

Creatividad. Una revisión descriptiva sobre nuestra capacidad de invención e innovación

Creativity. A descriptive review of our invention and innovation capacity

Veronika Diaz Abrahan¹ [✉ ORCID - Researchgate](#), Nadia Justel² [✉ ORCID - Researchgate](#)

Universidad Nacional de San Martín –UNSAM–

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas –CONICET–

Argentina

Fecha correspondencia:

Recibido: septiembre 6 de 2018.

Aceptado: mayo 6 de 2019.

Forma de citar:

Diaz Abrahan, V., & Justel, N. (2019). Creatividad. Una revisión descriptiva sobre nuestra capacidad de invención e innovación. *Rev. CES Psico*, 12(3), 35-49.

Open access

© Copyright

[Licencia creative commons](#)

[Ética de publicaciones](#)

[Revisión por pares](#)

[Gestión por Open Journal System](#)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21615/cesp.12.3.3>

[cesp.12.3.3](#)

ISSN: 2011-3080

Sobre los autores:

1. Doctora en Neurociencias.

Licenciada en Musicoterapia.

Becaria Doctoral CONICET. Miembro

del Laboratorio Interdisciplinario

de Neurociencia Cognitiva (LINC),

Centro de Estudios Multidisciplinarios

Resumen

En el campo de las neurociencias, la creatividad es la capacidad de generar soluciones, ideas nuevas y útiles, o asociaciones múltiples, alternativas y variadas a un problema o estímulo dado. A esta capacidad de creación e innovación subyace una red neuronal cortical y subcortical que soporta la interacción dinámica y constante de funciones cognitivas superiores. Existen diferentes modelos cognitivos que explican cómo funciona nuestra capacidad de crear y diferentes factores asociados al rendimiento creativo como, por ejemplo, el sexo, la personalidad o el entrenamiento. El objetivo del presente trabajo está orientado a revisar los antecedentes científicos en torno a los sustratos neuroanatómicos y funcionales de la creatividad, y el efecto modulador que ejercen los aspectos biológicos, psicológicos y ambientales sobre esta capacidad del ser humano.

Palabras clave: Creatividad, Neuroanatomía, Neurociencias, Cognición, Modulación.

Abstract

In the field of neuroscience, creativity is the ability to generate solutions, multiple ideas or alternative and varied associations to a given problem or stimulus. It can be understood as a set of cognitive processes that support the generation of new and useful ideas. Behind this capacity for creation and innovation lies a whole cortical and subcortical neural network that supports the dynamic and constant interaction of superior cognitive functions, and different cognitive models that explain how our ability to create works. However, there are also different factors which are associated with creative performance, such as sex, personality or musical training. The aim of this article is to review the background around the neuroanatomical and functional substrates of creativity, as well as the modulating effect exerted by the biological, psychological and environmental aspects about this human being's ability.

Keywords: Creativity, Neuroanatomy, Neuroscience, Cognition, Modulation.

Comparte



en Sistemas Complejos y Ciencias del Cerebro (CEMSC3), Escuela de Ciencia y Tecnología (ECyT), Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).

2. Doctora y Licenciada en Psicología. Investigadora Asistente CONICET. Directora del LINC, CEMSC3, ECyT, UNSAM.

Introducción

Uno de los rasgos más fascinantes y complejos del ser humano es la creatividad. Si bien este concepto se asocia habitualmente con las disciplinas artísticas, los actos creativos forman parte de nuestras actividades cotidianas. Desde una perspectiva coloquial, la creatividad es considerada como la búsqueda de nuevas soluciones a los problemas, logrando algo novedoso a partir de ideas previas. Este tipo de procesamiento forma parte de acciones comunes que se producen en la vida cotidiana ([Ward, 2007](#)).

En el campo de las neurociencias, la creatividad es entendida como un conjunto de procesos cognitivos que apoyan la generación de ideas nuevas y útiles ([Plucker & Makel, 2010](#); [Runco & Jaeger, 2012](#)). Implica, a su vez, procesos de pensamiento autogenerado, dirigidos a un objetivo, sobre todo cuando el sujeto debe cumplir con las demandas de una tarea específica ([Beaty, Benedek, Silvia, & Schacter, 2016](#)). La respuesta o producto creativo está determinado por dos factores: la originalidad y la relevancia. El grado de originalidad se define en términos de su novedad, singularidad o rareza estadística, mientras que la relevancia o pertinencia se evalúa en términos de la funcionalidad, utilidad o ajuste de la respuesta para un fin particular o contexto específico ([Dietrich, 2004](#); [Wallach & Kogan, 1965](#)).

Las neurociencias abordan el estudio de nuestra capacidad de crear, que es la raíz de toda innovación y resolución de problemas, los procesos mediante los cuales nuestros cerebros generan nueva información y su impacto en la evolución colectiva de la sociedad ([McPherson & Limb, 2013](#)); sin embargo, aún existen muchas preguntas por resolver sobre el modo como la mente produce ideas creativas, cuáles son sus bases neuroanatómicas y funcionales o qué factores influyen en la creatividad.

Diversos estudios han identificado las redes neuronales que soportan los actos creativos ([Gonen-Yaacovi et al., 2013](#)), así como la liberación de hormonas que se produce durante la realización de una tarea de rendimiento creativo (por ejemplo, la dopamina u oxitocina) ([De Dreu et al., 2014](#)), los componentes genéticos y los problemas metodológicos en la investigación experimental de la creatividad ([Baas, Nijstad, & De Dreu, 2015](#)), aún incipientes y en ocasiones contradictorios.

Presentar una revisión de estudios científicos en torno a los correlatos neuroanatómicos y modelos cognitivos que subyacen a la creatividad, así como presentar los diferentes factores biológicos, psicológicos y ambientales que modulan esta capacidad es el objetivo del presente trabajo.

Evaluación de la creatividad

La realización de estudios empíricos y experimentales que contemplen la evaluación de la variable de la creatividad presenta dificultades y desafíos dentro del campo científico; dado que, entre otros aspectos, el ambiente controlado propio de los estudios científicos puede poner en riesgo el proceso creativo y por tanto la validez de las observaciones hechas ([McPherson & Limb, 2013](#)).

Como ocurre con otras funciones del cerebro como la inteligencia o la memoria, la creatividad engloba varios procesos mentales entrelazados, que se caracterizan por ser de naturaleza multimodal ([Batey & Furnham, 2006](#)). Entre los métodos más comunes para evaluar la creatividad se encuentran las pruebas de pensamiento divergente, mediante las que se valora la capacidad de las personas para producir ideas alternativas, diferentes y originales ante un problema particular ([Guilford,](#)

1950; [Torrance, 1966](#)). Este tipo de pensamiento se evalúa a través de tareas que se realizan diariamente o a través de la evaluación de la actuación de artistas ([Gonen-Yaacovi et al., 2013](#)).

