

Enseñanza basada en la Indagación: Una propuesta de formación para el futuro profesorado de Educación Secundaria

Teaching based on Scientific Inquiry: A training proposal for Secondary Teachers

Beatriz Bravo-Torija

Universidad Autónoma de Madrid (Madrid, España)

Resumen

La indagación ha sido reconocida como una de las principales prácticas científicas, sin embargo, la implementación del aprendizaje basado en indagación resulta compleja para el profesorado en formación. Por ello en este trabajo se describe una secuencia de Enseñanza basada en la Indagación cuyo objetivo es que el futuro profesorado no solo sea capaz de diseñar estas actividades, sino que también sea consciente de su punto de partida y su evaluación a lo largo del proceso. Dicha secuencia se lleva a cabo en la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza de la Biología y Geología en el Máster de Formación de Profesorado y es realizada por 20 estudiantes.

Los resultados muestran que a pesar de que todos los participantes consiguen diseñar actividades de indagación guiada, siguen encontrando dificultades para definir la pregunta a investigar o para restablecer la guía para favorecer que el alumnado diseñe su propio proceso de resolución en base a las soluciones planteadas a las preguntas. Las implicaciones de los resultados en la formación del profesorado se discuten en las conclusiones.

Palabras clave: *Aprendizaje Basado en Indagación; Formación de Profesorado; Educación Secundaria; Aprendizaje de Ciencias.*

Abstract

Scientific inquiry has been recognized as one of the main scientific practices, although the implementation of inquiry-based learning for preservice-teachers is complex. For this reason, this work describes an Inquiry-based Teaching sequence that engages future teachers in designing inquiry activities, considering their starting point and their evolution throughout the sequence. In addition, the difficulties and limitations encountered by the preservice teachers are also identified. This sequence is carried out by 20 students in the subject of Learning and Teaching of Biology and Geology in the Master of Teacher Training. The results show that although the teachers get to design guided inquiry activities, they show problems to define a question to be investigated for their students and to establish the guide that they must provide to their students to carry out their resolution process. The implications of these results for teacher education are discussed in the conclusions.

Keywords: *Inquiry based learning; Teacher Training; Secondary Education; Science learning.*

CONTEXTUALIZACIÓN

El Aprendizaje basado en Indagación (ABI) ha sido reconocido como una de las perspectivas de aprendizaje de Ciencias Experimentales más útiles para el alumnado al promover no solo una mejora en la adquisición del conocimiento, sino también un incremento en su interés hacia las Ciencias (Furtak et al. 2012). De las acepciones de ABI encontradas en la literatura, en este trabajo empleamos la propuesta por Crawford (2014), que lo define como “*el proceso que implica al alumnado en el uso de destrezas científicas como la formulación de preguntas, el diseño y realización de una investigación, la recogida y el análisis de datos, la obtención de pruebas, la construcción de argumentos y modelos, y su comunicación para comprender mejor el mundo natural*” (p. 515).

Promover el desarrollo de estas destrezas implica un cambio en la concepción de cómo se aprenden las ciencias, pasando de un aprendizaje centrado en la adquisición de contenidos a uno conectado con la comprensión de los procesos por los que son construidos, utilizados y evaluados (Lederman et al., 2013). Para conseguirlo, es necesario que el alumnado aborde preguntas significativas que le permitan adquirir una comprensión del conocimiento que están manejando (Bárcena y Martínez-Aznar, 2022). El papel del docente, en este contexto, es fundamental al tener la responsabilidad de proporcionar oportunidades para pensar y razonar, en lugar de manejar material de “laboratorio” y seguir instrucciones (Nawani et al., 2019). Stuchlikova et al. (2013) han identificado la tendencia existente entre el futuro profesorado de replicar las estrategias y metodologías vividas como estudiantes donde predominaban las actividades de demostración frente a las de investigación. Esto hace que durante su formación inicial sea clave desarrollar propuestas que impliquen a los futuros docentes en el diseño y desarrollo de actividades con enfoque ABI. En esta línea, Strat et al. (2023) distinguen entre el ABI, centrado en la experiencia en Indagación de los futuros docentes como alumnos, y la Enseñanza Basada en Indagación (EBI) en la que estos diseñan las actividades de indagación y reflexionan sobre su utilidad como estrategia pedagógica.

En este trabajo se aborda una propuesta diseñada, e implementada, en las aulas de formación inicial de profesorado de Educación Secundaria en el marco de la EBI. Se solicita al futuro profesorado diseñar una actividad de indagación, reflexionando sobre cómo la llevarían a la práctica, considerando cómo sus alumnos adquirirían el contenido científico y las destrezas que pondrían en práctica. Además, han de diseñar todos los materiales para el aula e identificar el procedimiento para evaluar su propuesta.

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En la enseñanza de las Ciencias Experimentales se debería integrar el conocimiento de ciencias (contenido conceptual), el conocimiento sobre cómo son construidas las ciencias (procesos implicados en la construcción, uso y evaluación del conocimiento científico) y el conocimiento sobre ciencias (relacionado con el papel que cumple la ciencia en la sociedad actual, así como la naturaleza de la disciplina (Gilbert, 2009)). Para conseguirlo, es clave que el alumnado desarrolle actividades similares a los científicos como observar un fenómeno del medio natural que les resulte de interés, plantear preguntas sobre él, proporcionar posibles explicaciones y comprobarlas hasta llegar a una conclusión. Esto no significa dejar a los estudiantes solos en su proceso de resolución, sino que el profesorado les ayude. Por ello, en este trabajo nos centramos en el aprendizaje basado en actividades de Indagación guiadas, entendidas como aquellas en que el profesorado propone la pregunta a investigar, y el alumnado lleva a cabo el resto del proceso con su apoyo constante (Windschitl, 2003). En estas actividades, el profesorado tiene un papel clave ya que no solo define una pregunta a investigar que pueda ser resuelta por su alumnado, sino que diseña el material para que pueda avanzar en su investigación. Por ejemplo, decide qué preguntas son necesarias para guiar la actividad o qué información se proporcionará, considerando las dificultades de aprendizaje del alumnado, y las estrategias que debe desarrollar para apoyar a su estudiantado en el proceso de resolución.

Diseñar actividades de este tipo no es nada sencillo para el profesorado. Los y las docentes tienen problemas para definir preguntas que permitan al alumnado identificar las variables a estudiar (Bravo-Torija et al., 2023). Además, les cuesta reconocer el papel de cada fase de la indagación en el proceso de construcción del conocimiento científico (Crujeiras-Pérez y Díaz-Moreno, 2022) o las acciones concretas que tiene que realizar su alumnado (Vílchez-González y Bravo-Torija, 2015). Esto es debido, no solo a la falta de tiempo o el exceso de contenido en el currículum, sino también a las ideas de los docentes sobre qué son las ciencias y cómo se aprenden (Sjøberg, 2019). Aquellos profesores que consideran el conocimiento de ciencias como algo cerrado, verdadero y que ha de transmitirse tal cual, encuentran más dificultades al diseñar e implementar actividades de Indagación que aquellos que las consideran como algo abierto, social y variable en el tiempo (Crujeiras-Pérez y Díaz-Moreno, 2022).

