



La relación entre conceptualización de la ciencia y destrezas de pensamiento: evidencia empírica clave para la competencia científica

The relationship between conceptualization of science and thinking skills: key empirical evidence for scientific competence

Ángel Vázquez-Alonso

Universidad de las Islas Baleares
angel.vazquez@uib.es
<http://orcid.org/0000-0001-5830-7062>

María Antonia Manassero-Mas

Universidad de las Islas Baleares
ma.manassero@uib.es
<http://orcid.org/0000-0002-7804-7779>

Resumo:

Estudos recentes argumentam que a aprendizagem de competências epistêmicas e meta-cognitivas, característica da abordagem ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA), e habilidades de pensamento crítico têm dependência e impacto mútuos. A revisão da literatura indica que há cada vez mais estudos que incluem habilidades de pensamento cognitivo relacionadas à aprendizagem da CTSA, embora poucos estudos se concentrem nessa relação mútua intuitiva e menos ainda que demonstrem a relação empírica entre as habilidades de pensamento e a aprendizagem CTSA de tipo epistêmico; em particular, a análise indica que a maioria dos trabalhos é incompleta, uma vez que frequentemente falta um dos dois termos dessa relação, seja habilidades de pensamento ou conhecimento epistêmico. Este trabalho estuda empiricamente a relação entre essas variáveis, avaliando cinco habilidades de pensamento (explicação, decisões, seqüenciamento, relações parte-todo e raciocínio lógico) e algumas variáveis epistêmicas sobre a conceituação da ciência e calcula as correlações entre as duas medidas em uma amostra de estudantes do ensino médio. Os resultados confirmam a hipótese inicial sobre a relação entre habilidades de pensamento e conhecimento epistêmico, embora essa relação pareça complexa e dependente das variáveis consideradas: a relação é clara, positiva e significativa entre todas as habilidades com as idéias apropriadas sobre ciência, mas não com idéias epistêmicas menos informadas. As interpretações e consequências desses resultados para a pesquisa e o ensino de competência científica, tópicos da CTSA e habilidades de pensamento crítico são discutidos.

Palavras-chave: ensino CTSA; competência científica; conhecimento epistêmico; habilidades de pensamento crítico.



Abstract:

Recent studies argue that epistemic and meta-cognitive competency-based learning, characteristic of the science-technology-society-environment (STSE) approach, and critical thinking skills have a mutual impact and dependence. The literature review indicates that there are more and more studies that include cognitive thinking skills related to STSE learning, although few studies focus on this intuitive mutual relationship and even less that demonstrate the empirical relationship between thinking skills and STSE epistemic learning; in particular, the analysis indicates that most of the works are incomplete, since one of the two terms of this relationship is often missing, either thinking skills or epistemic knowledge. This work empirically studies the relationship between these variables, evaluating five thinking skills (explanation, decisions, sequencing, part-whole relationships and logical reasoning) and some epistemic variables on the conceptualization of science and computes the correlations between both measurements in a sample of lower-secondary students. The results confirm the initial hypothesis about the relationship between thinking skills and epistemic knowledge, although this relationship appears complex and dependent on the variables considered: the relationship is clear, positive and significant between all the skills and the appropriate ideas about science, yet not with the variables on uninformed epistemic ideas. The interpretations and consequences of these results for research and for the teaching of scientific competence, STSE topics and critical thinking skills are discussed.

Keywords: STSE teaching; scientific competence; epistemic knowledge; critical thinking skills.

Resumen:

Estudios recientes sostienen que los aprendizajes competenciales de tipo epistémico y meta-cognitivo, característicos del enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), y las destrezas de pensamiento crítico tienen una dependencia y una interacción mutua en los aprendizajes. Aunque la revisión de la literatura indica que los estudios con destrezas de pensamiento son cada vez más frecuentes, los estudios relacionados con los aprendizajes CTSA de tipo epistémico todavía son escasos, y todavía menos los que se enfocan sobre esta intuitiva relación y la demuestran empíricamente; en particular, el análisis indica que la mayoría de los trabajos son incompletos, pues suele faltar uno de los dos términos, bien las destrezas de pensamiento, o bien el conocimiento epistémico. Este trabajo estudia empíricamente la relación entre estas variables, evaluando cinco destrezas de pensamiento (explicación, decisiones, secuenciación, relaciones parte-todo y razonamiento lógico) y algunas variables epistémicas sobre la conceptualización de la ciencia y analiza las correlaciones entre ambas variables en una muestra de alumnos de secundaria. Los resultados confirman la hipótesis inicial acerca de la relación entre destrezas de pensamiento y conocimiento epistémico, aunque esta relación aparece compleja y dependiente de las variables consideradas: la relación es clara, positiva y significativa entre todas las destrezas con las ideas adecuadas acerca de la ciencia, pero no con las ideas epistémicas menos informadas. Se discuten las interpretaciones y consecuencias de estos resultados para la investigación y para la enseñanza de la competencia científica, de los temas CTSA y de las destrezas del pensamiento crítico.

Palabras clave: enseñanza CTSA; competencia científica; conocimiento epistémico; destrezas de pensamiento crítico.



Introducción

El movimiento ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), entre otros objetivos educativos, pretende mejorar la comprensión epistémica y las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes, de modo que el aprendizaje sea útil y funcional para la vida diaria, a través de la toma de decisiones de calidad, personales y sociales. Este conglomerado de objetivos competenciales perennes se suele resumir hoy en el concepto de alfabetización científica y tecnológica para todos, que implica dos componentes esenciales, a saber, los conocimientos tradicionales de la ciencia (hechos, conceptos, procesos, teorías y modelos) y los conocimientos “acerca” de la ciencia, es decir, conocimientos sobre cómo valida sus conocimientos e interviene en el mundo actual, junto con la tecnología. Este estudio se centra precisamente en este último componente, los conocimientos acerca de la ciencia (naturaleza de la ciencia, conocimientos epistémicos, práctica científica, etc.), que están relacionados con la continua tradición innovadora de CTSA (Vesterinen, Manassero y Vázquez, 2014).