A su vez, existen diferentes tipos de tareas para evaluar la creatividad, las cuales implican generar la mayor cantidad posible de soluciones para un problema o usos de un objeto ([Baer, 1991](#); [Charles & Runco, 2000](#)). Entre ellas podemos nombrar el Test de usos múltiples o usos alternativos ([Wallach & Kogan, 1965](#)) o la batería de Torrance de pensamiento creativo, que comprende diferentes subpruebas de contenido verbal y figurativo orientadas a estimar el nivel de creatividad según las dimensiones o funciones cognitivas de fluidez (habilidad de encontrar numerosas soluciones para un problema), flexibilidad (habilidad de encontrar diversas alternativas para la solución de un problema) y originalidad (habilidad de resolver problemas de forma diferente a las utilizadas habitualmente) de los individuos ([Torrance, 1966](#)).

Factores que modulan la creatividad

Diversas investigaciones en el campo de la creatividad señalan que esta capacidad cognitiva la poseen todas las personas, pero que es posible modularla dependiendo de ciertos factores biológicos, psicológicos, sociales o ambientales (Ward, 2007). En este sentido, algunos estudios establecen que ciertas habilidades cognitivas generales, tales como el coeficiente intelectual y otras medidas de conocimiento, pueden predecir el pensamiento divergente ([Batey & Furnham, 2006](#)), otros identifican diferencias según el sexo de la persona ([Abraham, Thybusch, & Pieritz, 2013](#)), o de factores psicológicos como la personalidad y la motivación ([Chiang, Hsu, & Shih, 2017](#)); otros demuestran el efecto positivo que tienen el entrenamiento artístico en el desempeño creativo ([Hass & Weisberg, 2009](#)) o la exposición a ambientes multiculturales con el consecuente uso de lenguajes extranjeros, por ejemplo, en el caso de personas que realizan viajes a lo largo del mundo o que utilizan un segundo idioma en el ambiente laboral ([Stephan, 2017](#)).

Factores biológicos

Hasta la fecha, algunas enfermedades neurológicas se han relacionado con el deterioro de las capacidades creativas, por ejemplo, pacientes con déficit o lesiones en el lóbulo frontal, área ligada a dichas capacidades. En esta línea de investigaciones, en pacientes con enfermedad de Parkinson con disfunción del lóbulo frontal derecho se observó presencia de un menor rendimiento en tareas de creatividad verbal al cotejar con sujetos sanos ([Drago, Foster, Skidmore, & Heilman, 2009](#)); y en casos de cuadros demenciales frontotemporales, se registró un descenso del rendimiento de tareas visuales y verbales de las pruebas de la batería de Torrance en comparación a personas con Parkinson o sin patología ([Cruz de Souza et al., 2010](#)).

En los últimos años, se ha indagado la relación existente entre las áreas neuronales relacionadas a la creatividad, como la corteza prefrontal (en adelante CPF) y el cuerpo estriado, y la participación del neurotransmisor dopamina como factor predictor de esta capacidad ([Si-Si & Qi-Yu, 2018](#)). Los genes transmisores de dopamina, específicamente el gen DRD2 fue asociado con altos niveles de rendimiento creativo en tareas figurativas y numéricas ([Reuter, Roth, Holve, & Hennig, 2006](#)) y de pensamiento divergente ([Takeuchi et al., 2015](#)).

Los resultados de estudios sobre diferencias sexuales como moduladoras de la creatividad presentan ciertas diferencias ([Baer & Kaufman, 2008](#)). [Baer y Kaufman \(2008\)](#) sugieren que las mujeres presentan niveles más altos de creatividad que los

Los genes transmisores de dopamina, específicamente el gen DRD2 fue asociado con altos niveles de rendimiento creativo en tareas figurativas y numéricas ([Reuter, Roth, Holve, & Hennig, 2006](#)) y de pensamiento divergente ([Takeuchi et al., 2015](#)).

hombres en pruebas verbales; mientras otros investigadores no evidencian diferencias significativas según el sexo en diversas tareas creativas ([Charyton & Snelbecker, 2007](#)), como en actividades musicales de improvisación musical ([Madura, 1996](#)).

Por su parte, [Abraham et al. \(2013\)](#) exploraron las diferentes redes neuronales en función del sexo, a través del registro con resonancia magnética funcional durante tareas experimentales de pensamiento divergente. Catorce mujeres y catorce hombres realizaron una tarea de búsqueda de usos alternativos, sin evidenciar diferencias en su desempeño; sin embargo, establecieron divergencias en la actividad cerebral entre ambos grupos. A nivel general, tanto hombres como mujeres presentaron una mayor activación del hemisferio izquierdo, lo que concuerda con otros estudios sobre dominancia hemisférica asociada a la creatividad ([Kowatari et al., 2009](#)), e identificaron diferencias en el área cerebral que se activó durante la tarea: los hombres presentaron una fuerte actividad en el giro frontal inferior y en el córtex orbito-frontal y parietal inferior, mientras las mujeres exhibieron actividad del giro temporal anterior y posterior así como del parietal superior. Estos hallazgos sugieren que, si bien los hombres y las mujeres no se diferencian en términos del rendimiento creativo o divergente según las medidas conductuales, si presentan diferencias en las áreas cerebrales reclutadas, lo que indica que utilizan diferentes estrategias frente a situaciones que requieren respuestas creativas o generativas.

La extroversión se ha vinculado positivamente a la creatividad a través del aumento de la estimulación de la búsqueda y la asunción de riesgos, y la apertura a la experiencia aumenta el rendimiento del pensamiento divergente mediante la mejora de la imaginación y la presentación de las ideas novedosas ([Batey, Chamorro-Premuzic, & Furnham, 2009](#)).

Factores psicológicos

La exploración de un perfil psicológico asociado a las personas creativas ha sido objetivo de diversas investigaciones, algunas de las cuales indagan la relación entre el rendimiento creativo y dimensiones de la personalidad como la extroversión, el neuroticismo, la apertura a experiencias nuevas, entre otros ([Feist, 1998](#); [Gosling, Rentfrow, & Swann, 2003](#)). La extroversión se ha vinculado positivamente a la creatividad a través del aumento de la estimulación de la búsqueda y la asunción de riesgos, y la apertura a la experiencia aumenta el rendimiento del pensamiento divergente mediante la mejora de la imaginación y la presentación de las ideas novedosas ([Batey, Chamorro-Premuzic, & Furnham, 2009](#)).

