



Espacios en Blanco. Revista de Educación
ISSN: 1515-9485
ISSN: 2313-9927
revistaespaciosenblanco@gmail.com
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de
Buenos Aires
Argentina

Efectos de la formación académica y del género sobre las destrezas de razonamiento científico de los estudiantes de secundaria: un estudio piloto

Rodríguez Esteban, Julia; Solaz Portolés, Joan Josep; Sanjosé López, Vicente

Efectos de la formación académica y del género sobre las destrezas de razonamiento científico de los estudiantes de secundaria: un estudio piloto

Espacios en Blanco. Revista de Educación, vol. 1, núm. 32, 2022

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=384568494006>

DOI: <https://doi.org/10.37177/UNICEN/EB32-316>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Efectos de la formación académica y del género sobre las destrezas de razonamiento científico de los estudiantes de secundaria: un estudio piloto

Effects of academic training and gender on scientific reasoning skills of secondary school students: a pilot study

Julia Rodríguez Esteban
Universitat de València, España
juroes3@alumni.uv.es

DOI: <https://doi.org/10.37177/UNICEN/EB32-316>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=384568494006>

Joan Josep Solaz Portolés
Universitat de València, España
Joan.Solaz@uv.es

Vicente Sanjosé López
Universitat de València, España
Vicente.Sanjose@uv.es

Recepción: 03 Marzo 2021

Aprobación: 05 Abril 2021

RESUMEN:

En este estudio se intenta determinar el nivel de las habilidades de razonamiento científico de los estudiantes de educación secundaria y analizar la influencia de la formación académica y del género sobre dichas habilidades. También se pretende conocer las habilidades que presentan mayor dificultad para estos estudiantes. Han participado 122 estudiantes españoles de cuatro niveles académicos diferentes entre 8º y 11º grado (edades entre 13 y 17 años) a los que se ha administrado el cuestionario de habilidades de razonamiento científico propuesto por Hanson (2016). De las puntuaciones obtenidas en el cuestionario y del ANOVA realizado puede concluirse que: a) el nivel medio de habilidades de razonamiento científico no parece el apropiado; b) la formación académica tiene un efecto significativo sobre dichas habilidades; y c) el género no produce diferencias significativas. A partir del índice de dificultad de los ítems del cuestionario se localizan las destrezas más problemáticas para los estudiantes. Por último, se discuten las posibles implicaciones didácticas que se derivan del estudio.

PALABRAS CLAVE: destrezas de razonamiento científico, formación académica, género, educación secundaria.

ABSTRACT:

This study attempts to determine the level of scientific reasoning skills of secondary school students and analyze the influence of students' academic level and gender on these skills. It also intends to ascertain the skills that students found difficult. The scientific reasoning skills questionnaire proposed by Hanson (2016) was administered to 122 Spanish secondary school students in grades 8-11 (ages 13-17 years old). From the questionnaire scores obtained and the ANOVA performed, it can be concluded that: a) the average level of scientific reasoning skills does not seem appropriate; b) academic training has a significant effect on these skills; and c) gender does not produce significant differences. The most problematic skills for students were located through difficulty index of the items included in the questionnaire. Finally, the possible didactic implications derived from the study are discussed.

KEYWORDS: scientific reasoning skills, academic training, gender, secondary education.

INTRODUCCIÓN

En la investigación de Miller (1998) se recoge un bajo porcentaje de adultos alfabetizados científicamente en España. Por otro lado, de acuerdo con Manassero y Vázquez (2002), las evaluaciones hechas al alumnado español de secundaria y a su profesorado muestran carencias en algunas dimensiones de la alfabetización científica, en concreto, en la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología, en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y en el significado de la tecnología y su papel en relación con la ciencia. En la

misma línea, el estudio de Solaz-Portolés y Selfa (2016) muestra que la asimilación de conceptos básicos en la alfabetización científica no es satisfactoria al finalizar la educación secundaria obligatoria. Además, según Manassero, Vázquez y Acevedo (2001), en la educación secundaria obligatoria no se dan oportunidades suficientemente explícitas para promover en el alumnado una alfabetización científica y tecnológica que sea útil para su vida personal y social.

Existe un amplio consenso en que la alfabetización científica y tecnológica constituye una parte esencial de la educación básica y general de todas las personas (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Gil y Vilches, 2006). Por ello, la enseñanza de las ciencias no puede ceñirse sólo al conocimiento científico y tecnológico, sino que las competencias a desarrollar deben tener un carácter más holístico y una auténtica relevancia social para el alumnado (Holbrook y Rannikmäe, 2007). Según Quintanilla, Izquierdo y Adúriz (2014) el foco en las aulas de ciencias se debería poner en una genuina actividad científica escolar, en la cual se pongan en marcha diferentes procesos usuales de la investigación científica.

