



Creatividad computacional: un análisis a las teorías de M. Boden y G. Wiggins


Computational creativity: an analysis of M. Boden and G. Wiggins' theories

计算创造力：M. Boden和G. Wiggins理论分析

Criatividade computacional: uma análise das teorias de M. Boden e G. Wiggins

Edmar Olivares-Soria¹


Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

 <https://orcid.org/0000-0002-9317-3255>

edmar.olivares@aries.iimas.unam.mx (correspondencia)

Pablo Padilla-Longoria

Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

 <https://orcid.org/0000-0003-3457-6289>

pabpad@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.35622/j.ti.2023.03.003>

Recibido: 19/05/2023 Aceptado: 24/07/2023 Publicado: 13/08/2023

PALABRAS CLAVE

creatividad
computacional, teoría de
la creatividad máquina,
IGA, filosofía de la IA.

RESUMEN. La creatividad computacional es una intersección multidisciplinar que, dentro del campo de la Inteligencia Artificial, tiene distintos objetivos tales como, el desarrollo y evaluación de sistemas artificiales capaces de exhibir comportamientos creativos. En este contexto, los trabajos de Margaret Boden junto con la subsecuente problematización propuesta por G.A. Wiggins, se pueden considerar como referentes conceptuales seminales, los cuales han permitido establecer diversas reflexiones y fundamentos teóricos concretos en relación al tema en cuestión. Los trabajos de ambos autores se han desarrollado a través de diversas y distintas publicaciones asincrónicas y en ese sentido, este trabajo permite condensar en un sólo marco teórico-analítico, los diferentes elementos conceptuales sobre los tipos de creatividad, el espacio conceptual y los sistemas creativos transformacionales y exploratorios, propuestos a lo largo de dichos trabajos. Estos elementos se presentan como una herramienta útil y eficiente para poder establecer criterios teóricos formales que permitan evaluar capacidades y habilidades asociadas al comportamiento creativo exhibidos por sistemas artificiales; tanto en el desarrollo actual como en la formulación especulativa a futuro. Este artículo presenta un análisis exhaustivo, detallado y condensado del trabajo de Boden y la subsecuente problematización de Wiggins al respecto de ideas, formulaciones teóricas y conceptos clave en el campo de la creatividad computacional. En este sentido, el presente artículo contribuye a la comprensión y difusión de las ideas fundamentales del campo de la Creatividad computacional, estableciendo un análisis condensado y detallado sobre dichos temas, con el fin de funcionar, además, como una referencia de consulta académica.

¹ Investigador en el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas IIMAS, UNAM, México



KEYWORDS

computational Creativity, machine creativity theory, AGI, philosophy of AI.

ABSTRACT. Computational creativity is a multidisciplinary intersection within the field of Artificial Intelligence, which has different objectives such as the development and evaluation of artificial systems capable of exhibiting creative behaviors. In this context, the works of Margaret Boden along with the subsequent problematization proposed by G.A. Wiggins can be considered as seminal conceptual references, which have allowed for various reflections and concrete theoretical foundations related to the subject matter. The works of both authors have been developed through diverse and distinct asynchronous publications, and in this sense, this paper condenses the different conceptual elements on types of creativity, conceptual space, and transformative and exploratory creative systems proposed throughout those works into a single theoretical-analytical framework. These elements are presented as a useful and efficient tool to establish formal theoretical criteria for evaluating capacities and abilities associated with creative behavior exhibited by artificial systems, both in current development and in speculative formulation for the future. Therefore, this article presents a comprehensive, detailed, and condensed analysis of Boden's work and Wiggins' subsequent problematization regarding key ideas, theoretical formulations, and concepts in the field of Computational creativity. In this regard, the present article contributes to the understanding and dissemination of the fundamental ideas in the field of Computational Creativity, establishing a condensed and detailed analysis of these topics, and serving as a reference for academic consultation.

关键词

计算创造力、机器创造力理论、IGA、人工智能哲学。

抽象的。 计算创造力是一个多学科交叉点，在人工智能领域内，具有不同的目标，例如开发和评估能够表现出创造性行为的人工系统。在此背景下，玛格丽特·博登 (Margaret Boden) 的著作以及随后由 G.A. 提出的问题化。威金斯可以被认为是开创性的概念参考，它允许建立与所讨论的主题相关的各种反思和具体的理论基础。两位作者的作品都是通过多样化和不同的异步出版物发展起来的。从这个意义上说，这项工作可以将创造力类型、概念空间和创意系统的不同概念要素浓缩在一个理论分析框架中。和探索性的，在这些作品中提出。这些要素被视为一种有用且有效的工具，能够建立正式的理论标准，从而评估与人工系统表现出的创造性行为相关的能力和技能；无论是在当前的发展中还是在未来的推测中。因此，本文对博登的工作和威金斯随后对计算创造力领域的思想、理论表述和关键概念的问题化进行了详尽、详细和浓缩的分析。从这个意义上说，本文有助于理解和传播计算创造力领域的基本思想，对这些主题进行凝练和详细的分析，同时也可以作为学术咨询的参考。

PALAVRAS-CHAVE

computação criativa, teoria da criatividade de máquina, IGA, filosofia da IA.

RESUMO. A criatividade computacional é uma interseção multidisciplinar que, dentro do campo da Inteligência Artificial, tem diversos objetivos, tais como o desenvolvimento e a avaliação de sistemas artificiais capazes de exibir comportamentos criativos. Neste contexto, os trabalhos de Margaret Boden, juntamente com a subsequente problematização proposta por G.A. Wiggins, podem ser considerados como referências conceituais seminais, que permitiram estabelecer diversas reflexões e fundamentos teóricos concretos relacionados ao tema em questão. Os trabalhos de ambos os autores foram desenvolvidos através de diversas e distintas publicações assíncronas e, nesse sentido, este trabalho possibilita condensar em um único quadro teórico-analítico os diferentes elementos conceituais sobre os tipos de criatividade, o espaço conceitual e os sistemas criativos transformacionais e exploratórios, propostos ao longo desses trabalhos. Esses elementos são apresentados como uma ferramenta útil e eficiente para estabelecer critérios teóricos formais que permitam avaliar capacidades e habilidades associadas ao comportamento criativo exibido por sistemas artificiais, tanto no desenvolvimento atual quanto na formulação especulativa no futuro. Este artigo apresenta, portanto, uma análise exaustiva, detalhada e condensada do trabalho de Boden e da subsequente problematização de Wiggins em relação a ideias, formulações teóricas e conceitos-chave no campo da Criatividade Computacional. Nesse sentido, o presente artigo contribui para a compreensão e disseminação das ideias fundamentais no campo da Criatividade computacional, estabelecendo uma análise condensada e detalhada

1. INTRODUCCIÓN

La creatividad computacional como subárea de la Inteligencia Artificial y en particular, de la Inteligencia Artificial General (IGA), tiene entre otros, tres objetivos primarios: a) la comprensión del fenómeno de la creatividad humana, b) la modelación de la creatividad y c) el desarrollo y evaluación de sistemas artificiales capaces de exhibir comportamientos creativos (Pind, 1994).