Imagen 1. Dominios implicados en la Enseñanza Basada en Indagación (basado en Strat et al., 2023)



Esto implica que al formar al futuro profesorado, no solo se haya que considerar el dominio conceptual o el procedimental, sino también el epistémico (el conocimiento acerca de cómo se construye y aplica el conocimiento científico), el social (la relevancia de la comunicación y la argumentación en la evaluación y validación del conocimiento) y el pedagógico (las dificultades del alumnado, las estrategias, y recursos, empleados y la finalidad que tienen para el aprendizaje de la disciplina) (Duschl, 2008) (imagen 1). Entender que todos ellos están conectados es clave ya que ayudar a identificar la utilidad que el ABI tiene en el aprendizaje y enseñanza de las ciencias (Strat et al., 2023) hace que existan más posibilidades de que sea trasladado a las aulas (Janssen et al., 2014).

OBJETIVOS

En base a lo anterior, los objetivos de este trabajo son:

- Describir la propuesta de formación en Enseñanza Basada en Indagación realizada con Profesorado de Educación Secundaria en formación.
- Identificar los retos y dificultades encontradas por este futuro profesorado al diseñar sus actividades de Indagación.

DESCRIPCIÓN

Contexto y participantes

Para que el futuro profesorado pueda diseñar e implementar Actividades de Indagación es clave trabajar sobre ello durante su formación. Partiendo de esta idea, durante la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza de Biología y Geología del Máster en Formación de Profesorado de la Universidad Autónoma de Madrid que se imparte dentro del módulo específico y tiene una duración de un cuatrimestre (120 horas), los y las 20 estudiantes han de diseñar una actividad de indagación, justificando los pasos seguidos. Uno de los objetivos principales de esta asignatura es aprender a diseñar actividades que favorezcan tanto la adquisición de contenido, como la comprensión de los procesos implicados en su construcción y evaluación. Esto hace que la propuesta de diseño de actividad de Indagación tenga un papel central, dado que como docentes les sirve para afianzar sus conocimientos de Biología y Geología, y para adquirir conocimiento sobre el aprendizaje y la enseñanza de estas disciplinas.

Nos centramos en este tipo de diseños, dado que el futuro profesorado ha tenido contacto con actividades principalmente de demostración, pero no conocen las actividades de indagación, y las bases de su diseño, siendo esta la primera vez que se enfrentan a esta realidad. Esta secuencia se desarrolla el último mes de la asignatura. Previamente han trabajado aspectos clave como:

- a) La diferencia entre la ciencia y la ciencia escolar, y cómo es el trabajo de los científicos (idea de la ciencia como construcción social y sus implicaciones).
- b) Las ideas alternativas sobre el contenido de ciencia que se aborda en Educación Secundaria.
- c) La importancia del lenguaje en las ciencias, los distintos registros semióticos que pueden encontrar y la relevancia de construir preguntas que favorezcan el razonamiento científico.

Además, realizan actividades de análisis del currículum y de actividades de libros de texto, en las que aplican el conocimiento adquirido sobre las ideas alternativas y su utilidad en el aprendizaje de las ciencias, y sobre cómo preguntar para identificar qué demanda cognitiva presentan y qué tipo de aprendizaje favorecen. Para ello, los futuros y futuras docentes se dividen en grupos de trabajo de cuatro o cinco estudiantes y eligen un tema de contenido presente en el currículum (ahora saber básico) de Biología y Geología, y el curso al que dirigen la actividad.

Duración y organización de la secuencia

La secuencia de Enseñanza Basada en Indagación se estructura en seis sesiones (de dos horas de duración) (imagen 2). La primera es la evaluación inicial, la segunda y la tercera se centran en cómo es una actividad de indagación y qué aprendizajes promueve. En la cuarta y quinta, el futuro profesorado trabaja, en grupos, modificando de su propuesta inicial para en la última sesión presentar su propuesta antes sus compañeros y evaluarla.

Esta secuencia de Enseñanza Basada en Indagación, que se describe en detalle a continuación, es el producto de tres años de trabajo, en los que se ha implementado esta propuesta, la cual ha ido sufriendo modificaciones según las necesidades observadas y la evaluación de los futuros docentes (Bravo et al., 2021 y 2023). Entre estos cambios se encuentra un aumento del número de sesiones de aula, inicialmente eran cinco sesiones, y señalaban la necesidad de aumentar al menos una más (imagen 2). Además, el futuro profesorado solicitaba el empleo de más ejemplos al abordar las características de las actividades. La sesión extra es empleada para que analicen distintos ejemplos de actividades de indagación, considerando el aprendizaje que adquiriría su hipotético alumnado al realizarlas. Por último, indicaban la necesidad de una mayor concreción en los criterios de evaluación que se recogían en la rúbrica empleada, los cuales fueron modificados, afinando su descripción (rúbrica [disponible en Google Drive](#)).

Imagen 2. Secuencia de Enseñanza basada en la Indagación (modificada a partir de Bravo-Torija et al., 2023). En todas las sesiones los futuros docentes guían el trabajo, excepto en la segunda que es el formador.



Por su interés, se incluye en el anexo 1 una serie de consideraciones complementarias al diseñar actividades de indagación y referencias a materiales de apoyo para el futuro profesorado.

Primera sesión: Evaluación Inicial ¿Qué entendemos por actividad de indagación?

La primera sesión busca que los futuros docentes identifiquen cuál es su conocimiento sobre qué es una actividad de indagación, su utilidad y sus características. Para ello es clave enfrentarlos con su experiencia previa, ya que es el conocimiento sobre cómo enseñar del que parten en muchas ocasiones. Por esta razón, se les solicita una semana antes preparar lo que para ellos es una actividad de indagación con los materiales que consideren necesarios, tal y como la harían si al día siguiente estuvieran en el aula. Se establecieron cinco grupos de trabajo y eligieron las temáticas de la célula, el ecosistema, genotipo y fenotipo, microorganismos y detección de enfermedades y, rocas y mineral y sus usos. Durante la sesión, presenta cada grupo, en 5-10 minutos, su actividad, de la forma que consideren. No hay pautas concretas dado que lo que queremos conocer es cómo actúan sin información previa. Tras la presentación, se les proporciona la rúbrica de evaluación con la que trabajaran en todo momento, y que también será la empleada por el formador ([disponible en Google Drive](#)).

Se explica cada ítem, considerando la descripción de cada nivel de desempeño y se resuelven las dudas. Este punto es clave para que los futuros docentes conozcan cuál es su objetivo. Junto con la descripción de la rúbrica, se abordan aspectos propios de la actividad científica como: ¿Por qué se debe iniciar la actividad con un contexto cercano al alumnado y una pregunta de investigación a resolver? ¿Qué papel juega la formulación de hipótesis en el proceso de resolución? ¿Qué importancia tiene la fiabilidad y la replicabilidad en la planificación de una investigación? Estas preguntas permiten trabajar el dominio epistémico, clave para entender los procesos implicados en la construcción y evaluación del conocimiento científico. Abordarlos explícitamente no es común en este tipo de propuestas, aunque es necesario (Crujeiras-Pérez y Moreno-Díaz, 2022), de ahí la importancia de integrarlo en la secuencia.

