



Validación y aplicación de un test modificado de Vandenberg y Kuse de rotación mental para simetría molecular

- Validation and Implementation of a Modified Vandenberg and Kuse Mental Rotation Test for Molecular Symmetry
- Validação e aplicação de um teste modificado de Vandenberg e Kuse de rotação mental para simetria molecular

Resumen

La rotación mental, como una de las categorías entre las habilidades espaciales, puede señalar la capacidad del individuo para manipular y realizar giros sobre objetos tridimensionales, esta a su vez tiene una relación directa con la aplicación de ejes de rotación en el estudio de la simetría molecular en los cursos de Química Inorgánica universitarios, donde se ha visto un bajo rendimiento académico por parte de los estudiantes en la aplicación de dichos ejes. La finalidad del caso educativo fue desarrollar, validar y aplicar un test modificado de Vandenberg y Kuse (VyKM) de rotación mental y al mismo tiempo aplicar el test estándar de Vandenberg y Kuse (VyK) para la aplicación de ejes de rotación en un curso de química inorgánica en la Universidad de Caldas. La muestra de estudio fue categorizada según el género y el número de veces que los estudiantes han realizado el curso. Los test fueron aplicados en un momento previo y posterior a la manipulación de modelos físicos durante el curso y se realizó una comparación entre los rendimientos obtenidos. Entre los resultados se destacan que no hubo diferencias significativas para la muestra total después de la aplicación de ambos test en el momento previo y posterior a la manipulación de modelos físicos, de igual forma se evidenció la misma tendencia para la comparación entre estudiantes que veían el curso por primera vez y aquellos estudiantes repitentes. Respecto a la comparación de géneros, se evidenció, lo manifestado en la literatura, un mayor rendimiento de los hombres frente a las mujeres para ambos test, antes y después de la aplicación de modelos físicos. Finalmente, se puede concluir que existe una relación entre el rendimiento en el test para medir la habilidad de rotación mental y la capacidad para aplicar ejes de simetría.

Palabras clave

habilidad espacial; rotación mental; eje de simetría; modelo molecular; test de Vandenberg y Kuse

Johan Manuel Sepúlveda García*
Andrés Mauricio Suárez Giraldo**
José Mauricio Rodas Rodríguez***
Francisco Javier Ruiz Ortega****
Maria Delfa Henao Henao*****

* Magíster en Química, Universidad de Caldas, docente, Colombia, Manizales.
manuel.sepulveda@ucaldas.edu.co
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8906-5091>

** Magíster en Química, Universidad de Caldas, docente, Colombia, Manizales.
mauricio.suarez@ucaldas.edu.co
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2244-4070>

*** Magíster en Química, Universidad de Caldas, docente, Colombia, Manizales.
mauricio.rodas@ucaldas.edu.co
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1531-2854>

**** Doctor en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, docente, Colombia, Manizales.
francisco.ruiz@ucaldas.edu.co
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1592-5535>

***** Magíster en Química, Universidad de Caldas, docente, Colombia, Manizales.
maria.henao_h@ucaldas.edu.co
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7111-2198>



Abstract

Mental rotation, as one of the categories among spatial skills, can signal the individual's ability to manipulate and make turns on three-dimensional objects, which, in turn, has a direct relationship with the implementation of rotation axes in the study of molecular symmetry in university courses on inorganic chemistry, where the students have been shown to have a low academic performance in the implementation of said axes. The purpose of the educational case was to develop, validate and apply a modified Vandenberg and Kuse mental rotation test and, at the same time, apply the standard Vandenberg and Kuse test to implement rotation axes in an inorganic chemistry course at Universidad de Caldas. The study sample was categorized according to gender and number of times the students had taken the course. The tests were applied before and after the manipulation of physical models during the course and the yields obtained were compared. One of the results was that there were no significant differences for the total sample after implementing both tests before and after the manipulation of physical models. The same tendency was observed for the comparison between students who took the course for the first time and those who retook it. As for gender comparison, the literature showed a higher performance in both tests by men than women before and after implementing physical models. Finally, we concluded that there is a link between test performance to measure mental rotation ability and the ability to apply symmetry axes.

