

Neuropsicología del proceso creativo. Un enfoque educativo

Verónica López-Fernández¹; Fátima Llamas-Salguero²

Recibido: marzo 2016 / Evaluado: mayo 2016 / Aceptado: mayo 2016

Resumen. Vivimos en un contexto y en una sociedad en constante cambio, que requiere que las personas se adapten a las nuevas circunstancias en las que nos hallamos. La creatividad es uno de los elementos más importantes a tener en cuenta como facilitador de la adaptación. Por todo ello, es de especial relevancia su estudio desde todas las perspectivas científicas. Por este motivo, el objetivo del presente estudio es aportar un mejor entendimiento de la creatividad desde un enfoque neuropsicológico, dado el carácter multidimensional del constructo. Se ha llevado a cabo una revisión de algunas investigaciones que estudian la creatividad desde la neurociencia y se propone una visión de las funciones neuropsicológicas implicadas en dicho proceso, en función de la fase en la que nos encontramos ante actividades creativas y que fueron establecidas por Wallas (1926): preparación, incubación, iluminación y verificación. Los resultados muestran que hay funciones cognitivas de especial relevancia en cada una de las fases y estructuras cerebrales con gran activación en las distintas etapas del proceso creativo. Por último, se propone con esta nueva perspectiva del estudio de la creatividad, un punto de partida para realizar otras investigaciones.

Palabras clave: Creatividad; funciones cognitivas; neuropsicología; proceso creativo; educación.

[en] Neuropsychology of the creative process. An educational approach

Abstract. We live in a context and in a changing society, which requires individuals to adapt to the new circumstances in which we find ourselves. Creativity is one of the most important elements to consider in facilitating adaptation. Therefore, it is particularly important to study from all scientific perspectives. Therefore, the objective of this study is to provide a better understanding of creativity from a neuropsychological approach given the multidimensional construct. It has conducted a review of research studying neuroscience creativity and vision of neuropsychological functions involved in this process, depending on the phase in which we face the creative activities that were established by Wallas (1926) proposal: preparation, incubation, illumination and verification. The results show that there are cognitive functions especially relevant in each of the phases and brain structures with high activation in the various stages of the creative process. Finally, it is proposed with this new perspective of the study of creativity, a starting point for future research.

Keywords: Creativity; cognitive functions; neuropsychology; creative process; education.

Sumario. 1. Introducción. 2. Objetivo. 3. Desarrollo. 4. Fases del proceso creativo. 5. Implicaciones educativas. 6. Conclusiones. 7. Referencias bibliográficas.

Cómo citar: López-Fernández, V. y Llamas-Salguero, F. (2018). Neuropsicología del proceso creativo. Un enfoque educativo. *Revista Complutense de Educación*, 29 (1) 113-127.

¹ Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

E-mail: veronica.lopez@unir.net

² Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

E-mail: fatima.llamas@unir.net

1. Introducción

Sin ninguna duda, la creatividad constituye un elemento de gran relevancia para el bienestar individual y la supervivencia social (Tiedt, 1976). Esto se debe a que la creatividad es importante para lograr adaptarse a nuevos contextos propiciados por los cambios constantes que ocurren en la sociedad. Incluso algunos autores hablan de que la creatividad es el verdadero motor del progreso (Ontañón, 2009; Romo, 2006). Dada su importancia, el interés por su estudio ha ido en aumento en los últimos años, a tenor sobre todo de los avances de la neurociencia e, incluso, a pesar de que no exista una teoría integradora de la creatividad. La heterogeneidad de las definiciones se ha basado en que dicho constructo se ha estudiado desde diferentes perspectivas. Así pues, la creatividad se define con mucha frecuencia en términos de productos (Runco, Plucker y Lim, 2001), aunque también se ha estudiado desde diferentes perspectivas como el ambiente, las características de las personas y el proceso creativo. Desde este último enfoque, a saber, el proceso creativo alude a que al final del mismo, se obtiene como resultado un producto final, que sería el producto creativo. Éste puede hacer referencia tanto a productos artísticos como a productos derivados del proceso científico o aquellos imbricados en la resolución de tareas. Así pues, la creatividad se reconoce en una infinita variedad de actividades humanas (Sastre-Riba y Pascual-Sufrate, 2013) que pueden explicitarse en la propia forma de vestir, a la hora de cocinar, en diferentes conversaciones con otras personas, en las soluciones que se aportan al tratar de solventar problemas cotidianos, etc. Teniendo en cuenta el enfoque del proceso creativo, éste reclama numerosas habilidades cognitivas (Sastre-Riba y Pascual-Sufrate, 2013) desde que se detecta que hay un problema o situación que requiere una solución, hasta que se logra un producto final. Sin embargo, en este punto es importante reseñar, que los aspectos no cognitivos serían igualmente necesarios, tales como los estados motivacionales, los rasgos de personalidad y un estilo de trabajo favorecedor (Romo, 2006). Ahondando en el proceso creativo, estaría formado por una secuencia de pasos o estadios distintos hasta llegar a la resolución del problema. En este sentido, la neurociencia intenta explicar en los últimos años la base estructural que subyace al proceso creativo (Runco et al., 2001). A pesar de que la investigación aún es incipiente, se ha comprobado ya cierta heterogeneidad en los hallazgos. No obstante, algunos estudios neurofuncionales parecen converger en la sugerencia de la importancia del córtex parietal en el proceso creativo, las regiones frontales en las tareas complejas (Sastre-Riba y Pascual-Sufrate, 2013) así como estructuras temporales y occipitales. En este sentido, algunos investigadores realizaron una amplia revisión sobre los estudios neuropsicológicos de la creatividad y llegan a la conclusión de que existen diversas áreas del cerebro relacionadas con la creatividad, puesto que son funciones complejas que implican un trabajo simultáneo de varias áreas (Boccia, Piccardi, Palermo, Nori y Palmiero, 2015; Bowden, Jung-Beeman, Fleck y Kounios, 2005). Teniendo en cuenta estos aspectos, el estudio de la creatividad desde una perspectiva neurobiológica es un reto que se debe afrontar (Chávez, Graff-Guerrero, García-Reyna, Vaugier y Cruz-Fuentes, 2004). Sobre todo, si atendemos a la afirmación de autores como Mogollón (2010) que resalta que en el futuro próximo de un nuevo docente” la formación pedagógica debe incluir sin ningún tipo de duda, el conocimiento sobre la función cerebral, sus estructuras y sus implicaciones con la educación, así como un cambio en la pedagogía y estructura curricular” (p.113).

