



Categorización de creatividad en diseños generados por estudiantes de secundaria

Categorization of Creativity in Designs Generated by Secondary School Students

Fredy Palacino Rodríguez

Institución Educativa Diversificado, Secretaría de Educación de Chía, Cundinamarca, Colombia
odonata107@gmail.com

RESUMEN • Para lograr creatividad se requieren estrategias que fomenten resolución de problemas y expresión de ideas. Aquí, se presenta un estudio sobre la categorización de creatividad en diseños generados por estudiantes de secundaria. Para estimar diferencias en estructura, función e identidad de los diseños, se usó una rejilla basada en el modelo de taxonomía del diseño creativo. La cantidad de diseños fue analizada por género y longitudinalmente en el tiempo. Los resultados anuales mostraron una mayor cantidad de diseños clasificados como imitación o creación original en ambos, en general y para cada género por separado, pero la cantidad fue similar al analizar longitudinalmente en el tiempo. Los resultados sugieren que la imitación y creación de diseños requieren que los(as) estudiantes transfieran conocimiento y generen ideas, resaltando la necesidad de fortalecer el pensamiento creativo.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje; Creatividad; Educación Secundaria; Género; Taxonomía del diseño.

ABSTRACT • Achieving creativity requires strategies that promote both problem-solving and the expression of ideas. The present study focuses on the categorization of creativity in designs that were generated by middle school students. To estimate differences in structure, function and design identity, a grid based on the Creative Design Taxonomy Model was used. The number of designs was analyzed considering gender and longitudinally over time. Annual results showed a higher number of designs which were classified as either imitation or an original creation, in general terms and for each gender. However, the quantity remained similar when analyzed longitudinally. The results suggest that imitation and design creation require students to transfer knowledge and generate ideas, highlighting the need to strengthen creative thinking.

KEYWORDS: Learning; Creativity; Secondary education; Gender; Design taxonomy.

Recepción: diciembre 2024 • Aceptación: marzo 2025 • Publicación: junio 2025

INTRODUCCIÓN

La creatividad es la capacidad de generar ideas novedosas y efectivas para producir un resultado deseado, lo cual involucra ideas, procesos y servicios, así como sistemas de operación y producción reflejados en trabajos artísticos y literarios, cine, música, construcciones, máquinas y servicios comúnmente usados en la economía, la tecnología, la medicina, la administración y la educación (Cropley, 2011).

Asimismo, la creatividad es una habilidad fundamental que debe desarrollarse en la vida escolar, y constituye la base de la educación y la investigación en cualquier campo de estudio (Craft, 1999; MOE, 2009), debiendo ser incluida en las políticas educativas del siglo XXI como eje central de los procesos de aprendizaje para preparar a estudiantes exitosos y competentes y que afronten, así, los retos tecnológicos y de diversidad en sociedades en continuo cambio (revisado por Shaheen, 2010).

Medir la creatividad es una tarea compleja para la que se ha generado un gran número de tendencias e instrumentos en diversos campos de acción, enfoques y contextos (Tristán-López y Mendoza-González, 2016; Said-Metwaly et al., 2017) en los que la inteligencia creativa ha surgido como precursor común de la creatividad (Corbalán-Berná y Limiñana-Gras, 2010).

Sin embargo, para mejorar las habilidades asociadas con la creatividad, es necesario conocer cuáles son sus características y el nivel obtenido en una persona o grupo de personas en un contexto determinado. El objetivo del presente trabajo es categorizar el grado de creatividad de estudiantes colombianos de educación secundaria ante la tarea de diseñar máquinas. Para el estudio se utilizó un cuadro adaptado del modelo de taxonomía del diseño creativo. Además, se estimaron posibles diferencias significativas con relación al género o evolución temporal a lo largo de diferentes cursos académicos. El estudio se desarrolló con base en las siguientes hipótesis: *i*) la mayoría de los diseños se clasifica en categorías básicas, con acciones creativas más sencillas; y *ii*) no se presentan diferencias significativas entre la cantidad de diseños generados por género o longitudinalmente en el tiempo.

MARCO CONCEPTUAL

Creatividad y producción

El interés de la humanidad por las representaciones creativas data del siglo IV a. C., cuando Platón discutió, desde una perspectiva espiritual, los aportes de las personas creativas a la sociedad (Jowett, 1953). Posteriormente, a mediados del siglo XX, la psicología centró su atención en aspectos estéticos, la personalidad (Maslow, 1943), el pensamiento creativo, la motivación y los aportes de la creatividad para el ser humano (Cropley, 2011).

Aunque en este mismo siglo la educación se centró en identificar cualidades de los estudiantes en áreas esenciales para el desarrollo de la sociedad, también se planteó la importancia de motivar la creatividad y la libre expresión (Guilford, 1950). No obstante, hacia finales de siglo, algunos resultados obtenidos de pruebas psicométricas concluyeron que en algunos contextos escolares existieron pocos avances en los procesos creativos asociados a la educación (Feldman y Benjamin, 2014).

Para el siglo XXI, la relación entre creatividad y educación plantea que los seres humanos poseen múltiples capacidades para distintas áreas del conocimiento (Feldman, 2003), con variadas interconexiones por explorar y desarrollar en diferentes campos (Ferraro, 2015; Mullen, 2019; Ratcliffe et al., 2021). Esta perspectiva incluye la creatividad funcional, en cuanto que capacidad para generar productos útiles y que puedan ser usados con facilidad, a través de procesos multidimensionales que asocian principios éticos, intención y contexto (Cropley y Cropley, 2010; Kamylyis y Valtanen, 2010).

Conocer la intención de los productos que se generan es importante, pues permite definir cuál va a ser su vida útil, la relevancia de su uso, en qué cantidad se producirán y cuál será su destino una vez que

se usen. Esta información resulta relevante incluso antes de la producción, debido a que, actualmente, muchos productos se generan bajo la falsa percepción de la necesidad y son desechados regularmente en masa y de manera inadecuada, lo que amenaza la integridad de los recursos naturales y la supervivencia de las especies (Olorode et al., 2015).

Creatividad y educación en ciencias

Dado que la capacidad de creación científica y tecnológica es importante en el desarrollo de un país, la creatividad juega un papel crucial como capacidad para generar ideas novedosas, sorprendentes, valiosas, realizables (Martínez, 2003), y que ayuden a las personas a solucionar situaciones cotidianas, a través de productos novedosos y valiosos que se produzcan en un proceso respetuoso con el planeta (Camargo, 2017).

Tener en cuenta lo anterior en los procesos educativos científicos requiere necesariamente establecer relaciones entre creatividad y didáctica de las ciencias. Para lograr creatividad en el contexto de la didáctica de las ciencias, se requiere potenciar el pensamiento reflexivo y creativo de los estudiantes, promoviendo la formación integral a través de la comunicación y el descubrimiento de nuevas ideas desde su propia experiencia y la de los demás (Herrán, 2008; Torres-Miranda, 2021). Así mismo, la interacción entre creatividad y didáctica debe incentivar el pensamiento transformador para generar una cultura científica que resuelva problemas de lo cotidiano y que favorezca a un gran número de personas en distintas sociedades (Soles y Vilches, 2004; Porlán, 2018).

La medición de la creatividad

Debido a que la creatividad es una capacidad con múltiples expresiones y características, diversas herramientas permiten medir la capacidad creativa de un individuo (modelo Guilford), la creatividad en un trabajo (taxonomía del diseño creativo), la creatividad de un trabajo contra un programa (modelo de requerimientos) o el valor social de un trabajo creativo (modelo Csikszentmihalyi).

Las capacidades creativas pueden ser medidas a través de diferentes instrumentos (Said-Metwaly et al., 2017) que estiman procesos cognitivos, pensamientos divergentes y convergentes, capacidad de generar nuevas ideas (originalidad), flexibilidad, fluidez, generación de asociaciones remotas y aspectos de la personalidad en individuos creativos (Runco, 2010).

La creatividad de los productos puede medirse indirectamente, a través de una estimación global o con una técnica basada en criterios (O'Quin y Besemer, 1999). La estimación basada en criterios la pueden llevar a cabo investigadores-evaluadores expertos (Amabile, 1996), o también se pueden usar calificadores de pensamiento divergente, calificadores de originalidad y fluidez de los productos (Reiter Palmon et al., 2009), o su impacto histórico (Simonton, 2009).

Una de las estrategias para estimar la creatividad en un producto es el modelo de propulsión, a través del cual se pueden revisar aspectos de replicación conceptual, redefinición, transformación, reconstrucción y su novedad (Kaufman y Pretz, 2003; Cropley et al., 2011). Como parte de este modelo, la taxonomía del diseño creativo sirve para identificar factores favorables y reconocer aspectos de la enseñanza-aprendizaje, además de identificar y organizar lo novedoso de los productos por medio de atributos observables y fácilmente medibles (Tristán López y Mendoza, 2016).

