



REVISTA DE ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN
EN PSICOLOGÍA Y EDUCACIÓN

ISSN: 1138-1663; eISSN: 2386-7418 © UDC/Uminho

2014, Vol. 1, No. 1, 64-72. DOI: 10.17979/reipe.2014.1.1.24

Pensamiento científico-creativo y rendimiento académico

Scientific-creative thinking and academic achievement

Rosario Bermejo, María José Ruiz, Carmen Ferrándiz, Gloria Soto y Marta Sainz
Universidad de Murcia

Resumen

El objetivo del trabajo es estudiar la relación del constructo de pensamiento científico-creativo con el rendimiento académico en una muestra de alumnos adolescentes. Además de ello, se analizará la fiabilidad de la prueba de pensamiento científico-creativo que se va a utilizar en el presente trabajo. En el estudio participaron 98 estudiantes (12-16 años) de un instituto de Educación Secundaria de la Región de Murcia (España). Los instrumentos utilizados fueron: a) el test de Pensamiento Científico-Creativo (Hu y Adey, 2002); adaptado en nuestro país por el Equipo de Altas Habilidades de la Universidad de Murcia. El test consta de 7 tareas que se fundamentan en el Modelo Estructural de la Creatividad Científica (SCSM, Scientific Creativity Structure Model; Hu y Adey, 2002); mediante este test se valoran las dimensiones de fluidez, flexibilidad y originalidad; b) el test de Inteligencia General y Factorial (IGF/5r; Yuste, 2002), que evalúa las habilidades de Inteligencia General y Factorial, razonamiento lógico, razonamiento verbal, razonamiento numérico y razonamiento espacial; y c) el rendimiento académico de los alumnos por ámbitos (científico-tecnológico, lingüístico-social y artístico). Los resultados mostraron relaciones positivas y estadísticamente significativas entre las tareas de la prueba de creatividad científica y el rendimiento académico en los diferentes ámbitos.

Palabras clave: pensamiento científico-creativo, rendimiento académico, adolescentes

Abstract

The aim of this work is to study the relationship between scientific-creative thinking construct and academic performance in a sample of adolescents. In addition, the scientific-creative thinking instrument's reliability will be tested. The sample was composed of 98 students (aged between 12-16 years old) attending to a Secondary School in Murcia Region (Spain). The used instruments were: a) the Scientific-Creative Thinking Test designed by Hu and Adey (2002), which was adapted to the Spanish culture by the High Abilities research team at Murcia University. The test is composed of 7 task based in the Scientific Creative Structure Model. It assesses the dimensions fluency, flexibility and originality; b) The General and Factorial Intelligence Test (IGF/5r; Yuste, 2002), which assess the abilities of general intelligence and logic reasoning, verbal reasoning, numerical reasoning and spatial reasoning; c) Students' academic achievement by domains (scientific-technological, social-linguistic and artistic) was collected. The results showed positive and statistical significant correlations between the scientific-creative tasks and academic achievement of different domains.

Keywords: scientific-creative thinking, academic achievement, adolescents

En el presente trabajo se analiza cómo las ideas de los padres pueden estar relacionadas con el nivel de estrés parental y la consecución de los objetivos del tratamiento en un Servicio de Atención Temprana (en adelante SAT). Hay dos cuestiones que revisamos en nuestro trabajo: una referida del rendimiento en el área de las ciencias; la otra, los tests que medir las habilidades implícitas en las ciencias. Éstas han generado controversia, tal y como analizaremos a lo largo del trabajo.

El pensamiento científico es un conjunto de procesos cognitivos y de habilidades que se utilizan para resolver problemas de contenido científico; cuando se realizan actividades típicamente científicas o tipos específicos de razonamiento, que se usan frecuentemente en la ciencia. Además incluye operaciones cognitivas que las personas pueden utilizar en actividades de carácter no científico, como es el caso de la inducción, deducción, el uso de analogías, la resolución de problemas y el razonamiento causal (Dunbar y Fugelsang, 2005).

Según Paul y Elder (2003) la calidad del pensamiento mejora cuando se trabaja con contenidos científicos. Entre los elementos que se identifican en el pensamiento científico se encuentran: el propósito (alcanzar un determinado objetivo); el problema que se va a investigar; la información científica (datos, observaciones y experiencias) de la investigación científica; las interpretaciones y conclusiones que se extraen de la investigación; así como la solución al problema planteado, alcanzada con experimentación; y por último, las implicaciones a nivel científico que tendría la solución alcanzada.

Esta solución de problemas, que es una parte inherente al pensamiento científico, implica una serie de procesos como son el planteamiento de hipótesis (se hace una revisión de la investigación realizada en esa línea, así como de los conocimientos que posee en relación con el problema planteado). En un segundo momento, se diseña un experimento que permita estudiar si la hipótesis planteada resuelve el problema científico que se había planteado o no. Finalmente, tras realizar el experimento, se comparan las hipótesis planteadas con los resultados obtenidos a través de la experimentación, y se concluye si con los datos obtenidos se puede confirmar o rechazar la hipótesis planteada (Klahr y Dunbar, 1988). Estas habilidades del proceso científico son necesarias desarrollarlas en los alumnos, con la finalidad de que éstos puedan trabajar de forma eficaz con material científico.

