

13

Fecha de presentación: marzo, 2022
Fecha de aceptación: junio, 2022
Fecha de publicación: septiembre, 2022

CAPACIDAD DE INDAGACIÓN CIENTÍFICA DEL PROFESORADO DE PRIMARIA EN FORMACIÓN: EFECTOS DEL GÉNERO Y DE LA FORMACIÓN PREVIA

SCIENTIFIC INQUIRY ABILITY OF PRE-SERVICE PRIMARY SCHOOL TEACHERS: EFFECTS OF GENDER AND PRIOR TRAINING

Eva Izquierdo Sanchis¹
E-mail: eizsan@alumni.uv.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8065-1265>
Joan J. Solaz-Portolés¹
E-mail: Joan.Solaz@uv.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4690-6556>
¹Universitat de València, España

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Izquierdo-Sanchis, E., & Solaz-Portolés, J. J., (2022). Capacidad de indagación científica del profesorado de primaria en formación: efectos del género y de la formación previa. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(5), 109-120.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue determinar el nivel de competencia en indagación científica del profesorado de primaria en formación inicial. Otros objetivos fueron analizar la influencia del género y de los estudios previos al acceso a la Universidad de este profesorado sobre los diversos elementos de la indagación científica, y evaluar cuáles de estos elementos resultan de mayor dificultad. Para ello, se administró un cuestionario de indagación científica a 178 estudiantes españoles del Grado en Maestro/a en Educación Primaria. De las puntuaciones obtenidas en el cuestionario y de las pruebas estadísticas llevadas a cabo se puede concluir que: a) la capacidad de indagación científica mostrada por este profesorado en formación es baja; b) la identificación de la variable dependiente, la emisión de hipótesis y el diseño de experimentos son los elementos de mayor dificultad; c) participantes de género femenino y quienes cursaron previamente un itinerario de Ciencias o Tecnología muestran una competencia en indagación científica más alta.

Palabras clave: indagación científica, profesorado de primaria en formación, efectos de género, efectos de formación previa

ABSTRACT

The aim of this work was to determine the level of scientific inquiry competence of elementary school teacher trainees. Other objectives were to analyze the influence of gender and studies prior to university entrance on the various elements of scientific inquiry, and to evaluate which of these elements are more difficult. For this purpose, a scientific inquiry questionnaire was administered to 178 Spanish students of the Bachelor's Degree in Primary Education. From the scores obtained in the questionnaire and the statistical tests carried out, it can be concluded that: a) the scientific inquiry ability shown by these teachers in training is low; b) the identification of the dependent variable, the issuing of hypotheses and the design of experiments are the most difficult elements; c) female participants and those who previously studied a Science or Technology itinerary show a higher competence in scientific inquiry.

Keywords: scientific inquiry, pre-service primary teachers, gender effects, prior training effects

INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica de la ciudadanía constituye, de acuerdo con la comunidad científica y la comunidad educativa, uno de los principales objetivos de la enseñanza de las ciencias. Parece que una metodología de enseñanza de las ciencias basada en la indagación favorece los procesos de aprendizaje y la alfabetización científica de los estudiantes (Wen et al., 2020). De hecho, el estudio de Minner et al. (2010) ya puso en evidencia la mejora significativa en el aprendizaje de las ciencias mediante metodologías basadas en la indagación científica, y el trabajo de Lederman et al. (2014) constató que las prácticas indagatorias en el aula ayudan a los estudiantes en la comprensión y asentamiento de conceptos científicos.

De acuerdo con Lederman (2004), la indagación científica hace referencia a los procesos que utilizan los científicos con el objetivo de dar respuesta a preguntas en una investigación y, en un contexto educativo, alude al conjunto de procesos mediante los cuales se construye el conocimiento científico como respuesta a preguntas. Pueden verse en la literatura diversas concepciones sobre lo que se entiende por indagación científica en un contexto educativo (Chi et al., 2019). Así, la National Research Council (2000, p.25) estableció las características esenciales de la indagación en el aula: 1) Los estudiantes formulan preguntas de orientación científica; 2) Los estudiantes dan prioridad a las pruebas, lo que les permite desarrollar y evaluar explicaciones que abordan cuestiones de orientación científica; 3) Los estudiantes proporcionan explicaciones a partir de pruebas para responder a las preguntas de orientación científica; 4) Los estudiantes evalúan sus explicaciones a la luz de explicaciones alternativas, especialmente las que reflejan la visión científica; 5) El alumno comunica y justifica las explicaciones que propone. Por su parte, Chi et al. (2019) definieron la competencia en indagación científica como la capacidad para integrar conocimiento científico y destrezas para: identificar preguntas científicas (que comprende formular preguntas e hipótesis), diseñar y conducir una investigación (que abarca planear experimentos y controlar variables), analizar e interpretar información (que incluye describir fenómenos, obtener datos, confeccionar tablas y gráficos, y usar representaciones matemáticas y computacionales), y generar explicaciones basadas en pruebas (que engloba extraer conclusiones, interpretar, predecir resultados alternativos, evaluar y argumentar).

