoger más datos y, por lo tanto, volver a una fase anterior, en este caso “actuar”.

Fase	Descripción
CONTEXTUALIZAR	<p>En esta fase se establecen los elementos relacionados con la actividad de indagación. Un primer objetivo es despertar el interés del alumnado. Para ello, el maestro/a proporciona un estímulo. Puede ser un problema, un descubrimiento, un objeto, una pregunta, una noticia de un medio de comunicación, etc.</p> <p>En esta fase puede resultar útil realizar una actividad para que el alumnado recuerde conocimientos previos que les pueden ser útiles en la siguiente fase.</p>
PLANIFICAR	<p>El objetivo es diseñar el experimento que el alumnado llevará a cabo. Para ello, se formula una pregunta de tipo científico. Una pregunta de tipo científico es aquella que puede responderse mediante un experimento en el cual se recogen y se analizan datos. A continuación, se anima al alumnado a que, con los conocimientos que ya posee, enuncie posibles hipótesis para responder a la pregunta. Además, para el diseño del experimento se determinan los pasos a seguir para recoger los datos que servirán para confirmar o rechazar las hipótesis formuladas. Se decide también de qué manera se organizará el grupo-clase para</p>

²Las fases propuestas se han planteado en el proyecto europeo PATHWAY (<http://www.pathway-project.eu/>) y adaptado por el equipo de la UB durante la fase de validación. Más información en <http://sites.google.com/site/pathwayspana/>



	llevar a cabo el experimento, ya que se puede realizar como grupo clase, en pequeño grupo o individualmente.
ACTUAR	El alumnado lleva a cabo el experimento diseñado recibiendo la orientación del maestro/a. Concretamente, recogen las pruebas o evidencias que más tarde analizarán para responder a la pregunta de indagación.
ANALIZAR	El alumnado analiza los datos recogidos durante la fase anterior con el objetivo de confirmar o descartar las hipótesis formuladas. Se trata de procesar los datos de manera que sean útiles para elaborar explicaciones científicas.
EXPLICAR Y RELACIONAR	El alumnado elabora una explicación para la hipótesis, la cual se confirma o descarta. Podemos aprovechar para relacionar las explicaciones con otros conocimientos o fenómenos relevantes. De esta manera, el nuevo conocimiento se sitúa en un contexto más amplio.
COMUNICAR	Se trabajan las habilidades de comunicación y justificación de las explicaciones elaboradas. Los destinatarios pueden ser los mismos compañeros, el maestro/a u otros actores de la comunidad educativa. Los formatos pueden ser múltiples: texto escrito, presentación oral, vídeo, etc.
REFLEXIONAR	Una vez elaborado el producto final, se reflexiona sobre el contenido aprendido . La reflexión debe extenderse al proceso de indagación en su conjunto para tomar conciencia de la metodología utilizada: ¿Es la más adecuada? ¿Se ha planificado correctamente? ¿Se han recogido correctamente los datos? ¿Se parece nuestro proceso al de los científicos y científicas? También se pueden tratar aspectos relacionados con los impactos que el progreso científico tiene en la sociedad en términos económicos, sociales y éticos (investigación e innovación responsable).



Competencias básicas y específicas

Por sus características, la enseñanza de las ciencias basada en la indagación se relaciona con la mayoría de las **competencias clave** que el alumnado desarrolla en la educación primaria. A continuación, se presentan las características del proceso de indagación que contribuyen al desarrollo de estas competencias:

- Competencia en comunicación lingüística: en la búsqueda de información bibliográfica y en la comunicación de los resultados de la indagación.
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: en la recogida y el análisis de datos numéricos, mediante la puesta a punto de experimentos con artefactos técnicos.
- Competencia digital: se trabaja con sensores de recogida de datos, en su mayoría digitales, que generalmente utilizan programas informáticos para analizar y representar los datos obtenidos.
- Aprender a aprender: en la fase de reflexión sobre el proceso de indagación, el alumnado toma conciencia de su propio aprendizaje.
- Competencias sociales y cívicas: la reflexión sobre temas de investigación e innovación responsable relacionados con la participación de la ciudadanía en la toma de decisiones en la investigación científica y el desarrollo tecnológico y su impacto en la sociedad.
- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor: fomenta el trabajo independiente y autónomo y, en su caso, la responsabilidad dentro de un grupo, si se decide asignar roles al alumnado.

¿Qué aprenden los estudiantes realizando experiencias ECBI?