Este planteamiento es importante en la medida que posibilitaría a los docentes ampliar los conocimientos sobre la base neuropsicológica de la creatividad, pero además, este hito nos permitirá obtener más herramientas y recursos para potenciarla en nuestras aulas. Y en este punto, no debemos olvidar que el pensamiento creativo es fundamental en todos los aspectos de la vida, por lo que es “vital mantener fresco el espíritu de la originalidad en las escuelas” (Thorne, 2008, p.48).

En resumidas cuentas, si queremos dotar de calidad nuestra enseñanza, se debe recordar que la calidad es un concepto dinámico en esencia, que permanecerá vivo y actualizado siempre y cuando la innovación siga estando presente en la educación, y se mantenga atenta a los acontecimientos sociales que se vayan produciendo, así como se enriquezca de los descubrimientos científicos (psicológicos, pedagógicos, neurocientíficos, etc., como apunta Casanova, 2016). Sin embargo, esto no siempre ocurre, ya que una de las críticas más importantes que se hacen con frecuencia en el ámbito educativo, es el alejamiento del progreso de las prácticas pedagógicas, del avance del resto de las ciencias (Bravo, 2015).

De esta forma, lograríamos los desafíos que señalaba hace unos años Martínez-Otero (2005), a saber, lograr una valoración rigurosa del potencial creativo de los educandos y el fomento de la creatividad con el concurso de toda la comunidad educativa.

2. Objetivo

Este trabajo pretende aglutinar las bases neuropsicológicas de la creatividad halladas en diferentes estudios, en base a la etapa del proceso en la que nos encontremos. Con esto se persigue arrojar luz sobre este fenómeno y tratar de homogeneizar los hallazgos encontrados.

3. Desarrollo

Como se ha comentado, la importancia de la creatividad es crucial en la adaptación y el bienestar de las personas (Tiedt, 1976). Además, la creatividad implica actividades diarias y cotidianas como encontrar nuevas soluciones a problemas individuales, descubrir algo nuevo o incluso pensar de manera diferente a lo preestablecido o de manera no convencional (Kaufman, Kornilov, Bristol, Tan y Grigorenko, 2010). Por ello, no debemos ligar la creatividad únicamente a lo artístico, y debe percibirse como un elemento inherente a cada ámbito de la vida cotidiana. Sin embargo, a pesar de la relevancia del constructo, no hay un criterio unánime que logre unificar con consenso concepto de creatividad. Existen multitud de definiciones que varían en función de si el estudio de la creatividad parte de un enfoque basado en la persona, en el producto final, en el ambiente en el que se gesta o en el proceso necesario para que se manifieste. Por todo ello, la creatividad es un constructo multidimensional (Sastre-Riba y Pascual-Sufrate, 2013) que requiere para su estudio que se aborde de manera integral (Romo, 2003). Algunas definiciones que aúnan los diferentes enfoques entienden la creatividad como la capacidad que poseen las personas para producir ideas originales y desde éstas producir materiales nuevos, teniendo en cuenta el contexto social en el que ocurren dichas innovaciones (Rodríguez-Muñoz, 2011).

También la creatividad se ha definido como la interacción de multitud de aptitudes, procesos y ambiente, por el cual se crea un producto perceptible de manera individual o grupal, que es útil y novedoso dentro de un contexto social (Plucker, Beghetto y Dow, 2004).

Otras definiciones enfatizan la creatividad como un proceso de solución de problemas, problemas que estarían mal definidos. Los llamados problemas mal definidos incluyen el conocimiento de algunos elementos de la meta u objetivo al que se pretende llegar pero no todos, como ocurriría con los problemas bien definidos (Romo, 2006).

Para estudiar de manera holística la creatividad, es importante profundizar en el conocimiento de cada una de los enfoques de estudio, para incluir todos los componentes en una gran teoría integradora.

Assumiendo las múltiples concepciones acerca del proceso creativo, sí existe consenso en que: (1) éste se inicia con la necesidad de interpretar una situación que supone la satisfacción de una necesidad, un fallo o hueco vacío en el funcionamiento de algo (Navarro, 2009), (2) la solución de un problema nuevo que no ha surgido antes y cuyos heurísticos no son válidos, y, (3) el descubrimiento de un problema (Romo, 2006). Por ello, necesariamente, una primera fase del proceso creativo implicaría cierta sensibilidad a los problemas, actitud crítica, búsqueda de información y de novedad. Por supuesto, aquí también tienen cabida las diferencias individuales. Así, existe diferencia en el tiempo dedicado a esta etapa en función de las características personales que establecerían un continuo entre aquellas personas más analíticas y las más intuitivas (Gervilla, 2003). Este hecho es una muestra de que el proceso creativo implica no sólo la integración de diversas funciones mentales, sino también la fusión de los componentes de la experiencia propia (Chávez et al., 2004). Tras la detección de un problema o ambigüedad y la formulación del mismo, sería preciso afrontar con estrategias determinadas su resolución de manera original en una serie de etapas (Romo, 2006). Al hablar de las fases del proceso creativo con mayor detalle, es fundamental hacer referencia a las etapas propuestas por Wallas (1926) y que permanecen vigentes en la actualidad por el influjo mantenido en las teorías cognitivas de la creatividad actuales (Sastre-Riba y Pascual-Sufrate, 2013). El legado de Wallas continúa siendo el punto de partida teórico de las investigaciones actuales y su aplicación en muchos contextos actualmente es indiscutible (Thorne, 2008) incluso en estudios neurocientíficos (Heilman, Nadeau y Beversdorf, 2003).