[Batey et al. \(2010\)](#) realizaron un estudio con el propósito de determinar si la inteligencia, el conocimiento general y la personalidad actúan como factores predictores de la creatividad. Para ello expusieron a 100 sujetos (25 hombres y 75 mujeres) a diferentes tareas y evaluaciones para medir las variables en cuestión. La creatividad se evaluó mediante la tarea de búsqueda de usos alternativos de un objeto durante tres minutos contabilizando la cantidad de respuestas. El comportamiento creativo se evaluó mediante el Inventario bibliográfico de evaluación de los logros creativos cotidianos, en el cual los participantes debían seleccionar de una lista de 34 actividades, las realizadas por ellos en los últimos 12 meses. La personalidad se evaluó a través del Inventario de personalidad de diez reactivos (*Ten-Item Personality Inventory*) ([Gosling, Rentfrow, & Swann, 2003](#)); la inteligencia cristalizada, a través de un cuestionario de 81 preguntas sobre 12 dominios generales y la inteligencia fluida, mediante el Test de matrices progresivas ([Raven, Raven, & Corte, 1998](#)). Los resultados indicaron que la creatividad es predicha por el conocimiento general y la inteligencia fluida, y en cuanto a la personalidad, el factor O o apertura a nuevas experiencias (el cual muestra en qué grado un sujeto tiende a buscar nuevas experiencias personales y concibe de manera creativa su futuro) presentó una correlación positiva con la capacidad creativa. En las tareas de pensamiento divergente, no encontraron una correlación positiva con la extroversión y una negativa con agradabilidad, a diferencia de lo hallado en otros estudios ([Furnham, Batey, Anand, & Manfield,](#)

2008); inconsistencias que según los autores obedecen a las diferencias en los tipos de tareas creativas utilizadas y al tamaño de la muestra.

Para investigar la relación entre personalidad, creatividad y música, [Benedek, Borovnjak, Neubauer y Kruse-Weber \(2014\)](#) realizaron un estudio en el que compararon la creatividad en músicos de diferentes géneros musicales: jazz, clásico y folclore. Los datos sobre la actividad musical se recolectaron a través de un cuestionario de antecedentes musicales, la creatividad se evaluó a través de la tarea de usos alternativos y la personalidad mediante el inventario NEO-FFI (*Neuroticism-Extraversion-Openness-five factor inventory*, por su sigla en inglés). Los resultados mostraron que las personas con un entrenamiento en el estilo musical jazz presentaron un mejor rendimiento en la fluidez de ideas creativas durante la tarea de usos alternativos, y en cuanto a la personalidad se caracterizaron por presentar una mayor apertura a nuevas experiencias.

Por su parte, [An, Song y Carr \(2016\)](#) examinaron si la inteligencia, el dominio del conocimiento, la personalidad creativa, la capacidad creativa y la motivación pueden considerarse como predictores de dos modelos cognitivos sobre creatividad, uno asociado al pensamiento divergente y otro sobre el rendimiento creativo de expertos¹. Participaron 143 estudiantes de psicología de Corea del Sur, los cuales completaron cinco cuestionarios correspondientes a cada variable evaluada, realizaron una tarea de pensamiento divergente en la cual debían resolver un problema de la vida cotidiana, y una actividad de rendimiento creativo experto en la cual debían identificar una solución a un problema en el ámbito educativo aplicando teorías psicológicas. Los resultados evidenciaron una correlación positiva entre el pensamiento divergente y la inteligencia general, así como entre éste y la personalidad creativa; y la motivación y el dominio del conocimiento presentaron una correlación positiva con la tarea de rendimiento creativo experto. Estos hallazgos permiten comprender al pensamiento divergente y el rendimiento creativo de expertos como dominios cognitivos independientes, los cuales están asociados y predichos, respectivamente, por diferentes factores psicológicos o por el coeficiente intelectual.

Factores sociales y ambientales

Existen diferentes factores relacionados con el contexto social y ambiental que influyen en el desarrollo de la capacidad creativa de cada persona. Por ejemplo, en el contexto escolar, la influencia de modelos o referentes, como los maestros y mentores, que brindan herramientas cognitivas y comportamentales para la innovación (ya sea a través de la enseñanza o de la imitación de conductas) presenta una correlación positiva con la capacidad creativa de sus estudiantes ([Yi, Plucker, & Guo, 2015](#)). Estudios indican que las habilidades genéricas, como la creatividad, pueden fortalecerse mediante actividades extracurriculares ([Hui & Lau, 2006](#)), y la investigación en educación extracurricular ha demostrado el potencial para mejorar la creatividad. Al respecto, se realizó un estudio con el objetivo de analizar la capacidad creativa de estudiantes de quinto grado de diferentes instituciones educativas y su relación con el nivel socioeconómico y la participación en actividades extracurriculares, para lo cual se adelantó una evaluación multifactorial de la creatividad compuesta por tareas viso-motoras y verbales. Los resultados indicaron, por un lado, una correlación positiva entre el nivel socioeconómico y el rendimiento en las tareas de creatividad, y, por otra parte, encontraron correlaciones significativas positivas entre la creatividad de aquellos alumnos que participaban de actividades extracurriculares con respecto a los que no ([Castillo-Vergara, Galleguillos, Cuello, Alvarez-Marín, & Acuña-Opazo, 2018](#)).

En el contexto escolar, la influencia de modelos o referentes, como los maestros y mentores, que brindan herramientas cognitivas y comportamentales para la innovación (ya sea a través de la enseñanza o de la imitación de conductas) presenta una correlación positiva con la capacidad creativa de sus estudiantes ([Yi, Plucker, & Guo, 2015](#)).

El intercambio entre compañeros de trabajo también presenta cierta influencia en la creatividad, según [Chiang et al. \(2017\)](#), quienes aplicaron diferentes cuestionarios de autoreporte a 247 ingenieros que formaban parte de equipos de trabajo de 238 firmas empresariales. Su rendimiento creativo se evaluó por medio de la creación de un nuevo producto relacionado con la empresa a la cual pertenecían, el cual fue calificado por los supervisores de la compañía. Los resultados indicaron que aquellos grupos de trabajo integrados por participantes con mayor intercambio y más extrovertidos presentaron mejor rendimiento creativo, aun con niveles bajos de dominio de conocimiento.

Las áreas artísticas conforman un tópico de capital importancia en lo que respecta al estudio de la creatividad. Por este motivo diversas investigaciones indagan el efecto de las diferentes expresiones artísticas como la danza, el teatro o la música, entendidas como factores ambientales que modulan la capacidad creativa ([An & Youn, 2018](#); [Demarin, Bedekovic, Puretic, & Pasic, 2016](#)). La improvisación, la cual implica un conglomerado de procesos mentales y motores que resultan en la generación de un producto en tiempo real ([Biasutti, 2015](#)) representa un excelente paradigma experimental para el estudio de la creatividad humana. Este tipo de producción involucra toma de decisiones momento a momento, monitoreo del rendimiento y utiliza la retroalimentación con el ambiente para crear, por ejemplo, nuevas formas musicales, movimientos, modos de acciones, etc. ([Adhikari et al., 2016](#); [Beaty, 2015](#)). Existen estudios que sugieren que las personas con entrenamiento en improvisación presentan mayores rendimientos creativos, tanto de pensamiento divergente como de tareas artísticas, en comparación con personas sin este conocimiento. Al respecto, [Fink y Woschnjak \(2011\)](#) examinaron tres grupos de bailarines dedicados al ballet, baile contemporáneo y jazz, a quienes indagaron diversas variables sociodemográficas (sexo, edad, profesión, especialización, último empleo, educación escolar y de danza, duración estimada de la carrera profesional, el entorno familiar de apoyo, el grado de práctica de actividades creativas como dibujar, pintar, etc. durante la infancia) y evaluaron su creatividad a través de tareas verbales (similitudes, usos alternativos y situaciones utópicas) y figurativas (matriz de círculos). Los resultados indicaron que los bailarines contemporáneos, quienes utilizan a menudo la improvisación para realizar coreografías libres en el escenario, exhibieron niveles más altos de creatividad verbal y figurativa que los artistas vinculados al jazz, y estos últimos más que los entrenados en ballet.