Por otro lado, diversos documentos e informes nacionales e internacionales declaran las destrezas de pensamiento crítico como competencias transversales claves de la educación del siglo XXI, lo cual pone la diana en mejorar su adquisición por los estudiantes, y, en consecuencia, reclamar su presencia universal en la educación (en todos los niveles educativos y en todas las asignaturas). La Comisión Europea (European Union, 2014) define siete competencias clave y considera que su logro pasa por desarrollar las habilidades transversales siguientes: pensamiento crítico, creatividad, iniciativa, resolución de problemas, evaluación de riesgos, toma de decisiones, comunicación y gestión constructiva de emociones. En la misma línea, el National Research Council (2012) propone conocimientos y destrezas transferibles para la vida y el trabajo, entre las cuales destacan las destrezas que tienen relación con el pensamiento crítico, donde se citan explícitamente las siguientes: argumentación, resolución de problemas, toma de decisiones, análisis, interpretación, creatividad, innovación, cooperación, comunicación, confianza, integridad, perseverancia, autoevaluación, meta-cognición, auto-regulación, iniciativa, escrupulosidad y curiosidad intelectual. En suma, estas propuestas convergentes indican que enseñar a pensar a los estudiantes o educar su pensamiento crítico (PCR) es un reto innovador y trascendental de la educación general del siglo XXI.

Algunos estudios de investigación educativa y didáctica de la ciencia sostienen que los aprendizajes acerca de la ciencia (epistémicos y meta-cognitivos), característicos del enfoque CTSA, y el pensamiento crítico, como competencia transversal, tienen una influencia mutua profunda, que convierte a las destrezas del pensamiento crítico en claves para el aprendizaje del conocimiento epistémico (y viceversa). Sin embargo, esta intuitiva y, posiblemente, fecunda relación entre las destrezas de PCR y el conocimiento epistémico no ha sido muy estudiada empíricamente para su verificación, por lo que este estudio se plantea este análisis.

Contextualización teórica

Este apartado elabora el marco teórico y antecedentes que justifican el objetivo de investigar la relación entre las destrezas de pensamiento crítico necesarias para afrontar el aprendizaje los conocimientos meta-cognitivos y epistémicos, propios de la educación CTSA por su importancia para ella.



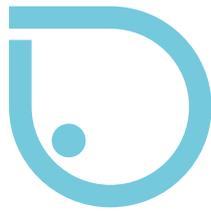
Las creencias epistémicas sobre la naturaleza del conocimiento general y el conocer (no solo científicas, pero también para ellas) se incluyen en el nivel más alto de cognición, puesto que desarrollan funciones reguladoras de otros comportamientos cognitivos superiores, como el razonamiento, la toma de decisiones, la resolución de problemas y el aprendizaje. Las dimensiones de las creencias epistémicas generales incluyen la certeza del conocimiento, la simplicidad del conocimiento, la fuente del conocimiento y la justificación del conocimiento (Hofer y Pintrich, 1997).

Un resultado conocido hace tiempo desde diversas investigaciones relacionadas con la enseñanza de los temas socio-científicos, propios de la orientación CTSA, es la inadecuada comprensión de esos temas y las dificultades de los estudiantes participantes en actividades como argumentación y toma de decisiones implicadas en esos temas; puesto que estos temas están muy directamente relacionados con la formación competencial de la ciudadanía para vivir en las sociedades democráticas actuales impregnadas de ciencia y tecnología, se trata de una cuestión educativa transcendental por su impacto personal y social (Kolstø, 2001; Zeidler, Walker, Ackett, y Simons, 2002).

Las dificultades básicas del aprendizaje de conocimientos epistémicos identificadas en la investigación son las siguientes: incapacidad para coordinar adecuadamente pruebas, justificaciones, argumentaciones y conclusiones y para diferenciar hechos y explicaciones, junto con la carencia de meta-conocimientos epistémicos elementales de auto-regulación. Otras dificultades comunes son introducir opiniones, inferencias y reinterpretaciones personales, saltar a las conclusiones como autoevidentes e ignorar los contraargumentos o las pruebas contrarias a sus ideas (García-Mila y Andersen, 2008; McDonald y McRobbie, 2012). Estas dificultades, que la investigación atribuye a la naturaleza meta-cognitiva y de orden superior de estas habilidades, se identifican claramente con diversas destrezas básicas de pensamiento, de modo que diversos estudios coinciden en proponer como remedio la educación de las destrezas básicas de pensamiento crítico (PCR), ya que su dominio básico asegura superar las dificultades y lograr el éxito en estos aprendizajes CTSA (Ford y Yore, 2014; Simonneaux, 2014).

Complementariamente, en los últimos años y en la didáctica de la ciencia se percibe un auge de las investigaciones orientadas hacia la inclusión de diversas destrezas cognitivas de pensamiento crítico (PCR) como elementos para favorecer el aprendizaje auténtico de la ciencia, la alfabetización científica y la naturaleza de la ciencia (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2012; Torres y Solbes, 2016; Vázquez y Manassero, 2018; Yacoubian y Khishfe, 2018, entre otros). Yacoubian (2015) justifica con múltiples razones que el pensamiento crítico es un pilar fundamental en el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia, la cual, a su vez, es parte esencial de la alfabetización científica.

Diversos autores consideran que un punto de convergencia entre la ciencia y el pensamiento crítico es precisamente el vocablo crítico: pensamiento y ciencia son críticos. En efecto, el escepticismo organizado es considerado un valor universal de la práctica científica, que se traduce en planteamientos críticos consustanciales a la ciencia, y que abarcan diversas cuestiones claves (por ejemplo, el afrontamiento social de una pandemia por virus o las controversias científicas sobre múltiples cuestiones, y en general, la validación del conocimiento) y la diaria evaluación crítica (feroz) por pares a que se somete toda la comunicación científica (Merton, 1992; Vieira, Tenreiro-Vieira y Martins, 2010; Osborne, 2014). Igualmente, crítico en el contexto del PCR significa escrutinio implacable de las ideas, al modo filosófico, pero también significa



normatividad, es decir, demarcación del buen pensamiento, o sea, el pensamiento que satisface normas, estándares y criterios de calidad y excelencia y alejado de errores y falacias, típicos del pensamiento de mala calidad (Bailin, 2002; Paul y Elder, 2008).