Las etapas que en su momento describió Wallas (1926) y que siguen empleándose en la actualidad, son cuatro. La fase de *preparación*, en la que se aborda la definición de un problema y la recogida de información o experiencias e ideas sobre él. En segundo lugar estaría la fase de *incubación*, en la que se produciría un alejamiento o una desconexión en torno al problema, centrándose incluso en otras tareas. La tercera fase haría referencia a la *iluminación*, en la que la solución aparece de manera súbita y repentina, a través de *insight*, y por último, la fase de *verificación*, en la que se produce una evaluación de lo obtenido, indagando en si efectivamente esa solución es válida para aplicar al problema inicial.

La investigación sobre la creatividad ha ido abarcándose desde formulaciones más innatistas e individualistas en los primeros momentos, hacia concepciones más integrales y sistémicas donde se interrelacionan condicionantes subjetivos y ambientales (Sternberg, 2006). Además, no parecen existir ni definiciones ni métodos únicos en el estudio de la creatividad (Elisondo y Donolo, 2011), por ello, parece relevante

su estudio desde la neurociencia en aras a arrojar más luz sobre este complejo proceso, ya que sus bases neuropsicológicas son poco conocidas (Kaufman et al., 2010).

Con el fin de agrupar los principales hallazgos acerca de las bases neuropsicológicas de la creatividad, a continuación se exhiben clasificadas en base a la fase del proceso creativo en el que nos encontremos. Esto es de interés porque el conocimiento holístico puede aportar información relevante a los docentes, mejorando la comprensión de cómo ocurre la creatividad en el cerebro humano, y así poder estimularla mejor. De esta manera, desde el ámbito educativo se trataría de “sacar partido a los hallazgos neurocientíficos para trasladarlos a las aulas de clase” (López, 2016, p.1). Porque es desde el aula desde donde se debe transformar al individuo posibilitando que integre la dimensión creadora y su conocimiento (Summo, Voisin y Téllez-Méndez, 2016). Pero sin olvidar, que el propio conocimiento de un proceso cerebral puede ayudarnos a potenciarlo, estimulando aquellos puntos más débiles dentro del proceso creativo.

4. Fases del proceso creativo

4.1. Fase de Preparación

En esta fase es de especial relevancia la sensibilización a los problemas que se produce al detectar una incongruencia o una necesidad, por ello y con el objetivo de captar información, el sujeto se familiariza y acumula información sobre un determinado problema. Por ello, es fundamental hacer mención a la captación de la información por parte de los sentidos y por ende, a la participación de los diferentes órganos de los sentidos en cuanto que reciben información del exterior (en otras ocasiones los estímulos pueden proceder del propio interior del individuo- pensamientos, imaginación, esto es, la representación de información adquirida- (Rendón, 2012). De esta manera, el punto inicial para transformar los estímulos captados en construcciones cada vez más elevadas es la recepción de dicha información (Chávez et al., 2004). Dado que la cantidad de estímulos puede ser inabarcable, una de las funciones cognitivas a tener en cuenta en esta fase es la atención selectiva (Rendón, 2012). De esta manera, la sensación, la percepción y la atención serían funciones importantes a tener en cuenta a la hora de estudiar e investigar la creatividad. La información llega a las áreas sensoriales primarias implicadas en la sensación, de ahí pasa a las áreas unimodales relacionadas con la percepción (representación de un objeto como una entidad única), y de ahí a las áreas transmodales implicadas en el reconocimiento del objeto. Después, estas áreas proyectan la información a las estructuras frontales, límbicas y paralímbicas para un procesamiento completo (Rendón, 2012). Posteriormente, la corteza prefrontal interactúa con las estructuras del lóbulo temporal de la vía ventral para centrar la atención en las características particulares del estímulo. De nuevo cabe destacar que una de las funciones de la corteza prefrontal es la de focalizar la atención, lo cual requiere la capacidad de suprimir estímulos que en ese momento puedan resultar secundarios (Rendón, 2012). Además, también se ha hecho alusión a la importancia de la formación reticular en procesos atencionales y creativos (Arieti, 1976). Todo este proceso básico permite la entrada de la información al cerebro y permitiría en esta primera fase del proceso creativo, obtener la máxima información posible que pueda ser empleada para resolver un problema. En

esta línea, también se afirma que la creatividad así como la concepción y percepción de la información tienen una estrecha relación (Dulamea y Dulamea, 2011). De hecho, se argumenta que la principal función del cerebro es recabar información sobre las características y propiedades esenciales de objetos y situaciones, que aunque sean constantes y permanentes cuando esa información llega al cerebro nunca es la misma (Dulamea y Dulamea, 2011). Esto implicaría que la transformación de la información del estímulo es complicada e impredecible (Arieti, 1976). En este sentido, cabría destacar la importancia esencial que tiene una “mente abierta” a los estímulos para que la captación de la información sea provechosa (Kim, 2006).

Precisamente, se ha comprobado experimentalmente que una vez controlado el rendimiento de los individuos en pruebas de inteligencia y de personalidad, la solución de problemas podía predecirse mediante la orientación a la sensibilidad (Lin, Hsu, Chen y Chang, 2013).