En el ámbito de la música, el profesional que se dedica a la improvisación se enfrenta al reto de gestionar varios procesos simultáneos para la generación y evaluación de secuencias melódicas y rítmicas en tiempo real, la ejecución de los movimientos de motricidad fina elaborados con el objetivo de crear música, a lo que se suma, la coordinación de su rendimiento con otros músicos o con el ambiente (el público, por ejemplo) ([Biasutti, 2015](#)). En cuanto a las diferencias en el rendimiento creativo según el tipo de entrenamiento musical, el estudio de [Kleinmintz, Goldstein, Mayseless, Abecasis y Shamay-Tsoory \(2014\)](#) sugiere que la práctica especializada en la improvisación puede tener un "efecto de liberación" en la capacidad creativa. Para llegar a esta conclusión, realizaron un estudio experimental, en el que se comparó el desempeño creativo de tres grupos de sujetos: músicos profesionales formados en improvisación, músicos formados en otros estilos y no músicos, quienes realizaron tareas de pensamiento divergente y se evaluaron sus índices de originalidad y fluidez a través del test de usos alternativos para una serie de objetos y el test figurativo de la batería de Torrance. Los resultados indicaron que los músicos que improvisaban

presentaban un rendimiento significativamente más alto, tanto en fluencia como en originalidad, que los músicos que no se dedican a la improvisación y los no músicos, sin encontrar diferencias entre estos dos últimos grupos.

Otro aspecto que diferencia el rendimiento creativo de los músicos está mediado por el nivel académico o la cantidad de horas de práctica en géneros musicales ligados a la improvisación; en torno a esto, [Beaty, Smeekens, Silvia, Hodges y Kane \(2013\)](#) indagaron sobre la asociación entre la improvisación musical, el progreso académico y las habilidades creativas, para lo cual contaron con la participación de 10 profesionales de jazz con alto nivel de entrenamiento, quienes fueron incentivados a realizar una improvisación a partir de una base melódica y posteriormente expuestos a tareas de pensamiento divergente (usos alternativos para un objeto), por un lado, y test de inteligencia fluida, por el otro. Las improvisaciones fueron evaluadas por expertos en el área en cuanto al nivel de creatividad de las producciones. Los resultados obtenidos mostraron que el pensamiento divergente, medido a través de tareas verbales, presentó una relación positiva con aquellas improvisaciones calificadas con un alto nivel creativo y el nivel académico del profesional. Es decir, que el dominio del conocimiento en materia de improvisación también es un factor modulador de la creatividad ([Benedek, Borovnjak et al., 2014](#)).

Un acto creativo implica la puesta en juego de diversas funciones cognitivas en simultáneo, con una gran red cortical y subcortical como base ([Carlsson, Wendt, & Risberg, 2000](#)); sin embargo, los correlatos neuronales implicados continúan siendo tema de investigación con resultados controversiales ([Dietrich, 2004](#)).

Del mismo modo que otros comportamientos humanos y rasgos psicológicos, el origen de las diferencias individuales en la capacidad creativa podría atribuirse a la influencia de factores biológicos y ambientales, vislumbrando el gran potencial que tienen los entrenamientos artísticos, en su mayoría a través del estudio de la música y el efecto del aprendizaje musical.

Neuroanatomía de la Creatividad

Desde una perspectiva sociocognitiva, la creatividad comprende un conjunto de transacciones dinámicas entre el individuo, el ambiente, las relaciones sociales y culturales. Según [Runco y Richards \(1997\)](#), la creatividad atañe a cuatro dominios denominados "las 4 P": el producto, la persona, el proceso y la presión externa (factor del ambiente que influencia los otros tres dominios).

Respecto al dominio del proceso, la creatividad requiere de la interacción constante de funciones cognitivas superiores como la memoria de trabajo, la atención sostenida, la flexibilidad cognitiva y la capacidad de ajustarse en tiempo real al desempeño realizado, las cuales están relacionadas a nivel neuroanatómico con el funcionamiento de la CPF; es decir, el lóbulo frontal, y específicamente la CPF, presenta un papel central en el procesamiento creativo ([Aziz-Zadeh, Liew, & Dandekar, 2013](#); [Kowatari et al., 2009](#)). Un acto creativo implica la puesta en juego de diversas funciones cognitivas en simultáneo, con una gran red cortical y subcortical como base ([Carlsson, Wendt, & Risberg, 2000](#)); sin embargo, los correlatos neuronales implicados continúan siendo tema de investigación con resultados controversiales ([Dietrich, 2004](#)). Uno de los aspectos que presenta resultados contradictorios se vincula a la dominancia hemisférica durante la realización de actos creativos; mientras algunas investigaciones enfatizan el procesamiento del hemisferio derecho ([Torrance, 1982](#)) otras establecen el rol crítico de la interacción interhemisférica para llevar a cabo este tipo de tareas ([Carlsson et al., 2000](#); [Katz, 1986](#)). En torno a este dilema, [Kowatari et al. \(2009\)](#) señalaron que las diferencias podrían deberse al tipo de tarea empleada, es decir, si se trata de resoluciones de problemas visuales, verbales, asociadas a tareas de la vida cotidiana o a actividades artísticas. Para abordar el tópico, realizaron un estudio comparando el rendimiento creativo de artistas expertos y estudiantes de otras disciplinas (e.g.,

sociología, filosofía, ingeniería, medicina, etc.) evaluado a través una tarea sin contenido verbal, en la cual se les solicitó la creación de un nuevo diseño de un objeto determinado. Se registró la actividad cerebral durante la tarea a través de imágenes de resonancia magnética funcional y los resultados mostraron una activación compartida para ambos grupos de participantes en lo que respecta al giro frontal izquierdo inferior, la CPF, la corteza occipital bilateral, parietal inferior izquierdo, temporal inferior bilateral y el hipocampo bilateral. Por otra parte, los autores identificaron especializaciones dependiendo del entrenamiento artístico, ya que la CPF y la corteza parietal derecha junto a la cíngulada anterior presentaron una activación significativa en el grupo de los artistas expertos, mientras que la actividad de estas regiones en los estudiantes de disciplinas no artísticas se manifestó de forma bilateral.