Si tomamos como base la definición de competencias dada por Klieme, Hartig y Rauch (2008), las competencias científicas podrían definirse como disposiciones cognitivas específicas que se adquieren mediante el aprendizaje y que son necesarias para afrontar con éxito determinadas situaciones o tareas en el ámbito de las ciencias. Se ha visto que, en el caso de la educación secundaria, estas competencias científicas están muy relacionadas con el interés por la ciencia de los estudiantes (Chi, Wang, Liu, y Zhu, 2017), su integración en el aula genera emociones positivas en los estudiantes (Chen, Pan, Hong, Weng, y Lin, 2020), y se desarrollan mejor cuando los profesores intervienen en el aula en *peer-coached* (Hsieh, Lin, Liu, y Tsai, 2019).

Las competencias de razonamiento científico se definen como la disposición a ser capaz de resolver un problema en una situación determinada aplicando un conjunto de destrezas y conocimientos de la ciencia (Krell, Dawborn-Gundlach, y Van Driel, 2020). Según estos autores, se incluirían dentro de estas competencias tanto las habilidades para resolver el problema científico, como la capacidad para controlar, planificar y evaluar los procesos de resolución del problema. Las competencias de razonamiento científico son básicas en la alfabetización científica (Bao, Cai, Koenig, Fang, Han, Wang, & Wang, 2009) y, por ello, se incluyen en las pruebas PISA (OECD, 2019).

De acuerdo con Wenning y Vieyra (2015) las destrezas de razonamiento científico representan la aplicación de los principios de la lógica a los distintos procesos de la ciencia (control de variables, formulación de hipótesis, análisis de resultados, diseño de experimentos, etc.) al objeto de generar conocimiento. De hecho, Fischer, Kollar, Ufer, Sodian, Hussmann, Pekrun, Neuhaus, Dorner, Pankofer, Fisher, Strijbos, Heene y Eberle (2014) señalan que actividades como la identificación de un problema, la formulación de preguntas, la generación de hipótesis, diseño de experimentos, evaluación de pruebas o resultados de experimentos, extracción de conclusiones y su comunicación, son las más apropiadas en la promoción de las competencias de razonamiento científico. La importancia de estas habilidades en la educación está reconocida por la American Association for the Advancement of Science (1993) y el National Research Council (1996). En el metaanálisis de Engelmann, Neuhaus y Fischer (2016) se muestra que las intervenciones efectuadas en diferentes investigaciones, para mejorar las destrezas de razonamiento científico en la educación secundaria, han sido exitosas. No obstante, como resaltan Piekny y Maehler (2013), el desarrollo en los estudiantes de secundaria de las distintas destrezas de razonamiento científico se lleva a cabo de forma escalonada.

Tanto en el estudio de Beaumont-Walters y Soyibo (2001), como en el de Piekny y Maehler (2013), se ha constatado que los niveles de razonamiento científico de niños y adolescentes mejoran con la edad. Esto resulta coherente con el hecho de que las destrezas de razonamiento científico escolar están asociadas con las destrezas metacognitivas (Amsel et al., 2008), y que éstas progresan a medida que se avanza en la educación secundaria (Van der Stel, Veenman, Deelen, y Haenen, 2010; Veenman y Spaans, 2005). Es importante destacar en este punto que la influencia del género de los estudiantes de educación secundaria no está todavía

bien establecida. En la investigación de Nieminen, Savinainen y Viiri (2013) parece que los chicos superan a las chicas en estas habilidades. Sin embargo, en los resultados obtenidos por Piraksa, Srisawasdi y Koul (2014) el género de los estudiantes no tiene efectos significativos sobre la capacidad de razonamiento científico.

Dada la escasez de estudios, tanto en Latinoamérica como en España, sobre el nivel de las habilidades de razonamiento científico en la educación secundaria y sobre la influencia de la formación académica y del género sobre dichas habilidades, los objetivos del presente estudio se han centrado en: a) Determinar el nivel de las habilidades de razonamiento científico de los estudiantes a lo largo de la educación secundaria; b) Analizar cómo influye la formación recibida y el género de los estudiantes en estas habilidades; y c) Conocer en cuáles de estas habilidades los estudiantes presentan mayores dificultades y si estas dificultades se reducen con la formación.

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

Se empleó un diseño “ex post facto” prospectivo, ya que se midió el nivel de destrezas de razonamiento científico en estudiantes que ya habían recibido formación científica y no hubo ningún tipo de tratamiento. Como se pretendía estudiar el influjo de dos variables independientes (nivel académico y género) sobre una dependiente (destrezas de razonamiento científico), fue un diseño prospectivo factorial. En consecuencia, la técnica de análisis de datos más apropiada fue el análisis de varianza.