En este sentido, la propuesta de Nilsson (2011) plantea categorías para reconocer la creatividad a través de un modelo que considera que la novedad de un producto o trabajo creativo debe ser estimada analizando si su estructura (partes), función (trabajo u oficio que desempeña) e identidad (rasgos propios del diseño) son nuevas o no. Teniendo en cuenta lo anterior, las categorías del modelo de Nilsson (2011) fueron adaptadas de la siguiente manera para el presente estudio (las abreviaturas en paréntesis para cada categoría se usarán de aquí en adelante):

- Imitación (I): Es la forma más elemental y estandarizada de creatividad, en la cual los diseños de los y las estudiantes replican un modelo que previamente ha sido exitoso.
- Variación (V): Aunque los diseños presentan pequeñas modificaciones, se mantiene la esencia del modelo original.
- Combinación (C): Los diseños muestran adaptaciones tomadas de varios modelos originales.
- Transformación (T): Incluye diseños que mantienen aspectos del modelo original, pero con propuestas originales del diseñador.
- Creación original (CO): es una categoría que requiere generar ideas nuevas y originales que, normalmente, generan productos novedosos o mejoran considerablemente un producto (Yu, 2015). Por lo tanto, los diseños propuestos por los estudiantes representan una opción diferente a los modelos existentes para ayudar a resolver una o más situaciones.

El diseño de máquinas

Una máquina es un conjunto de partes que, combinadas, pueden recibir alguna forma de energía para transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado (RAE, 2023). El diseño de una máquina requiere tomar herramientas de la ingeniería concurrente, las cuales ayudan a integrar de manera sistemática el diseño de productos (Mataix, 1986). Desde esta perspectiva, diseñar una máquina implica que el diseñador tenga en cuenta los requerimientos y las piezas que utilizar para su ensamblaje, con el fin de que cumplan las funciones deseadas. Además, es importante que el diseñador realice una revisión que le permita consolidar un diseño conceptual, para entender la necesidad que se presenta y que va a ser resuelta por la máquina por diseñar.

En esta fase, es importante que el diseñador genere una lista de especificaciones estructurales que le permitan avanzar hacia un diseño funcional para que la estructura pueda cumplir la función o funciones esperadas (Pahl y Beitz, 1995). A partir de esta información, el diseñador puede generar un diseño centrado en los detalles, en el cual configure los criterios para establecer las dimensiones y características (por ejemplo, el tipo de material) de cada pieza, así como del diseño en general (Niebles et al., 2019).

Estudios basados en el método de diseño de ingeniería han mostrado que, para el diseño de estructuras, los estudiantes identifican problemas, generan ideas, planifican, integran información y construyen para mejorar sus diseños (Wicklein, 2006; Bybee, 2010). Gracias a estas acciones, los estudiantes se motivan, logran pensamiento crítico y creativo, comprenden información de distintas áreas y fomentan el trabajo en equipo y la comunicación (Wilson et al., 2013; English y King, 2019).

Creatividad en educación secundaria: algunos retos

En la educación del sector oficial de Colombia, desarrollar un currículo centrado en la creatividad plantea varios retos:

1. Los métodos de la escuela actual deben responder a la masificación de la educación (Barbot et al., 2011), donde atender a una cantidad determinada de estudiantes parece haberse convertido en un objetivo más relevante que la calidad educativa. Es difícil hacer un seguimiento oportuno a 30 o 40 estudiantes con distintos niveles de necesidades en un espacio corto de tiempo.
2. Las instituciones educativas están asociadas a contextos culturales y socioeconómicos caóticos que exigen que los docentes dediquen mucho tiempo a generar y mejorar hábitos académicos y de convivencia entre los estudiantes, una tarea que en muchos casos ha sido parcial o incluso completamente olvidada en la formación elemental de la familia. Esto, por supuesto, reduce

la cantidad de tiempo disponible para otros aspectos del proceso educativo que muchas veces pasan a segundo plano.

3. Ejecutar acertadamente políticas económicas para desarrollar educación gratuita con programas de formación docente especializada y material didáctico en los colegios para llevar a cabo prácticas educativas que motiven el desarrollo de habilidades creativas y útiles en la cotidianidad (Barbot et al., 2011).
4. Para los estudiantes es difícil generar y desarrollar su creatividad, puesto que incluye varias etapas de un proceso que puede o no generar resultados deseados a corto plazo, por lo que a menudo se pierde el interés y se recurre a soluciones rápidas por imitación (Boden, 2004).
5. La cantidad de tiempo y recursos necesarios para reconocer y desarrollar habilidades creativas limita la eficacia de los procesos (Westby y Dawson, 1995).

Pese a estas y muchas otras limitaciones, existe creatividad en nuestros contextos escolares, y uno de los primeros pasos es reconocer características creativas en producciones de los estudiantes a escala local, como fuente de información para elegir estrategias que fomenten su desarrollo.

METODOLOGÍA

Esta investigación es cualitativa, se centra en un estudio microetnográfico educativo, el cual permite interpretar y describir a través del diseño y análisis de documentos la interpretación y construcción que los y las estudiantes de una institución determinada hacen de su realidad (Arnal y Latorre, 1992; Álvarez-Álvarez, 2008; Murillo y Martínez-Garrido, 2010; Planas, 2004).

Diseño y validación de cuadro

El cuadro adaptado de Nilsson (2011) para clasificar el grado de creatividad en modelos de máquinas generados por estudiantes de secundaria cuenta con cinco categorías de tres ítems cada una, para estimar en términos porcentuales el grado de similitud o diferencia de la estructura, función e identidad de los diseños con respecto a los modelos originales (tabla 1).

La validación de dicho cuadro siguió varios pasos:

- a) Dos versiones preliminares que se enviaron por *email* junto a los objetivos de la investigación a seis docentes de secundaria, tres de Educación Artística y tres de Ciencias Naturales.
- b) Los cambios sugeridos por los docentes fueron anotados en el cuadro.
- c) El cuadro fue reenviado por correo electrónico junto a fotografías de 20 diseños a estos mismos docentes y una nueva ronda de cambios sugeridos fue realizada.
- d) La nueva versión del cuadro junto a las 20 fotografías y los objetivos de la investigación fue enviada vía *email* a otros seis docentes de secundaria en Educación Artística (2), Ciencias Naturales (2) y Diseño (2), con la intención de que estos docentes plantearan cambios para mejorar la aplicabilidad de cada ítem.

Tabla 1.
Ítems propuestos para cada categoría de creación.
Los componentes fueron adaptados de la propuesta de Nilsson (2012)

<i>Categoría</i>	<i>Componentes</i>
Imitación	Estructura: Réplica de un modelo original. Las partes y la organización estructural en el diseño son idénticas o similares a un modelo original.
	Función: Réplica de un modelo original. La función es idéntica o similar a la de un modelo original.
	Identidad: Réplica de un modelo original. Los rasgos del modelo original son replicados en el diseño.
Variación	Estructura: Existen cambios en algunas partes del diseño con relación a las partes usadas en el modelo original.
	Función: El diseño sirve para algo que no había sido registrado en el modelo original. Por lo general, los cambios en función están asociados a las variaciones en estructura.
	Identidad: Réplica de un modelo original.
Combinación	Estructura: Combinación de partes de dos o más modelos originales.
	Función: Cumple varias funciones que provienen de los modelos originales.
	Identidad: Réplica de uno o más modelos originales, aunque puede presentar variaciones generadas por los estudiantes.
Transformación	Estructura: El diseño incluye partes inventadas por el conjunto de estudiantes.
	Función: Los cambios en la estructura permiten que el alumnado genere nuevas funciones para su máquina. Estas funciones pueden o no estar asociadas a funciones del modelo original.
	Identidad: El diseño muestra rasgos propios y replicados de un modelo original.
Creación original	Estructura: Las partes del diseño son originales.
	Función: La máquina cumple funciones para las que no se habían creado modelos originales.
	Identidad: Los rasgos del diseño son originales.

Orientaciones curriculares

Los diseños se generaron a raíz de los siguientes procesos desarrollados durante las clases de Química Orgánica:

- a) Beneficios y perjuicios de usar fuentes de energía verde como mecanismo para reducir nuestra huella ecológica.
- b) Uso transversal de conocimientos de diferentes áreas para solucionar problemas cotidianos.
- c) El trabajo científico al servicio de la sociedad y su posible relevancia en el crecimiento económico local.

Todos estos procesos forman parte del manejo de conocimiento propio de cuestiones ambientales actuales propuesto por los Derechos Básicos de Aprendizaje en Colombia (Cardona, 2016). Sin embargo, solo los diseños digitales o en papel fueron generados, no los prototipos.