Una vez comprendida la rúbrica, los grupos la aplican al trabajo diseñado, considerando qué nivel de desempeño han alcanzado y elaborando un pequeño informe en el que responden a: ¿Qué conocimiento habría adquirido el alumnado con tu actividad? ¿Qué destrezas científicas? ¿Cuál ha sido tu papel y el suyo en el desarrollo de la actividad? ¿Qué puntos de vuestro diseño han de cambiarse y por qué? Este documento tiene dos objetivos: el futuro profesorado sabe las actividades que podría diseñar y la utilidad que tendrían, y para el formador sería útil como evaluación inicial, conociendo con precisión de qué punto parte su alumnado.

Segunda sesión: tipos y fases de una indagación: principios de diseño y elementos

El objetivo es que el futuro profesorado reconozca: cuáles son las características de una actividad de indagación; qué tipos de actividades de indagación existen; y qué aprendizajes se favorecen en función del tipo de indagación. Para ello comienzan comparando y discutiendo en gran grupo dos actividades experimentales que abordan la temática de la célula (imágenes 3 y 4), considerando qué aprendizajes adquiere el alumnado, qué destrezas científicas ponen en juego y qué características del diseño lo han hecho posible. El primer ejemplo consiste en sacar una muestra de una hoja de lirio, prepararla en un portaobjetos y observarla al microscopio. Todo el procedimiento está completamente pautado, y lo único que se solicita es hacer dibujos de la muestra observada, identificando la célula y sus estructuras.

Imagen 3. Actividad práctica sobre célula vegetal

Práctica sobre la célula



Condiciones de realización de la práctica

Material:
Microscopio escolar
Material estándar de laboratorio

Guion de práctica

Observación microscópica de células de epidermis de lirio

- Coloca una gota de agua en el centro de un portaobjetos
- Con la ayuda de unas pinzas, extrae un fragmento (1 cm²) de epidermis de envés de una hoja de lirio y colócala bien extendida sobre el agua. Tapa con un cubre y seca el exceso de agua por los lados.
- Observa con el microscopio: Enfoca con el objetivo de menores aumentos y luego observa con el de medianos o máximos aumentos. Fíjate en la presencia de cloroplastos.
- Dibuja la preparación, señalando los dos tipos de células que encuentras e indicando en cada una las partes que distingues (si no visualizas el núcleo de las células epidérmicas añade, sin levantar el cubre, una gota de azul de metileno).
- Calcula el tamaño real, aproximado, de las células epidérmicas y estomáticas.

El segundo ejemplo parte de un contexto concreto: “en un laboratorio han entrado unos ladrones y al irse han dejado unas muestras de tejido. El alumnado ha de averiguar quién es el ladrón a partir del análisis de dichas muestras”. Este contexto se acompaña de las descripciones de los posibles sospechosos, que coinciden con las de una célula animal y una vegetal. A partir de ahí, a los grupos de trabajo se les dan distintas muestras y se les pregunta quién creen que es el ladrón y qué estructuras de las identificadas los llevan a concluir cuál es su sospechoso. No se proporciona ningún guion del procedimiento a seguir, sólo las preguntas.

Imagen 4. ¿De qué ladrón son las células que tenéis en la muestra? (Adaptada de Díaz de Bustamante y Jiménez Alexandre (2008))

¿De qué ladrón son las células que tenéis en la muestra?

En el laboratorio del Centro fue robada la cámara de video. Sin embargo el ladrón se lastimó, dejando unos restos de su cuerpo en la puerta del armario. Con ellos se han hecho preparaciones que están colocadas en los microscopios. Debéis investigar a qué sospechosos pertenecen, justificando vuestras conclusiones.



A continuación se presentan los sospechosos:

A) CLOROFILIO: Las células de este individuo son como las de los vegetales terrestres. Recibe este nombre porque posee clorofila (en los cloroplastos), siendo su nutrición fotosintética. Además puede presentar estomas, por donde realiza el intercambio gaseoso, y una pared celular bien marcada, los que les confieren una forma concreta y fácil de identificar.

B) ARAÑILIO: Las células de este individuo son como las de los animales terrestres. Sus células, de forma irregular, se encuentran distribuidas en capas, y son todas del mismo tipo.

Debéis investigar a que sospechoso pertenece, para ello:

- 1) Decidid si es del tipo A o B, explicando en base a qué datos lo habéis escogido
- 2) Describid detalladamente las células del individuo, haciendo un dibujo e indicando las estructuras que distingáis (y que os han servido para identificar al sospechoso)

Una vez recogidas, tanto las diferencias como las semejanzas, el formador describe, ayudándose de un material de apoyo, las características de una indagación científica, los tipos que hay y cómo se diseñan (disponible [en el siguiente enlace](#)). Además, se proporciona al profesorado la ficha con las destrezas científicas a abordar con sus alumnos (disponible [en el siguiente enlace](#)).

Tercera sesión: comparativa y análisis de distintas actividades de indagación

Esta sesión tiene como objetivo seguir profundizando en el conocimiento de cómo ha de ser una actividad de indagación y qué se promueve en base a su diseño. Se les solicita los futuros docentes aplicar el contenido trabajado en la sesión anterior a tres propuestas de actividades, una sobre identificación de partes de una lupa binocular, otra de confirmación (Imagen 5a) y la última (Imagen 5b) una actividad de indagación dirigida diseñada para la secuencia.

Imagen 5. Ejemplos propuestos de actividades de demostración y de indagación guiada

RECONOCIMIENTO DE LA PRESENCIA DE UN POLISACÁRIDO: ALMIDÓN

Objetivo
 ✓ - Reconocer la presencia de almidón mediante solución yodo-yodurada de Lugol.

Agrupamiento y Material

| | |
|--|---|
| Nivel: Bachillerato | Agrupamiento: 2 Alumnos por equipo |
| Material común: ✓ - Lugol ✓ - Solución de almidón ✓ - Agua | Material por equipo: ✓ - Gradilla con dos tubos de ensayo numerados ✓ - 2 pipetas ✓ - Placa de Petri con trozos de: patata salchicha sin almidón salchicha con almidón |

Fundamento
 El Lugol es una solución de IK y yodo metálico. El yodo colorea de azul las soluciones de almidón. Se acepta que esta reacción se debe a un compuesto de adsorción formado por la quelación de iones de yodo en el interior de la molécula de almidón que especialmente tiene una estructura en espiral.

Método
 ✓ - Echa, con la pipeta, 2 ml de agua en tubo nº 1 y 2 ml de solución de almidón en el tubo nº 2.
 ✓ - Añade a cada uno de ellos uno o dos gotas de Lugol.
 ✓ - Añade asimismo uno o dos gotas de Lugol a cada uno de los órganos colocados en la placa de Petri.
 ✓ - Anota los resultados y extrae conclusiones.

Resultados

| Tubo nº/ órgano | Resultado | Conclusión |
|-----------------|-----------|----------------------------------|
| 1 | Negativo | |
| 2 | Positivo | |
| Patata | Positivo | La patata contiene almidón |
| Salchicha 1 | Positivo | La salchicha contiene almidón |
| Salchicha 2 | Negativo | La salchicha no contiene almidón |

¿A qué se debe la diferencia del precio del jamón de york?

Juan el otro día leyó un estado de una amiga que ponía: "El fraude del jamón york, ni sano ni bueno para adelgazar ¿Cómo descubrir cuál es el mejor?"