Keywords

spatial ability; mental rotation; axis of symmetry; molecular model and Vandenberg and Kuse test

Resumo

A rotação mental, como uma das categorias entre as habilidades espaciais, pode assinalar a capacidade do indivíduo para manipular e realizar giros sobre objetos tridimensionais, ao mesmo tempo, está relacionada diretamente com a aplicação de eixos de rotação no estudo da simetria molecular nas aulas universitárias de Química Inorgânica, onde se evidencia um baixo rendimento acadêmico por parte dos estudantes na aplicação desses eixos. A finalidade do caso educativo foi desenvolver, validar e aplicar um teste modificado de Vanderberg e Kuse (VyK) para a aplicação de eixos de rotação em uma aula de química inorgânica na Universidade de Caldas. A mostra do estudo foi categorizada segundo o gênero e o número de vezes que os estudantes realizaram o curso. Os testes foram aplicados em um momento prévio e posterior à manipulação dos modelos físicos durante o curso e realizou-se uma comparação entre os rendimentos obtidos. Entre os resultados destaca-se que não existem diferenças significativas para a amostra total depois da aplicação de ambos testes no momento prévio e posterior à manipulação de modelos físicos; igualmente, evidenciou-se a mesma tendência para a comparação entre estudantes que faziam o curso por primeira vez e aqueles que o repetiram. Em relação à comparação de gêneros, evidenciou-se, como manifestado na literatura, um maior rendimento dos homens frente às mulheres para os dois testes, antes e depois da aplicação de modelos físicos. Finalmente, é possível concluir que existe uma relação entre o rendimento no teste para medir a habilidade de rotação mental e a capacidade para aplicar eixos de simetria.

Palavras-chave

habilidade espacial; rotação mental; eixo de simetria; modelo molecular; teste de Vandenberg y Kuse

Introducción

Desde la temática de la simetría molecular en química inorgánica han existido dificultades para su comprensión, reflejadas en los bajos rendimientos a la hora de ejecutar elementos de simetría por parte de la gran mayoría de estudiantes que han cursado esta asignatura en la Universidad de Caldas; existe un amplio espectro de factores que pueden explicar esta dificultad, entre ellos, la representación de estructuras químicas, la inteligencia espacial y los procesos metacognitivos de los estudiantes, entre otros. Desde esta investigación se plantea analizar relaciones entre la rotación mental (categoría que mide la inteligencia espacial) y la capacidad para realizar ejercicios de simetría aplicando los llamados ejes de simetría. Para establecer la relación entre rotación mental y la aplicación de ejes de simetría, se eligió el test de rotación mental propuesto por Vandenberg y Kuse en 1978 y sus resultados se cotejarán con los obtenidos después de aplicar un test de simetría molecular originado de una modificación del test original.

Es en el estudio de la simetría molecular y las habilidades espaciales donde se enfoca el siguiente caso de estudio, ya que por los últimos años los estudiantes de Licenciatura en Biología y Química de la Universidad de Caldas han tenido bajos rendimientos académicos en esta área. Se enfatiza en la relación entre habilidades especiales, específicamente rotación mental y el eje de simetría aplicado a representaciones moleculares inorgánicas. El presente trabajo se realizó en la Universidad de Caldas, específicamente, con estudiantes del programa de Licenciatura en Biología y Química.

