

2.1

Aprender ciencia escolar
implica aprender a buscar
pruebas para construir
conocimiento (indagación)

M. RUT JIMÉNEZ—LISO



Existen abundantes pruebas sobre los beneficios de un enfoque indagativo en el aprendizaje de las ciencias. Como se ha indicado en el capítulo introductorio, de las dos acepciones del eslogan *enseñando ciencia con ciencia*, una de ellas hace referencia a que la mejor manera de aprender ciencia escolar es practicándola (prácticas científicas). Los siguientes tres capítulos los dedicaremos a revisar las prácticas científicas más recomendadas por la investigación didáctica (indagación, modelización y argumentación). En el presente capítulo nos centraremos en la indagación guiada como enfoque de enseñanza de las prácticas científicas. En las implicaciones para la enseñanza mostraremos que con el enfoque de enseñanza por indagación guiada el alumnado aprende contenido científico, aprende a hacer ciencia (procedimientos), aprende qué es la ciencia y cómo se construye, y esto le genera una actitud positiva hacia la ciencia y, sobre todo, le ayuda a desarrollar pensamiento crítico, es decir, a poner en duda cualquier afirmación que no esté apoyada en pruebas.



SABÍAS QUE...

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Las ideas alternativas surgen de utilizar el sentido común y, por eso, son tan persistentes.¹

- Para ponerlas en conflicto el profesorado debe promover un cambio en la forma de generar y validar conocimiento.²
- El enfoque de enseñanza por indagación cambia esa forma de generar y validar el conocimiento.³
- También pone énfasis en la expresión de ideas personales y en la búsqueda de pruebas para contrastarlas.

El alumnado aprende de forma más activa, autónoma y motivada sobre una idea científica cuando indaga sobre ella.⁴

- Aprender ciencia escolar implica aprender a hacer ciencia, a indagar. El alumnado responde preguntas que lo enganchan, formula hipótesis y predicciones, busca pruebas para contrastarlas, toma datos, obtiene conclusiones basadas en pruebas.

Una pregunta que engancha promueve la expresión de ideas y guía toda la indagación.

Una pregunta adecuada genera el deseo de querer responderla: *Un garbanzo ¿es un ser vivo? ¿En qué te basas?*⁵

- Para que una pregunta enganche no debería ser retórica ni de solución obvia, y debería contener un fenómeno del mundo que interpela (*¿cómo es posible que haya una masacre de peces por deshidratación en el mar, si están rodeados de agua?*).
- El profesorado debe buscar preguntas adecuadas en función de que sean cercanas y relevantes para el alumnado.⁶
- Deben ser preguntas investigables.^{7,8}
- Para que estas preguntas funcionen, el profesorado debe organizar la enseñanza en secuencias guiadas de indagación (figura 1⁹).

Objetivo didáctico (fases de la práctica de la indagación)

Secuencia instruccional (fases de la instrucción)





SABÍAS QUE...

La búsqueda de pruebas como eje central de la indagación.

La indagación guiada produce más efecto que la autónoma.^{1,13,17}

La indagación emociona, ya que genera:¹⁹

- Inseguridad ante una pregunta-problema.
- Vergüenza, al ser conscientes de que no se conoce la respuesta.
- Interés para resolver cuanto antes el problema.
- Alta concentración.
- Confianza para participar y expresar las ideas personales.
- Sorpresa, cuando los datos contradicen las ideas personales.
- Aburrimiento, cuando entra en juego la búsqueda de explicaciones.
- Satisfacción, al reconocer que se ha aprendido algo nuevo.

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

- La mejor manera de aprender ciencia escolar es practicándola. Uno de los enfoques de enseñanza de prácticas científicas es la educación científica por indagación guiada.¹⁰
- La educación científica por indagación hace que el alumnado aprenda ciencia, aprenda procedimientos de la ciencia, aprenda sobre qué es la ciencia y cómo se construye^{11,12}, lo que genera una actitud positiva hacia la ciencia.¹³
- También le ayuda a desarrollar el pensamiento crítico^{14,15} (a poner en duda cualquier afirmación que no esté apoyada en pruebas).
- El profesorado debe recorrer el camino completo de la indagación que proponga al alumnado: plantear una pregunta que enganche, buscar posibles hipótesis fundamentadas en ideas alternativas, plantear posibles diseños de investigación, elegir uno de ellos, extraer los datos, analizar cómo convertirlos en pruebas y extraer conclusiones para ver qué conocimiento científico es necesario para resolverlo.
- El grado de apertura de la indagación irá en aumento conforme el alumnado haya vivido experiencias de indagación.
- El alumnado y el profesorado deben tomar conciencia de las emociones que produce la indagación para reconocer que aprender implica sentir muchas emociones y evitar bloqueos ante la inseguridad o la vergüenza.
- El profesorado debe reconciliarse con el aburrimiento del alumnado. Indagar no siempre supone hiperactividad, ya que a veces requiere tiempo para pensar despacio.²⁰