En este contexto, el trabajo de Margaret Boden es sin duda un referente obligado el cual ha permitido establecer ideas seminales y diversos fundamentos teóricos concretos en relación al tema en cuestión, introduciendo conceptos ampliamente conocidos como los tipos de creatividad (exploratoria, combinacional y transformacional), la P-Creatividad/H-Creatividad y la tipificación de la idea creativa (novedad-sorpresa-valor).

Por supuesto, los orígenes de la Creatividad computacional (como la mayor parte de todo lo relacionado con la IA) están inexorablemente ligados al punto histórico de inflexión del *Computing Machinery and Intelligence* (1956) de Alan Turing, pero de manera más concreta, resulta relevante por ejemplo, el trabajo de Rhodes (1961), quien introduce el conocido término “*4P’s of creativity*” que hace referencia al hecho de que la creatividad puede entenderse como la consecuencia de la interacción de cuatro componentes fundamentales: i) *proceso*, ii) *persona*, iii) *producto* y iv) *premsa* (ambiente/entorno). Por su parte, Simon (1969) en su “*The Science of the Artificial*”, introduce la idea de que los sistemas artificiales tienen el papel de generar *ideas nuevas y valiosas*; concepto que será retomado directamente por Boden posteriormente. De manera similar, el GPS (*General Problem Solver*) desarrollado por Simon, Shaw y Newell en 1951, puede ser considerado como un antecedente de los acercamientos computacionales al contexto de la creatividad (Ernst & Newell, 1969).

De igual modo, es de relevancia histórica la objeción de Lady Lovelace a la “Prueba de Turing” que Bringsjord et al. (2000) parafrasean como: “Las computadoras no pueden crear nada ya que la creación requiere, mínimamente, originar algo. Pero las computadoras no originan nada; ellas simplemente hacen lo que les ordenamos a través de programas” (p. 2).

Como consecuencia de esto, Bringsjord et al. (2000) proponen la llamada “Prueba de Lovelace” (*Lovelace Test*) con el fin de establecer un criterio crítico sobre las capacidades creativas de un sistema artificial: “Nos parece que una mejor prueba es aquella que insiste en una cierta relación epistémica restrictiva entre un agente artificial **A**, su salida **O**, y el arquitecto humano **H** de **S**” (p.6).

En etapas posteriores destaca, por ejemplo, el trabajo de Longuet-Higgins (1984, 1994), que además de ser un referente en el área de la cognición musical, representa un antecedente al respecto de la creatividad (humana y artificial) en la música. Haciendo un salto aún mayor tenemos, por ejemplo, el trabajo de Cropley y Kaufman (2012) y Cropley y Rebecca (2021) en los que se establecen marcos referenciales para “medir” la creatividad y delimitar los procesos creativos humanos y artificiales, relacionado con el concepto de “novedad” y “efectividad”. Por su parte, Hageback (2022) propone lo que él denomina *teoría de la combinación conceptual (conceptual blend theory)* en la que establece una estructura teórica para analizar y representar la interacción humano-máquina desde la perspectiva de la cooperación, con el fin de generar procesos creativos.

En este sentido, el trabajo de Boden se mantiene como un referente en el campo actual de la Creatividad computacional y su relevancia radica justamente en la presentación de ideas concretas que, del mismo modo que se posicionan como seminales, han sido revisadas y criticadas en diversas ocasiones debido principalmente, a una falta de formalización en sus planteamientos y a la presencia de notables ambigüedades en varios de sus conceptos. De este modo, el trabajo de G.A. Wiggins ha buscado ampliar, estructurar y formalizar las ideas de Boden, planteando un marco mucho más riguroso y específico a partir del cual se pueden establecer análisis y conceptualizaciones de la creatividad en sistemas computacionales (tanto para la implementación como para la evaluación) desde una perspectiva teórica.

Así, el trabajo de Boden y la subsecuente formalización de Wiggins, plantean estructuras conceptuales que funcionan como un corpus teórico para la integración multidisciplinar de las distintas áreas involucradas en el campo de la Creatividad computacional (tales como las neurociencias, ciencias cognitivas, filosofía, psicología, aprendizaje máquina y por supuesto, la inteligencia artificial General) y sobre todo, se presentan como una herramienta útil y eficiente para poder establecer criterios formales que permitan evaluar capacidades y habilidades asociadas al comportamiento creativo que son exhibidas por sistemas artificiales como los ya mencionados.

Por supuesto, al día de hoy, el trabajo de Boden y Wiggins no representa el único referente teórico conceptual para estructurar el corpus de la Creatividad computacional; destacan, por ejemplo, los modelos planteados por Bundy (1994) y Pease et al. (2001).

Al respecto de este campo, diversas perspectivas del área de la Creatividad computacional están enfocadas, no sólo en comprender los mecanismos cognitivos subyacentes de la capacidad creativa humana, sino en modelar matemática y computacionalmente dichos procesos, para estudiar las posibilidades de diseñar sistemas artificiales que sean capaces de exhibir comportamiento creativo. En ese sentido, el campo de la Creatividad computacional es considerada una subárea de la Inteligencia Artificial la cual está enfocada al estudio, desarrollo, reflexión y conceptualización de sistemas artificiales que sean capaces de exhibir dichas capacidades y/o comportamientos.

Ciertamente, esto supone establecer diversos objetos de estudio o, mejor dicho, diversas aproximaciones epistemológicas para abordar la problemática en cuestión, ya que preguntas naturalmente lógicas surgen de manera inmediata ante tal escenario: ¿qué es o cómo puede entenderse/definirse la creatividad humana? ¿cuándo un objeto/artefacto/producto se considera creativo y bajo qué circunstancias y/o contextos? ¿cuáles son los procesos cognitivos que dan lugar a la creatividad humana o que al menos, la delimitan y/o guían? ¿es posible modelar la creatividad (o algunos procesos que puedan desarrollar productos potencialmente creativos) en términos computacionales? y si es así, ¿cuáles son los procesos/algoritmos que históricamente y al día de hoy han funcionado para dicho fin? ¿puede una máquina o sistema computacional ser considerado como creativo? y finalmente, ¿puede surgir la creatividad en un sistema artificial como un epifenómeno inherente de su propia existencia? o, dicho de otro modo, ¿será posible desarrollar en algún momento, sistemas computacionales en los cuales surja capacidad creativa y que, por lo tanto, puedan ser considerados creativos de manera autónoma y bajo su propio derecho?