Fundamentación de la experiencia

Inteligencia y habilidad viso-espacial

La inteligencia puede ser definida como la habilidad para adaptarse, seleccionar y dar forma a entornos o ambientes, aunque a lo largo de los años se han ofrecido otras definiciones (Sternberg y Detterman, 1986). De igual manera, se han propuesto diferentes enfoques para su correcto entendimiento (Sternberg, 1990). En este documento se hará énfasis sobre el enfoque científico-cognitivo (Thurstone, 1938; Carroll, 1993, y Estes, 1970). Howard Gardner (1983) sugirió que la inteligencia no es unitaria, sino que más bien son ocho diferentes inteligencias: lingüística, lógica matemática, espacial, musical, corporal-kinestésica, interpersonal, intrapersonal y naturalista. Cada una de estas inteligencias es un módulo distinto en el cerebro y opera más o menos independientemente de las otras. Gardner ha ofrecido una gran variedad de tipos de evidencias para soportar su teoría (incluyendo investigación científico-cognitiva) aunque no llevó a cabo directamente ninguna investigación para probar su modelo. Otros teóricos han tratado de unir directamente el procesamiento de información con procesos fisiológicos en el cerebro (Haier, Siegel, Tang, Abel y Buchsbaum, 1992). De igual forma, se han propuesto un significativo número de test cognitivos para medir la inteligencia (Sternberg, 1990 y Brody 2003), y han sido desarrollados otro gran número de programas basados en la teoría cognitiva y la modificación de la inteligencia (Nickerson, 1994). Algunos investigadores han argumentado también que hay varios tipos de inteligencias, tales como la inteligencia práctica (Sternberg, 1997) o la inteligencia emocional (Goleman, 1995).

Como se ha descrito anteriormente, la concepción de las habilidades forman parte integral para entender el fenómeno intelectual; de acuerdo con esto, y con las inteligencias múltiples propuestas por Gardner (1983), se puede entender la habilidad viso-espacial como una herramienta clave para la correcta comprensión, adaptación y modificación de la naturaleza, y, a su vez, puede ser la base para comprender ciertos fenómenos educativos, como sería el caso de esta investigación, que pretende mostrar una relación entre esta habilidad y la mortalidad académica reflejada en la resolución de problemas del estudio de la química en tres dimensiones.

Aunque las habilidades espaciales han sido un área de significativa investigación desde 1920 (*Assessing Women in Engineering, AWE, 2005*), no existe un consenso real sobre la definición de *habilidades viso-espaciales*. Últimamente se habla de que la habilidad espacial no puede ser un modelo unitario, sino una colección de ciertas habilidades específicas (Voyer y Bryden, 1995). Investigadores y teóricos en las áreas de la psicología cognitiva, el arte, las ciencias, matemáticas e ingenierías han usado gran variedad de combinaciones de palabras en intentos por clasificar de manera más precisa este grupo de habilidades mentales, son ejemplo de estas combinaciones unir *visual* y *espacial* con palabras como *cognición, destreza, orientación, percepción, razonamiento, relaciones, rotaciones e imaginación*, entre otras (Miller y Bertoline, 1991). A través del análisis de los estudios realizados entre 1974 y 1982, Linn y Petersen (1985) han descrito de manera más precisa sus definiciones.

La rotación mental y su medición (Hegarty, 2010)

Como se ha especificado en páginas anteriores, el objetivo de esta investigación es encontrar la relación entre las habilidades espaciales y la resolución de ejercicios de simetría molecular en el curso de química inorgánica, para este fin se ha enfocado el estudio en solo uno de los componentes de la habilidad espacial planteados por Linn y Petersen (1985): la rotación mental de los individuos. Aquí se hace importante mencionar que varios investigadores han dado diferentes nombres a los mismos (o muy similares) componentes de la habilidad espacial. Cuando el tema en cuestión es la diferencia de género, investigadores como Linn y Petersen, 1985 usaron la rotación mental con un significado parecido a los factores de relación espacial de Carroll (1993). La diferencia radica en que la rotación mental incluye manipular un objeto o una figura en dos o tres dimensiones, mientras que los factores de relación espacial requieren la imaginación de un objeto en dos o tres dimensiones en relación a otro objeto (Aszalos y Bako, 2004; Bayram, 2009).

Shepard y Metzler (1971) definen la rotación mental como: “La habilidad que tiene un individuo para rotar representaciones mentales de objetos multi-dimensionales” (p. 702). A su vez, según Johnson (1990), la rotación mental puede ser separada en los siguientes estados cognitivos (Lohman, 1993): crear una imagen mental del objeto, rotar el objeto mentalmente hasta que pueda

o deba hacerse una comparación, hacer la comparación, decidir si los objetos son los mismos o no, y reportar la decisión.