Participantes

Participaron 122 alumnos de un centro educativo público de educación secundaria ubicado en una gran ciudad española, de los cuales 55 eran mujeres y 67 hombres. De los 122, 105 cursaban la Enseñanza Secundaria Obligatoria, ESO (49 de 2º de ESO -8º grado, entre 13 y 14 años-, 41 de 3º de ESO -9º grado, entre 14 y 15 años-, 15 de 4º de ESO -10º grado, entre 15 y 16 años-), y los 17 restantes de 1º de Bachillerato -11º grado, entre 16 y 17 años-. Todos los alumnos cursaban, al menos una asignatura científica, en concreto la asignatura de Física y Química.

Instrumento

Se utilizó el cuestionario diseñado y validado por Hanson (2016) para estudiantes de educación secundaria estadounidenses. Las razones por las que se empleó este cuestionario fueron:

- De todos los cuestionarios de medida del razonamiento científico que aparecen en la literatura (Opitz, Heene, & Fischer, 2017) es el que evalúa mayor número de dimensiones de razonamiento científico (en el trabajo de Wenning y Vierya (2015) pueden verse todas ellas).
- Está diseñado específicamente para la educación secundaria.
- Es relativamente reciente.
- No es excesivamente largo y puede cumplimentarse en una sesión de clase ordinaria.
- Los índices de dificultad y de discriminación biserial-puntual de los ítems, así como la fiabilidad del cuestionario son muy razonables, en Hanson (2016) pueden consultarse todos estos datos.

Dos profesoras universitarias de lengua inglesa tradujeron el cuestionario original al castellano. Seguidamente, los autores del estudio llevaron a cabo una leve adaptación del mismo para mejorar su comprensibilidad. Fundamentalmente, se cambiaron las unidades de las distintas magnitudes que aparecen (longitud, velocidad, masa, etc.) al Sistema Internacional de Unidades, más conocido por los estudiantes. También se modificaron algunas frases en las que el lector debía realizar demasiadas inferencias para entenderlas. Finalmente, y antes de proceder a su administración, se dio a leer a tres estudiantes de secundaria para ver si se generaba algún problema de comprensión. No se presentó ningún problema.

La versión final del cuestionario contiene 26 ítems de opción múltiple con cinco respuestas posibles. Sólo existe una respuesta correcta. Cada uno de ellos evalúa una habilidad de razonamiento. Estas habilidades se categorizan a su vez en cinco niveles: elementales, básicas, intermedias, integradas y excelentes (Hanson, 2016). En la Tabla 1 se muestran las habilidades o destrezas de razonamiento científico que pertenecen a cada una de estas cinco categorías y se indica el ítem que corresponde a dicha destreza. En el Anexo 1 se muestran algunos ítems del cuestionario.

TABLA 1
Categorías, habilidades de razonamiento científico en cada una de ellas e ítems del cuestionario donde se presentan dichas habilidades

Categoría	Destrezas de razonamiento científico	Ítem
Iniciales	Clasificar	2
	Conceptualizar	3
	Concluir	5
	Contextualizar	1
	Generalizar	4
	Ordenar	6
	Problematizar	8
Básicas	Estimar	7
	Explicar	12
	Predecir	9
	Usar razonamiento condicional	10
Intermedias	Aplicar información para resolver un problema	11
	Describir relaciones entre variables	16
	Dar sentido a datos cuantitativos	15
	Usar razonamiento combinatorio	14
	Usar razonamiento correlacional	13
Integradas	Definir con precisión el problema a estudiar	17
	Definir con precisión el sistema a estudiar	18
	Diseñar y realizar experimentos	20
	Interpretar datos para establecer leyes	21
Excelentes	Analizar la respuesta por el valor numérico o las unidades	25
	Justificar una conclusión por evidencia empírica	23
	Distinguir coincidencia de causa y efecto	19
	Distinguir correlación de causa y efecto	26
	Usar las matemáticas para resolver problemas	22
	Usar razonamiento proporcional	24

Elaboración propia

Procedimiento

El cuestionario se repartió y se cumplimentó de forma individual durante una de las sesiones normales de clase, de 50 minutos. Durante los cinco primeros minutos se les explicó la finalidad y el modo de cumplimentar el cuestionario, y se resolvieron las dudas. Las respuestas correctas se puntuaron con 1 punto y las incorrectas con 0. Así pues, la puntuación máxima posible fue de 26 puntos.

RESULTADOS

La fiabilidad del cuestionario se determinó mediante el coeficiente alfa de Cronbach que resultó ser de 0.78, que puede considerarse aceptable. En la Figura 1 se muestra la puntuación media en el cuestionario de habilidades de razonamiento científico en función del nivel académico y del género. La puntuación total media ha sido de 12.55, con una desviación estándar de 4.41 (escala 0-26).