2. MÉTODO

En este trabajo se presenta un análisis detallado y extenso de las ideas y conceptos de Boden al respecto de la Creatividad computacional y de la subsecuente problematización correspondiente presentada por Wiggins. Esta revisión analítica se construye mediante una revisión exhaustiva y cruzada de los diversos trabajos de M. Boden y G. Wiggins, así como algunas referencias específicas en las que se ha buscado interpretar ciertos aspectos del trabajo de cada uno.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para Hodson (2020) la Creatividad computacional tiene la tarea tanto de definir los fundamentos filosóficos de la búsqueda de la creatividad, como de transferir dicho entendimiento tentativo en máquinas reales que sean convincentes y valiosas para la sociedad. Por su parte, Colton Y Wiggins (2012) afirman de la Creatividad computacional, que esta tiene como objetivo desarrollar softwares que exhiban el comportamiento que podría ser considerado como creativo en humanos (Macedo y Cardoso, 2001).

Dentro de los trabajos seminales al respecto de la Creatividad computacional, las aportaciones de Boden (1998, 2009, 2014) son consideradas y utilizadas aún hoy en día como referentes fundacionales, ya sea para el desarrollo funcional de los sistemas computacionales en sí, como para las distintas aproximaciones epistemológicas. Si bien al día de hoy, las ideas de Boden han sido ampliamente problematizadas e incluso confrontadas (como las posteriores formalizaciones de Wiggins (2005a, 2006, 2014), en definitiva, siguen manteniéndose como un punto referencial clave para el estudio general de la Creatividad computacional.

Creatividad computacional desde la mirada de Margaret Boden

La idea de creatividad

Para Boden, existen tres áreas que deben ser consideradas primordiales en el estudio y desarrollo de sistemas computacionales inteligentes y que son además (de acuerdo a la misma autora), de una enorme dificultad para modelar en general, dentro del campo de la IA. A saber: a) el lenguaje, b) la creatividad y c) las emociones. Aquí la distinción entre modelación y epifenómeno es clave, pues con frecuencia se confunden estos dos objetivos:

En este sentido, ya sea que se busque modelar computacionalmente estas tres capacidades o que el camino sea implementarlas como habilidades/características innatas (como epifenómeno cognitivo artificial) de algún sistema inteligente, el camino parece ser el mismo, es decir, definir lo que es creatividad, o al menos establecer un conjunto de propiedades definitorias que permitan establecer un entendimiento de la misma y por lo tanto una potencial implementación (del tipo que sea) en sistemas computacionales; supongamos que sistemas AGI² futuros han igualado las capacidades humanas. ¿Tendrán inteligencia real, comprensión real, creatividad real? ¿Tendrían su propio ser, principios morales, o libre albedrío? ¿Serían conscientes? Y sin conciencia ¿podrían tener cualquiera de estas otras propiedades? (Boden, 2014, p.24).

Boden (1998) plantea de manera explícita que una idea creativa es aquella que es **novedosa, sorpresiva y valiosa**. Estas tres propiedades son para la autora, las únicas que permiten establecer si existe creatividad o no, en algún

² Las siglas AGI hacen referencia al término *Artificial General Intelligence*.

concepto, producto o idea³, aclarando además que, la creatividad no es una característica o facultad perteneciente a algún grupo social específico y que, de hecho, esta capacidad/habilidad puede encontrarse en todas las actividades cotidianas de la vida humana: asociación de ideas, percepción, razonamiento analógico, autocrítica reflexiva, etc.

Las tres características anteriores al respecto de lo que Boden considera que un *artefacto* debe poseer para ser creativo (novedad, sorpresa y valor) han funcionado de hecho, como ejes o guías para la investigación general en el contexto de la Creatividad computacional, en el sentido de que se busca desarrollar sistemas capaces de generar productos/artefactos/conceptos/ideas novedosas y que puedan ser consideradas como valiosas dentro de los contextos socioculturales específicos relacionados a las bases de conocimiento correspondiente.

Al respecto de la novedad, Boden (1998) plantea una clasificación breve:

- a) **P-Creatividad** o **creatividad-psicológica**. Está asociada al descubrimiento y/o generación de artefactos/ideas que son novedosas de manera local, para la mente del individuo (o sistema AI) en cuestión y por lo tanto corresponde al desarrollo/descubrimiento de ideas que el individuo desconocía hasta ese momento.
- b) **H-Creatividad** o **creatividad-humana**. Es la habilidad de desarrollar ideas novedosas que no habían sido planteadas antes en la historia de la humanidad.

De manera lógica, la P-creatividad es un fenómeno que surge de manera más común y usual tanto en las distintas actividades cotidianas como en el conjunto de todas las prácticas creativas (ciencias, artes, tecnología, etc.) y en ese sentido, la H-creatividad es en realidad (y de acuerdo a la autora) un caso particular de la primera. Esto puede bien observarse, a partir del hecho de que todas las ideas H-creativas son a su vez P-creativas, pero no todas las ideas P-creativas son H-creativas. Para esta autora, la IA (y en particular la IA general) debería concentrarse en el desarrollo computacional de la P-creatividad, bajo el entendido de que si se logra modelar esta P-creatividad de una manera poderosa, entonces, la H-creatividad artificial logrará ocurrir en algunos casos de manera consecuente (Boden, 1998).

Al respecto de la afirmación anterior la autora enlista algunos casos exitosos en las que esto ha sucedido, sin embargo (y tal y como sucede con varias de sus afirmaciones) parece existir una ambigüedad para sustentar la misma de una manera mucho más formal o explícita, y esta es precisamente uno de los puntos que algunos autores han señalado y problematizado. De cualquier modo, para Boden, lo novedoso está directamente asociado con lo P-creativo en un sentido casi intercambiable.

Estas ideas están por demás relacionadas al llamado *modelo 4C* (Kaufman and Beghetto 2009, Runco 1996, Vygotsky 2004, Cohen 1989 y Beghetto et al. (2016) que consiste en a) *Mini-C* (creatividad personal), b) *Little-C* (creatividad cotidiana), c) *Pro-C* (creatividad profesional) y d) *Big-C* (creatividad eminente), de acuerdo a lo recapitulado por Marrone et al. (2022).

Por otro lado, al respecto de las otras dos características representativas de un artefacto creativo (sorpresa y valor), la autora plantea algunos esbozos generales para definir las; pero, en definitiva, ambas están directamente

³ Aquí vale la pena introducir el término de *artefacto* como generalización que incluye justamente a la noción de idea, producto y concepto y en este sentido, a partir de este punto, dicho término se usa en el presente trabajo justamente con esa intención.

relacionadas al conjunto de valores establecidos en el sistema socio-cultural relacionado al campo o base de conocimiento dentro del cual se desarrollan dichos artefactos (espacio conceptual).