Con el objetivo de identificar la red neuronal que acompaña la activación de la CPF durante las actividades creativas, [Gonen-Yaacovi et al. \(2013\)](#) realizaron un meta-análisis tomando un conjunto de estudios que indagaban el correlato neuronal de las diferentes tareas que se utilizan habitualmente para evaluar la creatividad, es decir, tareas de pensamiento creativo, de resolución de problemas, de asociación semántica o tareas artísticas. Los principales hallazgos resaltan la importancia de las regiones prefrontales caudales y rostrales, así como del lóbulo parietal inferior y lóbulo temporal posterior; áreas centrales de los aspectos cognitivos involucrados en la creatividad independientemente del tipo de actividad que se utilice. Dentro de esta red, la CPF lateral (específicamente la función frontal inferior) se ha asociado con diversos procesos cognitivos, tales como la fluidez, la flexibilidad, la inhibición de las respuestas predominantes y el control cognitivo, componentes de la creatividad. Además, la circunvolución angular izquierda junto al giro temporal superior está relacionada con la recuperación y asociación de contenido semántico, procesos necesarios para comparar respuestas únicas con respuestas generadas con mayor frecuencia ([Jung et al., 2010](#)). Por otra parte, y en relación con las subáreas prefrontales, el estudio indicó que durante un acto creativo se presenta un aumento de la activación de regiones rostrales de la CPF, así como de las regiones témporo-parietales asociadas a las tareas de combinación de información de nuevas maneras. Finalmente, la activación de la CPF dorsolateral (en adelante CPFDL) podría estar involucrada en la producción libre de respuestas inusuales o alternativas ([Gonen-Yaacovi et al., 2013](#)).

Dos aspectos esenciales para la creación de ideas nuevas y originales, implicadas en los actos creativos, son la expansión creativa y la superación de límites del conocimiento. La primera hace referencia a la posibilidad de ampliar los esquemas conceptuales existentes para adquirir un nuevo elemento, presentando actividad en estructuras neuronales como el giro frontal inferior, el polo temporal y la corteza frontal polar lateral; estructuras involucradas en la selección, recuperación, combinación e interacción de información semántica ([Ward, 1994](#)). El segundo aspecto es un proceso por el cual el sujeto debe superar e inhibir la tendencia a referirse a los conocimientos existentes, en busca de creaciones novedosas ([Smith, Ward, & Schumacher, 1993](#)). Hasta el momento existen escasos estudios que proporcionen datos sobre los correlatos neuronales de ambos aspectos de la creatividad, sin embargo, para contribuir a la temática hay investigaciones que demuestran que pacientes con lesión en los ganglios basales o en las cortezas frontopolar y fronto-orbital, presentan un mejor rendimiento en la superación de límites del conocimiento, durante la generación de ideas creativas en comparación con los grupos de control sanos ([Corbett, Jefferies, & Ralph, 2011](#)). Esta ventaja en el procesamiento de la información parece ser específica, ya que los pacientes no mostraron un rendimiento superior en ningún otro aspecto de la cognición creativa ([Abraham, 2014](#)).

Los principales hallazgos resaltan la importancia de las regiones prefrontales caudales y rostrales, así como del lóbulo parietal inferior y lóbulo temporal posterior; áreas centrales de los aspectos cognitivos involucrados en la creatividad independientemente del tipo de actividad que se utilice.

En síntesis, la creatividad se sustenta, por una parte, en una red neuronal de estructuras corticales y subcorticales del cerebro humano, y, por otra, en la interacción dinámica de diversas funciones cognitivas que se ponen en marcha durante la creación y la innovación. En esta trama neuronal, la corteza frontal, con su subestructura prefrontal, parece ser la estructura principal involucrada en la creación de ideas nuevas, y también existe la participación de otras áreas neocorticales como, por ejemplo, las cortezas temporal y parietal, y estructuras subcorticales como el hipocampo o los ganglios basales.

Modelos cognitivos que explican la creatividad

Teniendo en cuenta los fundamentos neuronales y las estructuras involucradas durante la ejecución de un acto creativo, a continuación, se presentan los modelos cognitivos que intentan explicar el procesamiento de los mismos.

Según [Sternberg y Lubart \(1996\)](#), para la creación de un producto original, novedoso y contextualmente significativo, es necesario un movimiento cíclico entre dos fases: la generación de ideas y la posterior evaluación de las mismas. La fase de generación creativa implica la asociación y conexión entre diferentes ideas preestablecidas y una posterior reorganización de estas conexiones con el fin de crear un producto original. Durante la fase de evaluación, las ideas creativas son puestas a prueba en cuanto a su novedad y pertinencia, lo cual incentiva un nuevo proceso generativo ([Silvia, 2008](#)). Por tanto, el proceso de creación e innovación no involucra una única función cognitiva, sino que se apoya en una interacción dinámica de diferentes dominios cognitivos superiores, ya que tal proceso requiere una atención enfocada a la exclusión de otros estímulos que compiten, divergencia de ideas ante numerosas posibles soluciones novedosas, recuperación y asociación de contenido semántico, y perseverancia en la tarea, para finalmente converger en la mejor respuesta contextual.

[Beaty et al. \(2013\)](#) proponen un modelo seminal que plantea dos redes que contribuyen a la generación y selección de ideas, y que subyacen a los procesos creativos: la *Red por Defecto* y la *Red de Control*. La primera comprende un conjunto de regiones del cerebro que colaboran entre sí asociadas a la actividad desarrollada en los estados de reposo ([Andrews-Hanna, 2012](#)). Participando de esta red se encuentra el lóbulo parietal medio y posterior, los que se asocian al pensamiento espontáneo o autogenerado, incluyendo la simulación mental, la cognición social, el recuerdo autobiográfico y el pensamiento episódico hacia el futuro; de esta forma se estipula que los sistemas de memoria pueden tener un papel clave en la generación de ideas candidatas para el producto creativo ([Benedek, Jauk, Fink et al., 2014](#)). La segunda red involucra el área prefrontal lateral y parietal anterior inferior, asociadas a procesos cognitivos que requieren atención dirigida, incluyendo la memoria de trabajo y las funciones ejecutivas, con el objetivo de gestionar y evaluar el rendimiento creativo ([Beaty et al., 2013](#)).

Ambas redes tienen una función antagonista, pero es importante destacar que en ciertos procesos cooperan entre sí como, por ejemplo, durante la planificación del pensamiento autobiográfico ([Andrews-Hanna, Smallwood, & Spreng, 2014](#)). Aunque por defecto, la red ha sido previamente asociada con procesos generativos como imaginar experiencias futuras ([Schacter, Addis, & Buckner, 2007](#)), su acoplamiento con la red de control demostró ser importante para los procesos cognitivos dirigidos a un objetivo. De esta forma, la creatividad puede beneficiarse de las interacciones dinámicas de las redes predeterminadas o por defecto y de control ([Beaty, Silvia, Nusbaum, Jauk, & Benedek, 2014](#)). En este sentido, la red por defecto contribuye a la

generación de ideas potencialmente candidatas (información útil derivada de la memoria a largo plazo) a la luz de su papel en la cognición autogenerada (por ejemplo, la memoria episódica), mientras que la red de control se requiere a menudo para evaluar la eficacia de las ideas candidatas y si es del caso modificarlas para cumplir con las restricciones de los objetivos específicos de la tarea ([Beaty, 2015](#)).