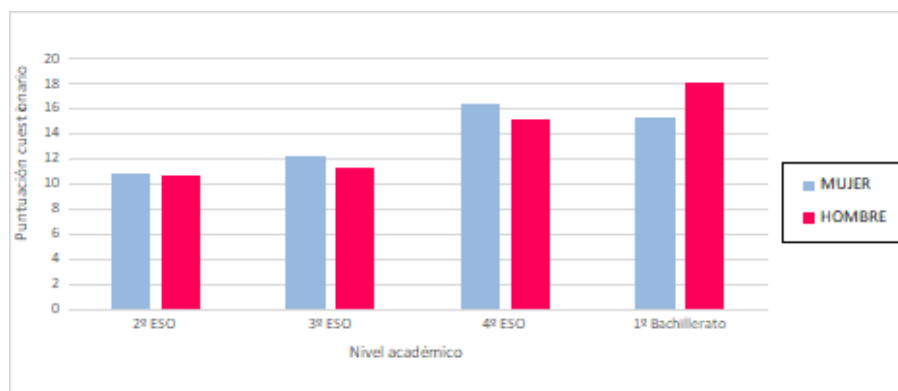


FIGURA 1

Puntuación en el cuestionario de habilidades de razonamiento científico según nivel académico y género
Elaboración propia

Con el fin de analizar de manera más exhaustiva los resultados anteriores se llevaron a cabo varios análisis estadísticos. En primer lugar, se aplicó el test de normalidad de Shapiro-Wilk a las puntuaciones de los cuestionarios en cada nivel académico, que condujo a valores de los niveles de significación $p > .05$ en todos los casos. En consecuencia, se puede rechazar la hipótesis nula y puede considerarse que las puntuaciones en cada nivel académico siguen una distribución normal.

A continuación, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) tomando como factores intersujetos el género de los estudiantes (con dos valores, hombre y mujer) y el nivel académico (con cuatro valores: 2º, 3º y 4º de ESO, y Bachillerato), y como variable dependiente la puntuación total del cuestionario de destrezas de razonamiento científico. Los resultados del ANOVA ponen de manifiesto que: a) el nivel académico tiene un efecto significativo sobre la puntuación total del cuestionario con un tamaño del efecto alto, $F(3,114) = 14.7$, $p < .001$, $\eta^2 = .27$; b) la variable género no influye significativamente en la puntuación obtenida, $F(1,114) = 0.05$, $p = .82$; y c) la interacción entre los dos factores no produce efectos significativos. Además, la aplicación de pruebas post hoc evidencia diferencias significativas de puntuación en el cuestionario entre 2º y 4º de la ESO, 3º y 4º de ESO, 2º de ESO y Bachillerato, y 3º de ESO y Bachillerato ($p < .01$ en todos los casos).

En la Figura 2 se proporcionan los índices de dificultad de los ítems del cuestionario. Puede verse en ella que los ítems que tienen un índice de dificultad por debajo de 0.4 (esto es, han respondido acertadamente menos de 40% de los estudiantes y, por tanto, pueden considerarse los más difíciles) son: ítem 8 (i.d. = 0.27), ítem 11 (i.d. = 0.35), ítem 12 (i.d. = 0.27), ítem 14 (i.d. = 0.35), ítem 15 (i.d. = 0.16), e ítem 25 (i.d. = 0.35). En el Anexo 1 se muestran dichos ítems.

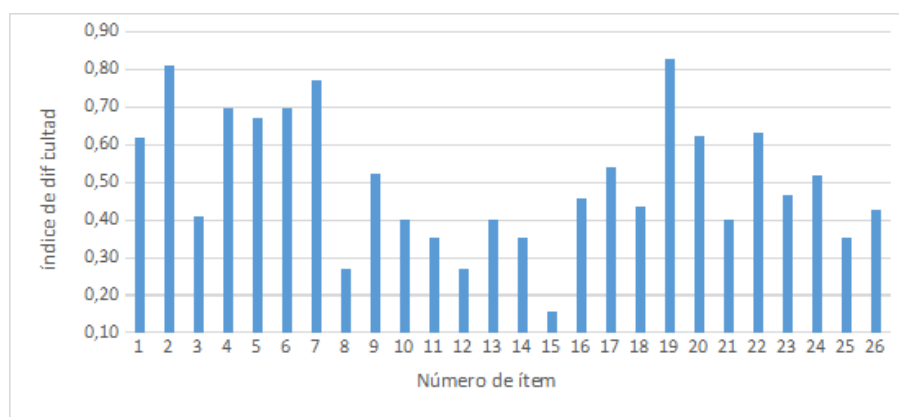


FIGURA 2

Índice de dificultad de los ítems del cuestionario de habilidades de razonamiento científico.

Elaboración propia.

El porcentaje de estudiantes que han elegido la respuesta correcta en estos ítems más difíciles en función de su nivel académico viene recogido en la siguiente representación gráfica (Figura 3).