Interesado por el tema, acompañó a su madre al supermercado y escogió tres marcas de jamón de york diferentes, y se dio cuenta, además de que cada uno tenía un precio diferente. Os pide ayuda para conocer ¿A qué se debe la diferencia de precio en las marcas de jamón de york? Y ¿Cuál sería la mejor y por qué?



A priori ¿A qué creéis que se debe la diferencia de precio? ¿Cuál elegiríais para comer? Explicar vuestras propuestas

¿Cómo podríamos averiguar si nuestra opción elegida es cierta? Planifica una investigación para comprobarlo

- ¿Qué tendríais que considerar?
- En base a lo anterior ¿Qué información necesitáis?
- ¿Qué material vais a manejar?
- ¿Cómo va a ser el procedimiento a seguir?

Una vez realizado el procedimiento ¿Cómo vais a registrar los datos obtenidos?

¿Qué resultados habéis obtenido en base a la interpretación de datos realizada?

El resultado encontrado coincide con vuestra elección inicial ¿A qué ha sido debida?

Si no coincide ¿Qué ha ocurrido? ¿Qué no habíais considerado al inicio?

Ahora debéis escribir un email a vuestro amigo Juan respondiendo a sus preguntas y contándole en detalle cómo lo habéis averiguado.

Los y las docentes deben comparar las tres propuestas y considerar qué fases de indagación se promueven en ellas (empleando la rúbrica de evaluación), qué acciones deben realizar los estudiantes y qué destrezas científicas se promueven (empleando la ficha de destrezas científicas). Todo ello lo deben recoger en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de recogida de información del análisis de las actividades

| Actividad de Indagación | Fases de Indagación que se favorecen | Acciones que se demandan del alumnado | Destrezas científicas que ponen en juego |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Identificación partes de la lupa binocular | | | |
| Actividad de confirmación presencia de Almidón | | | |
| Actividad de indagación dirigida ¿A qué se debe la diferencia del precio del jamón de york? | | | |

Al final de la sesión, se pone en común considerando qué semejanzas y diferencias encuentran entre las actividades propuestas. Este aspecto pedagógico es clave porque una de las mayores dificultades del profesorado en formación es conseguir esa coherencia interna entre lo que quiere que sus alumnos adquieran y lo que propone hacer, y este tipo de actividades le sirven para identificarlo (Bravo-Torija et al., 2023).

Cuarta y quinta sesión: Modificación de la actividad inicial

En este punto con la información adquirida, junto con la rúbrica, la evaluación inicial realizada, las tablas comparativas de los ejemplos empleados en la sesión anterior y el cuadro de destrezas científicas, han de modificar su actividad. Para conseguirlo, el papel del formador se convierte en algo esencial (Crujeiras-Pérez, 2017), ya que el andamiaje proporcionado por ese experto ayuda al futuro profesorado a ir integrando el proceso de construcción y haciéndolo suyo. Por ello, durante estas dos sesiones el formador, en este caso fueron dos, acompaña a los grupos atendiendo sus dudas, y cuestionándoles sus decisiones con preguntas que favorezcan la reflexión, entre las que se encuentra: ¿Qué conocimiento quieres que tus alumnos adquieran y cómo lo deconstruyes para que ellos lo puedan construir durante la actividad?, ¿Cómo se conecta con la situación de aprendizaje propuesta y la pregunta de investigación formulada?, ¿Qué características tiene la pregunta que habéis diseñado?, ¿Qué limitaciones puede presentar?, ¿Cómo vais a guiar al alumnado en el diseño de resolución? o ¿Cómo vais a conseguir evaluar el proceso?

Todas estas preguntas abordan distintos aspectos del diseño de la actividad desde la coherencia interna, hasta el grado de concreción con el que deben trabajar en el aula, ya que se les demanda construir todo el material educativo que darían al alumnado, justificando su uso. En este trabajo de mentorización los formadores han de hacer hincapié en: a) la parte inicial de qué van a aprender los alumnos y cómo, dado que la tendencia de los futuros docentes es a proponer actividades antes de realizar esta reflexión; b) la formulación de la pregunta de investigación, dado que la tendencia es a elaborar preguntas de baja demanda cognitiva y que son respondidas con un sí o un no; y c) la concreción de todas sus ideas en una material que poder dar al alumnado y que se ajuste a nivel de lectoescritura, identificando qué tipo de lenguaje es el más adecuado (oral, escrito, visual etc.), y qué demandas se realizan.

Durante las dos sesiones, los grupos muestran y discuten sus propuestas con los formadores, y las modifican hasta llegar a un diseño, y una justificación de las decisiones tomadas. En este proceso el *feedback* de formador es continuo, pudiendo comprobar la evaluación de las actividades.

Sexta sesión: Evaluación final ¿Qué hemos conseguido construir?

En esta última sesión, cada grupo defenderá ante sus compañeros el diseño que hizo considerando el contenido elegido y su justificación, las destrezas y cómo se consigue con la actividad propuesta y los materiales diseñados, y cómo se evalúa durante la actividad y al final. Para ello la organización docente de esta sesión es “especial” ya que se establece un formato de “Feria de la Ciencia” en la que los y las docentes por grupos tienen un stand en el que pueden poner todo el material que necesiten (tanto material educativo como material fungible para realizar la actividad). En todo momento tienen que asegurar que haya al menos un miembro del grupo en su puesto, mientras el resto conoce las otras propuestas. Este formato les resulta útil, ya que en poco tiempo conocen todas las propuestas, el intercambio de información es más fluido y cercano, lo que les permite cuestionar y plantear dudas sin enfrentarse al juicio del gran grupo. Además, reciben *feedback* no solo del formador o formadora, sino también de sus compañeros, así como el reconocimiento al trabajo desarrollado.

Esta sesión finaliza con una nueva autoevaluación, en la que cada grupo debe considerar el nivel de desempeño que alcanza al final, qué cambios concretos ha realizado en su actividad, a qué han sido debidos, y qué ha supuesto esta secuencia en su aprendizaje como docente.

Además, durante la feria los grupos deben evaluar al resto empleando la misma rúbrica, e indicando qué aspectos destacan de las propuestas vistas, qué limitaciones observan y cómo podrían mejorarlas. Todo ello se realiza en un documento que entregan en la plataforma Moodle al formador.

CRITERIOS Y HERRAMIENTAS DE OBSERVACIÓN

La evaluación de la propuesta es formativa y se realiza durante todo el proceso, e intervienen tanto los y las docentes como el formador. Se combina una autoevaluación del grupo con una coevaluación y una evaluación del formador. En todos los casos se emplea la misma rúbrica de evaluación, que sirve también como base de orientación al futuro profesorado para construir la actividad de indagación. En ella se detallan todas las fases implicadas en una indagación (Jiménez-Liso, 2020). Para su elaboración nos basamos en los trabajos de Ansón y Bravo-Torija (2017) y Ferrés et al. (2015), quienes estudian el desempeño de estudiantes de bachillerato en el diseño y ejecución de actividades de Indagación. Estos autores determinan las distintas fases de indagación desde razonamiento del problema hasta la obtención de conclusiones, ya que la pregunta de investigación es definida por el docente.