El grupo de investigación de Altas Habilidades de la Universidad de Murcia ha definido el pensamiento científico como el proceso cognitivo que está dirigido a la búsqueda de lo esencialmente nuevo, que constituye el reflejo mediato y generalizado de la realidad, y que da la posibilidad de valorar aquello que no se observa directamente, de prever el resultado futuro de acciones humanas y comprender las pasadas (Prieto, Ferrando, Hernández, y Sainz, 2011a; 2011b).

Estas definiciones resaltan que en los procesos cognitivos existe una parte específica que se utiliza para trabajar con actividades científicas, y que es diferente a la utilizada con cualquier contenido no científico.

Respecto al rendimiento, las investigaciones han demostrado que las destrezas propias del pensamiento científico son herramientas que utilizan los científicos, y que les permite conocer más acerca del mundo que les rodea (Osborne y Freyberg, 1985; Ostlund, 1998), éstas son semejantes y se pueden utilizar en otras disciplinas y han tenido efectos positivos en el aprendizaje del estudiante. Por ejemplo, Shann (1977) encontró que la enseñanza de habilidades de la ciencia mejoró las destrezas en matemáticas. Otros investigadores encontraron que la enseñanza explícita de las habilidades del proceso científico no sólo mejoraron las habilidades de los niños en edades tempranas, sino que además facilitó el desarrollo cognitivo (Froit, 1976; Tipps, 1982). Simon y Zimmerman (1990) también encontraron que la enseñanza de habilidades del proceso científico mejora las habilidades de comunicación de los estudiantes. Estos datos coinciden con los hallazgos de Bredderman (1983) sobre los efectos de las habilidades científicas en los logros de los alumnos de Educación Primaria; además, se probó que los programas utilizados en los 60 y 70 (como Elementary Science Study, ESS; Science Curriculum Improvement Study, SCIS; o el Science-A Process Approach, SAPA), se mostraron muy eficaces, porque aumentaron el rendimiento y las actitudes de los estudiantes, más que los programas tradicionales.

Ostlund (1998) destacó que el desarrollo de los procesos científicos fomentó los procesos de la lectura. Harlen (1999) reiteró que los procesos de la ciencia tienen un papel clave en el desarrollo de habilidades para la comunicación, el pensamiento crítico y la solución de problemas. La competencia en las habilidades del proceso científico permite a los alumnos aprender con una mayor comprensión. Según Harlen, este aprendizaje significativo y comprensivo lleva a establecer relaciones entre las experiencias y conocimientos nuevos con los previos, incluso a aplicar y transferir las ideas y conceptos a situaciones de aprendizaje diferentes. Las destrezas científicas son cruciales para el aprendizaje significativo. Si los procesos científicos no se desarrollan y adquieren de manera apropiada, aparecen conceptos que no ayudan a entender el mundo que nos rodea y llevan a mantener falsas ideas en el campo de las ciencias (Harlen, 1999). Este autor sugiere además, que las destrezas del proceso científico deberían ser una de las metas principales de la educación científica, porque requieren un aprendizaje significativo.

Los efectos positivos de la enseñanza de habilidades científico-creativas en el aprendizaje, ha llevado a diseñar instrumentos de evaluación que incluyeran las destrezas implícitas en la enseñanza de las ciencias y las del proceso científico (Bredderman, 1983; 1985; Froit, 1976; Harlen, 1999; Ostlund, 1998; Shann, 1977; Simon y Zimmerman, 1990; Tipps, 1982), porque sin la inclusión de los procesos

científicos en la evaluación, seguirá habiendo un desfase entre lo que los estudiantes necesitan aprender, lo que se enseña y lo que se evalúa en el área de las ciencias. Harlen (1999) argumenta que la evaluación de las destrezas científicas es importante para fomentar el desarrollo mental y físico, como parte esencial del aprendizaje significativo. Considerando que el sistema educativo tradicional no ha tenido en cuenta las habilidades del pensamiento científico en el proceso de evaluación.

Gott y Duggan, (1996), Millar y Driver, (1987), y Millar, Lubben, Gott, y Duggan, (1994) han cuestionado la influencia de las habilidades del pensamiento científico en el rendimiento del estudiante. Por ejemplo, Millar y Driver (1987) señalan la independencia de las habilidades del pensamiento científico y de los contenidos. Esto no significa que los ítems de los tests de habilidades científicas no incluyan contenidos científicos, sino que para resolverlos, los estudiantes no precisan tener un conocimiento profundo de los contenidos en el área de las ciencias.