Además, partiendo de la base de que el entorno visual, la atención y las operaciones mentales son interactivas y están relacionadas, varios investigadores llevaron a cabo un estudio en el que procedieron a la grabación del movimiento del ojo, como medida para la exploración de los procesos involucrados en tareas consistentes en resolver problemas (Grant y Spivey, 2003). En concreto, encontraron que las fijaciones, la duración de la mirada, y los movimientos sacádicos hacia los objetivos de la tarea, son parámetros de movimiento de los ojos que se muestran eficaces en el aumento de nuestra comprensión de los procesos cognitivos de aspectos como la memoria de trabajo y la resolución de problemas. También revelaron que la interacción entre la capacidad de atención, los movimientos oculares y la memoria de trabajo interactiva influyen en la pericia de la resolución de problemas (Grant y Spivey, 2003). Los investigadores mostraron que los movimientos sacádicos reflejan cambios atencionales durante las tareas de solución de problemas y que la atención y las operaciones mentales son interactivos.

Por lo tanto, no cabe duda de la relevancia de las estructuras cerebrales implicadas en la creatividad y relacionadas con la sensación, la percepción y la atención en esta primera fase del proceso creativo.

4.2. Fase de incubación

En esta segunda fase de incubación, se produce una desconexión o distanciamiento consciente del problema. Esto es, el cerebro continúa trabajando en la idea sin que la persona sea consciente de ello. Este trabajo engloba tareas como búsqueda de información, identificación, selección, almacenaje y clasificación de la misma, en aras a encontrar “algo” que ayude a solucionar el problema planteado. Según Wallas, en esta fase del proceso creativo, el creador parece desentenderse del problema de una manera consciente, aunque inconscientemente siga ocupándose de él y avanzando en la búsqueda de una solución válida para el problema descubierto (Wallas, 1926).

La mayoría de los estudios realizados, han confirmado la existencia del *efecto incubación* (Sawyer, 2011). Según esta autora, este efecto estaría configurado por relajación mental, olvido selectivo, recombinación subconsciente aleatoria y activación difusa.

Como se mencionaba anteriormente, la información se recibe, procesa e identifica a través de diferentes procesos mentales que posibilitan transformar los estímulos en elaboraciones cada más complejas a través de asociación, anticipación, abstracción

y actividades simbólicas (Chávez et al., 2004). Esos procesos mentales que nos van a permitir alcanzar mayor elaboración de la información requiere que ésta se seleccione, almacene, clasifique, etc., requiriendo funciones cognitivas como la memoria y estructuras como el hipocampo. En esta línea, la creatividad podría emplear la representación de información que se adquiere a través de los sentidos utilizando datos almacenados y combinando de manera selectiva trozos de información (Rendón, 2012). De esta forma, la memoria es un aspecto muy importante para incrementar el bagaje cognoscitivo y establecer nuevas relaciones que llevan a diferentes formas de pensamiento (Martínez-Salanova, 2003). No obstante, los procesos de memoria implicados en la capacidad creativa no sólo aluden a la memoria a largo plazo, sino que también requieren la participación de la memoria de trabajo, ya que es ésta la que permite mantener, operar y manipular la información de manera activa durante periodos limitados. Tanto es así, que si ocurre una lesión del cerebro que afecta a la memoria, la capacidad de crear también puede verse alterada (Drubach, Benarroch y Mateen, 2007).

Respecto a la memoria a largo plazo se ha evidenciado la relación entre el conocimiento (memoria semántica) y la creatividad, llegando a la conclusión básica de que el conocimiento específico de dominio es un requisito previo para la creatividad (Weisberg, 1999). Esta perspectiva rompería con la denominada “paradoja del conocimiento”, esto es, que el dominio sobre una temática podría inhibir la creatividad y la flexibilidad mental. Sin embargo, actualmente, puede afirmarse con seguridad que ya ha sido resuelta en base a que el conocimiento es favorecedor en la creatividad (Romo, 2006).

El papel que tiene el córtex temporal en este tipo de memoria ha sido demostrado por estudios experimentales y clínicos (Carrillo-Mora, 2010). Por otro lado y enfatizando el papel de la memoria de trabajo, algunos autores muestran importantes evidencias de los beneficios de la capacidad de la memoria de trabajo en la solución de problemas, ya que permite a la persona mantener la atención centrada en la tarea y evita errores indeseables (Carsten, Nijstad, Baas, Wolsink y Roskes, 2012). En esta misma línea, la inhibición de información de tareas irrelevantes se logra con la ejecución de los procesos de búsqueda complejas que permiten la selección de ideas entre un gran conjunto alternativas que compiten. Todo esto se logra con el incremento de la conectividad funcional entre las regiones de la corteza prefrontal y la red por defecto (DMN, Default Mode Networ) (Beaty et al., 2014). Este aumento de la conectividad funcional entre dichas regiones se puede corresponder con una mayor capacidad de los individuos creativos para dirigir su imaginación (Beaty et al., 2014). La red funcional por defecto es una red caracterizada por una importante actividad intrínseca de un conjunto de regiones cerebrales que están activas cuando el individuo mantiene actividad de vagabundeo mental, en palabras de Vergara y Behrens (2013), y que disminuyen su actividad cuando el individuo ejerce actividades perceptivas o motoras (Raichle et al., 2001).

Ahora bien, ¿qué áreas están implicadas en dicha red?. Pues bien, estarían incluidas las áreas de asociación, la corteza prefrontal medial (MPFC), corteza cingulada anterior, precuneus, cíngulo posterior, corteza parietal lateral (giro supramarginal y angular) y lóbulo temporal lateral (Vergara y Behrens, 2013). Además, las regiones dentro de dicha red convergen en la corteza cingulada posterior extendiéndose al precuneus que se encuentra fuertemente conectado con el hipocampo (Vergara y Behrens, 2013).

También es importante en este sentido la activación de las funciones prefrontales en tareas de memoria de trabajo (Allegri y Harris, 2001). Sin embargo, no debemos olvidarnos de que en esta fase de integración perceptual, sensorial y cognitiva también se han de tener presentes las dimensiones afectivas al igual que en el resto de las fases del proceso (Chávez et al., 2004).