En este trabajo, se introducen dos fases más, la formulación de la pregunta, ya que se solicita al futuro profesorado determinar la pregunta a investigar, y la fase de comunicación, clave en la parte de evaluación del conocimiento científico. De esta forma, las fases que se consideran son: justificación de actividad, formulación de la pregunta de investigación, razonamiento sobre el problema (planteamiento de hipótesis), planificación de la investigación, recogida e interpretación de datos, obtención de conclusiones, y comunicación. En cada ítem se distinguen tres niveles de desempeño, alto, medio y bajo. Por ejemplo, en formulación de pregunta de investigación se distingue entre:

- **Nivel bajo:** no formula pregunta de investigación a los alumnos de Educación Secundaria.
- **Nivel medio:** se formula pregunta de investigación que se responde con un sí o no, que no demanda realizar una investigación posterior.
- **Nivel alto:** se formula pregunta de investigación concreta en la que plantean la/s variable/s a estudiar al inicio de su actividad de investigación.

A partir de esta tabla, se identifica en qué nivel de desempeño se encuentra el futuro profesorado, tanto al inicio como al final de la actividad. La descripción de cada ítem también le ayuda a identificar qué han de hacer en el diseño de cada fase para llegar al máximo desempeño, o una vez diseñada la actividad a evaluar si cumplen con la descripción dada.

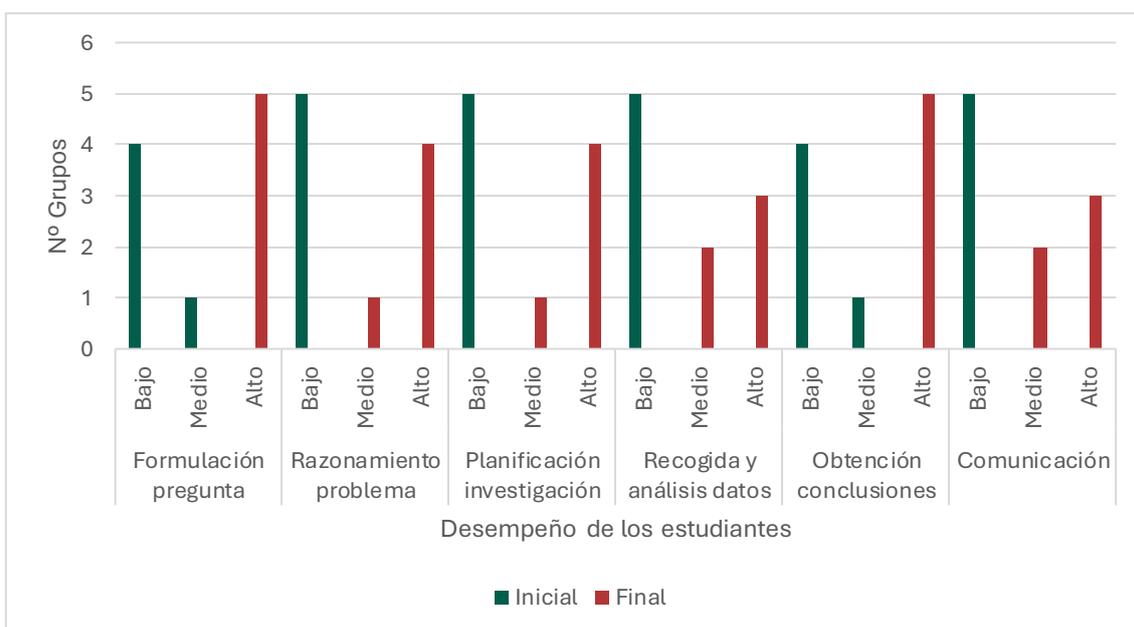
Además, para favorecer la reflexión docente, se le aporta un documento, al inicio y al final, donde se les solicita considerar si han explicitado los objetivos de aprendizaje y los contenidos a trabajar por su hipotético alumnado en su actividad, cómo se ha concretado todo ello en su diseño, qué tipo de indagación promueve con su diseño, y qué aspectos positivos y mejoras identifican. En el documento de reflexión final, se incluyen dos preguntas relacionadas con los aprendizajes adquiridos y con cómo se sienten ante la perspectiva de diseñar e implementar actividades y qué cambios han sentido en la secuencia, abordando así los cinco dominios de la imagen 1.

Al final de la secuencia cada grupo tendrá su autoevaluación y la coevaluación de sus compañeros. Además, los criterios que emplea el formador son los mismos que los utilizados por el futuro profesorado, determinando a qué nivel de desempeño llegan y qué mejoras serían necesarias. La única diferencia que existe es que en la rúbrica del formador se incluye un ítem más denominado evolución. En él se caracterizan tres niveles de desempeño considerando el punto de partida de la actividad diseñada y su avance hasta la actividad final.

En concreto, con este ítem se valora cómo se ha avanzado en los diseños, y también cómo es la capacidad del futuro profesorado para defender los cambios propuestos en base al conocimiento adquirido sobre ABI, diferenciando entre un nivel de desempeño bajo en que no se identifica ninguna mejora en la actividad, manteniéndola como una actividad de demostración. Un nivel de desempeño medio en que sí que hay una modificación de la actividad, consiguiendo diseñar una indagación guiada, pero el grupo encuentra problemas al justificar sus decisiones de diseño. Por último, el nivel alto, donde se reconoce una modificación en la actividad, consiguiendo una indagación guiada que defienden de forma argumentada.

RESULTADOS, RETOS Y DIFICULTADES

Gráfica 1. Resultados del desempeño del futuro profesorado al diseñar actividades de indagación



En cuanto a los resultados obtenidos, por extensión del trabajo, nos centramos en la evaluación inicial y la final, y las transformaciones de las actividades realizadas. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 1, describiéndose en detalle a continuación.

En cuanto a las actividades, todas eran muy similares y se caracterizaban por no tener una situación de aprendizaje. Solo uno de los cinco grupos presentó pregunta de investigación que guiaba la tarea a realizar. No había momento para el razonamiento del problema y directamente se indicaba al alumnado lo que debían hacer, o se le daba una explicación teórica y luego se demostraba. En todas las propuestas, los futuros docentes proponían cómo se realizaba la fase experimental, pautando todo completamente, al igual que la recogida de datos. Solo uno de los cuatro grupos contemplo una guía para favorecer la obtención de conclusiones por el alumnado, siendo el mismo que había propuesto la pregunta a investigar. Todas las actividades procedían de experiencias previas del futuro profesorado, durante la carrera o en etapas inferiores, o búsquedas de internet (repositorios de prácticas, material educativo de determinada editorial que tenían acceso online o vídeos de YouTube), sin ninguna modificación por su parte.

Tras la entrega y explicación de la rúbrica sobre cómo realizar actividades de indagación, el futuro profesorado es capaz de identificar que hay bajos niveles de desempeño en la mayoría de las fases, incluso que había fases que no incorporaron, principalmente el razonamiento del problema y la comunicación de resultados. Además, todos los grupos, identifican que no han proporcionado ningún tipo de material educativo y no ha existido ninguna interacción con los compañeros.