- ✘ Para conocer las ideas previas de los estudiantes es necesario hacer un cuestionario inicial o una tormenta de ideas.**

 - Las ideas personales del alumnado sobre cualquier contenido científico están a disposición del profesorado en la literatura didáctica.²¹
 - El profesorado debe favorecer un clima de confianza para que las ideas sean expresadas y discutidas (toma de conciencia) como paso imprescindible para el aprendizaje.
 - Una buena pregunta, contextualizada, con sentido, que suponga un reto para el alumnado, que lo enganche, es suficiente para que afloren las ideas personales.

- ✘ La indagación está de moda y es igual a la enseñanza por proyectos, ABP, resolución de problemas, enseñanza por investigación, enseñanza por descubrimiento.**

 - Existen muchas propuestas educativas diferentes que se han denominado “indagación”.²²
 - Hay que distinguir entre las propuestas enfocadas al profesorado y aquellas diseñadas para el alumnado.²³
 - Realmente, las propuestas de indagación solo son aquellas cuyo objetivo es que el alumnado busque pruebas para contrastar sus ideas personales.

- ✘ Indagación es el método científico.**

 - Los científicos y científicas no utilizan un único método científico. No usan el mismo método una física teórica, un químico analítico que, una naturalista en un ecosistema o un hidroeólogo.²⁴
 - En el mal llamado “método científico” lo fundamental es “observar” e inferir una teoría a partir de la observación. Ningún científico observa sin llevar un problema que guía su mirada.
 - La indagación se enfoca hacia la búsqueda de pruebas, aquellos datos, indicios o coherencia de resultados que sirven para sustentar las conclusiones.¹⁶
 - Para que una indagación sea efectiva, el profesorado debe recorrer primero el proceso que quiere plantear al alumnado, diseñarlo y secuenciarlo.
 - El grado de autonomía del alumnado en el proceso de indagación dependerá de sus experiencias indagativas.
 - No es necesario lograr autonomía en todas las fases del proceso de indagación. A veces, el profesorado puede plantear la pregunta y dejar que el alumno proponga y revise los diseños de investigación; en otras ocasiones las preguntas pueden provenir del alumnado y los docentes aportar los diseños, los datos, etc.



EDU—MITOS

LO QUE LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA HA DEMOSTRADO

✘ La indagación requiere mucho tiempo.

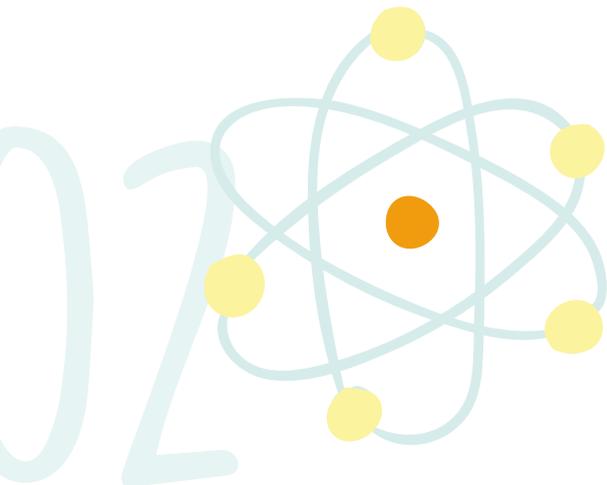
- Una secuencia de indagación completa puede realizarse tan solo en una hora.
- La mayor pérdida de tiempo es avanzar en el temario y que el alumnado no comprenda nada y, por tanto, se desenganche.

✘ Primero hay que motivar al alumnado para que aprenda.