Primero se abordaron aspectos acerca de los combustibles fósiles, las energías verdes, el diseño de máquinas amigables con el medio ambiente y el reconocimiento y la resolución de situaciones ambientales locales. Posteriormente, se trabajó en la determinación de la situación, para delimitar y reorientar la perspectiva hacia una problemática cotidiana a la que pudiese darse tratamiento. Por ejemplo, una situación que planteara varios ítems simultáneamente –como detectar una ruptura en el tejado de una casa, una teja rota, repararla o quitarla y colocar una teja nueva– requeriría un alto grado de complejidad de la máquina, pues debe solucionar varios problemas. En estos casos, el proceso se orientó a que el estudiante entendiera la complejidad y la necesidad de plantear una sola situación y no diversas. En otros casos, se seleccionaba un solo problema, pero su solución requeriría máquinas muy complejas.

Por ejemplo, correr un mueble lleno de ropa, loza, libros u otras cosas de la casa requeriría un diseño complejo que responda a diferentes dimensiones, pesos, formas y ubicaciones. En otra ocasión, fue necesario reorientar la cuestión para poder especificar una situación con una solución más plausible.

Generación de diseños

Entre 2012 y 2018, así como en 2021 y 2022, 609 estudiantes (para revisar el número de estudiantes por género y año, véase tabla suplementaria 1 en Palacino-Rodríguez, 2025), de 16 a 18 años de educación media (grados 10 y 11), en la Institución Educativa Diversificado de Chía del Departamento de Cundinamarca (Colombia), generaron 1.200 diseños de máquinas, de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- a) Diseñar un objeto funcional (máquina) que, por sí solo o con una mínima intervención de manejo, logre solucionar una situación o «problema» cotidiano.
- b) La fuente de energía para la máquina no deben ser combustibles fósiles o sus derivados.
- c) Hay que orientar la elaboración del diseño con las siguientes preguntas:
 - ¿Cuáles son las partes de la máquina?
 - ¿Cómo funcionan las partes de la máquina?
 - ¿Cuáles son las funciones de la máquina?
 - ¿Cómo es la máquina que realiza esas funciones?
 - ¿Cuáles son las características de la máquina?
 - ¿Se le podrían hacer cambios al diseño actual?
 - Si es así, ¿qué cambios podrían hacerse?Describe cómo llevar a cabo dichas mejoras y cómo funcionarían.

Una vez seleccionada la situación, ingresamos en la fase de diseño, que incluyó las siguientes etapas:

1. Diseño conceptual
 - a) Reconocer la necesidad que será cubierta por la máquina.
 - b) Conceptualizar a partir de la función que cumplirá la máquina.
 - c) Listar especificaciones estructurales.
 - d) Listar cantidad y tipo de piezas.
 - e) Listar requerimientos de ensamble.
2. Diseño funcional
 - a) Generar un plan escrito donde la función y la estructura se relacionen a partir de los ítems propuestos en el diseño conceptual.
3. Diseño del detalle
 - a) Establecer dimensiones.
 - b) Establecer opciones de materiales que usar.
 - c) Generar diseño.

Durante diez sesiones de clase, las versiones iniciales de los diseños fueron revisadas para dar consejos acerca de la forma de presentación, pero no se revisaron aspectos relacionados con la estructura, la función o la identidad de esta, para no influir en la propuesta del estudiante.

Recopilación de datos

Cada diseño fue clasificado en un grado de creatividad usando el cuadro de categorización (tabla 1). Para clasificar un diseño dentro de una categoría, el diseño debía cumplir por lo menos con dos de los tres componentes de esta.

Como referente de comparación o «modelos originales», se usaron la estructura, las funciones y la identidad de electrodomésticos comunes, autos, bicicletas, motocicletas, drones y máquinas simples conocidas. Las fotografías de los diseños se buscaron en Google Image Search® (ahora Google Imágenes®), para encontrar imágenes coincidentes en línea y aportar información en la etapa de clasificación. Solo los diseños «terminados» y que cumplieran con las premisas antes mencionadas fueron usados en la presente estimación. Una vez obtenidos los datos, fueron agrupados en cantidad de diseños por categoría y cantidad de diseños, cumpliendo dos y tres componentes en cada categoría, una cantidad de diseños con componentes tomados de otras creaciones y una cantidad de diseños originales.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con pruebas de chi cuadrado (χ^2) de Pearson, usando tablas de contingencia en el *software* R (R Core Team, 2020). Estas pruebas permitieron estimar diferencias significativas al comparar la cantidad de diseños clasificados en diferentes categorías, la cantidad de diseños en diferentes categorías por género y entre géneros, y la cantidad de diseños en cada categoría a lo largo de los años (véase figura S1 para un ejemplo de *script* usado en R en Palacino-Rodríguez, 2025).

RESULTADOS

Grados de creatividad

De los 1.200 diseños, 610 (50,83 %) fueron clasificados como imitación (I); 210 (17,5 %) como creación original (CO); 183 (15,25 %) como combinación (C), 125 (10,41 %) como transformación (T) y 72 (6 %) en variación (V) (figura 1). La mayoría de estos diseños fueron propuestos para solucionar tareas cotidianas como lavar y secar la ropa, la loza, los vidrios, el carro, limpiar polvo, asear el piso de la casa (n = 528, 44 %), jugar, divertirse, decorar, maquillarse o comunicarse (n = 180, 15%), comer saludable y otros aspectos relacionados con medicina y salud (n = 96, 8 %), el aseo de las mascotas (n = 84, 7 %), transportarse al colegio y otros sitios (n = 72, 6 %) y estudiar (n = 72,6 %). Otras categorías fueron arreglar o proveer energía a otras máquinas (n = 48, 4 %), el aseo personal (n = 48, 4 %), recoger y usar desperdicios de la cocina o el baño (n = 24, 2 %), purificar el aire o el agua (n = 24, 2 %) y arreglar daños estructurales (n = 24, 2 %).

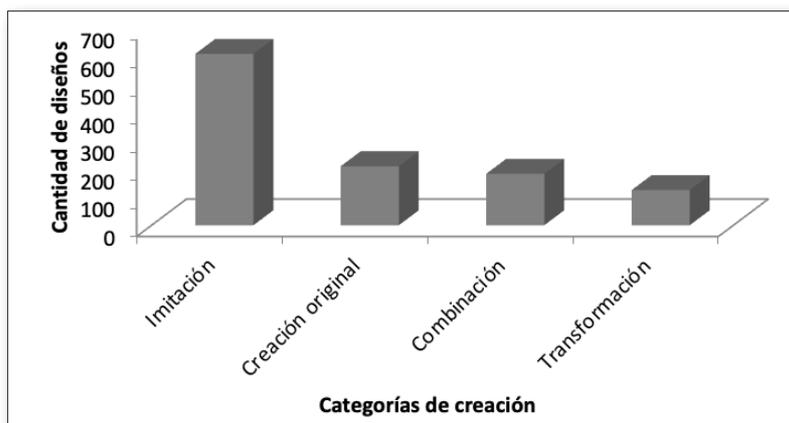


Fig. 1. Número de diseños por categoría de creatividad

Los materiales propuestos para la construcción incluyeron plásticos degradables, materiales orgánicos y materiales reciclados. Las fuentes de energía incluyeron energía solar (n = 552, 46 %), energía eólica (n = 408, 34 %) y energía cinética (n = 240, 20 %).

La cantidad de diseños clasificados con base en los tres componentes (función, estructura e identidad) fue mayor (n = 426, 35,5 %) que los diseños categorizados basados solo en la función y la identidad (n = 330, 27,5 %), en la estructura y la identidad (n = 264, 22 %) o en la estructura y la función (n = 180, 15 %; figura 2). Por otro lado, la cantidad de diseños con estructura, función e identidad tomadas de otras creaciones fue mayor que la cantidad de diseños con componentes originales (figura 3).