Cabe destacar que desde los años 60 y 70 los investigadores del área de las ciencias manifiestan una cierta preocupación por el diseño de tests para evaluar los procesos y las habilidades implícitas en la investigación científica, con el fin de diseñar programas y pautas de acción para hacer más eficaz y significativo el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Dillashaw y Okey, 1980). Entre los tests diseñados para Educación Primaria está el de Walbesser (1965), quien incluye en su test procesos y habilidades del currículo. Lavinghousez (1973) afirma que la mejor forma de medir las habilidades del proceso científico es mediante informes de laboratorio, presentaciones orales y de la observación. Para comprobar el cambio en las habilidades del proceso científico de los alumnos, se necesita evaluar si éstos entienden el tema científico que se trata y utilizan las habilidades del proceso

científico en sus situaciones de aprendizaje. En este sentido, este autor plantea que se necesitan medidas de evaluación que permitan a los alumnos mostrar sus habilidades para las ciencias. La escala de buena disposición en biología (BRS; Lavinghousez, 1973) es presentada como una prueba fiable, discriminativa y válida, para ser utilizada como medida pre-test y pos-test en investigaciones dentro de este área de estudio. Riley (1972) desarrolló otro test para evaluar las habilidades y variables de control, así como destrezas para predecir, inferir, e interpretar datos, tal y como se definen en el SCIS (Science Curriculum Improvement Study, Dillashaw y Okey, 1980). McLeod, Berkheimer, Fyffe, y Robison (1975) diseñaron un test que incluía cuatro mega-procesos: habilidades para medir y controlar variables, interpretar datos, formular hipótesis y establecer teorías o definiciones operativas. Éste se ha usado con niños de Educación Primaria. Ludeman (1975) desarrolló un test de procesos científicos dirigido también a alumnos de Educación Primaria.

Las principales deficiencias de las pruebas mencionados anteriormente han sido que la mayoría de ellas se basan en currículos específicos de ciencias y evalúan una compleja combinación de habilidades generales en lugar de específicas (Onwu y Mozube, 1992). Además, algunos expertos indican que estos tests tienen poca validez, por la falta de criterios externos con los que se han construido (Molitor y George, 1976). En este sentido, Molitor y George (1976) desarrollaron uno de los tests más utilizados (Test de Procesos y Destrezas para la Ciencia: Test Science Process Skills), orientado a evaluar las destrezas de la investigación, referidas a la inferencia y verificación de hipótesis. Este test se considera válido, pero con baja fiabilidad, especialmente en el subtest de la inferencia (.66; Molitor y George, 1976). En definitiva, todos los tests analizados para la Educación Primaria recogen los procesos y habilidades básicas del área de ciencias (ver tabla 1).

Tabla 1

Instrumentos de Pensamiento científico Educación Primaria (Temiz, Taşar y Tan, 2006)

Autores	Título	Año	Nivel escolar o edad	Formato del Test
Walbesser	Instrumento de los procesos científicos	1965	8-9 años	Una medida de individual administración
Riley	El test de tareas de preguntas científicas (TSIS)	1972	9-10 años	Elección múltiple
Lavinghousez	Escala de buena disposición en biología (BRS)	1973	9-10 años	Elección múltiple
Ludeman	El test del proceso científico (TSPT)	1975	11-12 años	Elección múltiple
McLeod, Berkheimer, Fyffe y Robison	Un grupo de test de cuatro procesos	1975	11-13 años	Elección múltiple o huecos numéricos en blanco
Molitor y George	Test de Habilidades del Proceso Científico (TSPS)	1976	9-12 años	Elección múltiple

Respecto a los tests diseñados para evaluar el pensamiento científico-creativo en la Educación

Secundaria, según Kazeni (2005) cabe destacar que éstos evalúan el nivel de competencia para usar los métodos y

procedimientos necesarios en el área de las ciencias. Tannenbaum (1971) diseñó un test de procesos para las ciencias para la segunda etapa de Educación Primaria, y primero y segundo de Educación Secundaria, que valora las habilidades necesarias para: observar, comparar, clasificar, cuantificar, medir, experimentar, predecir e inferir. Consta de 96 cuestiones de respuesta múltiple, y a pesar de la débil validez de criterio hallada con una muestra reducida de 35 estudiantes, se considera un instrumento útil para evaluar los procesos de las ciencias. Onwu y Mozube (1992) confirmaron que quizás la baja validez de estos primeros intentos de medida se podía deber a una combinación compleja de habilidades orientadas hacia el currículo. No se les comparó con criterios externos para contrastar la validez (Molitor y George, 1976).

Tal y como recoge Kazeni (2005), a Dillashaw y Okey (1980) se les debe un proyecto curricular de ciencias (área de biología) llamado Biological Science Curriculum Study (BSCS), diseñado para medir habilidades de la competencia en ese área. Este test se contrastó con otra medida de competencia (Biology Readiness Scale, BRS), para estudiar su validez y fiabilidad, para valorar las habilidades propias de la investigación comprendidas en el BSCS.

Dadas las limitaciones sobre la validez y fiabilidad de los tests de pensamiento científico, los investigadores de los 80 y 90 iniciaron una línea de estudio orientada a desarrollar otras pruebas, que integraran las habilidades implícitas en las ciencias, y que superarán las lagunas o deficiencias detectadas. Uno de los tests con mayor reconocimiento ha sido el Test de Procesos Integrados en la Ciencia (Test of Integrated Science Processes, TISP; Tobin y Capie, 1982). Su objetivo fue evaluar el rendimiento de los estudiantes para planificar y llevar a cabo una investigación dentro del área de las ciencias. Los ítems se fundamentaron en 12 objetivos que diferenciaban las habilidades de los estudiantes para la investigación (Kazeni, 2005).