En un test de rotación mental, al sujeto se le propone comparar dos objetos o letras tridimensionales y determinar si estas imágenes son las mismas o representan imágenes especulares (enantiomorfas). Comúnmente, el test está comprendido por pares de imágenes de un objeto después de rotarlo, una cantidad específica de grados, en el espacio. Algunas imágenes serán el mismo objeto rotado, y otras serán su imagen especular, el sujeto debe identificar un grupo específico de pares. El juicio sobre el desempeño del sujeto se basa en qué tan rápido y qué tan correctas son las determinaciones de las imágenes, diferenciando entre las que representan imágenes especulares y cuáles no. La versión del test de rotación mental de Vandenberg y Kuse (1978), originalmente creado por Shepard y Metzler (1971), es el test comúnmente usado para medir la habilidad de la rotación mental (Olkun, 2003; Saorín, Navarro, Martín y Contero, 2005). Este test involucra problemas y tareas que requieren que el sujeto identifique cuáles, de una serie de imágenes de un objeto tridimensional, son el mismo objeto, sin tener en cuenta su orientación. Los resultados del metaanálisis (Linn y Petersen, 1985; Voyer y Bryden, 1995) mostraron que, aunque la diferencia varía dependiendo de la edad del grupo de estudio, los hombres tienden a desempeñarse mejor en este tipo de test que las mujeres.

Cada uno de los ítems del test de Vandenberg consiste en 5 figuras de bloques tridimensionales (Geiser, 2006). La figura del bloque a la izquierda (objetivo, o T) debe ser comparada con las imágenes similares a su derecha. En cada ítem, dos de las cuatro figuras de la derecha son versiones rotadas del objetivo (alternativas correctas), mientras las otras dos son figuras distractoras (D_1 y D_2). Las dos

alternativas correctas deben ser reconocidas y marcadas por los participantes. Un aspecto importante en la construcción de los ítems es que hay dos tipos diferentes de figuras distractores, en la mayoría de los casos los distractores son imágenes especulares del objetivo, mientras, en otros casos, los distractores son figuras de bloques con diferente forma. También existen casos de test con ítems utilizando ambos tipos de distractores mezclados.

Simetría molecular

La simetría de una molécula determina muchas de sus propiedades. El estudio de la simetría molecular es muy importante porque permite completar análisis teóricos y experimentales sobre la estructura de las moléculas (Jaramillo, 2002) (Medina y Reyes, 2005). Sus principios básicos son aplicados en las teorías de la química cuántica, la espectroscopía molecular y otros estudios de física y química. Las moléculas son un arreglo espacial de átomos que determina su simetría y por consiguiente define los elementos de simetría propios de la molécula. En una transformación coordinada de una molécula toman parte diversos elementos de simetría.

- a. *Identidad, i*. Esta es una propiedad que todas las moléculas tienen y es la identificación de la misma al permanecer inamovible, o bien cuando, al hacerla girar 360° alrededor de un eje principal, la molécula queda en su posición original. A este parámetro también se le denomina $C1$ de acuerdo con la notación espectroscópica llamada de Schoenflies.
- b. *Acción de simetría, A*. Es el movimiento molecular de giro que, al terminarse, la molécula queda aparentemente sin cambios. Así que una molécula tiene p movimientos de simetría.

- c. *Centro de simetría (inversión), i*. Punto simétrico que parece inamovible durante uno o más movimientos de simetría. En ocasiones coincide el centro de simetría con un átomo de la molécula en cuestión. Sin embargo, no todas las moléculas poseen un centro de simetría.
- d. *Eje de simetría (eje de rotación), C_p* . Línea imaginaria alrededor de la cual se ejecuta un movimiento de simetría en la molécula. La rotación a través de este eje en ángulos de $360^\circ/p$ ofrece configuraciones indistinguibles en la molécula.
- e. *Plano de simetría (plano de espejo)*. Plano imaginario donde se produce un reflejo indistinguible de la mitad de la molécula. Los planos-espejo comúnmente intersectan el eje de simetría y determinan el reflejo de una molécula. La esquematización de los planos en las moléculas de agua y amoníaco se presentan enseguida.
- f. *Eje de rotación-reflexión (eje de rotación impropio), S_p* . La rotación a través de este eje en ángulos de $360^\circ/p$, seguido de una reflexión en un plano perpendicular al eje, produce una configuración indistinguible del original.