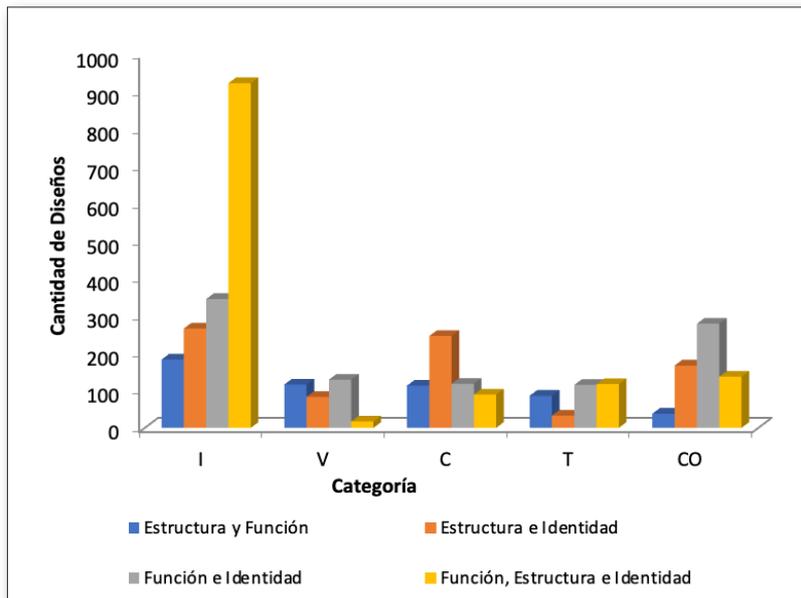


Fig. 2. Cantidad de diseños con dos o tres ítems por categoría

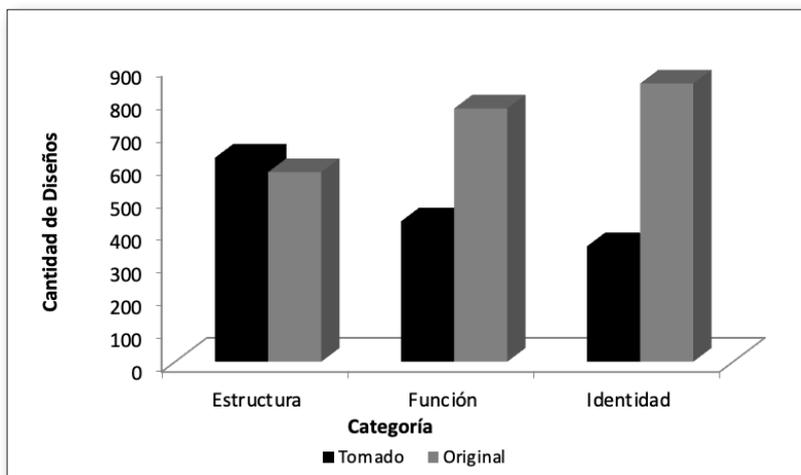


Fig. 3. Cantidad de diseños con dos o tres ítems en cada categoría

La cantidad de diseños clasificados en las categorías imitación y creación original fue significativamente mayor que la cantidad de diseños en otras categorías (figura 4 y tabla 2; véanse también las tablas suplementarias 1-5 en Palacino-Rodríguez, 2025). Así mismo, los análisis para cada género

por separado mostraron que la cantidad de diseños clasificados en imitación y creación original fue significativamente mayor que la cantidad de diseños generados en las demás categorías (figuras 5 y 6, y tabla 2; véanse, además, las tablas suplementarias 1-5 en Palacino-Rodríguez, 2025). No obstante, al comparar la cantidad de diseños generados por hombres o mujeres (figura 7 y tabla 2; véanse tablas suplementarias 1-5 en Palacino-Rodríguez, 2025), o la cantidad de diseños generados en cada categoría longitudinalmente en el tiempo, no se encontraron diferencias significativas (figura 8 y tabla 2; también tablas suplementarias 1-5 en Palacino-Rodríguez, 2025).

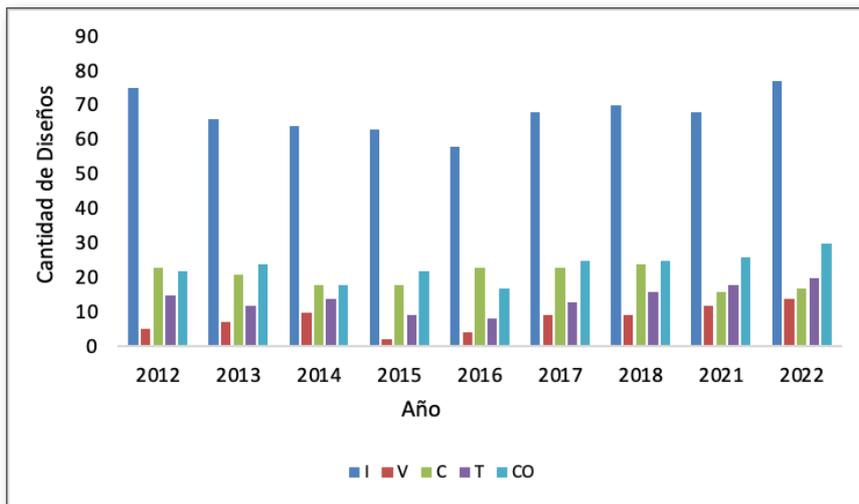


Fig. 4. Cantidad de diseños clasificados en las categorías del análisis general: imitación (I), variación (V), combinación (C), transformación (T) y creación original (CO)

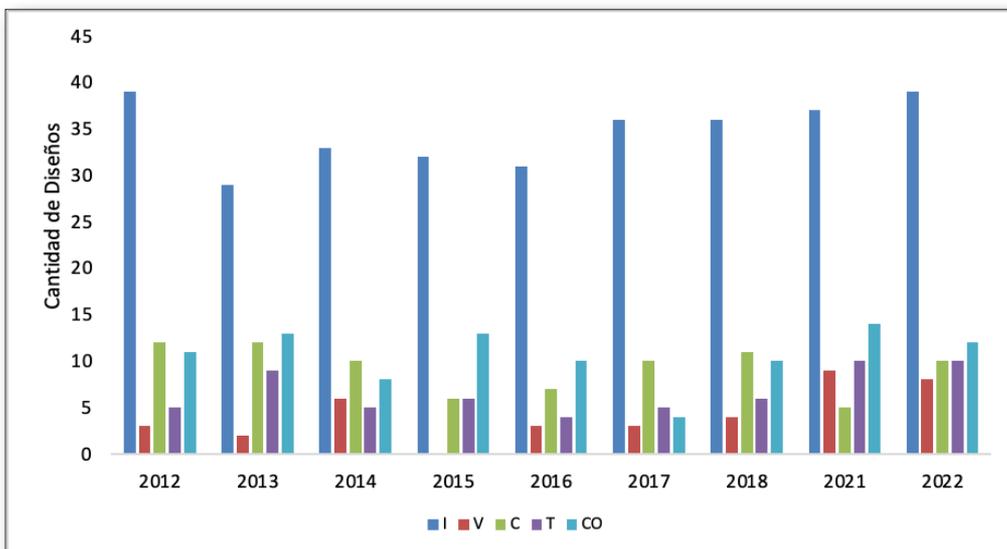


Fig. 5. Cantidad de diseños clasificados en las categorías del análisis para hombres: imitación (I), variación (V), combinación (C), transformación (T) y creación original (CO)

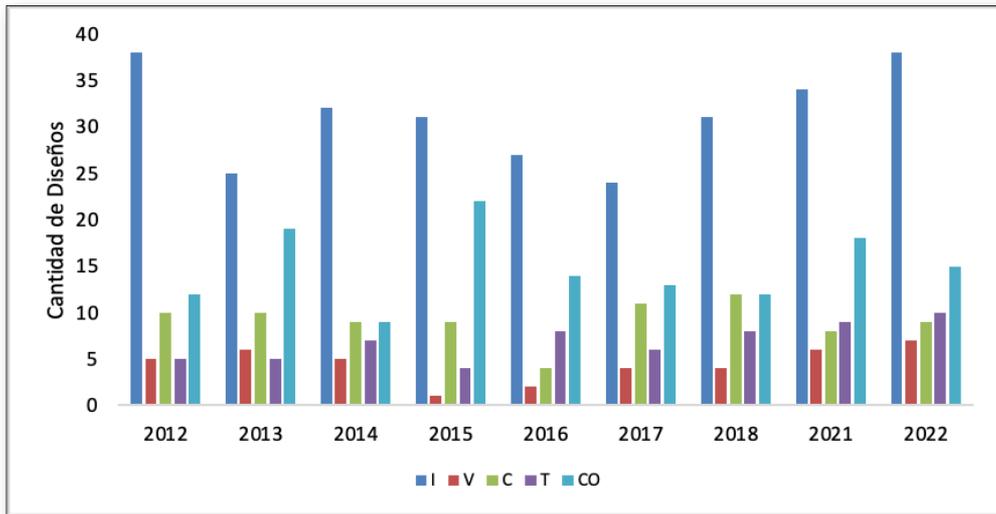


Fig. 6. Cantidad de diseños clasificados en las categorías del análisis para mujeres: imitación (I), variación (V), combinación (C), transformación (T) y creación original (CO)