Otro punto de convergencia importante entre PCR y ciencia es el conjunto de destrezas que, con el mismo nombre y el mismo significado, pero también con nombres diferentes pero el mismo contenido semántico, son compartidas entre ambos. Entre los primeros, la inducción, la deducción, la abducción, y, en general, la argumentación, como instrumento para defender ideas y desarrollar controversias, discusiones y debates y también, la resolución de problemas y la toma de decisiones; todos son herramientas claves del pensamiento científico y destrezas importantes del PCR (Vieira, Tenreiro-Vieira y Martins, 2010; Yacoubian y Kishfe, 2018).

La revisión de Santos (2017) acerca de las relaciones entre ciencia y pensamiento crítico sugiere los siguientes elementos de intersección entre ambos: observación, exploración, investigación, resolución de problemas, toma de decisiones, obtención de información, preguntas críticas, construcción de conocimiento fiable, evaluación, comprobaciones rigurosas, aceptación y rechazo de hipótesis, clarificación de significados y conclusiones verdaderas. En un sentido más amplio, Manassero y Vázquez (2020, en prensa) analizan la relación entre las destrezas usuales del pensamiento científico y el pensamiento crítico, concluyendo que los contenidos de las destrezas constitutivas de ambos exhiben una manifiesta y profunda equivalencia.

En suma, el PCR y la ciencia comparten una gran cantidad de destrezas, procesos y estrategias de pensamiento porque, en el fondo, persiguen el mismo objetivo general, a saber, establecer el valor de verdad sobre cualquier conclusión de conocimiento. Sobre esta base, tiene sentido indagar las posibles relaciones entre el conocimiento epistémico, propio de la ciencia, y las destrezas de PCR, y presentar estudios en esta línea.

Las relaciones entre conocimiento epistémico, pensamiento y otras variables

Koray y Köksal (2009) contrastan el efecto de la instrucción de laboratorio, basada en creatividad y pensamiento lógico, frente a la enseñanza tradicional (grupo control) en maestros de primaria en formación inicial; obtienen un efecto significativo para aquellas dos variables de pensamiento crítico, concluyendo que la enseñanza basada en destrezas de pensamiento es más eficaz que la enseñanza tradicional. En esta misma línea, Dogan, Manassero y Vázquez (2020, en prensa) comparan la eficacia de dos metodologías de educación científica (aprendizaje basado en problemas y aprendizaje basado en historia de la ciencia) respecto a su impacto en la creatividad de futuros maestros de primaria en formación inicial; los resultados indican que el enfoque basado en la destreza resolución de problemas fue más efectivo que el enfoque de historia para aumentar el pensamiento creativo y el interés de los estudiantes.

Dowd, Thompson, Schiff y Reynolds (2018) examinan la relación entre el razonamiento científico escrito (evaluado por un Protocolo de Evaluación de Tesis) y algunas habilidades específicas de pensamiento crítico (análisis, interpretación, inferencia, evaluación, explicación, inducción y deducción). Encuentran que solo tres de los cinco aspectos del razonamiento científ-



fico escrito (audiencia, interpretar resultados, discutir la trascendencia) están significativamente relacionados con la destreza inferencia (negativo en el caso de argumento y metas); además, las variables de escritura epistemológicas y convenciones no están significativamente relacionados con las variables de pensamiento crítico. Yang y Tsai (2010) entrevistaron estudiantes de sexto grado para criticar dos cuestiones inciertas relacionadas con la ciencia, mostrando que la mayoría de los niños habían desarrollado la forma absolutista de epistemología personal, y que cuanto más complejas (multiplistas) son las creencias epistémicas mejores resultados obtuvieron en la coordinación de la teoría y la evidencia, así como en pensamiento reflexivo.

Finalmente, la revisión de Weinstock (2006) trata de responder a la relación entre la comprensión epistemológica personal y tres aspectos del argumento (construcción del argumento, identificación de falacias y orientación hacia la explicación o evidencia). Los resultados sugieren que las habilidades de argumentación de las personas se desarrollan en proporción con su desarrollo epistémico.

Más específicamente, algunos estudios de la literatura educativa y psicológica sugieren que el desarrollo de la capacidad de razonamiento científico está relacionado con la comprensión del conocimiento epistémico. Por ejemplo, Mason y Scirica (2006) presentaron dos lecturas sobre temas controvertidos, el calentamiento global y los alimentos genéticamente modificados, para estudiar la contribución de la comprensión epistemológica general a las habilidades de argumentación (generar un argumento, un contraargumento y una refutación) controlando el conocimiento y el interés del tema en alumnos de octavo grado. La comprensión epistemológica fue un predictor significativo de los tres componentes de la argumentación para ambas controversias pues los participantes en el nivel más alto del desarrollo evolutivo de la comprensión epistémica (evaluativo) generaron mayor calidad de argumentos, contraargumentos y refutaciones que los participantes en el nivel multiplista (Kuhn, 2012); además, la influencia del conocimiento previo y el interés del tema es muy moderada.

Zeineddin y Abd-El-Khalick (2010) parten de la hipótesis que los compromisos epistemológicos subyacen al razonamiento y, por tanto, contribuyen a determinarlo. En una experiencia con estudiantes universitarios encontraron que cuanto más fuertes son los compromisos epistémicos, mayor es la calidad del razonamiento científico que produce el individuo sobre un tema de flotación y es independiente del conocimiento previo; además, el razonamiento excelente se asoció con un mayor compromiso epistemológico personal acerca de la consistencia de la teoría con la evidencia. Finalmente, Yang, Bhagat y Cheng (2019) estudiaron las relaciones entre las creencias epistémicas generales (evaluadas en las dimensiones de autoridad, certeza, desarrollo y justificación) y el desempeño del razonamiento científico (identificar evidencias y elaborar refutaciones sobre un caso controvertido) y entre las creencias epistémicas y las experiencias de aprendizaje de ciencias en estudiantes universitarios de dos países. Los resultados mostraron algunas asociaciones, pero la pequeña muestra no permite considerarlas significativas o relevantes.