- *Predecir a partir de sus propias ideas*
- *Observar y comunicar las observaciones*
- *Explicar el fenómeno mediante hipótesis (modelización)*
- *Evaluar las hipótesis a partir de las pruebas obtenidas*
- *Argumentar y contraargumentar*
- *Diseñar nuevas experiencias para obtener nuevas pruebas*
- ...

¿Cómo se diferencia el ECBI de una actividad práctica tradicional?

- *Las preguntas/hipótesis se hacen por adelantado, antes de la experimentación*
- *Da poca importancia a la «única respuesta correcta»*
- *Los estudiantes saben lo que están investigando, ya que se trata de un proceso transparente (diseñar- observar – analizar- sintetizar- exponer)*
- *Pone el énfasis en el desarrollo de habilidades tales como procesamiento de la información y resolución de problemas*
- ...



Además de las competencias clave, el alumnado trabaja en cada actividad **competencias específicas** relacionadas con el bloque curricular correspondiente. Finalmente, se han añadido otras más específicas relacionadas con la actividad en concreto, muchas de las cuales son fruto de la experiencia de los maestros y maestras que han diseñado y realizado estos experimentos.

1. La investigación y la innovación responsable (IIR)

Uno de los aspectos que se ha tenido en cuenta a la hora de diseñar las actividades de indagación, ha sido el hecho de que permitieran trabajar aspectos de lo que hoy se denomina "investigación e innovación responsable". Según este enfoque, todos los actores sociales (científicos, ciudadanos, responsables de políticas públicas y empresas) trabajan conjuntamente en la discusión sobre las prioridades de la investigación y el impacto de la innovación, con el objetivo de que sus resultados estén en concordancia con los valores, las necesidades y las expectativas de la sociedad [3]. Esta es una prioridad en las políticas públicas de la Unión Europea, donde se desarrollan muchos proyectos educativos en este campo³.

2. Implicaciones de la indagación

2.1. Para el alumnado

Cuando los alumnos están aprendiendo ciencia mediante metodologías de indagación [1]:

- ✓ *Se ven a sí mismos como participantes activos en el proceso de aprendizaje*
 - Les gusta hacer ciencia.
 - Muestran deseos de aprender más.
 - Tratan de colaborar y cooperar con sus compañeros/as.
 - Se sienten más seguros en su aprendizaje, muestran una disposición a modificar ideas y a asumir riesgos y manifiestan un sano escepticismo.
- ✓ *Respetan a los compañeros/as y a puntos de vista diferentes*
 - Aceptan la "invitación a aprender" y participan en el proceso de exploración.
 - Muestran curiosidad y reflexionan sobre las observaciones.
 - Aprovechan la oportunidad y el tiempo para probar y perseverar en sus propias ideas.
- ✓ *Planifican y llevan a cabo investigaciones*
 - Organizan un experimento como manera de poner a prueba sus ideas, sin esperar que se les diga qué hacer.
 - Planifican formas de verificar, ampliar o descartar ideas.
 - Llevan a cabo investigaciones sencillas, manipulando materiales cuidadosamente, observando y registrando datos.
- ✓ *Se comunican de diferentes modos*
 - Expresan ideas mediante informes, dibujos, gráficos, etc.

³ ENGAGE: <http://www.engagingscience.eu/>



- Saben escuchar, hablar y escribir acerca de la ciencia con sus padres, maestros y compañeros/as.
- Utilizan mejor el lenguaje de los procesos científicos.
- Comunican su nivel de comprensión de los conceptos que han desarrollado.
- ✓ *Proponen explicaciones y soluciones y construyen conceptos*
 - Ofrecen explicaciones que provienen tanto de la experiencia previa como de los conocimientos adquiridos como resultado de la investigación, utilizando las investigaciones para responder a sus propias preguntas.
 - Clasifican la información y deciden qué es importante.
 - Están más dispuestos a revisar explicaciones y a considerar nuevas ideas a medida que adquieren conocimientos.
- ✓ *Plantean dudas*
 - Hacen más y mejores preguntas, ya sea verbalmente o mediante acciones.
 - Se plantean preguntas que los llevan a investigar y que generan o definen otras preguntas e ideas.
 - Valoran y disfrutan el hecho de formular preguntas como una parte importante de la ciencia.
- ✓ *Observan*
 - Observan con atención, en lugar de sólo mirar.
 - Ven los detalles, buscan patrones, detectan secuencias y eventos, se dan cuenta de los cambios, similitudes y diferencias.
 - Establecen conexiones con ideas previas.
- ✓ *Valoran sus prácticas científicas*
 - Crean y utilizan indicadores de calidad para evaluar su propio trabajo.
 - Informan y celebran sus puntos fuertes e identifican mejor lo que les gustaría mejorar.
 - Reflexionan con los adultos y con sus compañeros/as.