4.3. Fase de iluminación

Esta fase del proceso creativo se caracteriza porque la solución parece surgir de manera repentina, esto es, el problema se presenta de manera reestructurada para el sujeto, lo que permite al individuo conocer, de manera nítida, cómo solucionar el problema. Esta reconstrucción del problema y repentina aparición de la solución, ocurren después de búsquedas sistemáticas para soluciones que han fracasado (Yeh, Tsai, Hsu y Lin, 2014). Para que se llegue a este ¡eureka! o ¡ajá! se requieren asociaciones, combinaciones de imágenes y/o palabras, ... En definitiva se requiere que la información disponible en el cerebro pueda establecer relaciones. Según algunos autores en esta fase serían de gran relevancia estructuras cerebrales como el giro temporal superior y la corteza cingulada anterior (Dietrich y Kanso, 2010). A esta conclusión se llegó tras analizar once estudios neurofisiológicos de neuroimagen que empleaban tareas de asociación remotas, centrándose en que estas tareas requieren procesos asociativos o combinatorios que permiten una solución. En estos procesos asociativos, es fundamental el papel de la memoria. La capacidad de la memoria de trabajo se considera un requisito previo para la flexibilidad cognitiva, la planificación estratégica, y la velocidad con que la información se transfiere a la memoria a largo plazo (Baddeley, 2000; Cowan, 2010). En esa misma premisa se argumenta que la creatividad es el resultado de la hiperconectividad. Es decir, los conceptos están representados a través de mapas mentales y por medio de una adicional conectividad (Ramachandran, 2004), se logran más asociaciones de manera fluida y sin esfuerzo. El origen de esta capacidad se localiza en la circunvolución angular y en las conexiones temporo-parietal-occipitales (Ramachandran, 2004). En consonancia con esta idea, Dietrich (2004) afirma que el *insight* espontáneo emerge precisamente de la conectividad entre los lóbulos temporal, parietal y occipital. Añade además que estas áreas temporo-parieto-occipitales se hallan ligadas a la percepción y a la memoria a largo plazo. Respecto al lóbulo frontal, Sawyer (2011) argumenta que no recibe directamente información sensorial, y por ende lo que hace es integrar la información ya procesada por las áreas temporo-parieto-occipitales, encargándose de propiciar cogniciones de alto nivel como el pensamiento abstracto, la planificación, la atención, la memoria de trabajo, ... Es por ello, por lo que Sawyer (2011) estaría de acuerdo con Dietrich (2004) cuando afirma que la creatividad consciente y deliberada se relaciona con la parte anterior del cerebro, la corteza frontal, pero no tanto con la espontánea, que emergería de los tres lóbulos que se hallan bajo y tras la corteza frontal.

Kounios y Jung-Beeman (Mallgrave, 2010) llevaron a cabo un estudio en 2006 con dos experimentos cuyos resultados sugieren que hay dos estructuras cerebrales muy relacionadas con el momento *¡ajá!*, y estas son: la corteza cingulada anterior (ACC), que se considera como uno de los poderes ejecutivos de los centros del cerebro que centra la atención al suprimir pensamientos irrelevantes o actividades perceptivas secundarias. Según estos autores, otra área de gran relevancia en el pro-

cesamiento del lenguaje hallada en el lóbulo temporal izquierdo (Área de Wernicke), que es fundamental ya que participa en la asociación de ideas remotas (Jung-Beeman et al., 2004). De esta manera, cuando existe un problema sin resolver, comienza un proceso de lucha de tipo semántico, que a veces se resuelve sin estridencias, pero otras veces lucha y llega a un callejón sin salida. El ¡eureka! llega en el momento en el que, de repente, se rompe ese conflicto.

También Beaty y sus colaboradores (Beaty et al., 2014) argumentan que existe un amplio abanico de estudios que sugieren que el pensamiento divergente se relaciona con la activación de la red por defecto (regiones asociadas con cognición espontánea) y con el córtex prefrontal inferior (regiones asociadas con el control cognitivo) en este momento. Estas asociaciones se harían de manera inconsciente hasta llegar al momento iluminador.

4.4. Fase de verificación

En esta fase del proceso creativo no sólo se comprueba que la solución es válida, sino que, también se perfecciona. Para ejecutar dicha solución se requiere la participación de diversas estructuras cerebrales. Es reseñable la participación de las áreas motoras, visuales y auditivas y de los centros del lenguaje para que la persona creativa plasme su obra (Arieti, 1976). Esto supone que las conexiones vuelven a las fuentes primarias tras transformaciones complejas e impredecibles. Otras estructuras relevantes en esta fase harían alusión a las funciones ejecutivas. La corteza prefrontal se mantiene activa tanto, ante estimulación interna como externa, generando de manera continua nuevos esquemas para la acción voluntaria, la toma de decisiones, la volición y las intenciones. Estos esquemas, implican procesos tales como la formulación de metas, la inatención para la actuación, la selección de respuesta, la programación y, por último, el inicio de la acción (Jahanshahi, 1998). Precisamente en este inicio de la acción es donde los mecanismos ejecutivos de supervisión controlan todos los procesos motores no rutinarios. Más específicamente, parece ser que los estudios funcionales exhiben que la ejecución motora en personas sin patologías, a la hora de pasar de la idea a la acción, activan gran variedad de áreas relacionadas en cada una de las etapas de la programación motora (Rendón, 2012). Las áreas que más consistentemente han mostrado los estudios que más se activa son: el córtex premotor dorsal bilateral, el córtex premotor ventral, el área premotora suplementaria, el surco intraparietal contralateral y el cerebelo ipsilateral. De hecho, también el cerebelo anterior derecho parece tener un papel crucial en esta fase (Chávez et al., 2004), ya que se ha asociado tanto a funciones motoras como en actividades relacionadas con el lenguaje, la memoria o el seguimiento visual. Por otra parte, algunas teorías se basan en la participación de los procesos ejecutivos en el pensamiento creativo. Entre estos procesos, la fluidez es crítica para las tareas de pensamiento divergente. Concretamente, se ha correlacionado el rendimiento en la fluidez (medida con la prueba de Torrance) con flujo sanguíneo cerebral en el giro frontal inferior en personas sanas (Gonen-Yaacovi et al., 2013). Por su parte, la flexibilidad cognitiva se ha asociado con la unión frontal inferior y la corteza parietal posterior. Específicamente la unión frontal inferior se asocia con procesos ejecutivos y de control que podrían mediar la inhibición de respuestas obvias en las características típicamente creativas como fluidez, flexibilidad u originalidad (Gonen-Yaacovi et al., 2013). También se recalca el papel de la corteza prefrontal, afirmando que aunque estructuras como los