La revisión de 37 estudios empíricos por Yang y Tsai (2012), sobre las epistemologías personales y el aprendizaje, confirma la heterogeneidad de la investigación acerca del conocimiento epistémico. Los diferentes estudios revisados se dividen en cuatro grupos según las dimensiones de las creencias epistémicas evaluadas: aplicadores de las categorías evolutivas -absolutista, multiplista y evaluativista- de Kuhn (2012), aplicadores de las categorías del conocimiento epistémico



general (autoridad, certeza, desarrollo y justificación), aplicadores de creencias epistemológicas acerca de la ciencia (empirismo, provisionalidad, creatividad, etc.) y aplicadores de una variedad de instrumentos y categorías de creencias epistemológicas. En particular, la revisión demuestra que los estudios realizados en el marco de la educación científica son una minoría.

En resumen, los estudios citados en los párrafos anteriores permiten concluir que el conocimiento epistémico se ha relacionado con muy diversas variables; la mayor parte son distintas versiones del conocimiento o del aprendizaje, y sólo una minoría hacen referencia a destrezas cognitivas de pensamiento. Dentro de esta minoría, a su vez, la instrumentación y evaluación de las distintas destrezas es también muy diversa. Las tendencias de la investigación relacionadas antes sugieren que los conocimientos epistémicos y meta-cognitivos, característicos del enfoque CTSA, pueden estar relacionadas con las destrezas de pensamiento y se influyen mutuamente; sin embargo, son escasos los estudios empíricos que verifiquen esta intuitiva y, posiblemente, fecunda relación, con lo cual este objetivo se convierte en relevante. Este estudio pretende analizar empíricamente la relación entre las destrezas de PCR y la conceptualización epistémica de la ciencia.

Metodología

Muestra

Una muestra de conveniencia formada por 347 estudiantes (169 mujeres y 178 hombres) de grado 8 (2º curso de ESO) pertenecientes a nueve centros escolares españoles, uno público y ocho concertados, de distintas poblaciones, responden sendas pruebas de conocimiento epistémico y destrezas de pensamiento en sus grupos naturales de clase dirigidos por su profesor.

La participación fue decidida por las direcciones de los centros educativos, en el marco del proyecto de investigación de referencia y con el objetivo de realizar un diagnóstico de las destrezas de pensamiento de los estudiantes.

Instrumentos

Los instrumentos utilizados en este estudio son dos: una prueba de pensamiento crítico de elaboración propia y una escala sobre conceptualización de la ciencia.

Prueba de pensamiento

La prueba de pensamiento está formada por 35 reactivos y evalúa cinco destrezas de PCR, a saber, explicación causal, toma de decisiones, relaciones de las partes con el todo, secuenciación y razonamiento lógico (explicar, decidir, relación partes-todo, secuenciar y razonar lógicamente) y se calcula la puntuación global (pensar).



Tabla 1: Tabla de especificaciones de la prueba que evalúa cinco destrezas de pensamiento

Destrezas de pensamiento	Fuente	Tipo	Número de reactivos	Fiabilidad
Explicación causal	Cornell (Nicoma)	Verbal	8	0,426
Toma de decisiones	Cornell (Nicoma)	Verbal	6	0,385
	Adaptación propia	Situaciones		
Relación partes-todo	Elaboración propia	Figurativo	13	0,782
Secuenciación	Elaboración propia	Figurativo	5	0,442
Razonamiento lógico	Cornell (test de clase)	Verbal	3	0
Pensar (total)			35	0,789

Verbal: preguntas verbales de opción múltiple con un pie y diversas alternativas para elegir una.

Situaciones: plantean una situación real y varias preguntas sobre ella.

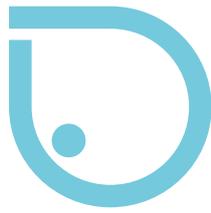
Figurativo: plantean conjuntos de figuras sobre las que se plantean diversas preguntas.

Las cuestiones se diseñaron y seleccionaron según los siguientes criterios: la demanda cognitiva de cada cuestión debe ir dirigida a la destreza para la que está diseñada, sus contenidos deben ser legibles, comprensibles, adecuados e interesantes para la edad de la muestra de estudiantes quienes van dirigidas y deben plantear un reto cuyo logro motive y desafíe a los estudiantes. Con estas premisas, las cuestiones de razonamiento lógico fueron seleccionadas de la Prueba de razonamiento de clase de Cornell (Ennis y Millman, 2005), las cuestiones de explicación causal y toma de decisiones fueron seleccionadas de un test estandarizado de evaluación del pensamiento crítico, denominado aquí Cornell (Nicoma) y una cuestión del cuestionario de Halpern (2010). Las destrezas de relaciones de las partes con el todo y secuenciación están formadas por cuestiones principalmente figurativas de elaboración propia (tabla 1).

El test de pensamiento crítico de Cornell (Nicoma) presenta escrita una historia ficticia y sencilla sobre unos exploradores en el planeta Nicoma; los estudiantes deben responder preguntas relacionadas con la información desplegada en la historia y dirigidas a evaluar distintas destrezas de pensamiento crítico. Para esta prueba se han seleccionado algunas cuestiones referidas a las destrezas de explicación causal y toma de decisiones junto con la información de la historia.

Las cuestiones de las pruebas correspondientes a las partes y el todo y secuenciación fueron desarrolladas a partir de materiales principalmente figurativos para facilitar la motivación, la comprensión de los estudiantes y la agilidad de sus respuestas; además, el diseño figurativo pretende que estas cuestiones sean aún más independientes de la cultura y los conocimientos escolares (ver ejemplo en el anexo).