La *sorpresa* tiene que ver con una reacción por parte de los individuos pertenecientes o embebidos en el contexto socio-cultural en el cual se desarrolla el artefacto creativo y de acuerdo a la autora, dicha característica está relacionada con el asombro que surge ante un grado de imposibilidad pensada hasta antes de la aparición de dicho artefacto y al respecto del mismo. Boden (2009) habla de tres significados asociados a la característica de *sorpresa* derivados sobre todo por la inusualidad estadística:

- a) El artefacto se ubica fuera de las expectativas del sentido común general asociado al campo de conocimiento o estilo de pensamiento.
- b) El artefacto no había sido vislumbrado antes por nadie, como una posibilidad.
- c) El artefacto había sido considerado anteriormente pero nadie había logrado/pensado que pudiera ser llevada a cabo o lograda o si ocurría esto, se pensaría que su resolución sería contraintuitiva hasta el momento en que surge dicha solución.

La última característica asociada a lo creativo, es la de *valor*, y de manera lógica, se relaciona directamente con el grado de aceptación situada, al respecto del artefacto desarrollado, por parte del contexto socio-cultural correspondiente y en concordancia con los cánones de apreciación operantes y dominantes de dicho contexto.

En este punto, las dificultades asociadas a la concepción de *valor* de una idea/concepto/artefacto creativo, tal y como las plantea la autora, pueden no estar del todo justificadas si se hace una descripción un poco más detallada y ordenada de lo que es el espacio conceptual o mejor dicho, de los espacios conceptuales, los cuales estarían asociados inherentemente a un dominio o base de conocimiento/pensamiento en particular y por lo tanto, los procesos, mecanismos y estándares de valoración serían operantes de manera autónoma (pero no aislada) en cada contexto específico. Dicho de otro modo, habría que establecer primero la idea de espacio conceptual, dotándolo de una estructura correspondiente de acuerdo a las tres características operantes de Boden (novedad, valor, sorpresa), para después hablar de espacios conceptuales particulares y proponer mapeos que puedan funcionar como interacciones de dominios cruzados de conocimiento/pensamiento o incluso, plantearse dicha perspectiva en términos sistémicos (y por lo tanto, de intercambio bidireccional de dichas interacciones) lo cual daría lugar precisamente, a la dinámica emergente sobre los mecanismos de valoración interdominio.

Espacio conceptual

De acuerdo a la autora, existen tres *tipos de creatividad* o tres modos/procesos a través de los cuales es posible descubrir/desarrollar artefactos que puedan ser considerados creativos. Estos tipos de creatividad responden a tres tipos de actividades específicas en torno a un conjunto muy particular denominado *espacio conceptual*. Dicho conjunto puede ser entendido de manera informal, como el espacio que contiene estilos estructurados de pensamiento, como por ejemplo, modos de hacer algo o resolver una tarea, estilos artísticos, teorías científicas y en particular, cualquier modo de pensamiento disciplinado que es familiar a un cierto grupo social (Boden, 1998); es además para la autora, el elemento primordial para el desarrollo inherente de la creatividad:

“Los espacios conceptuales son estilos estructurados de pensamiento. Se eligen por lo general, desde la cultura propia originaria de cada individuo y ocasionalmente son extraídos de otras culturas ajenas.

En cualquier caso, ya existen de antemano; no se originan por una mente individual... Dentro de un espacio conceptual, muchos pensamientos son posibles, pero sólo algunos de ellos han sido pensados o realizados” (Boden 2009, p.4).

De este modo, para Boden, el espacio conceptual no es sólo indispensable para la generación de ideas/conceptos/artefactos creativos, sino que lo es de igual modo, para que dichas ideas puedan tener una apreciación y autoevaluación significativa; más aún (y de manera incluso quizá más primaria), la necesidad de la comprensión y formulación de dichos espacios está asociada al hecho fundacional de entender a la creatividad misma.

A pesar de ser un elemento tan fundamental, la autora no define con claridad lo que es el *espacio conceptual*, por lo que es necesario realizar interpretaciones de este concepto a partir de sus distintos escritos. De esta manera, el *espacio conceptual* que plantea Boden puede ser entendido como el conjunto de todos los artefactos posibles para un contexto particular, en donde lo posible está asociado a lo potencial de existir o surgir. De modo natural, existiría un subconjunto dentro de dicho conjunto, y es el que correspondería al que contiene a todos aquellos artefactos que ya han surgido (tanto en el sentido P-creativo como en el sentido H-creativo). Es posible proponer una notación para lo anterior del modo siguiente:

$$\Delta = \{s \mid s \text{ es un artefacto potencial o posible}\}$$

$$\Omega = \{p \mid p \text{ es un artefacto que ya ha surgido}\}$$

De lo anterior y de manera natural, es posible definir el conjunto de todos aquellos artefactos posibles pero que no han surgido aún, como:

$$\Delta \setminus \Omega$$

De este modo, los tres tipos de creatividad podrían ser entendidos como tres procesos distintos y correspondientes de relacionarse con el espacio conceptual: a) la combinación, b) la exploración y c) la transformación, en donde cada uno de estos procesos permite transitar entre los artefactos potenciales; tanto los que ya han surgido como los que no.

Tipos de creatividad.

Como ya se dijo en la sección anterior, para Boden, existen tres procesos o actividades primordiales que permiten la generación de artefactos creativos. Estos procesos están asociados a maneras concretas de relacionarse con el espacio que contiene los conceptos de un dominio o base de conocimiento específico.

La *creatividad combinacional* consiste de acuerdo a la autora, en la combinación novedosa y/o improbable de artefactos familiares o conocidos y está fundamentada en la premisa de que, dichas combinaciones, cuando son realizadas con un apropiado desarrollo y sustento semántico que guíe hacia un resultado inteligible (y por lo tanto valioso), puede culminar en artefactos que generen sorpresa estadística (en el sentido de la improbabilidad de la ocurrencia de dicho artefacto de manera previa): “En la creatividad combinacional, ideas familiares son combinadas en modos no familiares. Ejemplos incluyen el collage visual, el imaginario poético y las analogías científicas (el corazón como una bomba, el átomo como un sistema solar)” (Boden, 2014, p.3).

Para Boden (2009), la creatividad combinacional involucra el uso de recursos mentales generales que no están necesariamente restringidos a un dominio de conocimiento o un estilo de pensamiento en particular y que

incluyen conceptos y puentes conceptuales como la superordinación, la similaridad y la contradicción, pero que además están basados en el sentido común de la experiencia cotidiana colectiva e individual y demás aprendizajes fenoménicos habituales.

La analogía parece ser el ejemplo más directo de esto último, en el sentido de que, para generar dicho artefacto de manera exitosa, es necesario dilucidar una relación abstracta, entre dos artefactos que por lo general radican en espacios conceptuales distintos y en ese sentido, la analogía funcionaría como un mapeo que plantea una suerte de equivalencia entre dichos elementos.

Por otro lado, la *creatividad exploratoria* como su nombre lo indica, está relacionada con el acto de explorar un espacio conceptual dado, con el fin de encontrar artefactos novedosos e inesperados pero que sean, además, valorados y aceptados por los cánones establecidos en el estilo de pensamiento/base de conocimiento que caracteriza al espacio conceptual en cuestión. Claramente, la creatividad exploratoria puede interpretarse como una búsqueda tal que los elementos seleccionados cumplan las condiciones de ser novedosos y valorados.