En las siguientes sesiones se observa un cambio notable en la concepción de que es una actividad de investigación y lo que implica en su diseño. Durante el rediseño de las actividades (sesión 4 y 5) lo que más dificultades les supone es formular la pregunta de investigación, enmarcándola en una situación de aprendizaje concreta. Esto es debido, como ellos y ellas indican, a que consideran antes cómo realizar la actividad, o qué actividad conocen que puedan adaptar, que cuáles son ideas de ciencias que quieren que sus alumnos trabajen y cómo secuenciarlas considerando las dificultades de aprendizaje que suelen encontrar. A esto se une que tampoco concretan qué destrezas científicas quieren que desarrollen sus alumnos, ni cómo lo harán. Todo esto los lleva a bloquearse hasta que consiguen definirlo y con ello la pregunta de investigación y la situación de aprendizaje que la enmarca. En este proceso reconocen la importancia de definir el contexto y la pregunta para poder diseñar, ya en función de lo que se pregunta, el resto del proceso de resolución cambia por completo. Esto no es de extrañar ya que, como muestra Bravo Torija et al. (2023), es una de las fases más complicada para el futuro profesorado. Reflexionar en este sentido es muy importante ya que ayuda al futuro profesorado a considerar que no existe un único “método científico”, válido y universal (Crujeiras-Pérez y Moreno-Díaz, 2022), conectando así el dominio pedagógico con el epistemológico.

La mejora en el desempeño del futuro profesorado queda patente en la última sesión. En la “Feria de la Ciencia” los grupos, interaccionando entre sí, tiene que convencer a sus compañeros de la utilidad de su práctica, integrando en su explicación tanto el dominio epistémico como el conceptual y procedimental. Tres de los cinco grupos alcanzan el nivel máximo desempeño en todas las fases de indagación. En aquellos que no lo consiguen se encuentran dos dificultades principalmente, la primera de ellas es que no establecen una guía con las preguntas adecuadas para favorecer que su futuro alumnado determine qué datos ha de recoger y cómo, y no consideran cómo su alumnado comunicará al resto de compañeros las conclusiones obtenidas de su investigación. Además, uno de estos grupos también encuentra problemas para promover el razonamiento del problema, presentando una pregunta que el alumnado respondería con un sí o un no, lo que no favorece la conexión entre lo que considera que puede suceder y las ideas de ciencias que plantea. Todos los grupos, excepto dos, diseñan cuadernos de seguimiento para el alumnado que recogen desde su razonamiento al problema hasta su comunicación, y consideran un momento de puesta en común al finalizar la actividad.

En dichos cuadernos incluyen preguntas para guiar el razonamiento del alumnado y su proceso de resolución. Además, favorecen distintas estrategias como la modelización o la interpretación de datos en distintos formatos, acompañándolo del material manipulativo correspondiente. Los otros dos grupos, solo indican que su alumnado compartiría la información, pero no determinar cómo.

En cuanto a la reflexión solicitada al final de la actividad, esta es de utilidad para conocer tanto el aprendizaje adquirido por los futuros docentes, como las limitaciones encontradas al diseñar. En cuanto al aprendizaje adquirido, tal y como muestran las respuestas dadas por el grupo que trabajó sobre los ecosistemas, todos reconocen que, a pesar del esfuerzo, el diseñar estas actividades les ha servido para reconocer el trabajo que realiza un docente en el diseño de los materiales, las mejoras que estos llegan a experimentar o la importancia de flexibilizar las actividades según el tipo de alumnado.

“Aunque es cierto que elaborar esta clase de actividades requiere mucho esfuerzo, ganas y tiempo por parte de los docentes y creemos que no todos los profesores están dispuestos a emplear tanta dedicación y tiempo en elaborar sus clases, todos hemos coincidido en los beneficios que los procesos de indagación tienen en el alumnado y, por tanto, que el esfuerzo de preparar estas actividades merece la pena. Por tanto, esta experiencia nos ha enseñado:

- *El tiempo que invierten los docentes en elaborar una buena actividad (teniendo en cuenta los problemas que quieren abordar con las actividades, las mejoras que hay que hacer para lograr una versión final adecuada, todos los aspectos para tener en cuenta a la hora de desarrollar la actividad, la importancia de seleccionar qué destrezas y competencias van a desarrollar los estudiantes, etc.).*
- *La cantidad de cambios y mejoras que sufren los proyectos, desde el esbozo de la propia actividad hasta su resultado final.*
- *La dificultad de plantear y organizar preguntas y problemas correctamente para que los estudiantes las entiendan y les resulte fácil seguir un hilo a lo largo de toda la actividad.*
- *El papel fundamental que desempeñamos los docentes como guías en el proceso educativo de los alumnos.*
- *La importancia de flexibilizar las actividades educativas y adaptarlas para mejorar el aprendizaje de los alumnos.”*

En cuanto a las dificultades que consideran que han encontrado durante la secuencia, todos los grupos señalan las relacionadas con las conexiones entre las ideas de ciencias y las destrezas científicas a trabajar y la pregunta de investigación. También reconocen la complejidad que tiene definir las preguntas que sirven de guía al alumnado para resolver la situación planteada, sin proporcionarles las respuestas directamente. Esto último es coherente con los resultados encontrados.

Además, se encontraron dificultades asociadas a las temáticas que les tocaba trabajar. Por ejemplo, el grupo de rocas, minerales y sus usos reconoció que no dominar el conocimiento, le limitó al diseñar la actividad. Esto coincide con que se el grupo que alcanzó el menor nivel de desempeño. El grupo que trabajó con ecosistemas no tuvo dificultades en el contenido, sino al establecer cómo debía guiar al alumnado en el proceso de planificación de la investigación. Su tendencia era a pautarles cómo actuar, en lugar de favorecer que fueran sus futuros alumnos quienes tomarán dichas decisiones.

Por último, los grupos cuyas temáticas estaban relacionadas con el mundo microscópico, células, microorganismos o genética, encontraron inicialmente limitaciones para diseñar un material que favoreciera que el alumnado pudiera hacer un registro e interpretación de datos. Esto lo solucionaron haciendo hincapié en las destrezas relacionadas con la interpretación de información. Les entregaron materiales en los que se presentaban informaciones en diferentes formatos y su futuro alumnado debería ir descartándolas, identificando cuáles eran válidas y cuáles no, y por qué, en función de la pregunta de investigación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tras considerar los resultados obtenidos de la secuencia de Enseñanza Basada en Indagación consideramos que los futuros docentes experimentan una mejora en su desempeño al diseñar estas actividades. Dado que al inicio todos los grupos partían de niveles de desempeño bajo, centrándose en propuestas de confirmación con un proceso de resolución cerrado y escasa participación del alumnado. Sin embargo, tras considerar las características de las actividades de indagación y analizar los ejemplos, toman conciencia de cómo han de diseñar estas actividades y la importancia que tiene considerar el aprendizaje del alumnado, tanto a nivel conceptual como procedimental al determinar la pregunta de investigación que guiará la actividad, así como su proceso de resolución al iniciar. En cuanto a este aspecto, supone una limitación importante al futuro profesorado cuya forma de proceder es elegir la actividad y luego enmarcarla en qué han de aprender los alumnos gracias a ella, pero al reconocer la necesidad de modificar el orden, la superan y son capaces de determinar una situación de aprendizaje y una pregunta coherente con los objetivos que se proponen.