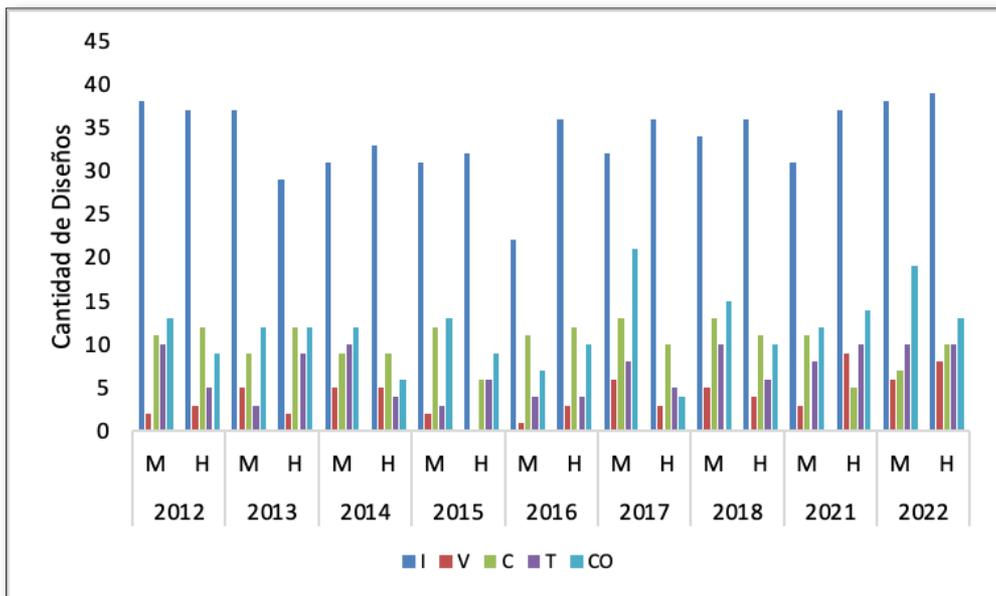


Fig. 7. Cantidad de diseños clasificados en las categorías del análisis comparando hombres (H) y mujeres (M): imitación (I), variación (V), combinación (C), transformación (T) y creación original (CO)

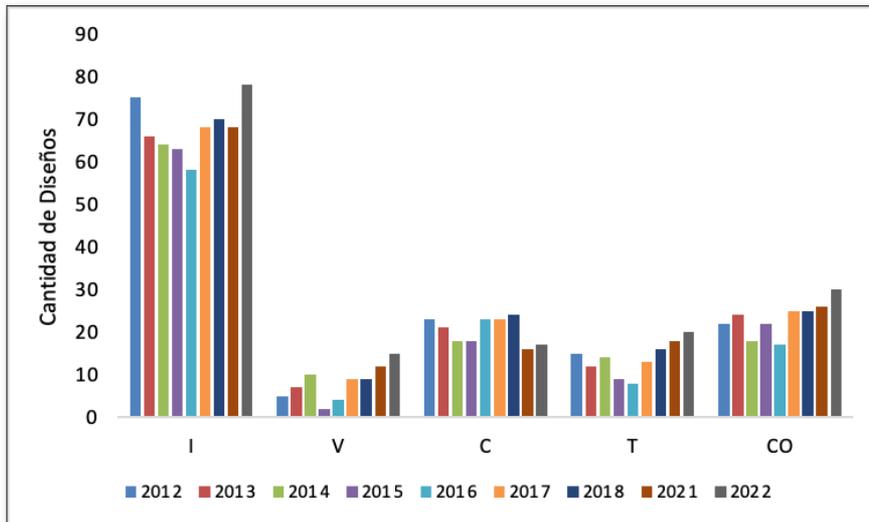


Fig. 8. Cantidad de diseños clasificados por categoría longitudinalmente en el tiempo: imitación (I), variación (V), combinación (C), transformación (T) y creación original (CO)

Tabla 2.

Resultados de los análisis realizados en este estudio. χ^2 = chi cuadrado, gl = grados de libertad y p = probabilidad. Para tablas de contingencia, los gl se obtienen a partir de la fórmula Grados de libertad = (Número de columnas – 1) x (Número de filas – 1) (Herrero et al., 1999). Los análisis fueron realizados con pruebas de chi cuadrado de Pearson (χ^2) para estimar la independencia (hipótesis nula, H0) o la asociación de variables (hipótesis alternativa, H1). Entre más alejado esté χ^2 de 0 y el valor de p sea <0.05 , mayor fuerza tendrá H1 (Pearson, 1900)

Análisis	χ^2	gl	p
General	966.51	68	$<2.2 \times 10^{-16}$
Hombres	548.89	68	$<2.2 \times 10^{-16}$
Mujeres	415.13	68	$<2.2 \times 10^{-16}$
Hombres vs. mujeres	60.327	68	0.7346
Categorías por año	82.345	80	0.4066

DISCUSIÓN

En la presente investigación se comparó el grado de creatividad en diseños de máquinas generados por estudiantes de secundaria. Para la comparación se usó un cuadro adaptado del modelo de diseño creativo propuesto por Nilsson (2011).

La categoría más representativa fue la de imitación. Por lo general, cuando se escucha la palabra *imitación*, una de las ideas que surge es que se trata de algo copiado o incluso fraudulento. Sin embargo, en el campo de la creatividad, la imitación ayuda a resolver problemas reales ejecutando procesos operativos que son cruciales y que requieren de conocimientos particulares, los cuales son seleccionados y aplicados por quien está resolviendo un problema particular (Hunter et al., 2008). No es sorprendente, entonces, que la imitación sea el punto de partida para la generación de máquinas y otros productos que nos ayudan a resolver situaciones cotidianas (Rich y Weisberg, 2004).

De acuerdo con la literatura, cuando un diseño imita a otro existente, los diseñadores hacen ajustes para que los productos sean coherentes en ejecución y cumplan con las metas deseadas. Así mismo, Holyoak y Thagard (1997) plantean que estos aspectos son síntoma de la similitud superficial y estructural de los diseños, lo que refleja que en los estudiantes existe transferencia de conocimiento para resolver problemas.

Esta transferencia conduce a estrategias de propulsión que ayudan a que los estudiantes identifiquen causas, características, singularidades, generalidades y que elijan información confiable (Baughman y Mumford, 1995; Clemente y Linares, 2015). Una vez que estas condiciones aparecen, los estudiantes pueden generar nuevas hipótesis (Rodríguez et al., 2014), lo que sugiere un avance desde la categoría de imitación hacia la producción de diseños más elaborados que puedan ser considerados como combinaciones o transformaciones.

En el presente estudio, varios diseños fueron clasificados en la categoría de combinación. Es importante que existan diseños en esta categoría, porque constituye uno de los pasos iniciales para alcanzar la transformación y posteriormente la categoría de creación original. Para lograr creatividad a partir de estas categorías, se requiere la generación aislada de ideas que luego se combinen para que el conocimiento evolucione (Runco, 2010). Además, la combinación de ideas permite abordar la solución de los problemas desde diferentes ángulos para aumentar la probabilidad de encontrar ideas efectivas y sostenibles, al mismo tiempo que las interconexiones y la integración de conocimientos puede promover la adaptabilidad y construcción de aprendizaje continuo para mejorar la tecnología (Romero y Quesada, 2014).

El bajo número de diseños en las categorías intermedias y la estabilidad de estos resultados longitudinalmente en el tiempo podrían responder a los retos que enfrenta la educación en nuestros contextos sociales, y que incluyen la toma de vías rápidas (por ejemplo, la imitación) para la resolución de situaciones. Alcanzar diferentes categorías de creatividad requiere una inversión de tiempo, esfuerzo y recursos económicos (Park et al., 2021) que muchos estudiantes podrían no estar dispuestos a hacer. Para otros, sus habilidades pueden limitar su rendimiento creativo cuando se inician con categorías más complejas (Chien et al., 2023). Otra opción es que la percepción de los avances requiera varios años de seguimiento a un mismo grupo de estudiantes, lo cual fue una limitación en este estudio.

Estas mismas situaciones podrían influir en cuanto a la similitud en la cantidad de diseños de cada categoría por género (figura 7 y tabla 2). Aunque algunos estudios sugieren que hombres o mujeres son más creativos, las potencialidades creativas parecen desarrollarse de forma similar en los dos géneros a través de pensamientos independientes e inconformismo frente a lo convencional; aunque las mujeres suelen invertir menos tiempo en la producción creativa, debido al cuidado de la familia y a otras tareas del hogar (Barron, 1972). Sin embargo, futuros estudios deberán explorar los aspectos que limitan o favorecen la creatividad en cada género para diversas realidades sociales.

Es necesario continuar desarrollando procesos de creatividad asociados con la didáctica de las ciencias en la enseñanza, porque permite a los estudiantes generar ideas y productos novedosos, relevantes y valiosos que ayudan a resolver problemas, al tiempo que incentivan sus habilidades de pensamiento (Zohar, 2006). Además, lograr una creatividad asociada a la didáctica en la enseñanza de las ciencias ayuda a los estudiantes a profundizar en conocimientos, a motivarse, a autodisciplinarse, a perseverar, a afrontar riesgos, a ser autónomos, a experimentar, a autoevaluarse, a mejorar sus habilidades comunicativas, a incrementar su autoconfianza, a aprender y aprehender, y, al mismo tiempo, reconocer la importancia de estos procesos en su vida (Sousa et al., 2018; Murillo y Marcos, 2009). Para lograr lo anterior, es necesario descubrir los intereses de los estudiantes y, a partir de ahí, hacer que los materialicen hasta donde ellos puedan, admitiendo pensamientos divergentes, diferentes e insólitos, así como expresiones particulares y hasta «equivocadas» durante la exploración de sus conocimientos (Guilbert, 2012).