Nehring et al. (2015) proporcionaron un marco teórico que describe el conjunto de destrezas que configuran la indagación científica con finalidad educativa. En él se habla de elementos de razonamiento científico y métodos de indagación. En los primeros se incluyen: a) Preguntas e

hipótesis (identificar las lagunas en el conocimiento científico, plantear preguntas científicas y formular hipótesis tentativas que puedan ponerse a prueba en las investigaciones científicas); b) Planificación y ejecución (precisar los pasos necesarios y los materiales para llevar a cabo la investigación y recoger datos relevantes para la pregunta de investigación); y c) Análisis y reflexión (cambiar el modo de representación de los datos y evaluar la validez de la investigación). Y en los segundos: a) Observar, comparar y ordenar (seleccionar criterios para las observaciones, realizar observaciones basadas en la teoría, recoger datos, encontrar diferencias o derivar clasificaciones; b) Experimentar (identificar variables dependientes, independientes y de control, intervenir activamente con los objetos de investigación, manipular variables, mantener constantes las variables de control); c) Utilizar modelos científicos (llevar a cabo experimentos con la ayuda de modelos, sacar conclusiones sobre la teoría original subyacente).

En el estudio de Aktamis & Ergin (2008) se comprobó que la promoción de destrezas de proceso de la ciencia (destrezas indagatorias) en la educación científica mejora la creatividad científica. En esta misma línea, Yang et al. (2016), en una investigación sobre las relaciones entre la creatividad científica y los procesos de indagación científica, obtuvieron altas y significativas correlaciones entre el dominio de cuatro elementos propios de la indagación científica (identificar preguntas de investigación, formular hipótesis, diseñar experimentos y extraer conclusiones) y la creatividad científica. Más recientemente Dikici et al. (2020) pusieron a prueba tres modelos de ecuaciones estructurales que interrelacionaban destrezas de proceso de la ciencia, creatividad científica y variables demográficas. Los resultados que obtuvieron ponen de manifiesto que la relación entre las destrezas de proceso de la ciencia y la creatividad científica es estadísticamente significativa en todos ellos. Todos estos resultados vienen a confirmar las estrechas relaciones entre indagación científica y creatividad científica, y que la enseñanza de las ciencias tomando como base la indagación científica constituye uno de los pilares sobre los que se puede apoyar la creatividad en general (Thompson, 2017) y la creatividad científica en particular (Longo, 2010).

El primer eslabón en la alfabetización científica es el profesorado de Educación Primaria. En consecuencia, este profesorado ha de tener la formación científica necesaria para poder iniciar la alfabetización científica de niños y niñas. Como se ha indicado anteriormente, el aprendizaje basado en la indagación se ha mostrado muy útil para esta función. Para esto, se requiere que el profesorado disponga de los conocimientos y destrezas de

los procesos de la ciencia, esto es, de la competencia para llevar a cabo indagación científica en el aula. Sin embargo, diferentes estudios indican que la formación del profesorado de Educación Primaria no es suficiente para ello (Chabalengula et al., 2012; Aydoğdu et al., 2014; Verdugo-Perona et al., 2019).

Objetivos

Son escasos los estudios en el ámbito iberoamericano sobre la competencia indagatoria del profesorado de primaria, sea en ejercicio o en formación. Por esta razón, el primer objetivo de este trabajo fue evaluar la competencia del profesorado de primaria en formación en diversos elementos de indagación científica identificados en la literatura: formulación de preguntas de investigación, identificación de las variables dependiente e independiente y variables controladas, emisión de hipótesis y diseño de experimentos. El segundo objetivo fue determinar cuáles son los elementos constitutivos de la indagación científica que resultan de mayor dificultad para este profesorado en formación.

La investigación de Nehring et al. (2015) ha revelado que el género no causa diferencias significativas en las destrezas de indagación científica en la Educación Secundaria. Por el contrario, el estudio de Cheng et al. (2021) destacó la mayor capacidad de las mujeres en determinados elementos de la indagación científica, y en el de Aydoğdu et al. (2014) las mujeres mostraron su mayor competencia en todos los procesos de la ciencia analizados. Por otra parte, las relaciones existentes entre conocimiento científico, destrezas en los procesos de la ciencia y creatividad científica (Zainuddin et al., 2020) inducen a pensar que un mayor conocimiento previo en ciencias generará mayor capacidad para llevar a cabo indagación científica. Por ello, el tercer objetivo fue analizar los efectos del género y de la formación de acceso al Grado en Maestro/a de Educación Primaria (en España se puede acceder a estos estudios universitarios desde distintos itinerarios de Bachillerato y Formación Profesional) sobre cada uno de los elementos de indagación científica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de investigación

Se utilizó en este estudio un diseño descriptivo ex post facto para analizar cuantitativamente la competencia de indagación científica de docentes de primaria en formación. La competencia de indagación científica se tomó como variable dependiente, y el género y los estudios previos al Grado en Maestro/a en Educación Primaria como variables independientes.