- No hay que confundir estar involucrado y activo físicamente con estar motivado y activo intelectualmente.²⁰
- No hay mayor motivación que aprender y ser consciente de que se aprende y, al revés, no hay nada más desmotivador que no comprender algo y desengancharse del proceso de aprendizaje.

✘ En el aula debemos provocar emociones “felices”.

- Aprender conlleva emociones como *inseguridad* ante la pregunta planteada, *rechazo* o *resistencia* a cambiar de ideas, *sorpres*a cuando los datos contradicen nuestras hipótesis, *vergüenza* e *insatisfacción* por lo poco explicativa de las ideas personales iniciales.
- El enfoque de enseñanza por indagación produce esas emociones, pero también *satisfacción* al reconocer que se aprende, *interés* y *concentración*, porque la pregunta engancha de principio a fin.
- Como docentes debemos hacer consciente al alumnado de todas esas emociones para que no se bloquee y refuerce las ganas de aprender.





EJEMPLO PRÁCTICO PARA SECUNDARIA

¿Por qué se le echa sal a la carretera cuando nieva?

Ante esta pregunta y cuando proponemos al alumnado de secundaria que dibuje cómo evolucionará la temperatura del hielo a medida que añadimos sal, la mayoría indica que la temperatura aumentará. Como se ve en el video <https://youtu.be/-TMZs8X9qLI>, porque reaccionan hielo-sal, porque hace de secante o porque simplemente se calienta. Excepto Mar, que dice que la temperatura baja, con poca seguridad ante la gran mayoría.

Cuando se comprueba: *¡hala!, ¡...que baja!, ¡baja! yo tenía razón —chilla Mar—, y la sorpresa de todos... hasta por debajo de 13º bajo cero...*

Este fenómeno, que contradice las ideas iniciales del alumnado, es el detonante para que ahora todos quieran saber qué está pasando.

La explicación puede ser meramente descriptiva: *al bajar el punto de fusión y estar por debajo de los 20º la mezcla agua-sal no se congelará hasta que la temperatura ambiente esté por debajo de esa temperatura.*

O puede usarse una simulación que explique el equilibrio dinámico hielo-agua, donde se igualan velocidad de fusión y velocidad de congelación (pedir simulación a @sensociencia). Este equilibrio se desplaza hacia la fusión, requiriendo energía, y por eso baja la temperatura.



EJEMPLO PRÁCTICO PARA PRIMARIA

(eficacia probada con personas de 5 a 90 años por @sensociencia)

Un garbanzo ¿es un ser vivo?

Habitualmente solemos hacer escribir qué piensa cada niño-niña sobre la pregunta planteada, pero en 1º de primaria preferimos que se muevan hacia las ventanas los que piensen que el garbanzo era un ser vivo y hacia la puerta los que piensen que no. El debate estaba servido, ¿en qué os basáis para pensarlo?⁵

Da igual la edad a la que lo planteemos, el "nace, crece, se reproduce y muere sale como criterio de ser vivo, o está formado por células, proviene de un ser vivo (planta) pero no se mueve, no hace nada, está muerto...".

Es una secuencia ideal para hacer un listado de pros y contras de las características esenciales de los seres vivos.

Los contraejemplos (crece, el fuego crece, las uñas crecen, mi pie si me lo cortas no es un ser vivo...) generan aún más dudas.

Las funciones vitales también crean controversia, ¿el garbanzo come? ¿respira? En el caso de que respire, ¿cómo sería la gráfica con respecto

al tiempo? Si no respira ¿cómo sería? Si respira como nosotros, ¿cómo sería? Si respira como las plantas, ¿cómo sería?

Con ayuda de los sensores de CO₂ (comprobamos que suben cuando soplamos) y de O₂ comprobamos si respira y cómo respira.

¡Respira! ¡iiiY respira como nosotros!!!

Repetimos la pregunta inicial, y ahora ganan los que saben que un garbanzo es un ser vivo.

La respiración de los garbanzos nunca se olvida:

En una panadería próxima a un instituto, dos estudiantes de 1º ESO tenían esta conversación: *¡Qué fuerte, tía! ¿Tú qué piensas que el garbanzo es un ser vivo o no? ¡Yo qué sé! ¿A qué viene esta pregunta? Es que hoy en Ciencias Naturales hemos comprobado que respiran, ¡es un ser vivo!*

Jamás hubiera creído que esta conversación hubiera sido posible sin que lo hubiera comprobado.