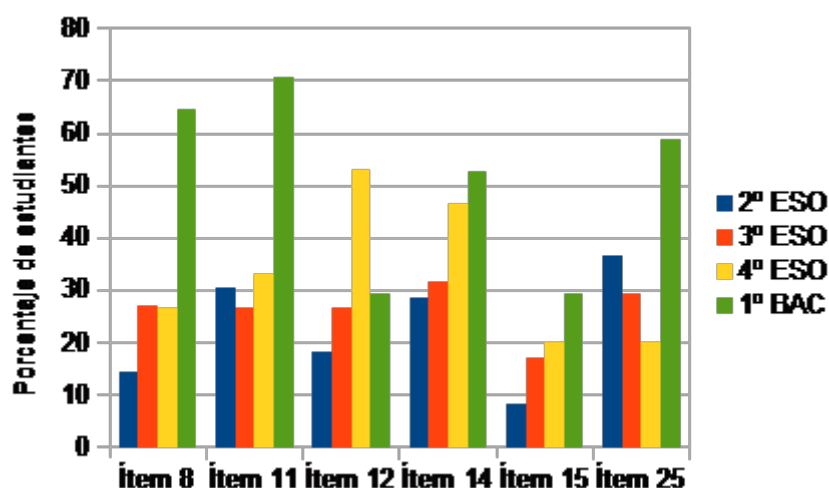


FIGURA 3

Porcentaje de estudiantes que responden correctamente cada ítem según su nivel académico.

Elaboración propia

Al objeto de analizar cómo influye el nivel académico sobre el porcentaje de estudiantes con respuestas correctas en estos ítems difíciles, se ha aplicado la prueba chi cuadrado sobre las tablas de contingencia construidas con el número de estudiantes en cada nivel académico que ha contestado bien (puntuación 1 en el ítem) o mal (puntuación 0) en cada uno de dichos ítems. El valor de chi cuadrado y su nivel de significación, con 2 grados de libertad y 122 sujetos en todos los casos, resultó ser: Ítem 8, $X^2 = 16.26$, $p < .01$; Ítem 11, $X^2 = 11.06$, $p < .05$; Ítem 12, $X^2 = 7.17$, $p = .07$; Ítem 14, $X^2 = 4.37$, $p = .22$; Ítem 15, $X^2 = 4.82$, $p = .19$; y Ítem 25, $X^2 = 6.36$, $p = .10$. Por tanto, sólo hay dos ítems, el 8 y el 11, donde existe una asociación estadísticamente significativa entre nivel académico y el número de estudiantes que los contestan bien. En los demás ítems no puede afirmarse que el nivel académico influya de forma estadísticamente significativa en el resultado.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La puntuación total media obtenida por nuestra muestra, 12.55 sobre 26, es muy similar a la obtenida por Hanson (2016), 11.18, con estudiantes de 9º, 10º, 11º y 12º grado (equivalentes a los niveles españoles desde 3º de ESO a 2º de Bachillerato). No obstante, el nivel de habilidades de razonamiento científico puede considerarse inapropiado, ya que la puntuación total media no llegaría al 5 en la escala 0-10 (4.82).

Como se observa en la Figura 1 la puntuación de las habilidades de razonamiento científico crece con el nivel académico (aunque no de forma monótona), como se espera a medida que se avanza en la formación científica, y en consonancia con los trabajos de Beaumont-Walters y Soyibo (2001) y de Piekny y Maehler (2013). Además, el ANOVA realizado confirma que la variable nivel académico produce diferencias significativas en la puntuación, que se localizan entre los dos cursos superiores y los dos inferiores. Es decir, realmente el nivel de razonamiento científico comienza a ser aceptable a partir de 4º de ESO (10º grado, entre 15 y 16 años).

También la Figura 1 muestra que las habilidades de razonamiento científico son muy similares en chicos y chicas, y esto ocurre con independencia del nivel académico. El ANOVA llevado a cabo ratifica que las escasas diferencias de puntuación en el cuestionario entre chicos y chicas no son estadísticamente significativas, y tampoco ha resultado significativa la interacción entre género y nivel académico. Estos resultados son coherentes con los Piraksa, Srisawasdi y Koul (2014), y parecen constatar que el género no influye en el desarrollo de las destrezas de razonamiento científico.

Las destrezas de razonamiento científico que presentan más dificultades para los estudiantes, de acuerdo con la Figura 2, son: una “inicial”, problematizar (ítems 8), en la que se ha de saber cuál es la mejor pregunta de investigación sobre unos datos experimentales; una “básica”, explicar (ítem 12), donde se busca la mejor explicación para una evidencia experimental; tres “intermedias”, aplicar la información dada para resolver un problema (ítem 11), usar razonamiento combinatorio (ítem 14), que requiere saber qué pares de magnitudes son directamente proporcionales, y dar sentido a datos cuantitativos (ítem 15), donde se demanda la representación gráfica más coherente con un conjunto de datos experimentales; y una “excelente”, analizar la corrección de una respuesta por el valor numérico o las unidades de una magnitud (ítem 25). Todos estos ítems también tuvieron índices de dificultad por debajo de 0.4 en el estudio de Hanson (2016).