Participantes

Participaron 178 estudiantes de 4 grupos intactos de 2º curso del Grado en Maestro/a en Educación Primaria de la Facultad de Magisterio de una universidad pública en una gran ciudad del estado español. De ellos, 152 eran mujeres (85.4%) y 26 hombres (14.6%) con una edad media de 19.8 años. Todo el alumnado de la muestra cursaba, al menos, una asignatura de formación científica básica para docentes de primaria de 90 horas de aula.

En cuanto a los estudios previos al Grado, un 89.3% de la muestra cursó Bachillerato antes de entrar en la universidad, un 8.4% de la Formación Profesional, y el 2.3% restante de la Prueba de Acceso para mayores de 25 años. En relación con la rama cursada de estudios previos a la universidad, el 82.6% cursó un itinerario de Ciencias Sociales o Humanidades, y el 17.4% de Ciencias o Tecnología.

Se trató de una muestra de conveniencia, aunque los sujetos no presentaron, a priori, características especiales que los diferenciaron de otros grupos de ese mismo curso. No obstante, los resultados no pueden todavía ser extrapolados a toda la población estudiantil de ese curso con fiabilidad.

Instrumento

Se utilizó el cuestionario propuesto por Cuevas et al. (2005). Se tradujo al castellano por una experta filóloga y se adaptó a los objetivos de nuestra investigación, además de añadirle una entrada en la que se demandan datos demográficos (identificación, género, estudios previos al Grado e itinerario cursado). Con él se pretende determinar la competencia del profesorado de primaria en formación en el campo de la indagación como una forma de creatividad científica en las aulas. El cuestionario adaptado quedó conformado por cuatro ítems, uno de respuesta cerrada y los otros tres de respuesta abierta (uno de los cuales incluye varios apartados). A partir de un texto dado, que narra una situación problemática cotidiana donde interviene el fenómeno de la evaporación, se pide a cada persona que identifique la pregunta de investigación más adecuada; que determine la variable dependiente, las independientes y las variables de control; formule una hipótesis apropiada; y que describa cómo realizaría el experimento (pasos, condiciones, materiales y su uso, etc.) para poder responder a la pregunta de investigación inicial y así, resolver la situación problemática planteada. El cuestionario completo puede encontrarse en el Anexo 1.

Para evaluar la competencia en indagación científica a partir de los datos obtenidos del cuestionario se elaboró

una rúbrica (Anexo 2), similar a la que proponen Cuevas et al. (2005), que contempla las posibles respuestas de las personas participantes. La rúbrica diferencia tres niveles de respuesta y asigna los valores 0 (sin respuesta o respuesta incorrecta), 1 (parcialmente correcta o incompleta) y 2 (correcta y completa) para cada ítem, así como los criterios para otorgarlos.

Procedimiento

Tanto la adaptación del cuestionario de indagación científica como su rúbrica de evaluación siguieron un proceso de acuerdo interjueces hasta alcanzar un consenso total. Dos investigadores externos analizaron las adaptaciones del cuestionario y discutieron sus ventajas e inconvenientes hasta llegar a un acuerdo. Por otra parte, tres investigadores propusieron por escrito criterios para asignar puntuaciones a los ítems del test de indagación, y resolvieron sus diferencias mediante discusión.

Para la administración del cuestionario se contó con la colaboración de tres profesores de la Facultad de Magisterio que lo pusieron a disposición de su alumnado a través del aula virtual de la propia universidad, por la imposibilidad de aplicarlo de forma presencial, dadas las limitaciones y medidas anti-COVID-19 establecidas. La no presencialidad en la administración del cuestionario impidió aclarar dudas durante la cumplimentación y evitar comportamientos que podrían sesgar los datos.

Dado que existe un elemento de subjetividad en la interpretación de la rúbrica, fue necesario comprobar que el sistema de puntuación podía ser interpretado de forma fiable por alguien que no hubiera participado en el desarrollo de la prueba. Con este fin, un participante de la investigación y otro profesor no participante evaluaron los datos de 40 estudiantes usando la rúbrica. Se determinó el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson de las puntuaciones otorgadas por ambos evaluadores en cada uno de los elementos de indagación científica (a excepción del elemento identificación de la pregunta de investigación, ya que se trataba de una pregunta de opción múltiple), que resultaron ser: 0.94 (identificación de la variable dependiente), 0.91 (identificación de la variable independiente), 0.89 (identificación de las variables de control), 0.91 (emisión de hipótesis) y 0.87 (diseño del experimento). En consecuencia, estos valores parecen sugerir que el criterio y el procedimiento de calificación aplicado fue suficientemente objetivo.

Para poder analizar los datos obtenidos del cuestionario, primero estos se vaciaron e introdujeron en una hoja de cálculo Excel para poder operar con ellos de forma cómoda y rápida. Después de revisar y depurar los datos

detectando posibles erratas, los datos se analizaron con el paquete estadístico SPSS v.22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El coeficiente Alfa de Cronbach del cuestionario fue 0.62. Teniendo en cuenta las características del cuestionario, con un número reducido de ítems y cada uno de ellos dedicado a evaluar un conocimiento distinto del resto, este valor puede considerarse suficiente para el propósito del presente estudio.