De acuerdo con Dym y Little (2004), generar los componentes adecuados en un diseño y que estos sean originales requiere definir un problema y diseñar un producto con atributos y funciones que ofrezcan una solución. Posteriormente, se necesita un diseño conceptual con especificaciones que permitan tener varias alternativas y que puedan ser probadas más adelante por ensayo y error para encontrar la de mejor desempeño. No obstante, algunos estudiantes pueden frustrarse en este proceso porque, como ya se mencionó (véase metodología), fallan en la definición adecuada del problema que resolver o porque quieren abordar más de un problema al mismo tiempo.

Es importante aclarar que la elección errónea del problema no evita en todos los casos que este pueda ser resuelto (Kapur, 2010), pero la guía y motivación del docente pueden potenciar las decisiones y reducir la cantidad de tiempo que dure el proceso. Estudiantes y docentes pueden inclinarse por diferentes alternativas para optimizar los procesos de diseño; algunas estrategias (por ejemplo, Dym y Little, 2004) requieren constante consulta bibliográfica y la generación de documentos de seguimiento, como listas de cambios y variaciones en los resultados. Otras estrategias se basan en la formulación de limitaciones (Jonassen, 2011) en cada parte del proceso, para las cuales el diseñador debe tomar decisiones que le permitan progresar. A medida que el diseñador avanza, el problema se vuelve más específico y aquel adquiere más experiencia para decidir acerca de las mejores opciones que seguir. El éxito de este tipo de estrategias se basa en la calidad de los argumentos que el diseñador use para la toma de decisiones (Jonassen y Kim, 2010).

En resumen, la identificación del problema que resolver es crucial, e independientemente de la estrategia, la toma de decisiones con argumentos sólidos puede optimizar el proceso de diseño y reducir el tiempo invertido. Con base en esta información, los docentes pueden adaptar múltiples estrategias de acuerdo con las necesidades particulares, motivando a la generación de nuevas ideas que *a priori* no pueden ser consideradas fracaso o éxito hasta no ponerlas a prueba.

Sorpresivamente, la categoría de creaciones originales fue la segunda en número de diseños, con un porcentaje que, aunque parece bajo (17,5 %), es alentador. El proceso creativo requiere un conjunto de pensamientos y acciones que conducen a una producción original y apropiada, lo cual no es fácil de lograr (Lubart et al., 2015). En una creación original, la creatividad requiere identificar un problema o vacío en la información, generando ideas para su solución a partir de la formulación y modificación de hipótesis, así como la comunicación de resultados (Torrance, 1965). Estos aspectos, a su vez, están relacionados con el proceso creativo de diseño, en el que los estudiantes razonan, preguntan, verifican, reformulan y generan pensamientos flexibles y divergentes para buscar soluciones a situaciones específicas que pueden explicar con fluidez (Botella et al., 2016; Redó et al., 2021). En el contexto de la Institución Educativa Diversificada, habilidades asociadas a la solución de problemas a partir de la construcción de nuevas ideas son incentivadas desde diferentes áreas, incluyendo las de especialización, donde los estudiantes pueden centrarse en conocimientos específicos de acuerdo con intereses particulares. El trabajo interdisciplinar promueve que muchos estudiantes logren ser creativos.

Este tipo de pensamientos debió aparecer en pasos que los estudiantes siguieron para obtener sus diseños originales, incluyendo la generación de ideas, la revisión de trabajos previos y sus posibles variaciones, la planificación y la preparación, así como la generación y rediseño de prototipos (Botella et al., 2011; 2013; Sadler-Smith, 2016). Otras evidencias de este tipo de pensamientos se pueden percibir a diario en los espacios de clase, cuando los estudiantes generan varias ideas para solucionar un mismo aspecto (Villa et al., 2019), y, bajo la orientación de docentes, las comparan, contrastan y al final se deciden por la que consideran mejor.

Más interesante aún es que existe una asociación entre la generación de pensamientos convergentes y divergentes y dos aspectos cruciales como son la intuición y la metacognición, los cuales deben presentarse como guía para que los estudiantes identifiquen información y aproximaciones más eficientes y relevantes (Cropley, 1999; Policastro, 1995). Si la «selección» de estos aspectos es eficaz, quiere decir

que los estudiantes están centrando su atención en aquellas soluciones adecuadas, y son precisos a la hora de especificar aspectos de sus diseños. Esta condición, necesaria en los procesos de aprendizaje, es conocida como concentración (Botella et al., 2018).

Este es el contexto de la creatividad funcional, en la cual las personas innovan para resolver problemas de manera efectiva dentro de un contexto específico. En la educación secundaria, fomentar esta habilidad es clave para preparar a los estudiantes para enfrentar diversos desafíos, desarrollar pensamiento crítico y adaptarse a entornos en constante cambio (Cropley y Cropley, 2010; Cropley, 2006). También es importante porque a medio y largo plazo puede ayudar al reciclaje y reutilización de materiales, en un contexto en el que muchas familias no saben cómo invertir en máquinas nuevas, pero podrían arreglarlas o reorganizarlas para que funcionen durante más tiempo con una baja inversión económica.

Los hallazgos de la presente investigación corroboran los resultados de un estudio previo, en el cual se encontró que estudiantes de la Institución Educativa Diversificado de Chía describen, identifican, relacionan, profundizan, deducen, inducen, dialogan, escuchan, diferencian, negocian y crean como parte de un proceso para desarrollar competencias comunicativas (interpretar, argumentar y proponer) y lograr un buen aprendizaje en el contexto científico (Palacino-Rodríguez, 2007). De acuerdo con esa misma investigación, los educandos construyen conocimientos gracias a que manejan información conceptual y lenguaje científico de una manera más amplia y en un contexto grupal de comunicación continua, en el cual encuentran y corrigen falencias, leen, debaten, relacionan y conectan ideas (Palacino-Rodríguez, 2007). El presente estudio coincide con la investigación previamente mencionada, en la que los estudiantes realizan actividades como relacionar, deducir o dialogar, mientras crean.

Los resultados del presente estudio generan las siguientes perspectivas de investigación: *i)* continuar explorando aspectos de la creatividad en las producciones de los estudiantes; *ii)* estudiar aspectos relacionados con las estrategias a seguir para incentivar e incrementar la creatividad de los estudiantes en distintas áreas; *iii)* explorar las interacciones que ocurren entre estudiantes y entre estudiantes y docentes en el proceso creativo; y *iv)* estimar el impacto de la cultura, la sociedad y el ambiente en los procesos de creación y en los estudiantes creativos. Otros estudios deberán centrarse en revisar en qué medida cada género logra creaciones originales sin pasar por categorías previas y si los problemas que estas creaciones intentan solucionar están o no asociados al género.

CONCLUSIONES

Una mayor cantidad de diseños fue clasificada en las categorías de imitación (50,83 %) o creación original (17,5 %), lo que sugiere que muchos estudiantes tienden a replicar soluciones existentes o a generar ideas nuevas, en lugar de optar por enfoques intermedios como la transformación o la variación. Además, la mayoría de los diseños que cumplieron con los tres componentes (función, estructura e identidad) también se clasificaron en imitación, mostrando que, si bien estos diseños incorporan elementos tomados de creaciones previas, para lograrlos, los estudiantes requieren interpretar, organizar y relacionar información (Niebles et al., 2019).

Aunque pareciese que tomar aspectos de ideas existentes fuese algo inadecuado, en realidad la reutilización de ideas y estructuras es una estrategia común en la generación de nuevos diseños. En este sentido, es importante notar la importancia de los resultados obtenidos en el presente estudio para la categoría de combinación, los cuales sugieren que los estudiantes extraen información importante de otras creaciones para integrarla a nuevas opciones. Esta integración constituye uno de los puntos de partida para que ocurra la transformación, la categoría previa a la obtención de creaciones originales (Beaney y Kunicki, 2024).

Ahora bien, para que los estudiantes logren estas categorías intermedias de creatividad, especialmente la transformación y la combinación, es necesario asociar la didáctica de las ciencias con estrategias que incentiven el pensamiento creativo. Lograr estas categorías es importante desde el punto de vista cognitivo, porque ayudan a mejorar la atención y la orientación del estudiante a la hora de reconocer diversos elementos o piezas, su importancia y cómo generar cohesión entre estas o ensamblarlas adecuadamente (Mataix, 1986; Méndez y Ghitis, 2015).