ganglios basales suponen un mecanismo que genera de manera constante la novedad (variación), es la corteza prefrontal la que representa, posiblemente en sus áreas dorsolaterales, el mecanismo computacional que convierte la novedad en conductas creativas explícitas (Oliverio, 2008).

A continuación, en la Figura 1 se muestran las diferentes fases del proceso creativo con los principales procesos, funciones y estructuras con las que se han relacionado.



Figura 1: Bases neuropsicológicas implicadas en las fases del proceso creativo

5. Implicaciones educativas

Ahora bien, respecto a la aplicabilidad que lo comentado puede tener en el aula, se pueden destacar al menos dos perspectivas.

La primera de ellas, alude a que, tal y como se viene diciendo a lo largo de este artículo, no cabe duda de que el propio conocimiento de un proceso cerebral puede ayudarnos a potenciarlo, estimulando aquellos puntos más débiles dentro del proceso creativo. Es decir, el hecho de conocer que la creatividad es un proceso que cuenta con una serie de etapas, en las que intervienen diferentes procesos y estructuras, nos permite fomentar dicho constructo “a la carta”, de una manera individualizada. De esta manera, podría tenerse en cuenta que cada alumno podría estimular su creatividad de manera más óptima, si detectamos sus puntos más débiles y los potenciamos.

Con esta información, podemos diseñar intervenciones y metodologías de enseñanza que trabajen la creatividad desde cada fase. Así, en la fase de *preparación*, se podría valorar si los alumnos cuentan o no con la suficiente información y conocimiento respecto a una temática concreta. Partir de palabras clave y de ideas previas, facilitaría establecer conexiones entre la nueva información y esos conocimientos previos. De esta forma, según Gervilla (2003) nos situaríamos en el nivel previo

de “iniciación del procesamiento de la información o aprendizaje en el individuo” (p.118). Sin duda, es evidente que en esta fase preparatoria, deberíamos tener en cuenta el uso de todos los órganos de los sentidos. Probar diferentes materiales, experimentar con la información, facilitar la entrada de la información por diferentes canales, ... pueden ser estrategias a tener en cuenta. Sin olvidarnos tampoco de estimular la atención selectiva con diferentes actividades específicas para ello.

En la fase de *incubación* convendría considerar que el cerebro asocia de manera inconsciente la información, por lo que debería facilitarse ese distanciamiento del problema desde el aula. Por ello, hacer un descanso cuando estamos atascados en algún problema, facilita que, posteriormente, al retomarlo se incremente la probabilidad de resolverlo (Sio y Ormerod, 2009). Por tanto, en las aulas, podría potenciarse esta fase estimulando la memoria, creando ambientes lúdicos, relajantes y actividades diferentes que posibiliten darse un descanso para asimilar la información y asociarla.

Respecto a la fase de *iluminación*, podría trabajarse el registro de respuestas o soluciones creativas generadas, usando diferentes materiales. De esta forma, los alumnos podrían comprobar que ante una misma problemática, pueden surgir diferentes perspectivas y soluciones, siendo todas ellas válidas. En este punto, podrían valorarse la posibilidad de clasificar las respuestas obtenidas en función de las características de fluidez y flexibilidad que se comentaban anteriormente.

Por último, en la fase de *verificación*, podría trabajarse en el aula todos los aspectos más relacionados con las funciones ejecutivas, que posibilitarían una optimización de la planificación necesaria para aplicar la solución encontrada. No obstante, previamente, se podría debatir de manera cooperativa, cuáles podrían ser las respuestas o soluciones más adecuadas en esa situación concreta.

No obstante, también puede reseñarse otra segunda perspectiva relacionada con la primera (estimular la creatividad como fin). Y es que, al trabajar actividades creativas en el aula, estaremos potenciando indirectamente los procesos cognitivos descritos, que son muy importantes para la vida de los educandos. Así como otros aspectos emocionales y motivacionales (Thorne, 2010).

6. Conclusiones

Se ha llevado a cabo una revisión de algunos estudios que investigan la creatividad desde la neurociencia y se propone una visión de las funciones neuropsicológicas implicadas en dicho proceso, en función de la fase en la que nos encontramos ante actividades creativas y que fueron establecidas por Wallas (1926): preparación, incubación, iluminación y verificación. Los resultados muestran que hay funciones cognitivas de especial relevancia en cada fase. Por último, se propone con esta nueva perspectiva del estudio de la creatividad, un punto de partida para realizar otras investigaciones.

Asimismo, este estudio pretende contribuir a la formación del profesional docente en una función cognitiva de gran relevancia en nuestra sociedad, atendiendo al llamamiento de autores como Mogollón (2010), que resalta la importancia de la formación en aspectos neuropsicológicos para potenciar el aprendizaje del alumno. De esta manera, podríamos estar ante una nueva manera de mirar la educación y lograr cambios significativos, centrados no sólo en los contenidos sino también en

las personas, los actores y protagonistas del aprendizaje: el alumnado y el cuerpo docente. En resumidas cuentas, es importante que el ámbito educativo se enriquezca de los descubrimientos científicos (psicológicos, pedagógicos, neurocientíficos, etc., como apunta Casanova, 2016).