Las cuestiones de esta prueba están libres de cultura, puesto que los contenidos de las preguntas no están relacionados con, ni basados en conocimientos curriculares de ninguna materia escolar. Ningún conocimiento previo es un requisito para responder a la demanda cognitiva que exige lograr la respuesta correcta, de manera que las cuestiones plantean retos



de pensamiento auténticos y son independientes de cualquier tipo de conocimientos iniciales de los estudiantes.

Los formatos de respuesta elegidos son formatos cerrados, porque facilitan y hacen más rápida y fiable la obtención de datos, la asignación de puntuaciones y el análisis de los resultados. Algunas ventajas metodológicas de un instrumento estandarizado son: facilitar la corrección, establecer líneas base para comparar investigaciones, programas y metodologías de enseñanza y lograr que sus medidas ajusten la demanda cognitiva de las preguntas a la destreza que representan, para lograr una evaluación válida y fiable de cada destreza.

Conocimiento epistémico

La escala de conocimiento epistémico sobre conceptualización de la ciencia está formada por 9 indicadores y es un escenario del banco Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), versión española del VOSTS (Aikenhead y Ryan, 1992; Vázquez, Manassero y Acevedo, 2003). Los escenarios del COCTS fueron desarrolladas empíricamente, a partir de entrevistas y respuestas abiertas dadas por estudiantes y sintetizadas en un centenar de escenarios diferentes; cada escenario plantea una situación CTS seguida de varias frases que enuncian un abanico de diferentes posiciones específicas (creencias epistémicas) sobre la situación, con lenguaje sencillo y no técnico. Lederman, Wade y Bell (1998, p. 610) consideran al VOSTS un instrumento válido y fiable para la investigación de las concepciones sobre naturaleza de la ciencia, cuya fiabilidad empírica ha sido ya analizada (Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010).

El escenario aplicado en este estudio plantea la descripción de la ciencia, ofreciendo una serie de nueve indicadores o frases que describen la ciencia. Los encuestados responden valorando su grado de acuerdo o desacuerdo (respuestas directas) con cada una de las frases sobre una escala Likert de nueve puntos (1 desacuerdo total, 9 acuerdo total) o no evaluado (en blanco).

Procedimiento

Prueba de pensamiento

Las pruebas de retos de pensamiento fueron aplicadas por profesorado de los estudiantes en su grupo natural, en el curso 2018-19, utilizando dispositivos digitales; se plantearon como una prueba más de evaluación dentro del curso, para incentivar el esfuerzo y motivación de los estudiantes. Los estudiantes disponen del tiempo necesario para concluir sus respuestas sin límite de tiempo previo; todos los estudiantes completaron sus respuestas entre 25 y 50 minutos.

Las respuestas correctas reciben un punto, las respuestas incorrectas cero puntos y no se aplican correcciones por respuestas al azar; excepcionalmente, la rúbrica de una pregunta



asignaba calificaciones de 0 a 2 puntos, de modo que el rango de puntuaciones totales podría llegar hasta 36 puntos (tabla 2).

La base de datos con las puntuaciones de los estudiantes se ha procesado con el paquete estadístico SPSS 25. Las variables consideradas para los análisis son las puntuaciones alcanzadas en las cinco destrezas evaluadas, como suma de los reactivos que forman cada destreza (tabla 1). La suma de las puntuaciones de las cinco destrezas genera una variable de puntuación global (pensar) que sería la estimación del nivel de pensamiento crítico global de los estudiantes.

Aunque existen diversos tipos de validez psicométrica, la validez de contenido se basa en el análisis y evaluación de decenas de cuestiones de pensamiento crítico por dos expertos, cuyo acuerdo ha seleccionado las cuestiones que mejor se ajustaban a la demanda cognitiva de cada destreza evaluada. La fiabilidad se ha calculado mediante el estadístico de consistencia interna alfa de Cronbach.

Conocimiento epistémico

Los indicadores de conocimiento epistémico se calculan con una rúbrica de evaluación que transforma cada puntuación directa (grado de acuerdo con una frase 1-9) en un índice de frase $[-1, 1]$ a través de un procedimiento de escalamiento en función de la categoría de la frase (adecuada, plausible, ingenua), asignada previamente por un panel de jueces expertos. Estas tres categorías expresan creencias bien informadas (adecuadas), parcialmente informadas (plausibles) y desinformadas (ingenuas), respecto al conocimiento epistémico actual de los especialistas. Con estos criterios, el índice ofrece una valoración homogénea (mismo cálculo), invariante (mismo significado) y normalizado (en el mismo intervalo $[-1, 1]$) de las creencias epistémicas. El significado del índice es que cuanto mayor (menor) es, mejor (peor) informada es la concepción expresada por las valoraciones del encuestado, respecto a los puntos de vista actuales sobre la ciencia (Vázquez, Manassero y Acevedo, 2006).

La conceptualización de la ciencia se evalúa con tres variables (adecuada, plausible, ingenua), que representan las creencias epistémicas sobre la ciencia como promedio de los índices categorizados en cada una de esas tres categorías; además, se calcula el promedio de las tres (media).

Las correlaciones entre las variables destrezas de pensamiento crítico y del conocimiento epistémico es el estadístico aplicado para verificar empíricamente la relación entre pensamiento y conceptualización de la ciencia.

Resultados

La descripción de los indicadores estadísticos de las diez variables evaluadas, seis de pensamiento y cuatro de conceptualización de la ciencia se presentan en las tablas 2 y 3).



Tabla 2: Estadística descriptiva básica de las variables de pensamiento y coeficientes de consistencia interna (alfa de Cronbach) (n = 347)

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estd.	Fiabilidad (alfa Cronbach)
EXPLICAR	0	8	4,793	1,653	0,426
DECIDIR	0	6	2,375	1,405	0,385
SECUENCIAR	0	5	2,732	1,308	0,442
PARTES_TODO	0	14	6,991	3,330	0,782
RAZONAR_LOG	0	3	1,147	0,835	0,000
PENSAR	1	36	18,037	5,831	0,789

Los resultados estadísticos descriptivos de las variables de pensamiento muestran que la mayoría de ellas obtienen puntuaciones centralizadoras próximas al punto medio del rango de cada escala. Las variables explicar y secuenciar se sitúan por encima de los puntos medios de sus rangos, mientras las variables razonamiento lógico y decidir se sitúan por debajo. Estos resultados indican que la prueba tiene una dificultad global de nivel medio para los estudiantes, ni muy fácil ni muy difícil, y, desde esta perspectiva puede considerarse aceptable como instrumento de valoración del pensamiento.