La Figura 1 muestra el promedio de puntuación en cada uno de los elementos del cuestionario de indagación científica, esto es, identificación de la pregunta de investigación (IFP), identificación de la variable dependiente (IVD), identificación de la variable independiente (IVI), identificación de las variables de control (IVC), emisión de hipótesis (IFH) y diseño del experimento (IDE). La puntuación media global del cuestionario fue de 1.09 (desviación estándar 0.42, puntuación máxima 2 puntos).

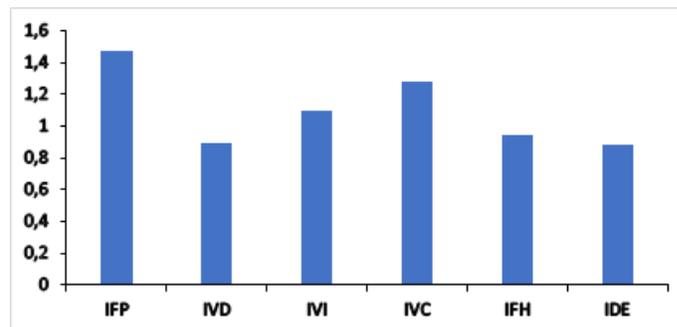


Figura 1. Puntuación en cada elemento de indagación científica.

Teniendo presente que el cuestionario se propuso por Cuevas et al. (2005) para estudiantes de sexto curso de primaria, las puntuaciones promedio en cada uno de los elementos de indagación y la global pueden considerarse bajas. En cualquier caso, están en línea con los valores obtenidos por Foulds & Rowe (1996) en destrezas de proceso de la ciencia de los estudiantes del Grado en Maestro/a en Educación Primaria australianos. Esta puntuación baja es una muestra del deficiente nivel de alfabetización científica de este futuro profesorado. Según el estudio de Verdugo-Perona et al. (2019), los docentes en formación inician el Grado con un nivel medio de conocimientos sobre procedimientos científicos, que no mejora significativamente durante el transcurso de su formación en el Grado universitario.

Los distintos elementos constitutivos del proceso de indagación evaluados no ofrecen la misma dificultad a los/las participantes. Para estudiar las diferencias, dado que

las puntuaciones no se ajustan a una distribución normal, se aplicaron pruebas no paramétricas. Así, la prueba de Friedman permitió comprobar la existencia de diferencias significativas globales entre los elementos, $X^2(5) = 83.35$, $p < .001$. Para precisar el origen de estas diferencias globales, se realizaron las comparaciones por pares, usando la corrección de Bonferroni para establecer el nivel de significación apropiado (15 pares: $p_B = .05/15 = .003$). Las diferencias entre pares que resultaron significativas se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Pares de elementos cuyas diferencias son significativas.

3.1 1 Pares	3.1 2 Z	3.1 3 p
IVD-IFP	-5.34	<.001
IVI-IFP	-3.50	<.001
IFH-IFP	-6.23	<.001
IDE-IFP	-6.51	<.001
IVI-IVD	-3.61	<.001
IVC-IVD	-4.30	<.001
IFH-IVC	-4.72	<.001
IDE-IVC	-5.03	<.001

Así pues, de acuerdo con la Figura 1 y la Tabla 1, la identificación de la pregunta de investigación (IFP) resultó significativamente más fácil que el resto (solo el elemento IVC no dio diferencias estadísticamente significativas), mientras que la determinación de la variable dependiente (IVD), la formulación de hipótesis (IFH) y el diseño del experimento (IDE) resultaron las más difíciles. De la Figura 1 se deduce que el orden de facilidad de los distintos elementos fue: $IFP > IVC > IVI > IFH > IVD > IDE$, si bien la Tabla 1 nos indica que las diferencias entre IFH/IVD/IDE y entre IVC/IVI e IFP/IVC no son significativas (no aparecen en dicha tabla). La dificultad encontrada en el diseño del experimento (puntuación 0.88 sobre 2), es coherente con los resultados de Chabalengula et al. (2012), y la que presentan en la identificación de la variable dependiente (puntuación 0.89 sobre 2), con los resultados de Aydoğdu et al. (2014). Parece, pues, que estos dos elementos, junto a la emisión de hipótesis, son los que presentan mayor complejidad para este profesorado.

La Figura 2 recoge las puntuaciones en los elementos del cuestionario de indagación según el género del profesorado en formación.

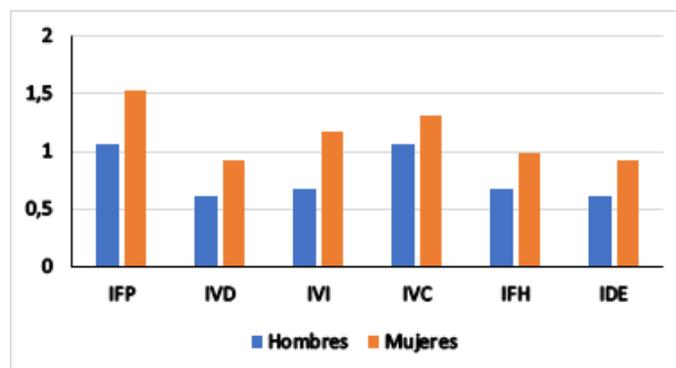


Figura 2. Puntuación en los distintos elementos de acuerdo con el género.