Padilla, Mckenzie y Shaw (1986) desarrollaron y validaron un test sobre habilidades de representación para la ciencia. El test mostró una validez y fiabilidad aceptable, pero sólo valoraba la capacidad o habilidades de representación para las ciencias. Dillashaw y Okey (1980) desarrollaron un test más amplio (Test of Integrated science Process Skills, TIPS), en el que incluyeron la mayoría de las habilidades y procesos implícitos en la investigación, como son: identificación y control de variables; establecimiento de hipótesis; diseño de experimentos; representación de datos en gráficos; interpretación de los datos y proposición de definiciones operativas. El test fue diseñado para estudiantes de Educación Secundaria y su índice de fiabilidad fue alto (.89; Dillashaw y Okey, 1980). Más tarde, Burns, Okey y Wise (1985), siguiendo la filosofía del TIPS, desarrollaron un test similar conocido como el Test of Integrated Science Process Skills II (TIPS II). Se fundamentó en los mismos

objetivos y en el formato del TIPS y se incluyeron 36 ítems. Ambos tests (TIPS y TIPS II) se pueden utilizar como pre y post-test para controlar los efectos de un programa de intervención y de la mejora de las habilidades del pensamiento científico. Onwu y Mozube (1992) han utilizado el TIPS (Dillashaw y Okey, 1980) en Nigeria con estudiantes de ciencias de Educación Secundaria, y el índice de fiabilidad obtenido fue de .84 (Onwu y Mozube, 1992).

Recientemente, se ha iniciado una línea de investigación sobre el pensamiento científico-creativo, intentando aunar dos temas punteros como son la creatividad y el pensamiento científico necesarios en el área de las ciencias. Por ejemplo, Hu y Adey (2002) diseñaron un test de evaluación del Pensamiento Científico-Creativo para alumnos de Educación Secundaria. Esta prueba obtuvo unas adecuadas propiedades psicométricas, con un índice de fiabilidad alfa de Cronbach de .89 (Hu y Adey, 2002) y de .94 en la investigación realizada por Pekmez, Aktamis y Taskin (2009), así como una adecuada validez de constructo. Pekmez et al. (2009) realizaron una adaptación de la prueba de Hu y Adey (2002), con el fin de evaluar el pensamiento científico-creativo en alumnos de Educación Secundaria turcos, para lo cual redujeron las siete tareas originales de los autores a cinco. Además, adaptaron el lenguaje y el contenido de éstas para hacerlas más comprensibles y cercanas para los alumnos.

Otra de las pruebas diseñadas para la evaluación del pensamiento científico-creativo es el Test de Habilidad de la Creatividad Científica (C-SAT; Sak y Ayas, 2011), que evalúa por un lado, los rasgos creativos de fluidez y flexibilidad, y por otro, habilidades de carácter científico como son el planteamiento de hipótesis, la comprobación de hipótesis y la evaluación de la evidencia, así como el conocimiento que los alumnos tienen de las ciencias.

Hay que destacar que las pruebas diseñadas en esta línea de investigación son específicas para valorar tanto los conocimientos que tienen los alumnos de las diferentes áreas de ciencias, como la habilidad que muestran estos para trabajar con actividades típicas del proceso investigador y de la resolución de problemas.

Después de esta revisión de los estudios realizados sobre el rendimiento y los tests diseñados en el área de las ciencias, nuestro trabajo tiene dos grandes objetivos: uno, es estudiar la fiabilidad del test de Pensamiento Científico-Creativo de Hu y Adey (2002); el otro, estudiar la relación del rendimiento académico en los diferentes ámbitos (científico-tecnológico, lingüístico-social y artístico) con el pensamiento científico, así como con la inteligencia general de los estudiantes.

Método

Participantes

En el estudio participaron 98 alumnos (55% varones) de un centro de Educación Secundaria de la Región de Murcia.

Con edades comprendidas entre los 12 y 16 años ($M=14.55$, $DT=1.42$), pertenecientes a 2º (52.04%) y 4º de Educación Secundaria. La selección de la muestra se llevó a cabo con un muestreo de tipo incidental.

Instrumentos

Los instrumentos utilizados en este estudio fueron:

1. Test de Pensamiento Científico-Creativo (Hu y Adey, 2002). Esta prueba fue diseñada por Hu y Adey (2002) y está constituida por 7 tareas (tabla 2):

Tabla 2

Tareas del Test de Pensamiento Científico-Creativo (Hu y Adey, 2002)

Tarea 1	Escribe una lista con todos los usos científicos diferentes que le darías a un trozo de cristal
Tarea 2	Si pudieras viajar al espacio en una nave espacial e ir a otro planeta, ¿qué preguntas de carácter científico te gustaría investigar?
Tarea 3	¿Cómo podríamos mejorar una bicicleta corriente para hacerla más interesante, útil y bonita?
Tarea 4	Describe qué pasaría en el mundo si no hubiera gravedad
Tarea 5	¿De cuantas formas distintas podrías dividir un cuadrado en cuatro partes iguales?
Tarea 6	Suponiendo que tienes dos clases de servilletas, ¿cómo puedes comprobar mediante distintos experimentos, cuál es la mejor?
Tarea 7	Ahora, tienes que diseñar una máquina recogedora de manzanas

Cada una de estas tareas evalúa fluidez, flexibilidad y originalidad, todos ellos factores de creatividad que identificó Torrance en su teoría (1990), a excepción de la tarea 7 “manzanas” en la que solo se evalúa fluidez y originalidad.