Además, todos los grupos, excepto uno, pueden justificar según el conocimiento del contenido y el conocimiento acerca del aprendizaje del alumnado, las decisiones tomadas en el diseño. Consideran tanto los dominios conceptuales y procedimentales como los pedagógicos y epistemológicos. A esto se añade, que, en tres de los cinco grupos, reconocen la importancia del intercambio de ideas en los grupos de trabajo, así como la necesidad de diseñar espacios en su tarea para realizarlo, dando importancia al dominio comunicativo.

A pesar de ello, en el trabajo se identifican dificultades en el diseño de las fases de razonamiento del problema, planificación de la investigación y registro y análisis de datos. Algunas de ellas, identificadas también por los participantes del trabajo. Esto no es de extrañar, dado que como muestran Ansón y Bravo-Torija (2017) o Ferrés et al., (2015), están son las fases que más les cuesta resolver al alumnado, dada que están acostumbrados principalmente a actividades de confirmación.

Un aspecto que encontramos que ha determinado el tipo de dificultades encontradas ha sido la temática escogida, encontrando diferencias entre los grupos. Esto nos lleva a considerar que plantearles situaciones con distintas temáticas enriquece la actividad, ya que cada grupo se tiene que enfrentar a un reto diferente. En este caso se encuentran el conocimiento sobre el contenido a trabajar, el tipo de investigaciones a realizar y cómo favorecer la toma de decisiones en el aula o qué material educativo diseñar para favorecer el desarrollo de destrezas propias de los científicos cuando hablamos de escalas micro. Consideramos que es de interés seguir profundizando en este aspecto que no ha sido atendido en este estudio.

Para terminar, creemos que la secuencia diseñada, y desarrollada en este trabajo, permite adquirir al profesorado la formación necesaria para diseñar actividades de indagación, reconociendo su papel en el aprendizaje de las ciencias y su utilidad en su futuro profesional. Lo que esperamos que se traduzca en una transferencia a sus futuras aulas. En esta línea, consideramos también que la secuencia presentada podría trasladarse a la formación de docentes de Educación Primaria y Educación Infantil, ya que también se les demanda el trabajo por competencias y favorecer que el alumnado aplique el conocimiento sobre su entorno en contextos o situaciones concretas.

REFERENCIAS

- Ansón, J. A., & Bravo-Torija, B. (2017). Resultados e implicaciones de una propuesta para promover el desarrollo de las destrezas científicas en un aula de Biología de bachillerato. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 132-151.
- Bárcena, A. I., & Martínez-Aznar, M. M. (2022). Inquiry about Chemistry Reactions and Development of Scientific Competence, *Enseñanza de las Ciencias*, 40(2), 5-23.
- Bravo-Torija, B., Bermúdez-Rochas, D., Mora-Urda, A. I., & Sánchez, N. (2023). De la “receta de cocina” a la investigación: cambios en el rol del docente en el marco del aprendizaje basado en indagación. En M. González-Montero y A. Herráez Sánchez (Eds.). *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (III)* (pp. 55-62). Santillana.
- Bravo-Torija, B., Gálvez-Esteban, R., & Calvo, A. (2021). De las recetas de cocina a las experiencias de indagación en las aulas de ciencias. En L. Cañadas & S. Rappoport (Eds.). *Las competencias generales en la formación inicial docente. Experiencias y orientaciones para su desarrollo* (pp. 24-35). Dykinson.
- Casas-Quiroga, L., & Saez-Bondía, M. J. (2024, en prensa). Orientaciones para el diseño de actividades de indagación en el aula de ciencias. En B. Bravo-Torija, & A. I., Mora-Urda (Eds.). *Actividades de indagación para trabajar las ciencias experimentales en contexto en Educación Primaria*. Dykinson.
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. En N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 515– 541). Routledge.
- Crujeiras-Pérez, B. (2017). Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 473–486.
- Crujeiras-Pérez, B. C., & Díaz-Moreno, N. (2022). Promoting pre-service primary teachers’ development of NOSI through specific immersion and reflection. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11795>.
- Días de Bustamante, J., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). El desarrollo de competencias para usar la noción de célula en secundaria. En P. Calvo & J. Fonfría (Eds.). *Recursos Didácticos en Ciencias Naturales* (pp. 169-186). Real Sociedad Española de Historia Natural.
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291.
- Ferrés, C., Marbá, A., & Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-32.
- Gilbert, A. (2009). Utilizing science philosophy statements to facilitate K-3 teacher candidates’ development of inquiry-based science practice. *Early Childhood Education Journal*, 36(5), 431– 438. <https://doi.org/10.1007/s10643-009-0302-7>
- Janssen, F., Westbroek, H., & Doyle, W. (2014). The Practical Turn in Teacher Education: Designing a Preparation Sequence for Core Practice Frames. *Journal of Teacher Education*, 65(3), 195–206.
- Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., & López-Gay Lucio-Villegas, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(3), 380101-380123. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3801

- Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.
- Nawani, J., von Kotzebue, I., Spangler, M., & Neuhaus, B. J. (2019). Engaging students in constructing scientific explanations in biology classrooms: a lesson-design model. *Journal of Biological Education*, 53(4), 378-389.
- Sjøberg, S. (2019). *Critical perspectives on inquiry-based science education (IBSE) in Europe*. EUN Partnership, European Schoolnet.
- Strat, T. T. S, Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2023). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 1-59. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>.
- Stuchlikova, I., Petr, J., & Papacek, M. (2013). Inquiry-based teaching and future teachers' attitudes towards it. En M. H. Hoveid & P. Gray (Eds.), *Inquiry in science education and science teacher education - Research on teaching and learning through inquiry-based approaches in science (teacher) education* (pp. 167-186). Akademika forlag.
- Vílchez-González, J. M., & Bravo-Torija, B. (2015). Percepción del profesorado de ciencias de educación primaria en formación acerca de las etapas y acciones necesarias para realizar una indagación escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 185-202.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143.

CÓMO CITAR: Bravo-Torija, B. (2025). Enseñanza basada en la Indagación: Una propuesta de formación para el futuro profesorado de Educación Secundaria. *Revista Pensadero: Conocimiento Docente*, vol. 3, p. 65-83. En <https://revistapensadero.org/>

ANEXOS

Anexo 1

Para explicar la base que guía el diseño de la Secuencia de Enseñanza basada en la Indagación, se establecen tres niveles de concreción: principios, elementos y herramientas (Jiménez-Liso et al., 2023).

Principios de diseño

- a) Cómo se concibe el aprendizaje y el papel del estudiante en el proceso.
- b) Cómo se concibe la enseñanza de la disciplina.
- c)Cuál es la finalidad de la ciencia y la educación científica.
- d) Cómo se conciben los procesos por los que el conocimiento se construye y valida.
- e) Cuáles son las principales ideas y modelos de las ciencias.
- f) Cómo es su selección y su transformación a contenido a enseñar.