Como puede verse en la Figura 2 las mujeres obtienen puntuaciones más altas que los hombres en todos los elementos de indagación propuestos. Para analizar si las diferencias de puntuación llegan a ser significativas en algún caso, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. En la Tabla 2 se ofrecen los resultados de esta prueba.

Tabla 2. Análisis estadístico de la influencia de la variable género sobre los elementos.

	U	Z	p
IFP	722.50	-2.44	.015
IVD	817.50	-1.57	.115
IVI	712.00	-2.31	.021
IVC	825.50	-1.57	.116
IFH	762.00	-2.29	.022
IDE	780.00	-1.92	.055

Así pues, el género influye de forma significativa en tres elementos de indagación: IFP, IVI e IFH. En ellos las mujeres puntúan significativamente más alto que los hombres. Las mayores puntuaciones de las futuras profesoras de Educación Primaria en competencia indagatoria están en consonancia con los resultados obtenidos por Aydoğdu et al. (2014) y Cheng et al. (2021).

En la Figura 3 se muestran las puntuaciones en cada uno de los elementos de indagación de acuerdo con la rama de estudios previos al Grado cursada. Obsérvese que las puntuaciones de las diferentes ramas se han agrupado en dos, por una parte, la rama de Ciencias y Tecnología y, por otra parte, todas las restantes.

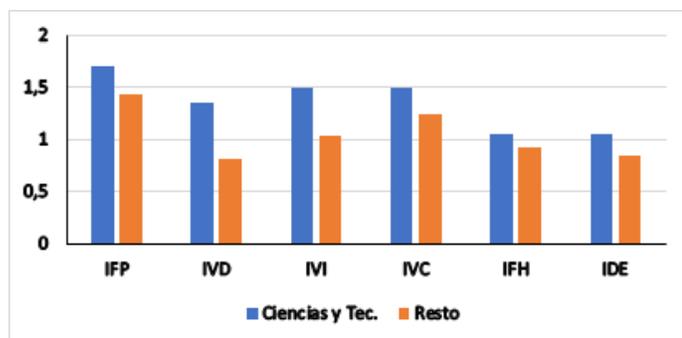


Figura 3. Puntuación en los distintos elementos según la rama de estudios previos al Grado.

El efecto producido por haber seguido un itinerario de Ciencias o Tecnología resulta evidente a la luz de la representación gráfica. En todos los casos la puntuación alcanzada siempre es más alta cuando se ha cursado estudios de Ciencias o Tecnología antes de iniciar el Grado. La prueba U de Mann-Whitney nos permitió determinar los casos donde la influencia del itinerario resulta significativa. En la Tabla 3 se recogen los datos de la prueba.

Tabla 3. Análisis estadístico de la influencia de la variable rama de estudios sobre los elementos.

	U	Z	p
IFP	947.50	-1.40	.162
IVD	711.00	-2.85	.004
IVI	799.00	-2.27	.023
IVC	901.50	-1.64	.101
IFH	1021.00	-0.92	.356
IDE	972.00	-1.17	.242

Por tanto, el efecto del itinerario cursado en los estudios previos al Grado, que conduce a mayores puntuaciones en competencia indagatoria, llega a ser significativo en dos casos: IVD e IVI. En estos dos elementos de indagación los participantes que habían cursado estudios de Ciencias o Tecnología puntuaron significativamente más alto que los demás. Se vislumbra, pues, una asociación entre la formación científica anterior y las destrezas en indagación científica. Esta asociación, además de lógica, viene avalada por los estudios de Fang et al. (2016), que evidencian el conocimiento científico y las habilidades en indagación se influyen mutuamente y se desarrollan recíprocamente, así como los de Zainuddin et al. (2020), que muestran las interrelaciones entre conocimiento científico, destrezas de proceso de la ciencia y creatividad científica.

CONCLUSIONES

Teniendo presente el primer objetivo planteado, referido a la evaluación de la competencia indagatoria del futuro profesorado de primaria, atendiendo a los valores obtenidos en cada uno de los elementos estudiados y a la puntuación promedio global en el cuestionario, puede concluirse que la capacidad de indagación mostrada por docentes de primaria en formación es baja y, por supuesto, no es la deseable para la alfabetización científica eficaz de los niños y niñas de primaria.

El segundo objetivo se centraba en el análisis de la dificultad encontrada de los participantes en los elementos de indagación. A partir de los resultados del presente estudio, parece que las mayores dificultades de los participantes en los procesos de indagación científica radican en la identificación de la variable dependiente, la emisión de hipótesis y el diseño de experimentos.