Otro abordaje del estudio cognitivo de la creatividad es el *Modelo de doble vía* ([Baas, Roskes, Sligte, Nijstad, & De Dreu, 2013](#)), desarrollado para explicar cómo los rasgos de personalidad y los estados situacionales pueden tener efectos sobre la creatividad. Este modelo asume que existen dos vías para acceder a resultados creativos, la vía de la flexibilidad y la vía de la persistencia, y que los rasgos y estados psicológicos influyen en estos resultados en cualquiera de estas vías, las cuales no son excluyentes. La flexibilidad se define como la facilidad con la que un individuo puede cambiar a un enfoque diferente o considerar una perspectiva diferente, lo cual implica el uso de categorías cognitivas amplias, un procesamiento holístico de la información y la conmutación adaptativa entre las categorías, enfoques y conjuntos. En este sentido, la apertura a nuevas experiencias, la extraversión, la afectividad positiva y una alta motivación conllevan una mayor creatividad, dada su vinculación con un aumento de la flexibilidad cognitiva ([Nijstad, De Dreu, Rietzschel, & Baas, 2010](#)). Por otra parte, la vía de la persistencia se caracteriza por la exploración de pocas categorías con esfuerzos cognitivos prolongados. La creatividad se puede lograr a través de la persistencia cognitiva, en la medida en la que el individuo invierte recursos cognitivos, focaliza la atención sistemáticamente y mantiene un esfuerzo en la tarea en cuestión. La resolución de un problema y la generación de nuevas ideas se pueden lograr mediante el esfuerzo prolongado y motivado ([De Dreu, Nijstad, Baas, Wolsink, & Roskes, 2012](#)). En esta vía, la afectividad negativa y el neuroticismo, bajo las circunstancias correctas, pueden conducir a un mejor rendimiento creativo al vincularse con una mayor persistencia cognitiva ([Baas et al., 2013](#)). De esta forma, el modelo de doble vía propone que cualquier rasgo o estado que estimule la flexibilidad y/o la persistencia aumentará la creatividad, sin ser incompatibles ambos procesos; así, algunos rasgos y estados pueden afectar la creatividad principalmente a través de su influencia en la flexibilidad cognitiva, mientras que otros lo hacen a través de su influencia en la persistencia cognitiva ([Baas et al., 2013](#); [Gultepe & Coskum, 2016](#)).

Otro abordaje del estudio cognitivo de la creatividad es el Modelo de doble vía ([Baas, Roskes, Sligte, Nijstad, & De Dreu, 2013](#)), desarrollado para explicar cómo los rasgos de personalidad y los estados situacionales pueden tener efectos sobre la creatividad. Este modelo asume que existen dos vías para acceder a resultados creativos, la vía de la flexibilidad y la vía de la persistencia, y que los rasgos y estados psicológicos influyen en estos resultados en cualquiera de estas vías, las cuales no son excluyentes.

Consideraciones finales

Con respecto a la creatividad, las neurociencias constituyen un potencial campo de investigación con grandes desafíos, tanto por la variedad de conceptualizaciones de esta capacidad, como por los diversos modelos cognitivos que intentan explicarla, por los obstáculos que presenta cuando se pretende establecer mediciones objetivas o por la diversidad de factores que intervienen y podrían modular esta capacidad cognitiva.

Existe una fuerte tendencia a sostener que todos nacemos con la capacidad de generar ideas novedosas ([Ward, 2007](#)), pero queda claro que esta habilidad puede ser modulada por diferentes factores biológicos, psicológicos o ambientales ([Batey et al., 2009](#), [Furnham et al., 2008](#)); no obstante, quedan aún muchos interrogantes sobre el rol que dichos factores representan.

Hoy sabemos que detrás de la generación de ideas creativas existe una asociación de información previamente almacenada ([Beaty, 2015](#); [Benedek, Jauk, Sommer et al., 2014](#)); y que la creatividad no implica generar ocurrencias espontáneas, muy al contrario, se constituye en un proceso cognitivo que involucra la evaluación y

ajuste de ideas en tiempo real, dependiendo del contexto, el ambiente (Beatty et al., 2013, Runco & Richards 1997) y los objetivos que incentivaron el acto creativo (Beatty, 2015).

Referirse a nuestra capacidad de invención e innovación desde una perspectiva neurocognitiva nos insta a considerar toda una red cortical y subcortical liderada por la CPFDL (Aziz-Zadeh et al., 2013; Carlsson et al., 2000; Kowatari, et al. 2009), la cual es acompañada de otras estructuras cerebrales dependiendo de la modalidad de la tarea realizada (Abraham, 2014; Gonen-Yaacovi et al., 2013); lo que supone la interacción constante y dinámica de diversas funciones cognitivas de orden superior.

Las conexiones entre las actividades artísticas y la creatividad aparentan ser fuertes y consistentes con los estudios realizados hasta el momento, e incentiva a preguntarnos sobre la dirección de esta vinculación ¿una persona se inclina hacia el estudio artístico por que presenta una mayor capacidad creativa? o ¿será al revés? Para ello es necesario tener un panorama más claro del compromiso neuronal que subyace a la creatividad, en el intento de identificar el contenido biológico y la influencia ambiental sobre esta capacidad cognitiva. En este sentido, los modelos que explican el funcionamiento cognitivo durante una tarea creativa simple, como la generación de una idea novedosa, hasta desempeños más complejos como, por ejemplo, la improvisación musical en la que la creación se nutre y se renueva de la interacción de todas las variables intervinientes durante la experiencia, intenta aportar datos concluyentes sobre la temática en cuestión y la dirección de su desarrollo.

El campo de la creatividad resulta ser un área de difícil investigación, pero de capital interés para comprender y arrojar luz sobre la cognición humana, sobre el modo como resolvemos problemas que se presentan en la vida cotidiana y cómo hacemos uso de esta capacidad para fines recreativos, entre otros.