En la investigación realizada por los autores, la prueba obtuvo un índice de fiabilidad satisfactorio ($\alpha = .893$) y una fiabilidad inter-jueces adecuada, con coeficientes de correlación de Pearson entre .793 y .913. En cuanto a la validez de la prueba cabe destacar que el análisis factorial realizado por Hu y Adey (2002) indicó que todos los ítems cargaban en un solo factor que explicaba un 63% de la varianza.

2. Prueba de Inteligencia General y Factorial nivel 5 renovado (IGF/5-r) de Carlos Yuste (2002). El IGF/5r evalúa la inteligencia como un factor general, y a su vez se divide en seis subpruebas: analogías verbales (evalúa aptitud verbal); series numéricas (flexibilidad para resolver problemas que requieren conteo y la realización de sumas y restas sencillas); matrices lógicas (capacidad para relacionar de forma significativa una serie de datos que se le proporcionan); completar oraciones (capacidad para seleccionar las palabras que encajan en la frase que se propone, para lo cual se necesita una adecuada asimilación del significado de los conceptos); problemas numéricos (asimilación de los conceptos que están en la base de la

adquisición de futuros conceptos aritméticos); y encajar figuras (comparar figuras con la superficie en la que éstas tienen que encajar). Estas subpruebas se agrupan en razonamiento verbal (relaciones analógicas y completar oraciones), razonamiento numérico (series numéricas y problemas numéricos), razonamiento espacial (matrices lógicas y encajar figuras) y razonamiento lógico, que es el resultado del sumatorio de los tres razonamientos anteriores. Además esta prueba proporciona una puntuación de CI (Cociente Intelectual) y un índice de Inteligencia General (que se obtiene a través del sumatorio de los aciertos que los alumnos han obtenido en las seis subpruebas descritas anteriormente).

En cuanto a los índices de fiabilidad, evaluados a través del α de Cronbach, y reportados en el manual del instrumento son: inteligencia general ($\alpha = .947$); factor verbal ($\alpha = .879$); factor numérico ($\alpha = .882$); factor espacial ($\alpha = .875$); y razonamiento lógico ($\alpha = .947$).

3. Rendimiento Académico. El rendimiento académico fue recogido para los alumnos de 2º y 4º de Educación Secundaria. Éste fue facilitado por el director del centro y se recopiló de acuerdo a las materias correspondientes a los itinerarios de estos cursos. Con las calificaciones por asignaturas se calculó la media y con ésta se crearon variables que agruparon las materias en ámbitos (científico-tecnológico, lingüístico-social y artístico). Las asignaturas recogidas para cada curso se agruparon de la siguiente forma: para 2º de la ESO en el ámbito científico-tecnológico se hizo la media de las calificaciones en Ciencias Naturales, Matemáticas y Tecnología; en el ámbito lingüístico-social, se calculó el promedio de Lengua Castellana, Inglés y Ciencias Sociales; y para el ámbito artístico, se utilizó la puntuación de Educación Plástica. Para 4º de la ESO se calculó el promedio de las asignaturas de Biología y Geología, Física y Química, Matemáticas y Tecnología para el ámbito científico-tecnológico; Lengua Castellana, Inglés y Ciencias Sociales para el ámbito lingüístico-social; y de Educación Plástica y Música para el ámbito artístico.

Procedimiento

En primer lugar, se tradujo y adaptó la prueba de Pensamiento Científico-Creativo de Hu y Adey (2002). La adaptación y traducción al castellano se hizo siguiendo las normas de la International Test Commission (Hambleton, Merenda y Spielberger, 2005), y fue realizada por diferentes miembros del Equipo de Altas Habilidades de la Universidad de Murcia.

En la aplicación se leyeron todas las preguntas a los estudiantes al principio de la sesión, para resolver las posibles dudas que les pudieran surgir; y después, se les dejó 50 minutos para realizar la prueba, aunque cabe destacar que ninguno de los alumnos de ninguno de los cursos llegó a agotar este tiempo.

Una vez que la prueba se había aplicado a los cursos de 2º y 4º de Educación Secundaria, se transcribieron las

respuestas de los alumnos a una base del programa SPSS, con la finalidad de poder valorar la frecuencia o infrecuencia de las categorías en las que se habían agrupado las respuestas, ya que las categorías que aparecen en muy pocas ocasiones son más originales que las que se dan muchas veces.

La corrección de cada una de las tareas que constituyen el test de Pensamiento Científico-Creativo, se realizó a través de los rasgos creativos que incluyen Hu y Adey (2002) en su Modelo Estructural de la Creatividad Científica (SCSM), es decir, se evaluó:

La fluidez. Número de respuestas que dan los alumnos a cada una de las tareas. En el caso de la tarea 7, la fluidez se valoró a través del número de funciones que los alumnos le daban a la máquina de coger manzanas. Por lo que, la fluidez se evaluó en todas las tareas.

La flexibilidad. Se evalúa la cantidad de respuestas diferentes que da el estudiante, es decir, la capacidad para cambiar de ruta de pensamiento con respecto a una determinada tarea. Con el fin de evaluar la flexibilidad se crearon categorías para cada una de las tareas, en función de las respuestas concretas de los alumnos. La flexibilidad se midió en todas las tareas excepto en la última (máquina recogedora de manzanas).