El tercer objetivo aludía a los efectos del género y de los estudios previos al acceso a la Universidad sobre la competencia indagatoria del profesorado de primaria en formación. En cuanto al género, los análisis señalan la mayor aptitud de las futuras profesoras en este aspecto, siendo especialmente destacable su capacidad frente al género masculino en la formulación de preguntas de investigación, identificación de la variable independiente y la emisión de hipótesis. En relación con los estudios cursados de acceso al Grado Universitario y más específicamente el itinerario seguido en dichos estudios, se muestra una influencia beneficiosa de haber cursado un itinerario de Ciencias o Tecnología en la capacidad de llevar a cabo tareas de indagación científica. Esto parece ser singularmente relevante en el caso de la identificación de la variable dependiente e independiente de una investigación científica.

Implicaciones didácticas

No se puede acabar este apartado sin indicar las implicaciones didácticas que pueden derivarse del presente estudio. En primer lugar, se han puesto de manifiesto las deficiencias del futuro profesorado de primaria en un punto de vital importancia en la alfabetización científica de la ciudadanía, a saber, la competencia en indagación científica. Como es obvio, no se puede introducir en las aulas de Educación Primaria el aprendizaje basado en la indagación sin tener un profesorado que tenga competencia suficiente para realizarla. En segundo lugar, cuando se forme a este profesorado en indagación científica se tiene que hacer particular incidencia en los elementos de identificación de la variable dependiente, emisión de hipótesis y diseño de experimentos. Y, en tercer lugar, parece que

en las aulas donde se forma el profesorado hace falta una mayor motivación/orientación del género masculino hacia la ciencia y sus procesos, así como programas específicos para los estudiantes que provienen de itinerarios no científicos o tecnológicos.

Limitaciones

Resulta obligatorio mencionar las limitaciones de este estudio. En primer lugar, el número de participantes es pequeño y todos ellos de segundo curso del Grado, además de no ser el resultado de un muestreo probabilístico. En segundo lugar, el instrumento utilizado que, entre otras posibles consideraciones, no recoge todos los elementos que integran la indagación científica. Por último, señalar también las limitaciones impuestas y generadas por la pandemia del COVID-19, que han tenido una gran repercusión en el procedimiento seguido para administrar el instrumento (online en lugar de presencial).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aktamis, H., & Ergin, Ö. (2008). The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1), 4. https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v9_issue1_files/aktamis.pdf
- Aydo du, B., Erkol, M., & Erten, N. (2014, June). The investigation of science process skills of elementary school teachers in terms of some variables: Perspectives from Turkey. *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching*, 15(1), 8. https://www.eduhk.hk/apfslt/v15_issue1/baydogdu/index.htm
- Chabalengula, V. M., Mumba, F., & Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers' understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(3), 167-176. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2012.832a>
- Cheng, L. T., Smith, T. J., Hong, Z. R., & Lin, H. S. (2021). Gender and STEM background as predictors of college students' competencies in forming research questions and designing experiments in inquiry activities. *International Journal of Science Education*, 43(17), 2866-2883. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1994167>
- Chi, S., Wang, Z., & Liu, X. (2019). Investigating disciplinary context effect on student scientific inquiry competence. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2736-2764. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1697837>
- Cuevas, P., Lee, O., Hart, J., & Deaktor, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337-357. <https://doi.org/10.1002/tea.20053>
- Dikici, A., Özdemir, G., & Clark, D. B. (2020). The relationship between demographic variables and scientific creativity: mediating and moderating roles of scientific process skills. *Research in Science Education*, 50(5), 2055-2079. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9763-2>
- Fang, S. C., Hsu, Y. S., Chang, H. Y., Chang, W. H., Wu, H. K., & Chen, C. M. (2016). Investigating the effects of structured and guided inquiry on students' development of conceptual knowledge and inquiry abilities: a case study in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 38(12), 1945-1971. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1220688>
- Foulds, W., & Rowe, J. (1996). The enhancement of science process skills in primary teacher education students. *Australian Journal of Teacher Education*, 21(1), 15-23. <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.1996v21n1.2>
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65–83. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Lederman, N. G. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Science & technology education library. Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 301–317). Kluwer Academic Publishers.
- Longo, C. (2010). Fostering creativity or teaching to the test? Implications of state testing on the delivery of science instruction. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 54-57. <http://doi.org/10.1080/00098650903505399>
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning*. National Academy Press.

Nehring, A., Nowak, K. H., zu Belzen, A. U., & Tiemann, R. (2015). Predicting students' skills in the context of scientific inquiry with cognitive, motivational, and sociodemographic variables. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1343-1363. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035358>

Thompson, T. (2017). Teaching creativity through inquiry science. *Gifted Child Today*, 40(1), 29-42. <https://doi.org/10.1177/1076217516675863>

Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé-López, V. (2019). Evaluación del Conocimiento Científico en Maestros en formación inicial: el caso de la Comunidad Valenciana. *Revista de Educación*, 383, 133-162. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2019-383-404>

Wen, C. T., Liu, C. C., Chang, H. Y., Chang, C. J., Chang, M. H., Chiang, S. H. F., Yang, C.W., & Hwang, F. K. (2020). Students' guided inquiry with simulation and its relation to school science achievement and scientific literacy. *Computers & Education*, 149, 103830. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103830>