Descripción de la experiencia

El proceso para la validación del test modificado y su respectivo análisis se inició con la identificación del problema académico y la formulación de las posibles características o habilidades por evaluar. Una vez se definieron las variables por estudiar y se formuló la hipótesis central, se pudieron elaborar y aplicar los instrumentos a la población de estudio, con el fin de obtener la información para finalizar con los análisis estadísticos de los resultados.

El siguiente diagrama resume el proceso de validación, teniendo en cuenta cada uno de los pasos enunciados anteriormente (diagrama 1).

Sistematización de la experiencia

El caso de validación se centró en los estudiantes del programa de Licenciatura en Biología y Química de la Universidad de Caldas que cursan Química Inorgánica. Discriminados de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación por género. Clasificación por repitencia

Estudiantes que cursan por primera vez Química Inorgánica	21
Estudiantes repitientes de Química Inorgánica	13
Total	34

Hombres	15
Mujeres	19
Total	34

Fuente: elaboración propia.

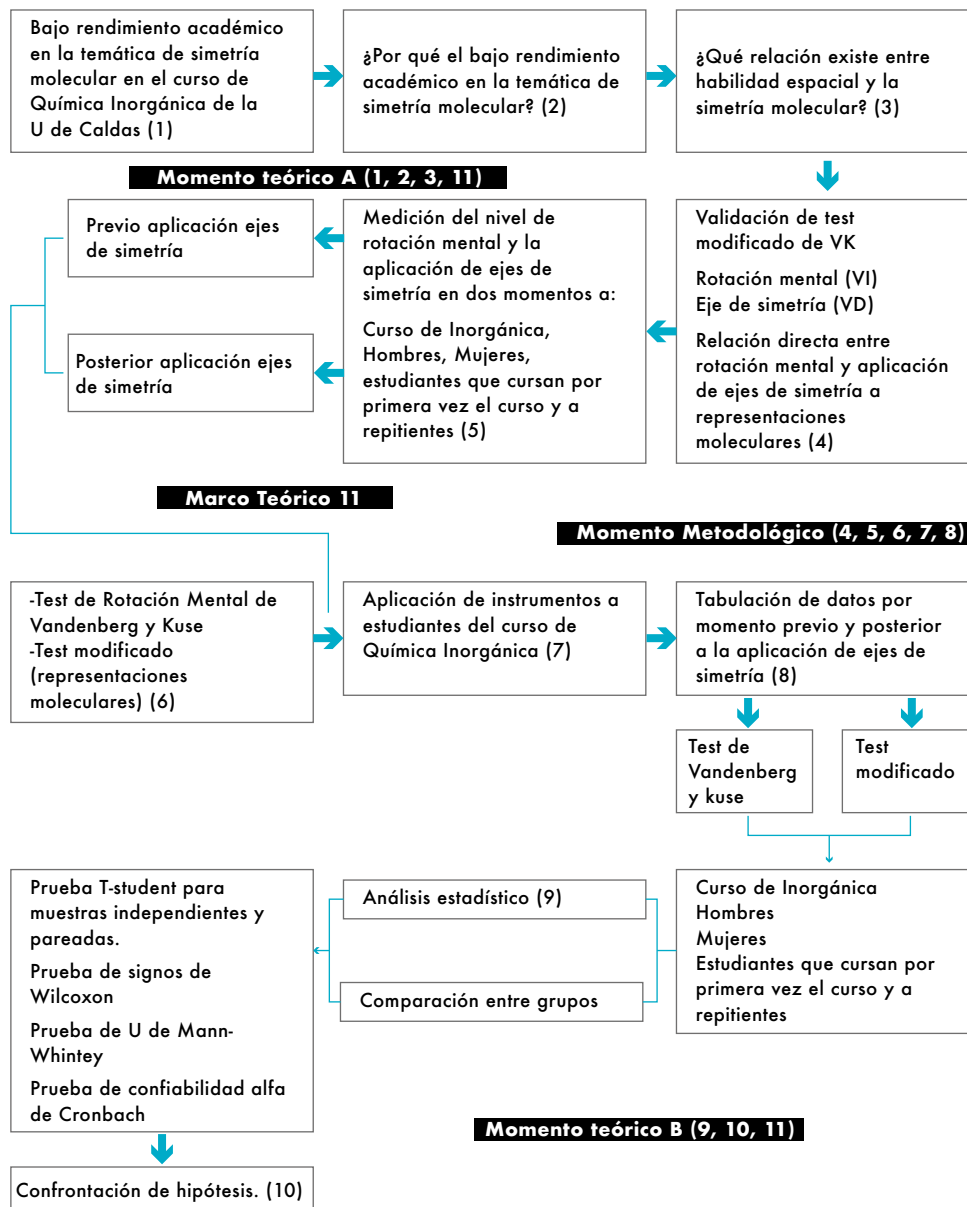


Diagrama 1. Proceso de validación del test modificado de rotación mental

Fuente: elaboración propia.

Test de rotación mental diseñado por Vandenberg y Kuse

La cuantificación del nivel de rotación mental se llevó a cabo con la versión del test de rotación mental de Vandenberg y Kuse (1978), originalmente creado por Shepard y Metzler (1971); es el test comúnmente usado para medir la habilidad de la rotación mental. Este test involucra problemas y tareas que requieren que el sujeto identifique cuál, de una serie de imágenes de un objeto tridimensional, es el mismo objeto sin tener en cuenta su orientación.

Test modificado de rotación mental

Test validado durante el caso de estudio, el cual permitió cuantificar la aplicación de ejes de simetría sobre representaciones moleculares inorgánicas. Se tomó como base para la creación de este test, la prueba de Vandenberg y Kuse 1974, para rotación mental, en el cual originalmente la imagen objetivo es un dibujo tridimensional de un bloque, donde se sustituyó esta imagen tridimensional por una representación de geometrías moleculares (octaedros y tetraedros); Las instrucciones para este test modificado son las mismas del test de Vandenberg y Kuse. También se conservaron el mismo número de preguntas, calificación de las mismas y tiempo de ejecución del test.