Los índices de consistencia interna y fiabilidad medidos por el estadístico alfa de Cronbach son relativamente bajos. Aunque estos valores deberían ser mejorados para los efectos de baremación de personas, a los efectos de investigación perseguidos aquí, pueden ser aceptables. No obstante, cabe argumentar que estos índices están sesgados a la baja porque el número de ítems que constituyen cada escala es pequeño, de modo que un objetivo de mejora es ampliar el número de ítems que evalúan cada destreza de pensamiento.

La estadística descriptiva de las cuatro variables de conocimiento epistémico (tabla 3) muestra que los rangos empíricos en cada una de las cuatro variables evaluadas son bastante simétricos en torno al punto medio del rango (valor cero). La variable adecuada, que representa la puntuación media sobre los dos indicadores que expresan creencias adecuadas sobre la ciencia (informadas o coincidentes con los puntos de vista actuales sobre la ciencia de los expertos), es la que obtiene una puntuación media más alta y positiva en la muestra.

Tabla 3: Estadística descriptiva de los valores de los índices en las variables epistémicas sobre conceptualización de la ciencia (n = 347)

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estd.
ADECUADA	-1	1	0,253	0,431
PLAUSIBLE	-1	1	-0,053	0,435
INGENUA	-1	1	-0,116	0,453
MEDIA	-0,67	0,69	0,028	0,209

Por el contrario, la variable ingenua, que representa la puntuación media sobre los dos indicadores que expresan creencias ingenuas (desinformadas o alejadas de los puntos de vista



actuales sobre la ciencia), es la que tiene la puntuación media más baja y negativa en la muestra. La variable plausible es la puntuación media sobre los cinco indicadores que expresan creencias intermedias (que no son totalmente adecuadas ni ingenuas), tiene una puntuación próxima a cero en la muestra, lo cual significa que los estudiantes tienen una opinión neutral sobre estas frases, ni positiva ni negativa.

El valor de la variable media representa el índice promedio de toda la muestra de estudiantes y es ligeramente positivo, pero muy próximo al cero, lo cual significa que los estudiantes no tienen una concepción epistémica positiva sobre la ciencia, aunque tampoco es negativa. Los valores de las tres variables epistémicas constituyentes (adecuada, plausible, ingenua) indican que los estudiantes se identifican con mayor facilidad relativa con las frases adecuadas, que expresan creencias informadas sobre la ciencia, pero tienen más dificultades para identificar las frases plausibles sobre la ciencia, quedándose en una puntuación neutral próxima a cero, y las dificultades más importantes aparecen en las frases ingenuas, que expresan concepciones desinformadas sobre la ciencia, cuyo promedio es más bajo y negativo.

El objetivo central de este estudio es analizar empíricamente la relación entre las destrezas de pensamiento, representadas en este estudio por las cinco destrezas evaluadas por la prueba de pensamiento, y el conocimiento epistémico, representado por las variables sobre la concepción acerca de la ciencia. El estadístico elegido para realizar el análisis de esta relación es la correlación bivariada entre las variables mencionadas, representantes del pensamiento y del conocimiento epistémico.

La tabla 4 presenta los resultados esenciales para el objetivo central de este estudio: los coeficientes de correlación entre las variables de destrezas de pensamiento y de conceptualización de la ciencia, que constituyen las pruebas empíricas verificadoras de la relación planteada en este estudio.

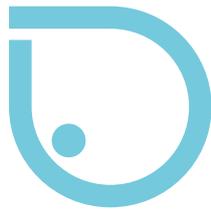
El resultado más importante reflejado en los valores de los coeficientes de correlación entre las variables, indica que la variable pensamiento global (pensar) correlaciona significativamente con las tres variables parciales de conocimiento epistémico (adecuada, plausible, ingenua), aunque los signos de las correlaciones son diferentes.

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre las seis variables de destrezas de pensamiento y las cuatro variables de conceptualización de la ciencia (n = 347).

	ADECUADA	PLAUSIBLE	INGENUA	MEDIA
EXPLICAR	0,107*	-0,023	-0,90	-0,007
DECIDIR	0,130*	-0,088	-0,144**	-0,075
PARTES_ TODO	0,256**	-0,088	-0,119*	0,029
SECUENCIAR	0,212**	-0,140**	0,000	0,048
RAZONAR_ LOG	0,132*	-0,112*	-0,120*	-0,073
PENSAR	0,274**	-0,125*	-0,145**	-0,003

** . Correlación significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . Correlación significativa en el nivel 0,05 (bilateral).



La correlación con la variable adecuada es alta y muy positiva, y significa que los estudiantes con mejores destrezas de pensamiento tienen también mejores capacidades para identificar las creencias adecuadas sobre la concepción de la ciencia; complementariamente, también indica que los estudiantes con bajas destrezas de pensamiento tienen baja capacidad para identificar las creencias adecuadas sobre la ciencia.

Por otro lado, las correlaciones con las variables plausible e ingenua son negativas, aunque más pequeñas. Esto indica que los estudiantes con mejores destrezas de pensamiento tienen peor capacidad para identificar el conocimiento epistémico sobre la ciencia expresado en forma de creencias plausibles o ingenuas; complementariamente, los estudiantes con bajas capacidades de pensamiento muestran mejor capacidad relativa para identificar las ideas plausibles o ingenuas sobre la ciencia.

Las puntuaciones de las ideas adecuadas sobre la conceptualización de la ciencia correlacionan significativamente y positivamente con todas las variables de pensamiento, especialmente con las variables pensar, secuenciar y relaciones entre las partes y el todo ($p < 0,001$). Por el contrario, los indicadores que expresan ideas plausibles o ingenuas sobre la ciencia muestran correlaciones con las destrezas de pensamiento que tienden a ser bajas y negativas, aunque solo la mitad de los coeficientes resultan estadísticamente significativos. Es interesante notar también que la variable media de conocimiento epistémico no correlaciona significativamente con ninguna de las destrezas de pensamiento, debido seguramente al papel tan definido y diferente que tienen cada una de las variables componentes del conocimiento epistémico.