2.2. Para los docentes

Cuando el maestro/a está en el aula de indagación, su papel tiene menos que ver con la enseñanza directa y más con guiar, facilitar y evaluar continuamente el trabajo del alumnado. El papel del docente es más complejo e implica una mayor responsabilidad en la creación y el mantenimiento de las condiciones en las cuales los niños pueden construir conocimiento. El maestro/a es responsable del desarrollo de las ideas de los estudiantes y de mantener el ambiente de aprendizaje.

A continuación se describen las acciones que desarrolla el profesorado en una actividad típica de enseñanza-aprendizaje basada en la indagación. Así pues, los maestros/as:

- ✓ *Actúan como facilitadores*
 - Formulan o ayudan a que los alumnos/as planteen preguntas abiertas que animen a investigar, a observar y a pensar.



- Escuchan atentamente las ideas, comentarios y preguntas del alumnado para ayudarles a desarrollar sus habilidades y procesos mentales.
 - Sugieren nuevos elementos a observar y probar, y animan a la experimentación y al razonamiento.
 - Moderan y fomentan el diálogo entre alumnos/as.
- ✓ *Modelan el comportamiento y las habilidades*
- Muestran nuevas herramientas y materiales a los niños/as y cómo utilizarlas.
 - Guían al alumnado en la adquisición progresiva de responsabilidades en sus investigaciones.
 - Ayudan a diseñar y a llevar a cabo actividades de recogida de datos, de documentación y de conclusiones.
 - Crean oportunidades para que el alumnado trabaje en grupos cooperativos.
- ✓ *Apoyan el aprendizaje*
- Ayudan a los alumnos a elaborar explicaciones provisionales mientras progresan en el aprendizaje de los contenidos.
 - Introducen herramientas y materiales, así como ideas científicas apropiadas a los contenidos a aprender.
 - Usan la terminología apropiada, además de lenguaje matemático y científico.
- ✓ *Aplican múltiples estrategias de seguimiento*
- Tienen en cuenta lo que los niños/as piensan y aprenden e identifican áreas en las que tienen dificultades.
 - Hablan con los alumnos/as, hacen preguntas, sugieren, comparten e interactúan.
 - Se mueven por el aula y se muestran disponibles para todo el grupo-clase.
 - Ayudan al alumnado a avanzar con pistas adecuadas.

3. Evaluación de los aprendizajes

Para evaluar los resultados de la actividad recomendamos la utilización de rúbricas. Para su diseño, se han de tener en cuenta indicadores y niveles correspondientes a las competencias básicas y específicas incluidas en cada Actividad.

A lo largo de toda la actividad, el maestro/a orientará a los equipos de alumnos sobre la dirección en la que avanzar (obteniendo así información sobre el aprendizaje del alumnado) y tomará notas durante la presentación de los resultados de cada grupo. Estas evidencias se aplican en el diseño de la rúbrica. La rúbrica se puede consensuar con los alumnos, por ejemplo en la fase "contextualizar", y éstos pueden tenerla presente a lo largo de toda la actividad convirtiéndose en una herramienta de autoevaluación.

A modo de ejemplo, se presenta una rúbrica de evaluación de la Actividad 2, entendiendo que el maestro/a puede realizar la suya propia.



4. Consejos para la práctica de la indagación

En el modelo de indagación propuesto para los tres últimos cursos de primaria, el docente plantea la situación inicial y la/las pregunta/s y valora las posibilidades existentes para hacer esa observación con los recursos disponibles. Si en la discusión en el aula, previa a la realización del experimento, surgen factores interesantes, éstos podrían ser incluidos eventualmente en el diseño de los experimentos. Para ello, se ha de evaluar su viabilidad y tomar nota de ellos por si los necesitamos en el diseño.

El docente debe familiarizarse con los aparatos de recogida de datos así como de sus programas, ya que tiene que demostrar el uso de los instrumentos/sensores que los estudiantes utilizarán en su indagación. Es necesario asegurarse que todo el alumnado sepa utilizarlos correctamente.