La prueba chi cuadrado ha puesto de manifiesto que solo en los ítems 8 y 11 la formación recibida por los estudiantes a lo largo de la educación secundaria permite reducir su dificultad de forma significativa. Dicho de otro modo, a medida que se avanza en la educación secundaria se desarrollan las destrezas de razonamiento implicadas en estos ítems. Sin embargo, esta circunstancia no se da en los ítems 12, 14, 15 y 25. Es decir, la formación de la educación secundaria no consigue mejorar que: se expliquen mejor hechos relacionados con experimentos (ítem 12), se encuentren magnitudes directamente proporcionales a partir de datos numéricos (ítem 14), se vinculen apropiadamente tablas de datos numéricos con representaciones gráficas (ítem 15), o se pueda analizar la veracidad de una respuesta que incluye el valor de una magnitud física a partir de las unidades que acompañan a dicha magnitud (ítem 25). Consecuentemente, de ello se deriva la necesidad de llevar a cabo actividades de aprendizaje específicas en el aula que incidan sobre todos estos aspectos.

Los resultados obtenidos revelan que las destrezas de razonamiento científico de los estudiantes de secundaria no son las adecuadas y sugieren la necesidad de cambiar la orientación del currículum de ciencias hacia el desarrollo de competencias de razonamiento científico. Esta necesidad está avalada por las propuestas teóricas formuladas por Zimmerman (2000) y Osborne (2013), quienes denuncian que la educación científica todavía está demasiado basada en tareas de bajo nivel cognitivo. En este sentido, Duncan y Arthurs (2012) señalan los beneficios de un currículum impregnado de actividades tanto sobre la naturaleza de la ciencia, como de carácter metacognitivo, y Fisher, Kollar, Ufer, Sodian, Hussmann, Pekrun, Neuhaus, Dorner, Pankofer, Fisher, Strijbos, Heene y Eberle (2014) apuntan las bondades de las actividades que promueven el razonamiento científico y la argumentación. Por su parte, Benford y Lawson (2001) subrayan

la utilidad, en el desarrollo de estas destrezas de razonamiento, de las metodologías de enseñanza de carácter indagatorio. Finalmente, en el estudio de Strom y Barolo (2011) se discute la potencialidad de los juegos para ayudar a desarrollar habilidades que promueven la aplicación del razonamiento científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J., Vázquez A. & Manassero, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2), 80-111.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York, USA: Oxford University Press.
- Amsel, E., Klaczynski, P. A., Johnston, A., Bench, S., Close, J., Sadler, E., & Walker, R. (2008). A dual-process account of the development of scientific reasoning: The nature and development of metacognitive intercession skills. *Cognitive Development*, 23 (4), 452-471.
- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., & Wang, Y. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science*, 323 (5914), 586-587.
- Beaumont-Walters, Y. & Soyibo, K. (2001). An analysis of high school students' performance on five integrated science process skills. *Research in Science & Technological Education*, 19 (2), 133-145.
- Benford, R. & Lawson, A. E. (2001). *Relationships between effective inquiry use and the development of scientific reasoning skills in college biology labs*. Report to the National Science Foundation, USA, Grant DUE 9453610. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED456157.pdf>
- Chen, Y. C., Pan, Y. T., Hong, Z. R., Weng, X. F., & Lin, H. S. (2020). Exploring the pedagogical features of integrating essential competencies of scientific inquiry in classroom teaching. *Research in Science & Technological Education*, 38 (2), 185-207.
- Chi, S., Wang, Z., Liu, X. & Zhu, L. (2017). Associations among attitudes, perceived difficulty of learning science, gender, parents' occupation and students' scientific competencies. *International Journal of Science Education*, 39(16), 2171-2188.
- Duncan, D. & Arthurs, L. (2012). Improving student attitudes about learning science and student scientific reasoning skills. *Astronomy Education Review*, 11, 010102.
- Engelmann, K., Neuhaus, B. J., & Fischer, F. (2016). Fostering scientific reasoning in education—meta-analytic evidence from intervention studies. *Educational research and evaluation*, 22(5-6), 333-349.
- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fisher, S., Strijbos, J. W., Heene, M., & Eberle, J. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28-45.
- Gil, D. & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica. Mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- Hanson, S. (2016). *Assessment of scientific reasoning skills of High School Science students: A standardized assessment instrument* (tesis de máster). Illinois State University, Normal, Illinois, USA. Recuperado de <https://ir.library.illinoisstate.edu/etd/506>
- Holbrook, J. & Rannikmäe, M. (2007). Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11), 1347 – 1362.
- Hsieh, F. P., Lin, H. S., Liu, S. C. & Tsai, C. Y. (2019). Effect of peer coaching on teachers' practice and their students' scientific competencies. *Research in Science Education*, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9839-7>
- Klieme, E., Hartig, J. & Rauch, D. (2008). The concept of competence in educational contexts. In J. Hartig, E. Klieme, & D. Leutner (Eds.), *Assessment of competencies in educational contexts*, pp. 3-22. Göttingen, Germany: Hogrefe.
- Krell, M., Dawborn-Gundlach, M. & van Driel, J. (2020). Scientific Reasoning Competencies in Science Teaching. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 66 (2), 32-42.