Boden (1998) especifica que este tipo de creatividad involucra la generación de ideas novedosas mediante la exploración de espacios conceptuales estructurados. Aquí se hace énfasis en el adjetivo “estructurados” ya que derivado de ello, surge la pregunta natural de conocer cuáles son las características que definen la estructura de un espacio conceptual o dicho de otro modo, ¿qué es lo que provoca que el espacio posea o no, la cualidad de ser estructurado? Aunque la autora no especifica esto, la suposición más inmediata (y quizá la más natural también) es que la cualidad de “estructura” está asociada directamente a la inteligibilidad y por lo tanto, a la capacidad de ser valorado mediante los cánones respectivos del dominio de conocimiento. Lo anterior se justifica a partir del hecho de que un artefacto que radique en un espacio conceptual puede no necesariamente ser coherente o poseer un sentido comprensible inherente. De cualquier modo, para Boden (2009), en la creatividad exploratoria las reglas estilísticas o convenciones, son usadas para generar nuevos artefactos que pudieron o no ser pensados como posibles, antes del acto de la exploración misma.

Finalmente, la *creatividad transformacional* hace referencia a la transformación de una o más dimensiones del espacio conceptual de modo tal que, nuevas estructuras que no hubieran podido ser desarrolladas anteriormente, puedan ser generadas (Boden, 1998). Del mismo modo, este tipo de creatividad es aquella que guía a la sorpresa imposibilista (Boden, 2009), al precisamente, alterar alguna dimensión definitoria del estilo o del espacio conceptual de modo tal que se puedan generar estructuras inéditas que no hubieran podido ser desarrolladas con anterioridad.

De nuevo surge una ambigüedad aquí, en el sentido de que la autora no especifica cómo concibe las “dimensiones” del *espacio conceptual*, dando más bien, una idea vaga cuando afirma que *mientras más fundamental sea la dimensión correspondiente y mientras más poderosa resulte la transformación, las ideas generadas serán más sorpresivas*. Dado que con lo anterior se hace referencia a un tipo de jerarquización de dichas “dimensiones”, es posible especular que se trata en realidad, de atributos característicos y sobre todo distintivos que definen al espacio conceptual.

Tómese, por ejemplo, en el espacio conceptual de un estilo musical como podría ser el jazz; más aún, de un subtipo particular (o género) de jazz como podría ser quizá, el bebop. Es claro que existen una serie de atributos concretos que lo diferencian y definen de otros espacios conceptuales y de entre los cuales se podría pensar en, la dotación instrumental, los estilos de las frases rítmicas de cada instrumento, la duración de las obras, las

modulaciones tonales, las sustituciones armónicas, etc. En esta perspectiva, si se logra ubicar cuál de estos atributos posee un mayor peso de caracterización para con dicho espacio conceptual, el transformar dicho atributo, resultará, de acuerdo a la premisa de la autora, en artefactos creativos, novedosos y sorprendidos, pero bajo ciertas condiciones tales como que, mientras más fundamental sea la transformación y la dimensión transformada, más diferentes serán las nuevas estructuras posibles. Si las transformaciones son demasiado extremas, las relaciones entre el nuevo y viejo espacio no serán aparentes de manera inmediata y en tales casos, las nuevas estructuras serán ininteligibles y muy probablemente rechazadas.

Quizá una de las consecuencias más notables al respecto (pero quizá también más lógicas) de la creatividad transformacional es que, de acuerdo a la autora, a través de este proceso, los estilos de pensamiento que caracterizan un espacio conceptual, pueden ser cambiados expandiendo dicho espacio e incluso dando lugar a las condiciones y/o contextos necesarios para la gestación de unos nuevos.

De este modo, se han analizado hasta ahora, los conceptos e ideas más relevantes y referenciadas, de la autora en cuestión, al respecto de la Creatividad computacional. En la siguiente sección se abordará ahora, un análisis detallado de la problematización que realiza G. Wiggins al respecto de las ideas de M. Boden.

La problematización de la Creatividad computacional de G. Wiggins.

Como se mencionó anteriormente, si bien las ideas y trabajos de Boden han fungido como referentes fundacionales y seminales para la reflexión epistemológica al respecto de la Creatividad computacional, es también cierto que algunos autores han problematizado y criticado sus ideas debido en general, a una marcada presencia de ambigüedad en los conceptos y desarrollo de argumentos; para ilustrar, se puede citar a Wiggins (2005), quien sostiene que “El desarrollo filosófico de la creatividad de Boden ha sido criticado argumentando que no logra abarcar adecuadamente algunos aspectos de las situaciones creativas” (p.1). En consonancia, en 2006, este mismo autor señala lo siguiente: “Una crítica frecuente al enfoque de Boden radica en su falta de minuciosidad, ya que no queda claro cómo se ensamblan los diversos componentes para crear una formulación concreta del comportamiento creativo” (p.1).

Al respecto, Wiggins (2005, 2006a, 2012) ha desarrollado aportaciones para formalizar las ideas de Boden dentro de una estructura conceptual mucho más organizada y definida, permitiendo con ello, además, establecer comprensiones y lecturas alternativas a las propuestas por Boden al respecto de la Creatividad computacional. En ese sentido, Wiggins (2005) plantea una definición provisional de Creatividad computacional la cual le permitirá clarificar diversos conceptos relacionados: “La Creatividad computacional es el estudio y soporte mediante medios y procesos computacionales, de comportamiento exhibido por sistemas naturales y artificiales los cuales serían considerados como creativos si fueran exhibidos por humanos” (p.2).

En este sentido, Wiggins (2005) inicia su planteamiento considerando los procesos y los agentes involucrados en el desarrollo y estudio de la Creatividad computacional, agregando además desde la generalidad, que un sistema creativo es cualquier agente natural o artificial que, a través de ciertos procesos, exhibe dicho comportamiento. La Creatividad computacional desde la mirada de Wiggins busca entonces, no solo estudiar sino modelar sistemas creativos artificiales y para lograrlo es necesario por supuesto, formular algunos elementos que apunten a una comprensión de la capacidad de la creatividad, permitiendo con ello, establecer, además, las características concretas que se buscarían modelar e implementar en sistemas artificiales. Wiggins

(2006) propone en este contexto, las siguientes definiciones al respecto de los elementos que integrarán la formulación detallada de Creatividad computacional:

- **Sistema creativo.** Una colección de procesos naturales o automáticos que son capaces de lograr o simular un comportamiento tal que, si fuera observado en humanos, sería considerado creativo.
- **Comportamiento creativo.** Uno o más de los comportamientos exhibidos por un sistema creativo.
- **Novedad.** La propiedad de un artefacto (abstracto o concreto) que es generado por un sistema creativo y que surge de una no-existencia previa de artefactos similares o idénticos dentro del contexto en el que dicho artefacto es producido.
- **Valor.** La propiedad de un artefacto (abstracto o concreto) que es generado por un sistema creativo que lo hace deseable dentro del contexto en el que es producido.