Yang, K. K., Lin, S. F., Hong, Z. R., & Lin, H. S. (2016). Exploring the assessment of and relationship between elementary students' scientific creativity and science inquiry. *Creativity Research Journal*, 28(1), 16-23. <https://doi.org/10.1080/10400419.2016.1125270>

Zainuddin, S., Dewantara, D., Mahtari, S., Nur, M., Yuanita, L., & Sunarti, T. (2020). The Correlation of Scientific Knowledge-Science Process Skills and Scientific Creativity in Creative Responsibility Based Learning. *International Journal of Instruction*, 13(3), 307-316. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13321a>

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario de indagación científica (adaptado de Cuevas et al., 2005)

María es una niña que tiene un pez como mascota. Sabe que los peces necesitan vivir en el agua, y también que el agua que se deja en un recipiente abierto se secará o evaporará al cabo de un tiempo. Ella tiene que irse unos días y dejar el pez en casa, en un lugar concreto. María teme que el agua de la pecera se evapore totalmente mientras ella está fuera, y quiere evitarlo. Tiene dos peceras iguales en todo excepto en la abertura superior, que es de distinto tamaño. María pone agua en las dos peceras. Se pregunta si en una de las dos peceras el agua se evaporará totalmente antes que en la otra. Quiere averiguarlo para poder decidir qué recipiente será mejor para su pez mientras ella no está.

1. Si estuvieses tú ante la misma situación problemática que María, ¿cuál crees tú que sería la pregunta de investigación más adecuada? (Marca solo una opción)

- a) ¿Cómo afecta la superficie de la abertura de una pecera a la velocidad a la que se evapora el agua en cada momento?
- b) ¿Cómo afecta la cantidad de energía que recibe una pecera en forma de calor al tiempo que tarda en evaporarse el volumen de agua de la pecera?
- c) ¿Cómo afecta la superficie de la abertura de una pecera al tiempo que tarda en evaporarse el volumen de agua?
- d) ¿Cómo afecta la energía que recibe la pecera en forma de calor a la velocidad de evaporación del agua?

2. Imaginemos, no obstante, que para María la pregunta de investigación más adecuada fuera: ¿Cómo afecta la superficie de la abertura de una pecera al tiempo que tarda en evaporarse el volumen de agua? Según esta pregunta formulada por María, responde las siguientes preguntas:

- 2.a. ¿Cuál es la variable en que focaliza la atención y se quiere evaluar (**variable dependiente**)?
- 2.b. ¿Cuál es la variable que influye sobre la variable que se quiere evaluar (**variable independiente**)?

Para poder contestar esta pregunta de investigación algunos factores deben mantenerse constantes para que sea fiable. Estos factores no intervienen directamente en el experimento, pero si no se fijan, los resultados podrían ser engañosos.

- 2.c. ¿Qué variable(s) deberían mantenerse constantes durante el experimento (**variables de control**)?

3. Antes de que María pueda hacer el experimento debe escribir una hipótesis. En una hipótesis se expresa en forma de oración el modo particular en que creemos que las variables independientes van a afectar a la variable dependiente cuando otras variables se mantienen constantes (variables de control). Por ejemplo: "Cuanto mayor sea la altura de un objeto, mayor será la longitud de su sombra, a una hora fijada". Según la pregunta que ha escrito María (apartado 2), **formula una hipótesis** apropiada.

4. A partir de la hipótesis que acabas de formular, ¿qué **experimento** podría preparar María para obtener la respuesta a su pregunta? Descríbelo brevemente, por favor, indicando los pasos, las condiciones en que se lleva a cabo, los materiales necesarios en cada paso y lo que se hace con ellos. Procura que todo lo que describes en tu experimento sea importante para poder responder la pregunta de investigación de María.

Anexo 2. Rúbrica para la evaluación del cuestionario de indagación científica

Ítem 1: Pregunta de investigación.

Valores asignados	Corrección de la respuesta	Especificación
0	Sin respuesta o incorrecta (opción "d")	En blanco o respuesta en la que tanto VD como VI son inadecuadas.
1	Parcialmente correcta (opción "a" o "b")	Bien la VD o bien la VI es correcta, pero no ambas.
2	Correcta (opción "c")	Pregunta de investigación más adecuada a la situación planteada, que tiene tanto VD como VI correctas.

Ítem 2.a: Identificación de la variable dependiente.

Valores asignados	Corrección de la respuesta	Especificación
0	Sin respuesta o incorrecta	En blanco o respuesta que nombra elementos innecesarios, no se ajusta a la pregunta o la confunde con otras variables.
1	Parcialmente correcta	Incluye al menos uno de los elementos de la variable dependiente (tiempo, volumen de agua), los dos elementos sin relacionar o relacionados incorrectamente.
2	Correcta y completa	Nombra explícitamente los elementos en una idea completa y bien expresada, equivalente a: <i>"tiempo que tarda en evaporarse el volumen de agua de la pecera"</i> .

Ítem 2.b: Identificación de la variable independiente.