La originalidad. Se evalúan las respuestas que son poco usuales en una determinada población; es decir, las respuestas raras. Para evaluarla se utilizó la frecuencia con la que aparecía cada una de las categorías, de manera que, se le dio mayor puntuación a las frecuencias más bajas. A excepción de la última tarea (máquina recogedora de manzanas), en la que la originalidad fue valorada a través

del consenso entre tres evaluadores, proporcionando puntuaciones entre 0 y 5, en función de lo novedoso del dibujo que había realizado el alumno, así como de lo nuevo e innovador del nombre que éste le daba a la máquina.

La asignación de categorías a las respuestas de los alumnos fue realizada por siete jueces.

Se administró también el IGF/5r de Yuste (2002) para establecer una comparación entre el cociente intelectual de los alumnos y las puntuaciones en pensamiento científico-creativo. Junto con esto, también se valoró el rendimiento académico que los alumnos tuvieron durante el curso académico 2011-2012. Una vez que se tenían todos estos datos introducidos en la base del SPSS se pasó a realizar los análisis estadísticos con el programa SPSS 20.0 para Mac.

Resultados

Con el objetivo de analizar la consistencia interna del instrumento de creatividad científica utilizado en el presente estudio, se realizó un análisis de fiabilidad utilizando el coeficiente alfa de Cronbach. Los resultados evidenciaron una fiabilidad elevada $\alpha = .899$ ($n = 20$).

Respecto a la relación entre el pensamiento científico y el rendimiento por áreas o ámbitos (científico-tecnológico, lingüístico-social y artístico) se ha llevado a cabo un análisis de correlación. En la tabla 3 se recogen las relaciones entre las tareas del test de pensamiento científico-creativo, el rendimiento académico por áreas y el nivel de inteligencia general.

Tabla 3

Coefficientes de correlación de Pearson entre tareas del test de Pensamiento Científico-Creativo, el rendimiento por ámbitos y la Inteligencia General

	Inteligencia general	Rendimiento científico-tecnológico	Rendimiento lingüístico-social	Rendimiento artístico
Tarea Cristal	.396**	.143	.154	.216
Tarea Espacio	.480**	.394**	.474**	.478**
Tarea Bicicleta	.371**	.319**	.340**	.361**
Tarea Gravedad	.275**	.245*	.233*	.377**
Tarea Cuadrado	.184	.097	.064	.067
Tarea Servilletas	.325**	.203	.195	.238*
Tarea Manzanas	.296**	.182	.184	.284*

* $p < .05$; ** $p < .01$

Los resultados indicaban correlaciones estadísticamente significativas entre las tareas de la prueba de pensamiento científico-creativo y el rendimiento en el ámbito artístico (tareas “espacio” .478; “bicicleta”, .361; “gravedad”, .377; “servilletas”, .238 y “manzanas”, .284). Respecto a las correlaciones entre el test de pensamiento científico-creativo y el rendimiento en el ámbito científico-tecnológico se obtienen correlaciones significativas en las

siguientes tareas: “espacio” (.394), “bicicleta” (.319) y “gravedad” (.245); asimismo las correlaciones entre el test y el ámbito lingüístico-social fueron estadísticamente significativas en las siguientes tareas: “espacio” (.474), “bicicleta” (.340); y “gravedad” (.233).

Los resultados mostraron relaciones positivas, de magnitud media y estadísticamente significativas entre las tareas “espacio” y “bicicleta” y el rendimiento en los

ámbitos científico-tecnológico, lingüístico-social y artístico, así como con la inteligencia general. Además, se hallaron relaciones positivas de magnitud media y estadísticamente significativas entre la tarea “gravidad”, el rendimiento por áreas y la inteligencia general.

Para las tareas “servilletas” y “manzanas” se halló un relación positiva, de magnitud baja y estadísticamente significativa con el rendimiento en el ámbito artístico.

Las relaciones entre las tareas “cristal” y “cuadrado” con el rendimiento académico por áreas no resultaron estadísticamente significativas

En general, se aprecian, mayores relaciones entre el rendimiento académico en el ámbito artístico y la mayoría de las tareas de creatividad valoradas.

Discusión

En primer lugar, entendemos que las habilidades del pensamiento científico-creativo sirven para buscar soluciones a todo tipo de problemas que surgen en la vida diaria y dentro del contexto de la ciencia.

En segundo lugar, de la revisión de la literatura sobre el tema se ha constatado la importancia que tiene la evaluación y la enseñanza de las habilidades del pensamiento científico-creativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en las disciplinas relacionadas con el ámbito o área de la ciencia. Respecto a la evaluación se ha constatado la necesidad de diseñar medidas de contenido específico orientadas a evaluar los procesos, las habilidades y las estrategias propias del pensamiento científico-creativo (Hu y Adey, 2002; Liang, 2002; Meador, 2003; Pekmez et al., 2009). En cuanto a la enseñanza y enriquecimiento de las habilidades científico-creativas se debe comenzar desde la Educación Infantil (Ergül, Simsekly, Çallis, y Özdilek, 2011; Bermejo et al., 2013 en prensa aceptado), pero es en la Educación Secundaria en la que la enseñanza de las habilidades científico-creativas es algo fundamental. Además, es necesario incidir en la enseñanza, donde tendríamos que considerar dos tipos de habilidades: por un lado, habilidades de creatividad de dominio general, indicadas por Guilford (1950; 1956) y Torrance (1974), que pudieran transferirse a los contenidos y áreas específicas de la ciencia; por otro, habilidades, estrategias y disposiciones propias de los científicos (Sak y Ayas, 2011).