- Manassero, M. A. & Vázquez, A. (2002). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 15-27.
- Manassero, M. A., Vázquez, A. & Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*, Palma de Mallorca, España: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Miller, J. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7 (3), 203-223.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington D.C., USA: National Academy Press.
- Nieminen, P., Savinainen, A. & Viiri, J. (2013). Gender differences in learning of the concept of force, representational consistency, and scientific reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11 (5), 1137-1156.
- OECD (2019). PISA 2018. Assessment and Analytical Framework, PISA. París, France: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Opitz, A., Heene, M., & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning—a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, 23 (3-4), 78-101.
- Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 265-279.
- Piekny, J. & Maehler, C. (2013). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain - general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 31 (2), 153-179.
- Piraksa, C., Srisawasdi, N. & Koul, R. (2014). Effect of Gender on Students' Scientific Reasoning Ability: A case study in thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116 (1), 486-491
- Quintanilla, M., Izquierdo, M., & Adúriz, A. (2014). Directrices epistemológicas para promover Competencias de Pensamiento Científico en las aulas de ciencias. En M. Quintanilla (Ed.). *Las Competencias de Pensamiento Científico desde las 'emociones, sonidos y voces' del aula*, pp. 15-30. Santiago de Chile, Chile: Editorial Bellaterra.
- Solaz-Portolés, J. J., & Selfa, B. (2016). Estudio exploratorio de la asimilación de conceptos básicos en la alfabetización científica: el caso de un centro de educación secundaria pública. *Revista de Pedagogía*, 37 (100), 91-109.
- Strom, A. R. & Barolo, S. (2011). Using the game of mastermind to teach, practice, and discuss scientific reasoning skills. *PLoS biology*, 9(1), e1000578.
- Van der Stel, M., Veenman, M. V., Deelen, K. & Haenen, J. (2010). The increasing role of metacognitive skills in math: A cross-sectional study from a developmental perspective. *ZDM*, 42 (2), 219-229.
- Veenman, M. V. & Spaans, M. A. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences. *Learning and Individual Differences*, 15 (2), 159-176.
- Wenning, C. J. & Vierya, R. (2015). *Teaching High School Physics, Volume 1*. Normal, Illinois, USA: Authors.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20 (1), 99-149.

Anexo 1

Ítems del cuestionario de Hanson (2016) de mayor dificultad. *Ítem correcto

Ítem 8.-Un dermatólogo (médico de la piel) está interesado en saber qué evita la calvicie en los hombres. Ha observado a 256 hombres, una gran mayoría de los cuales parecen haberse recuperado de la calvicie en los últimos meses, con los siguientes patrones de comportamiento:

Porcentaje de hombres con los siguientes rasgos:

- 15% Han perdido peso durante el año pasado
- 23% Han ganado peso durante el año pasado

83% Recientemente han tomado aspirina a diario para prevenir un ataque al corazón.

26% Usan un tipo particular de champú para el cabello.

98% Disfrutan viendo la televisión.

12% Han reducido su exposición a la luz solar.

¿Cuál de las siguientes es la mejor pregunta de investigación que se debe hacer en base a estos datos?

Precaución: asegúrese de considerar la conexión entre la posible causa y el efecto, y no sólo los porcentajes.

a*.¿La aspirina cura la calvicie?

b.-¿La pérdida o ganancia de peso afecta la calvicie?

c.-¿La exposición a la luz solar afecta la calvicie?"

d.-¿El uso de un tipo particular de champú afecta la calvicie?"

e.-¿Ver televisión afecta la calvicie?

Ítem 11.-A los estudiantes se les muestra una botella tapada con agua (ver la figura de abajo) Dentro de la botella hay un cuentagotas o gotero que flota justo debajo de la superficie. El cuentagotas está parcialmente lleno de agua y parcialmente lleno de aire. Cuando se aprieta la botella de agua, el cuentagotas se hunde hasta el fondo, pero no gira. Cuando la botella se libera, el cuentagotas flota en la parte superior. El agua no cambia significativamente su volumen bajo presión, pero el aire sí lo hace. ¿Qué explica que el cuentagotas que se hunda y flote?