A partir de estos conceptos, Wiggins (2006b) propone una estructura o marco descriptivo para el análisis y definición de los sistemas creativos y para ello inicia con un conjunto universo que contiene a todos los posibles conceptos⁴ en tanto potencialidad de existencia:

Definición 1: Sea \mathcal{U} un espacio multidimensional cuyas dimensiones son capaces de representar cualquier cosa y en donde todos los posibles conceptos corresponden a puntos que pertenecen a \mathcal{U} .

Al respecto de la descripción de \mathcal{U} como el conjunto que contiene todos los posibles conceptos, Wiggins (2006) enfatiza incluso que todos ellos corresponden tanto a conceptos abstractos como concretos y que, a partir de esto, dicho conjunto universo también es capaz de representar artefactos completos e incompletos, considerando en particular, al concepto vacío el cual denomina como \mathbf{T} .

A partir de estas ideas, el autor propone cuatro axiomas los cuales se muestran a continuación con ciertas modificaciones para su claridad:

Axioma 1: Universalidad. Todos los posibles conceptos incluyendo \mathbf{T} , están representados en \mathcal{U} .

Axioma 2: Todos los conceptos en el universo son mutuamente no-idénticos:

$$\forall c, c^* \in \mathcal{U} \quad c \neq c^*$$

Axioma 3: Sea la familia:

$$\Sigma = \{C \mid C \text{ es un espacio conceptual}\}$$

Entonces:

$$\forall C \in \Sigma, C \subseteq \mathcal{U}$$

Axioma 4: Todos los espacios conceptuales incluyen al concepto vacío:

⁴ Cabe hacer la aclaración de que, mientras Boden hace referencia a “ideas”, “productos”, “artefactos” y “conceptos” (y que de hecho, derivado de esto, en la sección anterior se optó por nombrar de manera generalizada como “artefacto” a cualquier elemento de este estilo), para Wiggins, parece ser que es el término “concepto”, el que precisamente generaliza todos los anteriores. Esta elección tiene sentido y coherencia sobre todo porque va en concordancia con precisamente, el término y significado de “espacio conceptual”.

$$\forall C \in \Sigma, T \in \mathcal{C}$$

Una pregunta natural que surge ante este contexto, tiene que ver con saber ¿cuáles son los elementos que estarían en la diferencia del universo con el espacio conceptual? o dicho de otro modo, ¿qué clase de conceptos no pertenecerían al espacio conceptual? Wiggins plantea (acorde con las ideas de Boden), que la creatividad exploratoria es el proceso a través del cual es posible ubicarse dinámicamente en diferentes puntos del espacio conceptual \mathcal{C} . Entonces, para cualquier $c \in \mathcal{U} \setminus \mathcal{C}$, dicho concepto no podría ser alcanzado mediante la exploración de \mathcal{C} y se necesitaría expandir este espacio conceptual para poder llegar a dicho punto; i.e. se necesitará recurrir a la creatividad transformacional.

Dicho de otro modo y parafraseando lo planteado en Wiggins (2006a), la necesidad de que el espacio conceptual sea un subconjunto no estricto del conjunto universo radica en que, si fueran iguales, entonces, todos los conceptos podrían ser alcanzados siempre por exploración y así, la transformación sería innecesaria. Desde esta consideración, lo que hace el autor, es definir más detalladamente lo que es el espacio conceptual de una manera a posteriori y a partir de ir presentando diversas características del mismo en el desarrollo de los argumentos derivados de sus axiomas.

Sistemas creativos exploratorios y transformacionales.

Con el objetivo de establecer una clarificación de las ideas de creatividad exploratoria, combinacional y transformacional de Boden, Wiggins (2006a) plantea lo que él denomina, *conjuntos de reglas de restricción y de exploración*, denotados por \mathcal{R} y \mathcal{T} respectivamente, en el contexto del espacio conceptual. En este contexto, \mathcal{R} permitiría, a través de sus elementos (reglas) delimitar un espacio conceptual dado, dentro del universo. Por su parte, \mathcal{T} dotaría a dicho conjunto, de los mecanismos para poder transitarlo o “explorarlo”, i.e. para poder trasladarse entre puntos de dicho espacio (conceptos).

Con esto, el autor busca delimitar la noción de creatividad transformacional y creatividad exploratoria propuestas por Boden, al proponer que dichos procesos sean llevados a cabo mediante reglas cualesquiera pero que puedan ser enumeradas (en el sentido de conjuntos). Las reglas tanto de \mathcal{R} como de \mathcal{T} , necesitan estar expresadas en términos de algún lenguaje \mathcal{L} , el cual a su vez debe estar definido mediante algún alfabeto \mathcal{A} y como consecuencia de ello, el autor propone que:

$$\mathcal{R} \in \mathcal{L}$$

$$\mathcal{T} \in \mathcal{L}$$

Dicho de otro modo, los *conjuntos de restricción y exploración*, contienen elementos semántico-sintácticos coherentes en \mathcal{L} , los cuales permitirán describir los mecanismos correspondientes mediante el uso de símbolos pertenecientes a \mathcal{A} :

El conjunto \mathcal{R} define entonces, lo que significa que un artefacto sea del tipo particular en el que estamos interesados en crear: una pieza musical, una broma, etc. Para poder seleccionar e implementar alguna o algunas reglas específicas del conjunto restricción, el autor introduce una función de interpretación que de acuerdo a su propia descripción, es una función parcial de \mathcal{L} a las funciones que arrojan valores en el intervalo $[0, 1]$ (Wiggins, 2006, p.4).



Aunque el autor no especifica de manera clara la construcción de esta función, es posible interpretar sus ideas para poder entender a dicha función del modo siguiente:

$$\|\cdot\| : \mathcal{L} \rightarrow \mathcal{S}[0, 1]$$

donde $\mathcal{S}[0, 1]$ es el conjunto de funciones tales que:

$$f: \mathcal{U} \rightarrow [0, 1]$$

De este modo, \mathcal{R} es un conjunto de reglas expresadas en el lenguaje \mathcal{L} , que seleccionan un conjunto aceptable o relevante de \mathcal{U} . Si bajo el conjunto de reglas \mathcal{R} , el concepto es adecuado para el dominio del conocimiento, entonces la función tendrá un valor mayor a 0.5 y cuando no sea este el caso, la función será menor a 0.5 según el propio autor. Por lo tanto, dado $\mathcal{R} \in \mathcal{L}$ y algún concepto (completo o incompleto), $u \in \mathcal{U}$, $\|\mathcal{R}\|(u)$, será la función que asigne un valor numérico (en el intervalo $[0, 1]$) al proceso de aplicar dicho conjunto de reglas a dicho concepto de acuerdo a su pertenencia contextual (semántico-coherente) del dominio de conocimiento en cuestión y de este modo, esta función interpreta las reglas de \mathcal{R} de modo tal que puedan delimitar el espacio conceptual.