Los datos de nuestro estudio confirman, por un lado, que la prueba es fiable, ya que los datos obtenidos con diferentes poblaciones arrojan resultados muy similares y, por otro, que las tareas del test de pensamiento científico-creativo muestran una mayor relación con el ámbito artístico que con el ámbito científico-tecnológico. Esto es llamativo y puede deberse a que en la enseñanza de las ciencias no se valoran las aportaciones e ideas creativas de los estudiantes. Se puede concluir que de la misma manera que la investigación científica necesita de la creatividad para poder avanzar en el conocimiento, la enseñanza de las ciencias precisa de la creatividad y de las estrategias y

procesos de la creatividad científica.

Entre las limitaciones de este trabajo cabe destacar que la muestra es reducida y que no es representativa, ya que queda restringida a un solo centro de Educación Secundaria. Por lo tanto, para futuras investigaciones sería necesario aumentar el número de participantes, con la finalidad de comprobar si los resultados obtenidos en el presente estudio se mantienen. También, sería interesante utilizar otra u otras pruebas de pensamiento científico-creativo, a fin de estudiar la validez del Test de Pensamiento Científico-Creativo (Hu y Adey, 2002) para evaluar el constructo objeto de estudio.

El futuro de la investigación debe orientarse a tres aspectos: a) definir y concretar los aspectos cognitivos de la creatividad científica de los estudiantes (Hoover, 1994; Hoover y Feldhusen, 1990); b) diseñar modelos para mejorar la creatividad científica, y al mismo tiempo, definir con precisión los componentes del proceso científico-creativo (Cheng, 2004; Hoover, 1994; Hu y Adey, 2002; Innamorato, 1998; Liang, 2002; Meador, 2003); y c) considerar las actitudes hacia la ciencia y las carreras científicas, los métodos de enseñanza de las ciencias, los intereses relacionados con el conocimiento científico y el contenido de la ciencia (Butler, 1999; Ergül et al., 2011; Haladyna y Shaughnessy, 1982).

Referencias

- Bermejo, M.R., Prieto, M.D., Ferrándiz, C., Ferrando, M., Ruiz, M.J., & Soto, G. (2013, en prensa aceptado). Creatividad científica: dominio general o específico. *Sobredotação*.
- Bredderman, T. (1983). Effects of Activity-based Elementary Science on Student Outcomes: A Quantitative Synthesis. *Review of Educational Research*, 53(4), 499-518. <http://dx.doi.org/10.3102/00346543053004499>
- Bredderman, T. (1985). Laboratory programs for elementary school science: A meta analysis of effects of learning. *Science Education*, 69, 577-591. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730690413>
- Butler, M. B. (1999). Factors Associated with Students' Intentions to Engage in Science Learning Activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 455-473.
- Cheng, V.M.Y. (2004). Developing physics learning activities for fostering student creativity in Hong Kong context. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 5(2), Artículo recuperado de http://www.ied.edu.hk/apfslt/v5_issue2/chengmy/
- Dillashaw, F.G., & Okey, J.R. (1980). Test of the integrated science process skills for secondary science students. *Science Education*, 64, 601-608.
- Dunbar, K., & Fugelsang, J. (2005). Scientific Thinking and Reasoning. En K. J., Holyoak, & R. G., Morrison (2005). *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning* (pp.705-726). Cambridge University Press.