Lo anterior está fuertemente respaldado por otro resultado del estudio, en el que los diseños se enfocaron principalmente en la resolución de tareas cotidianas, como el aseo del hogar, corroborando la tendencia a desarrollar soluciones prácticas y aplicables en la vida diaria. Estos hallazgos son importantes porque indican que los procesos educativos en alguna medida (aún desconocida) se están enlazando con el contexto de los estudiantes y que sus producciones se ajustan a una perspectiva de creatividad funcional (Cropley y Cropley, 2010) que les permite combinar originalidad con utilidad para generar soluciones innovadoras que resuelvan problemas reales de manera eficiente.

No se encontraron diferencias significativas entre los diseños generados por género, ni en la cantidad de diseños por categoría a lo largo de los años. Este resultado puede ser un indicativo de que los retos para lograr creatividad tratados previamente (véase marco teórico) en realidad obstaculizan avances educativos significativos a corto plazo. Sin embargo, la función de los docentes seguirá siendo la formación de personas creativas y con valores que transformen su cotidianidad en una realidad en la que muchas personas puedan vivir mejor.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad educativa por el apoyo académico.

REFERENCIAS

- Álvarez-Álvarez, C. (2008). La etnografía como modelo de investigación educativa. *Gazeta de Antropología*, 24(1): Artículo 10. <https://doi.org/10.30827/Digibug.6998>
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to The Social Psychology of Creativity*. Westview Press.
- Barbot, B., Besançon, M., y Lubart, T. (2011). Assessing Creativity in the Classroom. *The Open Education Journal*, 4, 58-66. <https://doi.org/10.2174/1874920801104010058>
- Barron, F. (1972). *Artists in the making San Francisco: Seminar Press*, XIX, 237 pp.
- Boden, M. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms* (2.^a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203508527>
- Botella, M., Zenasni, F., y Lubart, T. I. (2011). A dynamic and ecological approach to the artistic creative process in arts students: An empirical contribution. *Empirical Studies of the Arts*, 29, 17-38. <https://doi.org/10.2190/EM.29.1.b>
- Botella, M., Glaveanu, V. P., Zenasni, F., Storme, M., Myszkowski, N., Wolff, M., y Lubart, T. (2013). How artists create: Creative process and multivariate factors. *Learning and Individual Differences*, 26, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.02.008>
- Botella, M., Nelson, J., y Zenasni, F. (2016). Les macro et micro processus créatifs [The macro and micro creative processes]. En I. Capron-Puozzo, *Créativité et apprentissage [Creativity and learning]* (pp. 33-46). De Boeck.
- Botella, M., Zenasni, F., y Lubart, T. (2018). What Are the Stages of the Creative Process? What Visual Art Students Are Saying. *Frontiers in Psychology*, 9, 22-66. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02266>

- Baughman, W.A. y Mumford, M. D. (1995). Process-analytic models of creative capacities: Operations influencing the combination-and-reorganization process. *Creativity Research Journal*, 8, 37-62. https://doi.org/10.1207/s15326934crj0801_4
- Bybee, R.W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329, 996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Camargo, P. M. (2017). Creatividad: herramienta didáctica para los docentes. *Educación*, (23), 35-39. <https://doi.org/10.33539/educacion.2017.n23.1184>
- Cardona, F. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje de Ciencias Naturales*. https://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf
- Chien, Y. H., Liu, C. Y., Chan, S. C., y Chang, Y. S. (2023). Engineering design learning for high school and college first-year students in a STEM battlebot design project. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00403-0>
- Clemente, F. y Llinares, S. (2015). Formas del discurso y razonamiento configural de estudiantes para maestros en la resolución de problemas de geometría. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 0009-27. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1332>
- Corbalán-Berna, J. y Limiñana-Gras, R. M. (2010). El genio en una botella. El test CREA, las preguntas y la creatividad. Introducción al monográfico El test CREA, inteligencia creativa. *Anales de Psicología*, 26(2), 197-205. https://www.um.es/analesps/v26/v26_2/01-26_2.pdf
- Craft, A. (1999). Creative development in the early years: Some implications of policy for practice. *The Curriculum Journal*, 10, 135-150. <https://doi.org/10.1080/0958517990100110>
- Cropley, A. J. (1999). *Definitions of creativity, in Encyclopedia of Creativity*. En M. A. Runco y S. R. Pritzker (pp. 511-524), vol. 1. Academic Press.
- Cropley, A. (2006). Functional creativity: A socially-useful creativity concept. *Baltic Journal of Psychology*, 7(1), 26-35. <https://doi.org/10.1037/e629912012-004>
- Cropley, D. y Cropley, A. (2010). Functional creativity: Products and the generation of effective novelty. En J. C. Kaufman y R. J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 301-317). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511763205.019>
- Cropley, D. H., Kaufman, J. C. y Cropley, A. J. (2011). Measuring Creativity for Innovation Management. *Journal of technology management y innovation*, 6(3), 13-30. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242011000300002>
- Dym, C. L. y Little, P. (2004). *Engineering design: A project-based introduction*. Wiley.
- English, L. D. y King, D. (2019). STEM integration in sixth grade: Designing and constructing paper bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(5), 863-884. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0>
- Feldman, D. H. y Gardner, H. (2003). *The Creation of Multiple Intelligences Theory: A Study in High-Level Thinking, Creativity and Development, Counterpoints: Cognition, Memory, and Language*. Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195149005.003.0005>
- Feldman, D. H. y Benjamin, A. C. (2006). Creativity and education: An American retrospective. *Cambridge Journal of Education*, 36(3), 319-336. <https://doi.org/10.1080/03057640600865819>
- Ferraro III, F. M. (2015). Enhancement of convergent creativity following a multiday wilderness experience. *Ecopsychology*, 7, 7-11. <https://doi.org/10.1089/eco.2014.0043>
- Guibert, M. O. (2012). El desarrollo de la creatividad desde las Ciencias Naturales. Una propuesta didáctica. *EduSol*, 12(39), 43-49.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 445-454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Herrán, A. de la (2008). Capítulo 8: Didáctica de la creatividad. En A. de la Herrán, y J. Paredes, *Didáctica General: La práctica de la enseñanza en Educación Infantil, Primaria y Secundaria*. Mc Graw-Hill.

- Herrero, F. J., Cuesta, M., y Fernández, P. (1999). La prueba Chi-cuadrado en tablas de contingencia con celdas vacías: un procedimiento en SPSS. *REMA Revista electrónica de metodología aplicada*, 4(1), 1-8.
- Holyoak, K. J. y Thagard, P. (1997). The analogical mind. *American Psychologist*, 52, 35-44. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.52.1.35>
- Hunter, S. T., Bedell-Avers, K. E., Hunsicker, C. M., Mumford, M. D., y Ligon, G. S. (2008). Applying multiple knowledge structures in creative thought: Effects on idea generation and problem-solving. *Creativity Research Journal*, 20, 137-154. <https://doi.org/10.1080/10400410802088779>
- Jonassen, D. H. (2011). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.
- Jonassen, D. H. y Kim, B. (2010). Arguing to learn and learning to argue: Design justifications and guidelines. *Educational Technology: Research & Development*, 58(4), 439-457.
- Jowett, B. (1953). *The Dialogues of Plato translated into English with Analyses and Introductions*, 4 vols. (4.ª ed.).
- Kampylis, P. y Valtanen, J. (2010). Redefining Creativity - Analyzing Definitions, Collocations, and Consequences. *Journal of Creative Behavior*, 44, 191-214. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.2010.tb01333.x>
- Kapur, M. (2010). Productive failure in mathematical problem solving. *Instructional Science*, 38, 523-550. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9093-x>
- Kaufman, J. C., Baer, J., y Cole, J. C. (2009). Expertise, Domains, and the Consensual Assessment Technique. *Journal of Creative Behavior*, 43(4), 223-233. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.2009.tb01316.x>
- Lubart, T. I., Mouchiroud, C., Tordjman, S., y Zenasni, F. (2015). *Psychologie de la Créativité [Psychology of Creativity]* (10.ª ed.). Armand Colin.
- Martínez, N. M. (2003). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 65-78. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3942>
- Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50, 370-396. <https://doi.org/10.1037/h0054346>
- Mataix C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas* (2.ª ed.). Ediciones del Castillo S. A.
- Maurya, P., Ali, S. A., Ahmad, A., Zhou, Q., Castro, J., Khane, E., y Ali, A. (2020). *An introduction to environmental degradation: Causes, consequence and mitigation*. <https://doi.org/10.26832/aesa-2020-edcrs-01>
- Méndez Sánchez, M. A. y Ghitis, T. (2015). La creatividad: Un proceso cognitivo, pilar de la educación. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 41(2), 143-155. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052015000200009>
- MOE. (2009). *Desired outcomes of education*. <http://www.moe.gov.sg/education/desired-outcomes/>
- Mullen, C. A. (Ed.). (2019). *Creativity under duress in education?: resistive theories, practices, and actions*, vol. 3. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-90272-2>
- Murillo, J. y Marcos, G. (2009). Un modelo para potenciar y analizar las competencias geométricas y comunicativas en un entorno interactivo de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 241-256. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3734>
- Murillo, F. J. y Martínez-Garrido, C. (2010) *Investigación etnográfica*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Niebles, E. E., Quesada, F., Santamaria, H., Méndez, D. J., y Ruiz, A.A. (2009). Metodología para el diseño y construcción de una máquina para medición del desgaste abrasivo basado en la norma ASTM G-65. *Prospectiva*, 7(1), 53-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250975008>