Derivado de lo anterior, es justamente a partir de esto que Wiggins (2005, 2006) formula una idea más clara de espacio conceptual:

$$\mathcal{C} = \|\mathcal{R}\|(\mathcal{U}) = \{c \mid c \in \mathcal{U} \wedge \|\mathcal{R}\|(c) \geq 0.5\}$$

Dicho de otro modo, el espacio conceptual será el conjunto que contiene todos aquellos

$c \in \mathcal{U}$ que evaluados bajo el conjunto de reglas \mathcal{R} , cumplen con las condiciones contextual semántico-coherentes del dominio de conocimiento específico.

Ahora bien, para el caso de la creatividad transformacional que está asociada con \mathcal{T} , Wiggins (2006) propone una segunda función de interpretación $\langle\langle \cdot \rangle\rangle$ tal que:

$$\mathcal{C}_{out} = \langle\langle \mathcal{R}, \mathcal{T}, \mathcal{E} \rangle\rangle(\mathcal{C}_{in})$$

En donde \mathcal{E} es el conjunto de reglas a través de las cuales, la característica de valor le es atribuida al artefacto creado. Las reglas de \mathcal{E} definen entonces, la evaluación (o más precisamente los procedimientos y mecanismos) que se realiza sobre los productos creativos resultantes de la actividad del agente responsable del acto creativo y adicionalmente, dicha evaluación está apropiadamente contextualizada al dominio de conocimiento correspondiente. Dicho de otro modo, dado un concepto en \mathcal{C} , las reglas contenidas en \mathcal{E} permitirán evaluar la calidad y cualidad de valor de dicho concepto.

Por otro lado, tanto \mathcal{C}_{in} como \mathcal{C}_{out} son para el autor, *subconjuntos totalmente ordenados* de \mathcal{U} y aunque no lo justifica con claridad, es posible asumir que se refiere a la propiedad de orden total de conjuntos. En ese sentido habría que definir una relación binaria que actúe sobre dichos conjuntos tal que sea reflexiva, antisimétrica, transitiva y que cumpla la ley de la tricotomía. Esto implicaría, definir una relación que en primera instancia, pueda ser capaz de comparar cualesquiera dos conceptos del universo (lo cual no está planteado en el trabajo de Wiggins quien se limita a explicar que la función $\langle\langle \cdot \rangle\rangle$ produce la función que mapea \mathcal{C}_{in} a \mathcal{C}_{out}) y que el

orden corresponde más bien a una enumeración de los elementos a considerarse de manera secuencial para ser evaluados por \mathcal{T} .

Recuérdese brevemente las ideas de los conjuntos Δ y Ω que se presentaron anteriormente al respecto de lo propuesto por Boden sobre el espacio conceptual. En ese contexto, Wiggins (2006) de hecho opta por un camino similar y define lo siguiente:

$$C_1 = \{C \mid \text{conceptos que ya han sido descubiertos}\}$$

$$C_2 = \{C \mid \text{conceptos que no han sido descubiertos}\}$$

De manera lógica, se tiene que estos dos conjuntos forman una partición del espacio conceptual y por lo tanto:

$$C = C_1 \cup C_2, \text{ para } C_1 \neq C_2.$$

Esta notación sirve además, para clarificar la construcción de las reglas (o estrategias) de exploración del espacio conceptual ya que como bien afirma el autor, algunos elementos de \mathcal{T} serán más útiles o funcionales que otros para explorar conceptos en cada uno de los conjuntos correspondientes; dicho de otro modo, existen reglas/estrategias de exploración que funcionarán para descubrir nuevos conceptos pero estas reglas pueden no ser útiles para explorar conceptos ya descubiertos y viceversa.

Es así como el autor, después de todo el planteamiento anterior, establece a modo de resultado sumariado, la definición de un sistema creativo con capacidades explorativas (o lo que es análogo, capaz de creatividad exploratoria en términos de Boden), la cual es posible replantear del modo siguiente:

Definición 2: Un sistema creativo exploratorio puede ser representado de manera abstracta mediante la séptupla:

$$\langle U, L, \parallel, \langle \rangle, R, T, E \rangle$$

Wiggins (2006) plantea que es posible encontrar nuevos conceptos de dos modos muy generales: transformando el conjunto de reglas de restricción o de exploración. Esto es:

$$R \rightarrow R^*$$

o

$$T \rightarrow T^*$$

Por supuesto, el transformar cada uno de los conjuntos anteriores tiene implicaciones muy específicas. En el primer caso (transformar el conjunto de restricciones) sucede que el espacio conceptual mismo es reconfigurado en algún modo con el fin de lograr encontrar algún $c \in U \setminus C$, de modo tal que la frontera de C con respecto a U se expande.

En el segundo caso (transformar el conjunto de reglas de exploración), lo que sucede es que se desarrollan nuevas estrategias de búsqueda para explorar el mismo espacio conceptual y en este sentido, lo que Boden denomina creatividad transformacional, puede ser entendida como el *tipo de comportamiento creativo que tiene que ver no con encontrar miembros de C_2 sino con transformar el conjunto de reglas que definen C para producir un nuevo espacio conceptual* (Wiggins, 2006).

De acuerdo a todo lo anterior, el autor establece, además, diversas conjeturas relacionadas; sobre todo, a la posible equivalencia de la creatividad exploratoria con la creatividad transformacional, a partir de establecer la existencia de un metalenguaje $\mathcal{L}_{\mathcal{L}}$ con el cual sea posible expandir el lenguaje original \mathcal{L} (a partir del cual se formaban \mathcal{R} y \mathcal{T} de manera inicial) a través de la construcción de nuevos elementos $\mathcal{X} \in \mathcal{L}$, los cuales, emparejados con sus apropiadas funciones de interpretación (\mathbb{I}, \mathbb{I}) permitirían explorar el universo, con nuevas estrategias de búsqueda. Desde esta óptica, el autor establece de manera directa cómo podría caracterizarse y expresarse un sistema creativo transformacional. Dicha formulación se presenta a continuación, desde una lectura e interpretación propia, a modo de definición:

Definición 3: Un sistema creativo transformacional puede ser entendido como un sistema creativo exploratorio que funciona en un metanivel de representación objetual y que puede ser expresado mediante la siguiente tupla:

$$\langle \mathcal{L}, \mathcal{L}_{\mathcal{L}}, \mathbb{I}, \mathbb{I}, \langle \langle \cdot, \cdot \rangle \rangle, \mathcal{R}_{\mathcal{L}}, \mathcal{T}_{\mathcal{L}}, \mathcal{E}_{\mathcal{L}} \rangle$$

4. CONCLUSIONES

El estudio del diseño, desarrollo y evaluación de sistemas computacionales con capacidades creativas plantea establecer una comprensión multi e interdisciplinar al respecto de la creatividad humana tanto como capacidad como epifenómeno inherente de nuestra condición como especie. El estudio de dichos sistemas computacionales implica considerar a la creatividad desde múltiples aristas disciplinares como las neurociencias, las ciencias cognitivas, la filosofía, etc. Para poder establecer rutas críticas que permitan diseñar sistemas computacionales capaces de exhibir comportamiento creativo, es necesario en una primera fase, establecer un marco conceptual que defina una (de muchas posibles) manera de entender y abordar la creatividad.