El maestro ha de guiar el proceso de indagación pero dejando a la vez libertad a los alumnos para expresar sus opiniones e hipótesis con comodidad, valorando y teniendo en cuenta sus opiniones y las posibles variaciones de esta práctica que propongan. El/la maestro/a se asegurará que los experimentos diseñados permitan responder a la pregunta de indagación.

Durante la recogida de datos, el docente ayudará a aquellos alumnos que necesiten corregir posibles errores en la ejecución de los pasos definidos, haciéndoles preguntas que estimulen a los estudiantes a tomar decisiones. El/la maestro/a ayudará también a la utilización de los aparatos de recogida de datos y en la construcción de artefactos en aquellas actividades que lo requieran, como en este caso, el experimento del calentador, el del paracaídas o el de la electricidad. El docente debe animar, sugerir, orientar y modificar planteamientos en función de los objetivos, para que los alumnos consigan el fin marcado.

El/la maestro/a orientará a los grupos durante el análisis de datos y dinamizará el debate en la fase de relación y comunicación, haciendo indicaciones al alumnado sobre sus resultados. Además, el docente evaluará su trabajo indicándoles de qué manera han cumplido con los criterios de evaluación y dándoles sugerencias de mejora en aquellos aspectos que sean necesarios. Sobre todo, ha de moderar bien el debate y guiar a los alumnos

¿Cómo formular una pregunta ECBI?

- **La pregunta tiene que poder responderse**
+ ¿En qué hechos históricos está basado el libro... ?
- ¿Por qué el autor eligió esta palabra?
- **La respuesta no puede ser un hecho simple**
+ ¿Por qué flota la lata de Coca Cola light?
- ¿Cuánto pesa la lata de Coca Cola?
- **La respuesta no puede ser ya conocida (por los estudiantes)**
- ¿Qué es la Sardana?
+ ¿En que se parecen la Sardana y la Muñeira?
- **Las preguntas deben tener una base objetiva para su respuesta**
+ ¿Por qué el cielo es azul?
- ¿Por qué Dios hizo el cielo azul?
- **Las preguntas no pueden ser demasiado personales**
+ ¿Por qué es bueno hacer deporte?
- ¿Por qué te gusta hacer deporte?

Planificación de la indagación

- Qué variable vamos a cambiar (variable independiente en estudio)
- Qué variables vamos a medir (variable dependiente escogida)
- Qué variables vamos a mantener constantes (variables independientes controladas)
- Qué pensamos que va a suceder y por qué (elaboración de predicciones y su justificación)
- Cómo vamos a registrar los datos (construcción de tablas, cuadros, gráficos)
- Cuál es el equipo que precisamos (materiales, dispositivos, etc.)



hacia el tema siguiente, especialmente en la etapa de reflexión.

Puede ocurrir algo no previsto durante el experimento y quizás el maestro no tenga la respuesta. Por eso se ha de tener una actitud abierta y ponerse a la misma altura del alumnado. El docente no debe afirmar nada de antemano, sino plantear que no sabe qué sucederá y que lo que hacemos es para averiguarlo.

Distintivos del buen diseño experimental [4, traducción propia]

- *Variable dependiente.* Este es el factor que estás midiendo. Es lo único en el experimento que no puedes controlar. Sin embargo, la medida de la variable dependiente puede cambiar dependiendo de cómo realices el experimento.
¿Cómo vamos a medir la variable dependiente?
- *Variable independiente.* Este es el factor en el experimento que escoges cambiar/variación. Es lo único diferente entre las muestras que estás estudiando. La selección de la variable independiente y cómo cambiarla está relacionada con la forma de abordar la pregunta a investigar.
¿Cómo va a cambiar la variable independiente?
- *Controles.* Un experimento bien diseñado tiene el menor número posible de variables. Pero, en un experimento, hay muchas cosas que pueden estar alteradas entre las muestras. Por ello, un buen experimento controla todos los factores que se pueden controlar, de manera que los cambios en la variable dependiente se puedan atribuir a los cambios realizados en la variable independiente.
¿Qué podemos hacer para asegurarnos que hay controles?
- *Validez.* La exactitud y la precisión son importantes en los resultados experimentales. En muchos tipos de experimentos, tendrás que hacer varias mediciones para demostrar que tus resultados son exactos y precisos. La utilización de la estadística garantiza hasta qué punto tus datos son consistentes.
¿Qué se puede hacer para asegurarnos que las conclusiones son fiables?