En la secuencia que se describe en el trabajo, siguiendo el mismo orden que los principios de diseño anteriores, se ha considerado que:

- El futuro docente, en referencia a los puntos a y b, debe identificar su papel como guía en el aprendizaje, entendiendo que para que su alumnado pueda desarrollar con autonomía el trabajo científico, él o ella debe considerar qué estrategias debe desarrollar para hacerlo posible. Por ejemplo, qué tipos de preguntas realizar, qué orden han de seguir o cómo con estas preguntas favorece que el alumnado pueda identificar la fase de indagación donde se encuentra. Todo ello, posteriormente ha de concretarlo en el material educativo que le proporcionarían a su alumnado, así como el seguimiento que haría de la actividad.
- En relación con el punto c, el profesorado debe reconocer que la ciencia está íntimamente relacionada con la sociedad. Esto que hace que la ciudadanía tenga que tomar decisiones para las cuales ha de tener un conocimiento científico que le permita fundamentarlas. Para poder hacerlo, es crucial conseguir conectar las ciencias con la realidad cotidiana del alumnado.
- En cuanto al d, en su diseño han de considerar la ciencia como una construcción social. Esto hace que sea necesario implicar a los alumnos en los procesos por los que la ciencia se construye y evalúa. Para conseguirlo, el profesorado ha de diseñar actividades que favorezcan que el estudiantado reconozca una situación problemática, dé posibles respuestas, las compruebe y obtenga sus conclusiones.
- Esto hace que, conectando con el punto e y el f, antes de iniciar el diseño, los y las docentes deban decidir el tema de ciencias a trabajar, al curso al que va dirigido, qué ideas son predominantes en dicho curso en base a la legislación vigente, qué dificultades en el aprendizaje sobre el contenido elegido son más comunes entre su alumnado y cómo podrían trabajar para que las superaran.
- Por último, y no menos importante, han de considerar que las propuestas tengan interés para el alumnado, y que la forma de trabajar favorezca que identifiquen su capacidad para aplicar y evaluar sus ideas científicas, aumentando su seguridad ante la disciplina.

Para establecer la concreción de los principios de diseño en los elementos y herramientas se emplea el trabajo de Jiménez-Liso et al. (2023). En primer lugar, se abordan los elementos de diseño. Estos elementos son aquellos aspectos concretos que el docente debe considerar al elaborar la actividad (Jiménez-Liso et al., 2023).

Es por lo que para guiar al futuro profesorado se les solicita considerar e incorporar en su trabajo una justificación de qué conocimiento se ha de trabajar teniendo en cuenta.

Elementos de diseño

- a) El curso que han escogido.
- b) Las ideas alternativas más comunes.
- c) Cómo podrían identificarlas y abordarlas gracias a realizar la actividad de indagación.
- d) Qué destrezas científicas pondrían en juego al resolver la actividad.

Tras justificar las ideas y destrezas científicas a trabajar, el profesorado en formación debe crear una situación de aprendizaje cercana a su alumnado conectada una pregunta de investigación. Además, considerando las distintas fases de una indagación (Vílchez-González y Bravo-Torija, 2015), debe pensar cuál es el papel de cada una de ellas en el proceso de resolución, y qué cuestiones le haría a su alumnado para guiarles. También, ha de conectar cada pregunta con su contribución al proceso de resolución, explicando qué destrezas científicas desarrolla su estudiantado. Por último, tiene que concretarlo en un material educativo para el curso escogido. Es importante que en esta fase de creación consideren que el conocimiento científico se construye en sociedad, por lo que deben decidir en qué momento, y cómo, sus alumnos discutirán y comunicarán sus ideas al resto de la clase.

Para finalizar, se les solicita diseñar y explicar cuál será su herramienta de recogida de información y su herramienta de evaluación. Se les requiere explicitar cómo será su aplicación para hacer el seguimiento de la adquisición de los contenidos y destrezas científicas por parte de su estudiantado.

Herramientas y material de apoyo para el futuro profesorado

Para ayudarles en el diseño de la actividad se proporcionan las siguientes herramientas:

- Artículos sobre ideas alternativas y dificultades de aprendizaje de cada uno de los temas de ciencias que se podrían elegir, desde la célula hasta el uso de minerales y rocas en la sociedad actual.
- El ciclo de indagación propuesto por Jiménez-Liso (2020) donde se detallan todas las fases de una Indagación y el objetivo que se persiguen.
- Una clasificación de actividades de Indagación, considerando el papel del docente y el alumnado en cada una de ellas, así como las acciones implicadas (Windschitl, 2003).
- Dos ejemplos concretos de distintos tipos de actividades de indagación y un cuadro comparativo para analizarlos, considerando qué fases de la indagación permiten trabajar y qué destrezas promueven (Tabla 1). Ambos ejemplos abordan el mismo contenido, pero uno de ellos es una actividad de confirmación, mientras que el otro es una actividad de indagación guiada (Imagen 4).
- Cuadro resumen de destrezas científicas obtenido a partir de las destrezas señaladas en el currículum estatal.
- Una rúbrica de cómo realizar una actividad de indagación, la cual se describe en detalle en el cuerpo del texto. Esta rúbrica les servirá para evaluar su actividad inicial y su actividad final, identificando qué fortalezas y limitaciones encuentran en ambas propuestas y considerando su evolución en el diseño de una frente a la otra.
- Lista de cotejo para revisar su actividad de indagación considerando todas las indicaciones dadas para construirla (Imagen 6, a continuación).

Imagen 6. Lista de cotejo para evaluar las actividades (elaborada por Casas-Quiroga y Saez-Bondía, 2024)

| LISTA DE COTEJO PARA ACTIVIDADES DE INDAGACIÓN | |
|--|---|
| FASE | La actividad de indagación diseñada... |
| 1. Introducción | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Plantea una pregunta relacionada con un fenómeno o hecho científico <input type="checkbox"/> Presenta un fenómeno objeto de estudio contextualizado y que tiene en cuenta la realidad del alumnado <input type="checkbox"/> Comienza con una pregunta investigable: abierta, concreta, que se puede comprobar y cuya comprobación es realista |
| 2. Exploración | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Considera las ideas previas del alumnado sobre la cuestión a investigar <input type="checkbox"/> Propone estrategias para mejorar la comprensión del alumnado sobre los contenidos científicos relacionados con el tema <input type="checkbox"/> Favorece que se planteen las hipótesis y/o predicciones apoyadas por el conocimiento científico |
| 3. Diseño | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Proporciona una guía para que el alumnado seleccione la técnica y el instrumento adecuado para llevar a cabo la investigación <input type="checkbox"/> Promueve que el alumnado clarifique los pasos a seguir y los materiales a utilizar <input type="checkbox"/> Favorece que el alumnado considere la necesidad de incluir controles y réplicas |
| 4. Conducción | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Proporciona una guía para que el alumnado seleccione un instrumento para la recogida de datos acorde con su planificación <input type="checkbox"/> Proporciona materiales adaptados que sirvan de apoyo para la interpretación de los resultados de la investigación |
| 5. Conclusión | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Promueve que el alumnado utilice pruebas para apoyar las conclusiones derivadas de la investigación <input type="checkbox"/> Favorece que el alumnado relacione sus conclusiones con el conocimiento científico adquirido para aceptar y rechazar las hipótesis |
| 6. Comunicación | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Suministra una guía para que el alumnado reflexione sobre como comunicar los resultados de la investigación <input type="checkbox"/> Promueve que el alumnado escoja un formato de forma justificada para comunicar los resultados |
| 7. Ampliación | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Favorece que el alumnado reflexione sobre cómo la indagación influye en la mejora del conocimiento conceptual, procedimental, social y epistémico <input type="checkbox"/> Incorpora estrategias que permiten al alumnado ampliar sus conocimientos sobre el tema propuesto |