La segunda parte (cómo respira) es más fácil de olvidar, ya que requiere de una secuencia específica para poner en conflicto que la fotosíntesis no es la respiración de las plantas. ¡También se puede hacer por indagación!

REFERENCIAS

1. Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos [Cognitive psychology and conceptual schemes of students]. *Enseñanza las Ciencias*, 4(1), 3-15. <http://ddd.uab.cat/record/40558>.
2. Martínez-Torregrosa, J.; Doménech, J. L. y Verdú-Carbonell, R. (1999). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: la epistemología de la ciencia como criterio organizador de la enseñanza en las ciencias física y química. *Curriculum*, 6-7, 67-89. http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=2675.
3. Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *J Sci Teacher Educ.*, 25(2), 177-196. <http://dx.doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>.
4. Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). A Renewed Pedagogy for the Future of Europe (Report EU22-845, Brussels, 2007). McLaren, P. y Giarely, J. (eds.). *Directorate-General for Research Science, Economy and Society*.
5. Martínez-Chico, M.; Evagorou, y Jiménez-Liso, M. R. (2019). Design of a pre-service teacher training, unit to promote scientific practices. Is a chickpea a living being? *Int J Desings Learn*, 11(1), 21-30. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i1.23757>.
6. Lupión-Cobos, T.; López-Castilla, R. y Blanco-López, Á. (2017). What do science teachers think about developing scientific competences through context-based teaching? A case study. *Int J Sci Educ.*, 39(7), 937-963. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2017.1310412>.
7. Ferrés Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Rev Eureka sobre Enseñanza y Divulg las Ciencias.*, 14(2), 410-426. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.09.
8. Roca, M.; Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis. *Enseñanza las ciencias*, 31.1, 95-114
9. M. Jiménez-Liso, M. R.; Giménez-Caminero, E.; Martínez-Chico, M.; Castillo-Hernández, F. J. y López-Gay, R. (2019). El enfoque de enseñanza por indagación ayuda a diseñar secuencias: ¿Una rama es un ser vivo? Solbes, J. y Jiménez-Liso, M. R. (eds.). *Propuestas de Educación Científica basadas en la indagación y modelización en contexto*. Valencia, Tirant lo blanch.
10. National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. <http://dx.doi.org/10.17226/9596>.
11. Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias 2*. Dep Didàctica les Matemàtiques i les Ciències Exp., tesis doct. (vol. II), 401-622.
12. Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. *Teach Sci Inq Recomm Res Implement.*, enero, 99-117.
13. Aguilera, D. y Perales-Palacios, F. J. (2018). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Res Sci Educ*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2>.
14. Blanco-López, Á.; España-Ramos, E. y Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice Rev Educ Científica.*, 1(1),107. <http://dx.doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>.
15. Solbes Matarredona, J. y Torres, N. (2013). ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico? *Tecné, Episteme y Didaxis*, 33, enero-junio, 61-85. <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/2034/1960>.

16. Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó Editorial.
17. Ferrés Gurt, C.; Marbà, A. y Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Rev Eureka sobre Enseñanza y Divulg las Ciencias*, 12(1), 22-37. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.03.
18. Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Eureka sobre Enseñanza y Divulg las Ciencias*, 14(2), 286-299. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01.
19. Jiménez-Liso, M. R.; Avraamidou, L.; Martínez-Chico, M. y López-Gay, R. (2019). Scientific Practices in Teacher Education: The interplay of sense, sensors, and emotions. *Res Sci Technol Educ.*, in press. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1647158>.
20. Couso Lagarón, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *Actas de los 26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
21. Pfundt, H. y Duit, R. (1988). Bibliography. Students’ Alternative Frameworks and Science Education. *Reference Materials - Bibliographies*. <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse>.
22. Pedaste, M.; Mäeots, M.; Siiman, L. A. et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educ Res Rev.*, 14, 47-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
23. Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From dewey to standards. *J Sci Teacher Educ.*, 17(3), 265-278. <http://dx.doi.org/10.1007/s10972-006-9008-5>.
24. Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Sci Educ.*, 22(9), 2087-2107. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-012-9520-2>.