Bajo esta premisa, el trabajo de Margaret Boden ha permitido plantear un camino posible a seguir para formular la noción de sistemas creativos computacionales a partir de una visión más bien funcionalista basada en las tres actividades básicas que ella define como combinación, exploración y transformación, a través de proponer características particulares sobre un artefacto para que pueda ser considerado como un producto creativo (novedad, sorpresa y valor). Como bien se dijo, el trabajo de Boden ha sido ampliamente criticado y problematizado debido, sobre todo, a una latente ambigüedad en la formulación de sus conceptos y a la falta de sistematización en su argumentación.

Aun así, sus propuestas han funcionado como referentes y puntos ancla para continuar con el estudio epistemológico de lo que significa la creatividad en sistemas computacionales y también en algunos casos, para el diseño de los mismos.

El trabajo de Wiggins por su parte, supone un esfuerzo en cierto modo, por precisamente, estructurar de una manera rigurosa y formal, el pensamiento y las ideas de Boden; esfuerzo a través del cual también se generaliza (desde el punto de vista teórico-conceptual) las ideas de espacio conceptual, creatividad exploratoria y transformacional. A partir de este marco conceptual que ofrece el autor, es posible analizar e incluir diversos tipos y casos de estudio al respecto de la creatividad en agentes artificiales y humanos lo que apunta a que dicho marco puede ser operativo y funcional para el diseño práctico de dichos agentes desde el punto de vista estructural.

Claro está que esto que los trabajos de Boden y de Wiggins no establecen o dan una respuesta definitiva al cuestionamiento de ¿qué es la creatividad? y sus aportaciones pueden entenderse más bien (como ya se

mencionó) como una estructura conceptual que permite establecer propuestas epistémicas al respecto de las características y posibilidades de sistemas computacionales capaces de exhibir comportamiento creativo.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores declaran que no incurre en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

Edmar Olivares-Soria: Conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, escritura -preparación del borrador original, escritura -revisar & edición.

Pablo Padilla-Longoria: Conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, recursos, software, escritura -preparación del borrador original, escritura -revisar & edición.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Los autores declaran que no recibieron un fondo específico para esta investigación.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

REFERENCIAS

- Boden, M. A. (1998). *Creativity and artificial intelligence*. Elsevier.
- Boden, M. A. (2009). *Creativity in a Nutshell*. Routledge.
- Boden, M. A. (2016). *AI: Its nature and future*. Oxford University Press.
- Boden, M.A. (2004). *The Creative Mind. Myths and Mechanisms*. Routledge.
- Bringsjord, S. & Ferrucci, D. (2000). Artificial Intelligence and Literary Creativity: Inside the Mind of Brutus, a Storytelling Machine. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ.
- Bringsjord, S., Bello, P. & Ferrucci, D. (2001). Creativity, the Turing Test, and the (Better) Lovelace Test. *Minds and Machines* 11, 3–27.
- Bundy, A. (1994). What is the difference between real creativity and mere novelty? *Behavioral and Brain Sciences*, 17(3), 533 – 534.
- Colton, S. & Wiggins, G. (2012). *Computational Creativity: The Final Frontier?* IOS Press.
- Cropley, D., and James C. (2012). Measuring functional creativity: Non-expert raters and the Creative Solution Diagnosis Scale. *The Journal of Creative Behavior* 46: 119–37.
- Cropley, D., and Rebecca, L. (2021). *Automated Scoring of Figural Creativity using a Convolutional Neural Network*. Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts.
- Ernst, G. & Newell, A. (1969). *GPS: A Case Study in Generality and Problem Solving*. New York: Academic Press.
- Hageback, N. (2022). *AI for Creativity*. CRC Press.

- Hünefeldt, B. (2004). Artificial intelligence as "theoretical psychology": Christopher Longuet-Higgins' contribution to cognitive science September 2004. *Cognitive Processing*, 5(3), 137-139.
- Longuet-Higgins, C Webber, B., Cameron, A., Bundy, R., Hudson, L., Hudson, J., Ziman, A., Sloman, M., and Dennett, D. (1994). Artificial Intelligence and Musical Cognition [and Discussion]. *Philosophical Transactions: Physical Sciences and Engineering*, 349 (1689) 103-113.
- Longuet-Higgins, C. (1987). Mental processes: Studies in cognitive science. *Explorations in cognitive science*, (1).
- Macedo, L. and Cardoso, A. (2001). *Creativity and surprise*. Proceedings of the AISB'01 Symposium on Artificial Intelligence and Creativity in Arts and Science.
- Marrone, R., Taddeo, V. & Hill, G. (2022). Creativity and Artificial Intelligence—A Student Perspective. *Journal of Intelligence*.
- McCormack, J. & d'Inverno, M. (Eds.) (2012). *Computers and Creativity*. Springer
- Pearce, M. and Wiggins, G. (2001). Towards a framework for the evaluation of machine compositions. In *Proceedings of the AISB'01 Symposium on AI and Creativity in Arts and Science*.
- Pease, A., Winterstein D., Colton, S. (2001). *Evaluating Machine Creativity*. Proceedings of ICCBR-2001. Division of Informatics, University of Edinburgh. Centre for Intelligent Systems and their Applications
- Perkins, D. N. (1996). Creativity: Beyond the darwinian paradigm. En, Boden, M. (Ed.), *Dimensions of Creativity*, 119–142. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Pind, J. (1994). Computational creativity: What place for literature? *Behavioral and Brain Sciences*, 17(3):547–548.
- Simon, H. (1996). *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59:433–460.
- Vygotsky, L. (2004). Imagination and creativity in childhood. *Journal of Russian & East European Psychology* 42: 7–97.
- Wiggins, G.A (2019). *A Framework for Description, Analysis and Comparison of Creative Systems*. En: *Computational Creativity*. Springer.
- Wiggins, G.A. & Stagg, C. (2019). Clues to Human Creativity: From Neurons to Computation. In Nalbantian, S. & Matthews, P. (Eds), *Secrets of Creativity: What Neuroscience, the Arts, and Our Minds Reveal*. Oxford University Press. DOI: 10.1093/oso/9780190462321.003.0005
- Wiggins, G.A. (2006a). *Searching for Computational Creativity*. *New generation Computing*. Centre for Cognition, Computation and Culture Goldsmiths' College, University of London.
- Wiggins, G.A. (2006b). A preliminary framework for description, analysis and comparison of creative systems. *Knowledge-Based Systems*, 19 (7), 449-458. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2006.04.009>