Referencias

- Abraham, A. (2014). Creative thinking as orchestrated by semantic processing vs. cognitive control brain networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 95. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00095>
- Abraham, A., Thybusch, K., & Pieritz, K. (2013). Gender differences in creative thinking: Behavioral and fMRI findings. *Brain Imaging and Behavior*, 8(1), 39-51. <https://doi.org/10.1007/s11682-013-9241-4>
- Adhikari, M., Norgaard, M., Quinn, M., Ampudia, J., Squirek, J., & Dhamala, M. (2016). The brain network underpinning novel melody creation. *Brain Connectivity*, 6(10), 772-785. doi: <https://doi.org/10.1089/brain.2016.0453>
- An, D., Song, Y., & Carr, M. (2016). A comparison of two models of creativity: Divergent thinking and creative expert performance. *Personality and Individual Differences*, 90, 78-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.10.040>
- An, D., & Youn, N. (2018). The inspirational power of arts on creativity. *Journal of Business Research*, 85, 467-475. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.10.025>
- Andrews-Hanna, J. R. (2012). The brain's default network and its adaptive role in internal mentation. *The Neuroscientist*, 18(3), 251-270. doi: <https://doi.org/10.1177/1073858411403316>
- Andrews-Hanna, J., Smallwood, J., & Spreng, R. (2014). The default network and self-generated thought: Component processes, dynamic control, and clinical relevance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1316(1), 29-52. doi: <https://doi.org/10.1111/nyas.12360>

- Aziz-Zadeh, L., Liew, S., & Dandekar, F. (2013). Exploring the neural correlates of visual creativity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(4), 475-480. doi: <https://doi.org/10.1093/scan/nss021>
- Baas, M., Roskes, M., Sligte, D., Nijstad, B. A., & De Dreu, C. K. W. (2013). Personality and creativity: The dual pathway to creativity model and a research agenda. *Social and Personality Psychology Compass*, 7(10), 732-748. doi: <https://doi.org/10.1111/spc3.12062>
- Baas, M., Nijstad, B. A., & De Dreu, C. K. W. (2015). The cognitive, emotional and neural correlates of creativity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(275), 1-2. doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00275>
- Baer, J. (1991). Generality of creativity across performance domains. *Creativity Research Journal*, 4(1), 23-39. doi: <https://doi.org/10.1080/10400419109534371>
- Baer, J., & Kaufman, J. C. (2008). Gender differences in creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 42(2), 75-105. doi: <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.2008.tb01289.x>
- Beaty, R., Smeekens, B., Silvia, P., Hodges, D., & Kane, M. (2013). A first look at the role of domain-general cognitive and creative abilities in jazz improvisation. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 23(4), 262-268. doi: <https://doi.org/10.1037/a0034968>
- Beaty, R. (2015). The neuroscience of musical improvisation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 51, 108-117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.01.004>
- Beaty, R., Benedek, M., Silvia, P., & Schacter, D. (2016). Creative cognition and brain network dynamics. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(2), 87-95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.10.004>
- Batey, M., Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. (2009). Intelligence and personality as predictors of divergent thinking: The role of general, fluid and crystallized intelligence. *Thinking Skills and Creativity*, 4, 60-69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.04.008>
- Batey, M., & Furnham, A. (2006). Creativity, intelligence, and personality: A critical review of the scattered literature. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 132(4), 355-429. doi: <https://doi.org/10.3200/MONO.132.4.355-430>
- Batey, M., Furnham, A., & Safiullina, X. (2010). Intelligence, general knowledge and personality as predictors of creativity. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 532-535. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.04.008>
- Beaty, R., Silvia, P., Nusbaum, E., Jauk, E., & Benedek, M. (2014). The roles of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & Cognition*, 42(7), 1186-1197. doi: <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0428-8>
- Benedek, M., Borovnjak, B., Neubauer, C., & Kruse-Weber, S. (2014). Creativity and personality in classical, jazz and folk musicians. *Personality and Individual Differences*, 63(100), 117-121. doi: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.01.064>
- Benedek, M., Jauk, E., Fink, A., Koschutnig, K., Reishofer, G., Ebner, F., & Neubauer, A. C. (2014). To create or to recall? Neural mechanisms underlying the generation of creative new ideas. *NeuroImage*, 88(100), 125-133. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.11.021>
- Benedek, M., Jauk, E., Sommer, M., Arendasy, M., & Neubauer, A. C. (2014). Intelligence, creativity, and cognitive control: The common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity. *Intelligence*, 46, 73-83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.05.007>
- Biasutti, M. (2015). Pedagogical applications of cognitive research on musical improvisation. *Frontiers in Psychology*, 6, 614. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00614>

- Castillo-Vergara, M., Galleguillos, N., Cuello, G., Alvarez-Marin, L., & Acuña-Opazo, C. (2018). Does socioeconomic status influence student creativity? *Thinking Skills and Creativity*, 29, 142-152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.005>
- Carlsson, I., Wendt, P., & Risberg, J. (2000). On the neurobiology of creativity. Differences in frontal activity between high and low creative subjects. *Neuropsychologia*, 38(6), 873-885. doi: [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00128-1](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00128-1)
- Charles, R. E., & Runco, M. A. (2000). Developmental trends in the evaluation and divergent thinking of children. *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 417-437. doi: https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1334_19
- Charyton, C., & Snelbecker, G. E. (2007). General, artistic and scientific creativity attributes of engineering and music students. *Creativity Research Journal*, 19(2-3), 213-225. doi: <https://doi.org/10.1080/10400410701397271>
- Chiang, Y., Hsu, C., & Shih, H. (2017). Extroversion personality, domain knowledge, and the creativity of new product development engineers. *Creativity Research Journal*, 29(4), 387-396. doi: <https://doi.org/10.1080/10400419.2017.1376501>
- Corbett, F., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2011). Deregulated semantic cognition follows prefrontal and temporo-parietal damage: evidence from the impact of task constraint on nonverbal object use. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 1125-1135. doi: <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21539>
- Cruz de Souza, L., Volle, E., Bertoux, M., Virginie, C., Aurelie, F., Allali, G., ... Levy, R. (2010). Poor creativity in frontotemporal dementia: A window into the neural bases of the creative mind. *Neuropsychologia*, 48(13), 3733-3742. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.010>
- De Dreu, C. K., Nijstad, B. A., Baas, M., Wolsink, I., & 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. doi: <https://doi.org/10.1177/0146167211435795>
- De Dreu, C. K. W., Baas, M., Roskes, M., Sligte, D. J., Ebstein, R. P., Chew, S., ... Shamy-Tsoory, S. G.H., (2014). Oxytonergic circuitry sustains and enables creative cognition in humans. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(8), 1159-1165. doi: <https://doi.org/10.1093/scan/nst094>
- Demarin, V., Bedekovic, M., Puretic, M., & Pasic, M. (2016). Arts, Brain and Cognition. *Psychiatria Danubina*, 28(4), 343-348.
- Dietrich, A. (2004). The cognitive neuroscience of creativity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(6), 1011-1026. doi: <https://doi.org/10.3758/BF03196731>
- Drago, V., Foster, P. S., Skidmore, F. M., & Heilman, K. M. (2009). Creativity in Parkinson's disease as a function of right versus left hemibody onset. *Journal of the Neurological Sciences*, 276(15), 179-183. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jns.2008.09.026>
- Feist, G. J. (1998). A meta-analysis of personality in scientific and artistic creativity. *Personality and Social Psychology Review*, 2(4), 290-309. doi: https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0204_5
- Fink, A., & Woschnjak, S. (2011). Creativity and personality in professional dancers. *Personality and Individual Differences* 51(6), 754-758. doi: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2011.06.024>
- Furnham, A., Batey, M., Anand, K., & Manfield, J. (2008). Personality, hypomania, intelligence and creativity. *Personality and Individual Differences*, 44(5), 4060-1069. doi: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2007.10.035>
- Gonen-Yaacovi, G., de Souza, L. C., Levy, R., Urbanski, M., Josse, G., & Volle, E. (2013). Rostral and caudal prefrontal contributions to creativity: A meta-analysis of functional imaging data. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(465), 1-22. doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00465>