Específicamente las implicaciones educativas que tiene el avance científico de la neurociencia en el contexto educativo, en aras a desarrollar la creatividad, permite acercarnos a su desarrollo, en la medida en que podemos proceder a su estudio, diagnóstico y tratamiento de las dificultades que pudieran surgir al respecto (Fawcett y Nicolson, 2007). Si conocemos en profundidad las funciones y estructuras cerebrales más relacionadas con el proceso creativo, será más sencillo intervenir para solventarlas. Tanto es así que Sigman, Peña, Goldin y Ribeiro (2014) concluyeron en uno de sus estudios que todo lo concerniente al cerebro debería formar parte del programa profesional de los maestros, parte de su formación como profesionales.

Precisamente respecto a las intervenciones a la hora de paliar las dificultades detectadas, son muchos los investigadores que señalan que el desarrollo de una habilidad y el progreso en el aprendizaje es mayor y más duradero si la intervención a aplicar se realiza con prontitud y además sigue de manera coherente las pautas derivadas de una estrategia centrada en el desarrollo de los procesos (Cuadros, 2010).

Por todo ello, se puede concluir además que la valoración neuropsicológica ha de ser un elemento clave a tener en cuenta a la hora de evaluar la creatividad de las personas. Esto requiere un gran esfuerzo interdisciplinar y a la vez un gran reto para la ciencia. Todo ello posibilitará evaluar una capacidad de gran importancia en nuestra sociedad, y evaluarla de manera global, atendiendo a toda su complejidad, con el objetivo de potenciarla y ponerla en valor en nuestras aulas. Sin ningún tipo de dudas, educar en creatividad, es educar en resolución de problemas, en flexibilidad, en fluidez, en sensibilidad a los problemas, en elaboración,... En definitiva, educar en creatividad es educar para la vida.

Este estudio cuenta con una serie de limitaciones que deben tenerse en cuenta. La primera de ellas es que, al analizar las bases neuropsicológicas de la creatividad, no todos los investigadores emplean las mismas tareas para evaluar dicho constructo. Y la segunda, y no menos importante, es que en futuros estudios debe analizarse cada estudio en función de si se emplea la creatividad como dominio general o como dominio específico. Este estudio pretende ser un punto de partida para otros trabajos en esta línea, y se requiere continuar analizando los procesos relacionados con la creatividad, cada vez de una manera más específica. Sin duda, las aulas saldrán beneficiadas si se logra.

7. Referencias bibliográficas

- Allegri, R.F. y Harris, p. (2001). La corteza prefrontal en los mecanismos atencionales y la memoria. *Revista de Neurología*, 32 (5), 449-453.
- Arieti, S. (1976). *Creativity: the Magic Synthesis*. Nueva York: Basic.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 11 (4), 417-423.
- Beaty, R.E., Benedek, M., Wilkins, R. W., Jauk, E., Fink, A., Silvia, p. J., ... y Neubauer, A. (2014). Creativity and the default network: A functional connectivity analysis of the creative brain at rest. *Neuropsychologia*, 64, 92-98.

- Boccia M., Piccardi, L., Palermo, L., Nori, R. y Palmiero, M. (2015) Where do bright ideas occur in our brain? Meta-analytic evidence from neuroimaging studies of domain-specific creativity. *Front. Psychol*, 6, 1195. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01195
- Bowden, E.M., Jung-Beeman, M., Fleck, J. y Kounios J. (2005). New approaches to demystifying insight. *Trends in cognitive sciences*, 9 (7), 322-328.
- Bravo, L. (2015). Psicología cognitiva y neurociencias de la educación en el aprendizaje del lenguaje escrito y de las matemáticas. *Revista de Investigación en Psicología*, 17(2), 25-37.
- Carrillo-Mora, p. (2010). Sistemas de memoria: Reseña histórica, clasificación y conceptos actuales. Primera parte: Historia, taxonomía de la memoria, sistemas de memoria de largo plazo: La memoria semántica. *Salud mental*, 33 (1), 85-93
- Carsten, K.W., Nijstad, B. A., Baas, M., Wolsink y Roskes, M(2012). Working memory benefits creative insight, musical improvisation, and original ideation through maintained task-focused attention. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 38 (5), 656-669.
- Casanova, M. A. (2016). El diseño curricular como factor de calidad educativa. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 10(4).
- Chávez, R.A., Graff-Guerrero, A., García-Reyna, J. C., Vaugier, V., y Cruz-Fuentes, C. (2004). Neurobiología de la creatividad: resultados preliminares de un estudio de activación cerebral. *Salud Mental*, 27 (3), 38-46
- Cowan, N. (2010). Multiple concurrent thoughts: The meaning and developmental neuropsychology of working memory. *Developmental neuropsychology*, 35 (5), 447-474.
- Cuadros A. (2010). *La lectura y sus dificultades: Dislexia Evolutiva*. Montevideo: Grupo magro Editores.
- Dietrich, A. (2004). The cognitive neuroscience of creativity. *Psychonomic bulletin & review*, 11(6), 1011-1026.
- Dietrich, A. y Kanso, R. (2010). A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological bulletin*, 136 (5), 822-848.
- Drubach, D., Benarroch, E.E. y Mateen, F.J. (2007). Imaginación: definición, utilidad y neurobiología. *Revista de Neurología*, 6, 353-358.
- Dulamea, A y Dulamea, M. (2011). Conception and creativity. a cognitive neuropsychology approach. *Romanian Journal of Neurology*, 10 (3), 117-119.
- Elisondo, R.C. y Donolo, D.S. (2011). Los estímulos de un test de creatividad. Incidencias según género, edad y escolaridad. *Boletín de psicología*, 101, 51-66.
- Fawcett A. y Nicolson R. (2007). Dislexia, aprendizaje y neurociencia pedagógica. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 306-311.
- Gervilla, A. (2003). *Creatividad aplicada. Una apuesta de futuro*. Málaga: Editorial Dykinson.
- Gonen-Yaacovi, G., de Souza, L. C., Levy, R., Urbanski, M., Josse, G. y Volle, E. (2013). Rostral and caudal prefrontal contribution to creativity: a meta-analysis of functional imaging data. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.
- Grant, E.R. y Spivey, M.J. (2003). Eye movements and problem solving guiding attention guides thought. *Psychological Science*, 4 (5), 462-466.
- Heilman, K. M., Nadeau, S. E. y Beversdorf, D. O. (2003). Creative innovation: possible brain mechanisms. *Neurocase*, 9(5), 369-379.
- Jahanshahi, M. (1998). Willed action and its impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 15 (6-8), 483-533.
- Jung-Beeman, M., Bowden, E. M., Haberman, J., Frymiare, J. L., Arambel-Liu, S., Greenblatt, R., ... y Kounios, J. (2004). Neural activity when people solve verbal problems with insight. *PLoS Biol*, 2(4), e97.