- Nilsson, P. (2011). The challenge of innovation in Critical thinking and creativity: Learning outside the box. Paper presented at the Proceedings of the 9th International Conference of the Bilkent University Graduate School of Education (Turkey), Ankara (pp. 54-62).
<https://drive.google.com/file/d/1IH9wkpVbKw-bNokzPbVX15EvpWcKohmK/view>
- Olorode, O. A., Bamigbola, E. A., y Ogba, O. M. (2015). Comparative Studies of some River Waters in Port Harcourt based on their Physico-Chemical and Microbiological Analysis, Niger Delta Region of Nigeria. *International Journal of Basic and Applied Science*, 3, 29-37.
- O'Quin, K. y Besemer, S. P. (1999). Creative Products. En M. A. Runco y S. R. Pritzker (eds.), *Encyclopedia of creativity* (pp. 413-422). Academic Press.
- Pahl, G. y Beitz, W. (1995). *Engineering design, a systematic approach* (2.^a ed). Springer-Vorlag.
- Palacino-Rodríguez, F. P. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 275-298.
- Palacino-Rodríguez, F. (2025). Categorización de creatividad en diseños generados por estudiantes de secundaria. *figshare*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28847828>
- Park, M., Leahey, E., y Funk, R. (2021). *The decline of disruptive science and technology*. arXiv preprint arXiv:2106.11184.
- Pearson, K. (1900). X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157-175. <https://doi.org/10.1080/14786440009463897>
- Planas, N. (2004). Metodología para analizar la interacción entre lo cultural, lo social y lo afectivo en educación matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 19-36.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3900>
- Policastro, E. (1995). Creative intuition: an integrative review. *Creativity Research Journal*, 8, 99-113.
https://doi.org/10.1207/s15326934crj0802_1
- Porlán Ariza, R. (2018). Didáctica de las ciencias con conciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795>
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ratcliffe, E., Gatersleben, B., Sowden, P.T., y Korpela, K. M. (2021). Understanding the perceived benefits of nature for creativity. *Journal of Creative Behavior*, 0(0), 1-17.
<https://doi.org/10.1002/jocb.525>
- Redó, N. A., Gutiérrez, M. Á. M., y Cano, J. D. V. (2021). Dimensions of creativity in secondary school high-ability students. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(3), 953-961. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11030070>
- Rich, J. D. y Weisberg, R.W. (2004). Creating All in the Family: A case study in creative thinking. *Creativity Research Journal*, 16, 247-259. <https://doi.org/10.1080/10400419.2004.9651456>
- Reiter-Palmon, R., Illies, Young, M., Kobe, L., Buboltz, C., y Nimps, T. (2009). Creativity and domain specificity: The effect of task type of multiple indices on creative problem solving. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 3, 73-80. <https://doi.org/10.1037/a0013410>
- Rodríguez Marín, F., Fernández Arroyo, J., y García Díaz, J. E. (2014). Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 303-318. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1137>
- Romero, M. y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 0101-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>

- Runco, M. (2010). Divergent thinking, creativity, and ideation. En J. C. Kaufman y R. J. Sternberg (Eds.), *Cambridge Handbook of Creativity* (pp. 413-446). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511763205.026>
- Said-Metwaly, S., Noortgate, W. Van den, y Kyndt, E. (2017). Approaches to measuring creativity: A systematic literature review. *Creativity. Theories. Research - Applications*, 4(2), 238-275.
<https://doi.org/10.1515/ctra-2017-0013>
- Sadler-Smith, E. (2016). Wallas' four-stage model of the creative process: more than meets the eye? *Creative Research Journal*, 27, 342-352. <https://doi.org/10.1080/10400419.2015.1087277>
- Shaheen, R. (2010). Creativity and Education. *Creative Education*, 1, 166-169.
<https://doi.org/10.4236/ce.2010.13026>
- Simonton, D. K. (2009). Varieties of (scientific) creativity: A hierarchical model of disposition, development, and achievement. *Perspectives on Psychological Science*, 4, 441-452.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-6924.2009.01152.x>
- Soles, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 337-347.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3868>
- Sousa, F. C., Monteiro, I. P., y Bica, J. P. (2018). A evolução das redes sociais na execução de projetos em um agrupamento escolar. *Estudos de Psicologia* (Campinas), 35(3), 265-274.
<https://doi.org/10.1590/1982-02752018000300003>
- Torrance, E. P. (1965). *Cómo Es El Niño Sobredotado y cómo enseñarle*. Paidós.
- Torres Miranda, T. (2021). El problema, la creatividad y lo lógico en la didáctica de la educación superior; una aproximación a su relación. *Revista Cubana de Educación Superior*, 40.
- Tristán López, A. y Mendoza González, L. (2016). Taxonomías sobre creatividad. *Revista de Psicología (PUCP)*, 34(1), 147-183. <https://doi.org/10.18800/psico.201601.006>
- Villa, A. S., Gironés, G. T., y Vilella, H. Q. (2019). Razonamiento configural y desarrollo del discurso en la resolución de problemas empíricos en contexto geométrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(3), 89-109. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2431>
- Westby, E. L. y Dawson, V. L. (1995). Creativity: Asset or burden in the classroom. *Creativity Research Journal*, 8, 1-10. https://doi.org/10.1207/s15326934crj0801_1
- Wilson, A. A., Householder, D. L. y Smith, E. (2013). High school students' cognitive activity while solving authentic problems through engineering design processes. *In the Conference Proceedings of the American Society for Engineering Education* (pp. 23-37). <https://doi.org/10.18260/1-2--19677>
- Yu, J. W. (2015). The three factors of creativity management: Visual, number, and word creativity. *DLSU Business and Economics Review*, 25, 63-80.
- Zohar, A. (2006). El pensamiento de orden superior en las clases de ciencias: objetivos, medios y resultados de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 157-172.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3797>

Categorization of Creativity in Designs Generated by Secondary School Students

Fredy Palacino Rodríguez

Institución Educativa Diversificado, Secretaría de Educación de Chía, Cundinamarca, Colombia

odonata107@gmail.com

Achieving creativity requires developing skills related to the generation of ideas, as well as understanding its characteristics and the level at which it is attained by an individual or a group within a specific context. This understanding enables the creation of strategies that promote problem-solving and expressiveness. The objective of this study is to categorize the degree of creativity in middle school students from Colombia when tasked with designing machines. To achieve this, potential differences related to gender and temporal evolution across different academic courses were analyzed. Even though it was expected that most designs would involve simpler creative actions, without showing differences neither in gender nor over time, the findings revealed more complex degrees of creativity. This qualitative, microethnographic research allowed for the interpretation of how students construct their reality. To assess differences in the structure, function, and identity of the designs, a grid based on the Creative Design Taxonomy Model was used. Before its application, this grid was evaluated by teachers from different disciplines using photographs of the student-designed projects. The teacher's guidance in the classroom focused on the specificity of the task that the machine was intended to perform and on aspects of how the design was presented. However, it did not involve alterations regarding identity, function, or structure of the designs. A total of 1,200 designs were created by 609 students aged from 16 to 18 between 2012 and 2022. The number of designs was analyzed according to gender and over time using chi-square tests with contingency tables using R software. Fifty percent of the designs were classified as imitation, while approximately 18 % were categorized as original creation. Likewise, 44 % of the designs were assigned functions related to tasks or household chores. The analysis by gender showed that the number of designs classified as imitation or original creation was significantly higher than the number of designs in other categories. Nevertheless, when comparing the number of designs created by men or women, or the number of designs in each category over time, no significant differences were found. The presence of imitation in the design process suggests that students are transferring knowledge to problem-solving. Additionally, the small number of designs in intermediate categories and the stability of these results throughout time may reflect educational challenges such as the tendency to opt for quick solutions in daily situations. The percentage of designs categorized as original is encouraging and confirms that students describe, identify, relate, delve in, deduce, induce, engage in dialogue, listen, differentiate, negotiate, and achieve learning in the scientific context. Given that the designs mainly focused on solving daily tasks, this study suggests that educational processes are intertwined with the tendency to develop practical and applicable solutions to daily life, giving meaning to functional creativity in science didactics. Strategies to foster creativity in middle school students should encourage the association between convergent and divergent thinking, as well as trial and error, and the constant socialization and reorganization of ideas.