Hanson (2016)

a.-El agua de la botella se comprime cuando se aprieta la botella, lo que hace que el gotero sea más denso que el agua de la botella.

b*. -El aire en el gotero se comprime cuando se aprieta la botella, lo que hace que el gotero se vuelva más denso que el agua en la botella.

c.-El aire en el gotero se empuja hacia afuera cuando se aprieta la botella haciendo que el gotero se vuelva más denso que el agua en la botella.

d.-El agua en el cuentagotas se comprime cuando se aprieta la botella, lo que hace que el gotero sea más denso que el agua de la botella.

e.-Ninguna de estas explicaciones es correcta.

Ítem 12.-La siguiente figura muestra una balanza que mide la masa de lana de acero antes y después de que se haya quemado durante un corto período de tiempo. En la figura, la masa para equilibrar está en el lado izquierdo y la lana de acero en el lado derecho.



Hanson (2016)

Estudiante 1: el oxígeno de la atmósfera se combina con la lana de acero, porque la combustión es una reacción química que siempre involucra oxígeno.

Estudiante 2: El dióxido de carbono de la lana de acero se libera a la atmósfera, porque la quema es un proceso que siempre involucra humo proveniente de la sustancia.

Estudiante 3: No hay intercambio de gases entre la lana de acero y el ambiente, porque la lana de acero no se "quema" como otras sustancias.

¿Cuál de las explicaciones apoya la figura? Precaución: una afirmación correcta no siempre es la respuesta a una pregunta dada.

a*. -Estudiante 1

b. -Estudiante 2

c. -Estudiante 3

d. -Estudiante 1 y Estudiante 2

e. -No hay suficiente evidencia en la figura para apoyar a ninguno de los estudiantes.

Ítem 14.- Los siguientes datos fueron recogidos de varios objetos colocados en un recipiente con agua.

Masa (g)	Densidad(g/cm ³)	Volumen (cm ³)	Fuerza de flotación (N)
8	2.0	2.67	80
20	5.0	4.00	120
6	1.5	2.00	60
36	9.0	4.00	120
2	0.5	0.67	20

De los datos anteriores, ¿cuáles de las siguientes opciones contiene magnitudes que son directamente proporcionales (por ejemplo, el doble de X conduce al doble de Y)?

1. Masa y densidad.

2. Masa y volumen sumergidos.

3. Masa y fuerza de flotación.

4. Densidad y volumen sumergido.

5. Densidad y fuerza de flotación.

6. Volumen sumergido y fuerza flotante.

a.-1 y 2

b.-3 y 4

c.-5 y 6

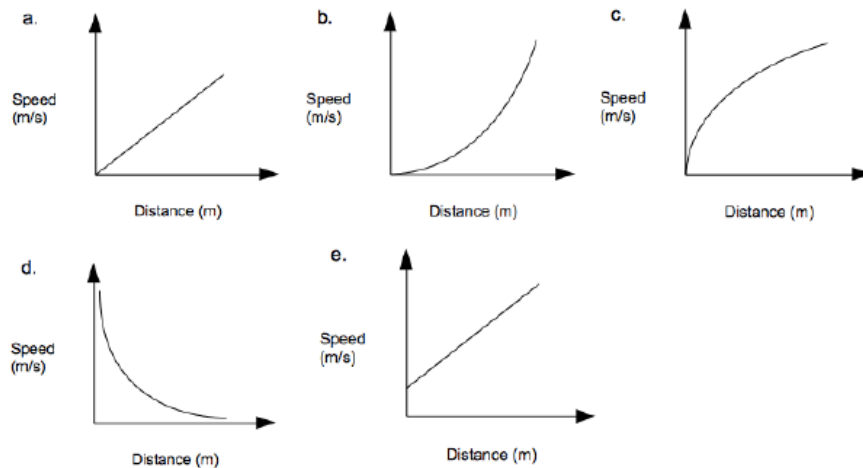
d*. -1 y 6

e.-2, 5

Ítem 15.-¿Qué representación gráfica muestra mejor la relación entre la velocidad y la distancia recorrida del siguiente conjunto de datos?

Distancia (m)	Velocidad (m/s)
4	2
9	3
16	4
25	5
36	6

Hanson (2016)



Hanson (2016)

- a.-Representación gráfica
- b.-Representación gráfica
- c.-Representación gráfica
- d.-Representación gráfica
- e.-Representación gráfica

Ítem 25. Una bala viaja a 300 m/s. Un tirador calcula cuánto tarda la bala en llegar a un objetivo que se encuentra a 1.000 m de distancia. El tirador concluye “3.33 m”. ¿Es esta respuesta correcta y por qué?

- a.-El valor numérico y la unidad de medida son correctos.
- b.-El valor numérico parece ser demasiado pequeño, pero la unidad de medida es correcta.
- c*.-El valor numérico parece ser correcto, pero la unidad de medida es incorrecta.
- d.-El valor numérico parece ser demasiado grande, pero la unidad de medida es correcta.
- e.-El valor numérico y la unidad de medida son incorrectos.