- Kaufman, A.B., Kornilov, S.A., Bristol, A.S., Tan, M. y Grigorenko, E.L. (2010). The neurobiological foundations of creative cognition. In J.C Kaufman y R.J. Sternberg (eds). *The Cambridge handbook of creativity*. (216-232). New York: Cambridge University Press
- Kim, K.H. (2006). Can we trust creativity tests? A review of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). *Creativity Research Journal*, 18 (1), 3-14.
- Lin, W.L., Hsu, K. Y., Chen, H. C. y Chang, W. Y. (2013). Different attentional traits, different creativities. *Thinking Skills and Creativity*, 9, 96-106.
- López, V. J. (2016). Biología y educación: un nuevo punto de encuentro. *Revista UNAH INNOV@*, (3), 32-38.
- Mallgrave, H.F. (2010). *The Architect's Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture*. London: Wiley-Blackwell.
- Martínez-Otero, V. (2005). Rumbos y desafíos en Psicopedagogía de la Creatividad. *Revista complutense de educación*, 16(1), 169-181
- Martínez-Salanova, E. (2003). El valor del cine para aprender y enseñar. *Revista Científica de Comunicación y Educación*, 45-52
- Mogollón, E. (2010). Aportes de las neurociencias para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas. *Revista Electrónica Educare*, 14(2), 113-124.
- Navarro, J. (2009). *Mejora de la creatividad en el aula de primaria*. Tesis Doctoral. Murcia: Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia
- Oliverio, A. (2008). Brain and creativity. *Progress of Theoretical Physics Supplement*, 173, 66-78
- Ontañón, E. (2009). Música y renovación educativa. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, (74-75), 155-160.
- Plucker, J.A; Beghetto, R.A. y Dow. G. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potential, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39, 83-96.
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A. y Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(2), 676-682.
- Ramachandran, V.S. (2004). *A brief tour of human consciousness: from impostor poodles to purple numbers*. New York: Pi Press.
- Rendón, M.A. (2012). Creatividad y cerebro: bases neurológicas de la creatividad. *Aula*, 15, 117-135.
- Rodríguez-Muñoz, F.J. (2011). Contribuciones de la neurociencia al entendimiento de la creatividad humana. *Arte, Individuo y Sociedad*, 23 (2), 45-54.
- Romo, M. (2003). Bases psicológicas de la creatividad. En A. Gervilla (direct.) *Creatividad aplicada. Una apuesta de futuro*. (13-31). Málaga: Dykinson, S.L.
- Romo, M. (2006). Cognición y creatividad. En S. De la Torre y V. Violant.(coord.). *Comprender y evaluar la creatividad: 1*. (pp.23-30). Málaga: Aljibe.
- Runco, M.A; Plucker, J.A y Lim, W. (2001). Development and psychometric integrity of a measure of ideational behavior. *Creativity Research Journal*, 13 (3-4), 393-400.
- Sastre-Riba, S. y Pascual-Sufrate, M.T. (2013). Alta capacidad intelectual, resolución de problemas y creatividad. *Revista de Neurología*, 56 (1), 67-76.
- Sigman M., Peña M., Goldin A. y Ribeiro S., (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature neuroscience*, 17(4), 497-502.
- Sawyer, K. (2011). The cognitive neuroscience of creativity: a critical review. *Creativity Research Journal*, 23(2), 137-154.

- Sio U. N. y Ormerod T. C. (2009): "Does incubation enhance problem-solving? A metaanalytic review. *Psychological Bulletin*, 135, 94-120.
- Sternberg, R. (2006). The Nature of Creativity. *Creativity Research Journal*, 18 (1), 87-98.
- Summo, V., Voisin, S. y Téllez-Méndez, B. A. (2016). Creatividad: eje de la educación del siglo XXI. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 7(18) 83-98.
- Tiedt, S. W. (1976). Creativity. *Silver Burdet Company*, 29.
- Thorne, K. (2008). *Motivación y creatividad en clase*. Barcelona: Grao.
- Vergara, F. y Behrens, M. I. (2013). Red neural por defecto y enfermedad de Alzheimer. *Revista médica de Chile*, 141(3), 375-380.
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Hartcourt Brace Jovanovich.
- Weisberg, R.W. (1999) Creativity and Knowledge: A Challenge to Theories. In R.J. Sternberg (editor). *Handbook of creativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yeh, Y., Tsai, J. L., Hsu, W. C. y Lin, C. F.(2014). A model of how working memory capacity influences insight problem solving in situations with multiple visual representations: An eye tracking analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 13, 153-167.