Valores asignados	Corrección de la respuesta	Especificación
0	Sin respuesta o incorrecta	En blanco o respuesta que nombra elementos innecesarios, no se ajusta a la pregunta o la confunde con otras variables.
1	Parcialmente correcta	Nombra el agujero o abertura de las peceras, pero sin decir la palabra "superficie" (o "tamaño") de la misma. O menciona la abertura en una idea incorrecta, o añadiendo elementos irrelevantes.
2	Correcta y completa	Nombra "superficie (o tamaño) de la abertura de las peceras", sin añadir elementos irrelevantes.

Ítem 2.c: Identificación de la(s) variable(s) de control.

Valores asignados	Corrección de la respuesta	Especificación
0	Sin respuesta o incorrecta	En blanco o respuesta que nombra variables inapropiadas o poco relevantes, no se ajusta a la pregunta o la confunde con otras variables.
1	Parcialmente correcta	Incluye al menos una de las variables de control apropiadas.
2	Correcta y completa	Respuesta que incluye dos o más variables de control apropiadas: 1. Volumen de agua que se evapora en un tiempo determinado prefijado, o bien, tiempo que tarda el mismo volumen en evaporarse totalmente en cada pecera. 2. Condiciones ambientales de temperatura, insolación, humedad (o relacionado con el calor). OTRAS correctas, que no suman ni restan: forma de la pecera / material (tipo de cristal y grosor) de la misma / lugar en que se dejan / densidad del agua.

Ítem 3: Formulación de la hipótesis.

Valores asignados	Corrección de la respuesta	Especificación
0	Sin respuesta o incorrecta	<ol style="list-style-type: none"> 1. En blanco o respuesta irrelevante no relacionada con la pregunta de investigación. 2. Proposición no enunciativa. 3. No expresa relación alguna entre VD y VI o aparecen cambiadas (conmutación de las variables). 4. Tanto la VD como la VI son incorrectas, aunque la relación entre ellas esté bien expresada.
1	Parcialmente correcta	<p>Hipótesis que se relaciona directamente con la pregunta de investigación, y:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Expresa el efecto de la VI correcta sobre la VD correcta y se trata de una proposición enunciativa, pero no menciona la/s variable/s que deben permanecer constantes o el enunciado da lugar a diferentes interpretaciones. 2. Enunciado relacional correcto en el que, bien la VD o bien la VI (pero no ambas), es incorrecta.
2	Correcta y completa	<p>Hipótesis bien formulada que se relaciona directamente con la pregunta de investigación y expresa el efecto de la VI correcta sobre la VD correcta manteniendo el resto de variables constantes. Debe ser una proposición enunciativa y no dar lugar a diferentes interpretaciones del contexto que describe. Debe ser equivalente a: "A mayor superficie de la abertura, más rápidamente se evaporará el agua que contiene la pecera, si se mantienen constantes las condiciones de humedad, temperatura, insolación".</p> <p>O bien: "El volumen de agua se evaporará en menos tiempo en la pecera que tiene la abertura mayor, si ambas peceras son iguales en otros factores, y ambas se sitúan en la misma posición (por tanto, se exponen a idénticas condiciones climáticas y ambientales)".</p> <p>O bien: "Dado que el vapor de agua saldrá más rápido de la pecera cuando la superficie de la abertura sea mayor, la pecera con la abertura de mayor superficie se vaciará en menos tiempo, si se mantienen constantes otras características de las peceras, y su exposición a factores ambientales y climáticos".</p>

Ítem 4: Diseño del experimento para contrastar la hipótesis.

Valores asignados	Corrección de la respuesta	Especificación
0	Sin respuesta o incorrecta	<ol style="list-style-type: none"> 1. En blanco. 2. Respuesta muy incompleta, incorrecta o no relacionada con la pregunta de investigación. 3. Respuesta que no contiene, al menos, dos materiales con su correspondiente utilidad.
1	Parcialmente correcta	<p>Se hace una descripción incompleta o no secuencial de los pasos o procedimientos necesarios para responder a la pregunta de investigación, o no explica en su totalidad las condiciones en que se llevan a cabo los procedimientos. La respuesta debe contener, al menos, dos materiales relevantes (agua y recipientes, por ejemplo), explicando su utilidad.</p>

2	Correcta y completa	<p>Descripción completa y secuencial de los pasos o procedimientos del experimento, indicando las condiciones en que se lleva a cabo, y añadiendo al menos tres materiales y explicando su uso. Por ejemplo:</p> <p>“María debe medir e introducir la misma cantidad de agua en dos peceras exactamente iguales excepto en la superficie de la abertura superior. A continuación, las colocará en el mismo lugar, procurando que ambas tengan iguales condiciones ambientales de temperatura, insolación, humedad.</p> <p>El experimento finalizará cuando en una de las dos peceras se haya evaporado totalmente el agua. De esta manera, sabremos cuál es la pecera más adecuada, que es la que se evaporará más tarde, en función de la superficie de abertura que tiene.</p> <p>Los materiales que vamos a utilizar son: el agua que es necesaria para comprobar el nivel de evaporación, dos peceras iguales pero con distinta superficie de abertura para ver en cuál de las dos hay menor evaporación de agua, instrumento para medir el volumen de agua y, así, poder introducir la misma cantidad en los dos recipientes”.</p>
---	---------------------	---