Conclusiones

El hallazgo principal de este estudio es la relación significativa y positiva entre destrezas de pensamiento y el contenido epistémico CTS de conceptualización de la ciencia, como demuestran las correlaciones empíricas entre ellas. Aunque esta relación podría parecer obvia, la investigación necesita demostrarla con resultados y este estudio era necesario para ese objetivo, porque las metodologías usadas en los estudios revisados en la introducción son incompletas; bien porque no contrastan destrezas de pensamiento y conocimiento epistémico con correlaciones, bien porque solo comparan grupos de forma difusa (Yang et al., 2019), o bien porque solo usan una de las variables.

Además, el nivel de significación de las correlaciones obtenido aquí es mayor que el informado por Tenreiro-Vieira y Vieira (2012) o Lucio y Vázquez (2018), aunque las variables de estos estudios no son epistémicas; los primeros relacionan PCR con alfabetización (conocimientos) y los segundos, con calificaciones académicas.

El estudio aporta también matices esenciales acerca de la relación investigada, pues confirma la relación totalmente positiva y significativa de las destrezas de PCR con la variable adecuada, pero no con la plausible o ingenua, donde es negativa o sin significación estadística. Como sería esperable que los estudiantes con mejores destrezas de pensamiento tuviesen puntuaciones más altas en las tres variables de conceptualización de la ciencia este resultado es paradójico.



A pesar de esta paradoja, la naturaleza de la correlación positiva y significativa entre PCR y conceptualización de la ciencia es un resultado notable, pues apoya empíricamente la tesis de la relación e importancia clave del PCR para el aprendizaje de los temas CTSA y viceversa (Ford y Yore, 2014; Simonneaux, 2014).

Desde esta perspectiva, la principal consecuencia para la práctica docente CTS es incentivar el desarrollo de las destrezas de PCR, porque eso mejora los aprendizajes epistémicos, y, viceversa, los aprendizajes epistémicos propios del enfoque CTS benefician el desarrollo de las destrezas de PCR.

Las paradójicas correlaciones negativas de pensamiento con las variables plausibles o ingenuas, pueden tener una cierta interpretación basada en la seguridad y definición del conocimiento epistémico de los estudiantes con altas o bajas destrezas de pensamiento. Si el conocimiento epistémico de los estudiantes con bajas destrezas de pensamiento fuese más difuso e inseguro, su valoración de los indicadores epistémicos tendería a puntuaciones más intermedias y menos extremas, que los estudiantes con mejores destrezas de pensamiento (cuyo conocimiento epistémico sería más claro y definido, y tendería a puntuaciones más definidas y extremas). Si esta hipótesis de menor definición diferencial del conocimiento epistémico de los estudiantes con bajas destrezas de pensamiento fuese cierta, la consecuencia es que obtendrían índices más altos que los estudiantes con mejores destrezas de pensamiento en las frases plausibles o ingenuas, lo cual explicaría las correlaciones negativas en el caso de estas dos variables; paralelamente les penalizaría en el caso de las frases adecuadas, aunque este efecto no sería observable porque refuerza la correlación positiva. En suma, el conocimiento epistémico más difuso e indefinido de los estudiantes con bajas destrezas de pensamiento tendería a producir puntuaciones más intermedias, que les beneficiarían en las creencias epistémicas plausibles e ingenuas respecto a los estudiantes con buenas destrezas, lo cual explicaría la inversión en negativas las (esperables) correlaciones positivas.

Confirmar este sesgo requiere investigación adicional, pero las llamadas de atención de algunos estudios sobre la escasa atención prestada a las ideas desinformadas, plausibles o ingenuas (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007) o los mitos (McComas, 1996), que podrían actuar como obstáculos importantes en el aprendizaje del conocimiento epistémico, parecen alineadas hacia el mismo objetivo innovador de clarificar su papel para un aprendizaje efectivo del conocimiento epistémico, en lugar de centrar la atención solo en las ideas bien informadas (adecuadas).

Finalmente, el hallazgo de la correlación positiva entre PCR y conocimiento epistémico tiene las limitaciones propias del contexto donde se ha verificado; se requiere más investigación con estudiantes de otros niveles educativos, usando otras destrezas de PCR y diversificando el conocimiento epistémico empleado para ampliar su validez.

Agradecimientos

Proyecto EDU2015-64642-R (AEI/FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)



Referencias

- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225.
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Bailin, S. (2002). El pensamiento crítico, el pensamiento científico y la enseñanza de la ciencia. *Science & Education*, 11, 361-375.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero, M. A., & García-Carmona, A. (Coor.). (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica*. Madrid: OEI. www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf.
- Dogan, N., Manassero, M. A., & Vázquez, A. (2020, en prensa). El pensamiento creativo en estudiantes para profesores de ciencias: Efectos del aprendizaje basado en problemas y en la historia de la ciencia. *Tecné, Epistemé y Didaxis*.
- Dowd, J. E., Thompson, R. J. Jr., Schiff, L. A., & Reynolds, J. A. (2018). Understanding the Complex Relationship between Critical Thinking and Science Reasoning among Undergraduate Thesis Writers. *CBE Life Science Education*, 17. DOI:10.1187/cbe.17-03-0052.
- Ennis, R. H., & Millman, J. (2005). *Cornell Critical Thinking Test Level X*. Seaside, CA: The Critical Thinking Company.
- European Union (2014). *Key Competence Development in School Education in Europe. KeyCoNet's review of the literature: A summary*. <http://keyconet.eun.org>.
- Ford C. L., & Yore, L.D. (2014). Toward Convergence of Critical Thinking, Metacognition, and Reflection: Illustrations from Natural and Social Sciences, Teacher Education, and Classroom Practice. En A. Zohar & Y. J. Dori (Eds.), *Metacognition in Science Education* (pp. 251-271). Dordrecht: Springer.
- García-Mila, M., & Andersen, C. (2008). Cognitive Foundations of Learning Argumentation. En S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 29-45). New York: Springer.
- Halpern, D. F. (2010). *Halpern Critical Thinking Assessment*. Vienna: SCHUHFRIED.
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140. doi:10.3102/00346543067001088.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socio-scientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Koray, Ö., & Köksal M. S. (2009). The effect of creative and critical thinking based laboratory applications on creative and logical thinking abilities of prospective teachers. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(1), Article 2.
- Kuhn, D. (2012). *Enseñar a pensar*. Madrid: Amorrortu Editores.
- Lederman, N. G., Wade, P. D., & Bell, R. L. (1998). Assessing understanding of the nature of science: A historical perspective. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 331-350). Dordrecht: Kluwer.
- Lucio, B. & Vázquez, A. (2018). Relación entre el pensamiento crítico y el desempeño académico en alumnos de escuela preparatoria. *Educar*, 54(2), 411-427. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.768>.