- Ergül, R., Simsekly, Y., Çallis, S., & Özdilek, Z. (2011). The Effects of Inquiry-Based Science Teaching on Elementary School Students' Science Process Skills and Science Attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 5(1), 48-68.
- Froit, F. E. (1976). Curriculum experiences and movement from concrete to operational thought. In John W. Renner, & Donald G. Stafford, *Research, teaching, and learning with the Piaget model*. Norman, OK: University of Oklahoma Press.
- Gott, R. & Duggan, S. (1996). Practical work: Its role in the understanding of the evidence in Science. *International Journal of Science Education*, 18(7), 791-806. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069960180705>
- Guilford, J.P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454. <http://dx.doi.org/10.2307/1419699>
- Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53, 267-293.
- Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes toward science: a quantitative synthesis. *Science Education*, 66(4), 547-563. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730660406>
- Hambleton, R. K., Merenda, P., & Spielberger, C. (Eds.) (2005). *Adapting educational and psychological tests for cross-cultural assessment*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Harlen, W. (1999). Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills and Practice. *Assessment in Education*, 6(1), 129-144.
- Hoover, S. M. (1994). Scientific problem finding in gifted fifth- grade students. *Rooper Review*, 16(3), 156-159. <http://dx.doi.org/10.1080/02783199409553563>
- Hoover, S. M., & Feldhusen, J. F. (1990). The scientific hypothesis formulation ability of gifted ninth-grade students. *Journal of Educational Psychology*, 82, 838-848. <http://dx.doi.org/10.1037//0022-0663.82.4.838>
- Hu, W., & Adey, P. A (2002). Scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690110098912>
- Innamorato, G. (1998). Creativity in the development of scientific giftedness: educational implications. *Rooper Review*, 21(1), 54-59. <http://dx.doi.org/10.1080/02783199809553932>
- Kazeni, M. (2005). *Development and validation of a test of integrated science process skills for the further education and training*. Tesis Doctoral University of Pretoria: South Africa.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48. [http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90007-9](http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213(88)90007-9)
- Lavinghousez, W.E., Jr. (1973). *The analysis of the Biology Readiness Scale (BRS), as a measure of inquiry skills required in BSCS Biology*. College of education, University of central Florida.
- Liang, J. (2002). *Exploring scientific creativity of eleventh grade students in Taiwan*. Unpublished PhD thesis. The University of Texas at Austin.
- Ludeman. R. R. (1975). *Development of the Science Processes Test (TSPT)*. Unpublished doctoral dissertation. Michigan State University. MI.
- McLeod, R.J., Berkheimer, G.G., Fyffe, D.W., & Robinson, R.W. (1975). The Development of Criterion-validated Test items for four Integrated Science Processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 12, 415-421. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660120413>
- Meador, K. S. (2003). Thinking creatively about science suggestions for primary teachers. *Gifted Child Today*, 26(1), 25-29.
- Millar, R., & Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62. <http://dx.doi.org/10.1080/03057268708559938>
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1994). Investigating in the school laboratory: Conceptual and Procedural Knowledge and their Influence on Performance. *Research Papers in Education*, 9(2), 207-248. <http://dx.doi.org/10.1080/0267152940090205>
- Molitor, L.L., & George, K.D. (1976). Development of a Test of Science Process Skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 13(5), 405-412. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660130504>
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science: The implications of children's science*. Auckland, London: Heinemann publishers.
- Ostlund, K. (1998). What the Research Says About Science Process Skills. *Electronic Journal of Science Education*, 2, 1-8. <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7589/5356>
- Onwu, G. O. M., & Mozube, B. (1992). Development and validation of a science process skills test for secondary science students. *Journal of Science Teachers' Association of Nigeria*, 27(2), 37-43.
- Padilla, M.J., Mckenzie, D.L., & Shaw, E.L. (1986). An Examination of the line graphing skills Ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20-29.
- Paul, R. W., & Elder, L. (2003). *A miniature Guide for Students and Faculty to Scientific Thinking. Based on Critical Thinking Concepts & Principles*. On-line: The Foundation for Critical Thinking.
- Pekmez, E.S., Aktamis, H., & Taskin, B.C. (2009). Exploring Scientific Creativity of 7TH Grade Students. *Journal of Qafqaz University*, 26, 204-214.
- Prieto, M. D., Ferrando, M., Hernández, D., & Sainz, M. (2011a). *Cómo formar pequeños científicos*. Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.
- Prieto, M. D., Ferrando, M., Hernández, D., & Sainz, M. (2011b). *Pensamiento científico en el contexto escolar*. Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.
- Riley. J. W. (1972). *The Development and Use of a Group Process Test for Selected Processes of the science Curriculum Improvement Study*. Unpublished Doctoral

- dissertation. Michigan State University. MI.
- Ruiz, M. J., Bermejo, M. R., Prieto, M. D., Ferrándiz, C., & Almeida, L. S. (2013). Evaluación del Pensamiento Científico-Creativo: Adaptación y validación de una prueba en población española. *Revista Galego-Portuguesa de Psicología e Educación*, 21(1), 175-194.
- Sak, U., & Ayas, B. (2011). Creative Scientific Ability Test (C-SAT). *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55, 316-329. <http://usak.home.anadolu.edu.tr/documents/CSATpsycytestsasssmodl2013.pdf>
- Simon, M.S., & Zimmerman, J.M. (1990). Science and writing. *Science and Children*, 18(3), 7-8.
- Shann, M.H. (1977). Evaluation of Interdisciplinary Problem Solving Curriculum in elementary Science and Mathematics. *Science Education*, 61, 491-502. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730610405>
- Tannenbaum, R.S. (1971). Development of the Test of Science Processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 8(2), 123-136. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660080206>
- Temiz, B. K., Taşar, M.F., & Tan, M. (2006). Development and validation of a multiple format test of science process skills. *International Education Journal*, 7(7), 1007-1027.
- Tipps, S. (1982). *Formal Operational Thinking of gifted students in grades 5, 6, 7, and 8*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva, WI.
- Tobin, K.G., & Capie, W. (1982). Development and Validation of a Group Test of Integrated Science Process Skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(2), 133-141.
- Torrance, E. P. (1974). *The Torrance Tests of Creative Thinking - Norms-Technical Manual Research Edition - Verbal Tests, Forms A and B - Figural Tests Forms A and B*. Princeton N. J: Personnel Press.
- Torrance, E. P. (1990). *Torrance Tests of Creative Thinking*. Beaconville, IL: Scholastic Testing Services.
- Yuste, C. (2002). IGF/5r. *Inteligencia General y Factorial. Manual Técnico Formas A y B*. Madrid: EOS.

Fecha de recepción: 28 de enero de 2014.

Recepción revisión: 16 de junio de 2014.

Fecha de aceptación: 21 de junio de 2014.