- Gosling, S., Rentfrow, P., & Swann, W. (2003). A very brief measure of the Big-Five personality domains. *Journal of Research in Personality, 37*(6), 504–528. doi: [https://doi.org/10.1016/S0092-6566\(03\)00046-1](https://doi.org/10.1016/S0092-6566(03)00046-1)
- Guilford, J.P. (1950). Creativity. *The American Psychologist, 5*(9), 444–454. doi: <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Gultepe, B., & Coskum, H. (2016). Music and cognitive stimulation influence idea generation. *Psychology of Music, 44*(1) 3 –14. doi: <https://doi.org/10.1177/0305735615580356>
- Hass, R. W., & Weisberg, R. W. (2009). Career development in two seminal songwriters: A test of the equal odds rule. *Creativity Research Journal, 21*, 183–190. doi: <https://doi.org/10.1080/10400410902855275>
- Hui, A., & Lau, S. (2006). Drama education: A touch of the creative mind and communicative-expressive ability of elementary school children in Hong Kong. *Thinking Skills and Creativity, 1*(1), 34–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2005.06.001>
- Jung, R. E., Segall, J. M., Jeremy Bockholt, H., Flores, R. A., Smith, S. M., Chavez, R. S., ... Haier, R. J. (2010). Neuroanatomy of creativity. *Human brain mapping, 31*(3), 398–409. doi: <https://doi.org/10.1002/hbm.20874>
- Katz, A. (1986). The relationships between creativity and cerebral hemisphericity for creative architects, scientists, and mathematicians. *Empirical Studies of the Arts, 4*(2), 1–10. doi: <https://doi.org/10.2190/6NHB-PEV0-25KP-UKEC>
- Kleinmintz, O. M., Goldstein, P., Mayselless, N., Abecasis, D., & Shamay-Tsoory, S. G. (2014). Expertise in musical improvisation and creativity: The mediation of idea evaluation. *PLoS ONE, 9*(7), e101568. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101568>
- Kowatari, Y., Lee, H., Yamamura, H., Nagamori, Y., Nagamori, Y., Levy, P., ... Yamamoto, M. (2009). Neural networks involved in artistic creativity. *Human Brain Mapping, 30*(5), 1678–1690. doi: <https://doi.org/10.1002/hbm.20633>
- Madura, P. (1996). Relationships among Vocal Jazz Improvisation Achievement, Jazz Theory Knowledge, Imitative Ability, Musical Experience, Creativity, and Gender. *Journal of Research in Music Education, 44*(3), 252–267. doi: <https://doi.org/10.2307/3345598>
- McPherson, M., & Limb, C. (2013). Difficulties in the neuroscience of creativity: Jazz improvisation and the scientific method. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1303*, 80–83. doi: <https://doi.org/10.1111/nyas.12174>
- Nijstad, B. A., De Dreu, C. K. W., Rietzschel, E. F., & Baas, M. (2010). Towards a dual-pathway to creativity model: Creative ideation as a function of flexibility and persistence. *European Review of Social Psychology, 21*, 34–77. doi: <https://doi.org/10.1080/10463281003765323>
- Plucker, J. A., & Makel, M. C. (2010). Assessment of Creativity. In J. Kaufman and R. Sternberg (Eds.), *The Cambridge Handbook of Creativity* (pp. 48–73). New York, NY: Cambridge University Press.
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998). *Manual for Raven's Advanced Progressive Matrices*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Reuter, M., Roth, S., Holve, K., & Hennig, J. (2006). Identification of first candidate genes for creativity: A pilot study. *Brain Research, 1069*(1), 190–197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.046>
- Runco, M. A., & Richards, R. (1997). *Eminent creativity, everyday creativity, and health*. Greenwood Publishing Group: Westport, Connecticut.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal, 24*(1), 92–96. doi: <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>

- Schacter, D., Addis, D., & Buckner, R. (2007). Remembering the past to imagine the future: The prospective brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(9), 657–661. doi: <https://doi.org/10.1038/nrn2213>
- Si Si, S. Z., & Qi Yu, J. Z. (2018). The interaction of DRD2 and parenting style in predicting creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 64–77. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.11.001>
- Silvia, P. J. (2008). Another look at creativity and intelligence: Exploring higher-order models and probable confounds. *Personality and Individual Differences*, 44(4), 1012–1021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.paid.2007.10.027>
- Smith, S. M., Ward, T. B., & Schumacher, J. S. (1993). Restricción de los efectos de los ejemplos en una tarea de generación creativa. *Memory Cognition*, 21, 837–845. doi: <https://doi.org/10.3758 / bf03202751>
- Stephan, E. (2017). The influence of a foreign versus native language on creativity. *Creativity Research Journal*, 29(4), 426–432. doi: <https://doi.org/10.1080/10400419.2017.1376544>
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51(7), 677–688. doi: <https://doi.org/10.1037/0003-066X.51.7.677>
- Takeuchi, H., Tomita, H., Taki, Y., Kikuchi, Y., Ono, C., Yu, Z, ... Kawashima, R. (2015). The associations among the dopamine D2 receptor Taq1, emotional intelligence, creative potential measured by divergent thinking, and motivational state and these associations' sex differences. *Frontiers in Psychology*, 6, 912. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00912>
- Torrance, E. P. (1966). *Torrance Tests of Creative Thinking*. Lexington, MA: Personnel Press.
- Torrance, E. P. (1982). Hemisphericity and creative functioning. *Journal of research and development in education*, 15(3), 29–37.
- Wallach, M. A., & Kogan, N. (1965). *Modes of thinking in young children: a study of the creativity-intelligence distinction*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ward T. B. (1994). Structured imagination: the role of category structure in exemplar generation. *Cognitive Psychology*, 27, 1–40. doi: <https://doi.org/10.1006/cogp.1994.1010>
- Ward, T. B. (2007). Creative cognition as a window on creativity. *Methods*, 42(1), 28–37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2006.12.002>
- Yi, X., Plucker, J., & Guo, J. (2015). Modeling influences on divergent thinking and artistic creativity. *Thinking Skills and Creativity* 16, 62–68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.02.002>