- Manassero, M.A., Vázquez, A., & Acevedo, J.A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton: ETS.
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, Á. (2020 en prensa). Pensamiento científico y pensamiento crítico: competencias transversales para aprender. *Indagatio Didactica*.
- Mason, L., & Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topics by epistemological understanding. *Learning and Instruction*, 16, 492–509. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.09.007.
- McComas, W. F. (1996). Ten Myths of Science: reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.
- McDonald, C.V., & McRobbie, C.J. (2012). Utilising Argumentation to Teach Nature of Science. En B.J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 969-986). Dordrecht: Springer.
- Merton, R. K. (1992). *Teoría y estructuras sociales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Osborne, J. (2014). Teaching Critical Thinking? New Directions in Science Education. *School Science Review*, 95(352), 53-62.
- Paul, R. & Elder, L. (2008). *The miniature guide to critical thinking: Concepts and tools*. (5th ed.). Dillon Beach, CA: Foundation for Critical Thinking Press.
- Santos, L. F. (2017). The Role of Critical Thinking in Science Education. *Journal of Education and Practice*, 8(20), 159-173.
- Simonneaux, L. (2014). From Promoting the Techno-sciences to Activism – A Variety of Objectives Involved in the Teaching of SSIs. En L. Bencze y S. Alsop (Eds.), *Activist Science and Technology Education* (pp. 99-112). Dordrecht: Springer.
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2012). Co(relação) entre a literacia científica e o pensamento crítico no contexto da educação em Ciências com orientação CTS. Actas III Seminario SIACTS. Madrid: OEI.
- Torres, N., & Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones socio-científicas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(2), 43-65. DOI: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1638>.
- Vázquez-Alonso, A. & Manassero-Mas, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo, J. A. (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- Vesterinen, V-M., Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, A. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science- Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. En M. R. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1895-1925). Dordrecht: Springer.
- Vieira, M. R., Tenreiro-Vieira, C., & Martins, E. (2010). Pensamiento Crítico y literacia científica. *Alambique*, 65, 96-104.
- Weinstock, M. P. (2006). Psychological research and the epistemological approach to argumentation. *Informal Logic*, 26, 103–120. doi:10.22329/il.v26i1.435.
- Yacoubian, H. A. (2015). A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 15, 248-260.



- Yacoubian, H. A., & Khishfe, R. (2018). Argumentation, critical thinking, nature of science and socioscientific issues: a dialogue between two researchers. *International Journal of Science Education*, 40(7), 796-807.
- Yang, F-Y., Bhagat, K. K. & Cheng, C-H. (2019). Associations of epistemic beliefs in science and scientific reasoning in university students from Taiwan and India. *International Journal of Science Education*, 41(10), 1347–1365. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1606960>
- Yang, F. Y., & Tsai, C. C. (2010). Reasoning on the science-related uncertain issues and epistemological perspectives among children. *Instructional Science*, 38, 325–354.
- Yang, F. Y., & Tsai, C. C. (2012) Personal epistemology and science learning: A review of studies. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 259–80). New York: Springer.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343 – 367.
- Zeineddin, A., & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments: Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1064–1093. <https://doi.org/10.1002/tea.20368>



Anexo

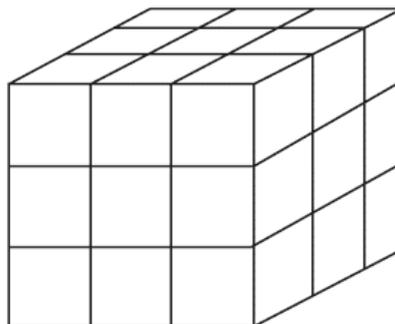
Escenario sobre conceptualización de la ciencia aplicado a los estudiantes de las dos cohortes para evaluar su conocimiento epistémico.

10111 Definir qué es la ciencia es difícil porque ésta es algo complejo y engloba muchas cosas. Pero la ciencia **PRINCIPALMENTE** es:

- A. el estudio de campos tales como biología, química, geología y física.
- B. un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).
- C. explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo y el universo y cómo funcionan.
- D. realizar experimentos para resolver problemas de interés sobre el mundo que nos rodea.
- E. inventar o diseñar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, ordenadores, vehículos espaciales).
- F. buscar y usar conocimientos para hacer de este mundo un lugar mejor para vivir (por ejemplo, curar enfermedades, solucionar la contaminación y mejorar la agricultura).
- G. una organización de personas (llamados científicos) que tienen ideas y técnicas para descubrir nuevos conocimientos.
- H. un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.
- I. no se puede definir la ciencia.

Cuestión figurativa de la prueba retos de pensamiento respondida por las dos cohortes de estudiantes de primaria y secundaria.

El cubo de la figura está formado por $3 \times 3 \times 3$ cubitos más pequeños y se cayó en una gran lata de pintura roja, quedando todas sus caras sin excepción pintadas de rojo.



¿cuántos cubitos pequeños tienen sólo una cara pintada de rojo?