Análisis de la experiencia

Los resultados obtenidos en los diferentes momentos del estudio con los test de rotación mental (Vandenberg y Kuse o VyK) y test de rotación de representaciones moleculares (modificado de Vandenberg y Kuse o VyKM) están tabulados en la tabla 1. Allí se consignan las frecuencias y puntos obtenidos en cada uno de los test donde las relaciones observadas en las gráficas presentadas más adelante derivan de la razón del puntaje obtenido respecto a 40 puntos. Los datos tabulados, también mencionan los resultados obtenidos con los test VyK y VyKM, en un momento previo y posterior a la aplicación de ejes de simetría por parte de los estudiantes en el curso de Química Inorgánica, respectivamente. Se utilizaron las pruebas t-Student (prueba paramétrica) y se utilizaron las pruebas no paramétricas de Wilcoxon. También se utilizó Mann-Whitney para los resultados que no tuvieron distribución normal. La prueba t-Student se utiliza para contrastar hipótesis sobre medias en poblaciones con distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente. De igual forma, las hipótesis o asunciones para poder aplicar la t de Student son que en cada grupo la variable estudiada siga una distribución normal y que la dispersión en ambos grupos sea homogénea (hipótesis de homocedasticidad = igualdad de varianzas). Si no se verifica que se cumplan estas asunciones los resultados de la prueba t de Student no tienen ninguna validez. Por otra parte, no es obligatorio que los tamaños de los grupos sean iguales, ni tampoco es necesario conocer la dispersión de los dos grupos.

Finalmente, para la comparación entre el test de Vandenberg y Kuse y el test modificado con representaciones moleculares, se utiliza una prueba de confiabilidad que busca asegurar que ambos test midan el mismo objetivo.

Tabla 2. Resultados en frecuencias de los test de Vandenberg y Kuse

	Muestra total				Hombres				Mujeres				Primera vez				Repitentes			
	VyK		VyKM		VyK		VyKM		VyK		VyKM		VyK		VyKM		VyK		VyKM	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1	-	-	1
1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-
2	1	2	1	1	-	2	1	2	1	2	-	1	1	1	1	1	-	1	-	-
3	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
4	2	1	5	2	-	1	1	1	-	1	4	2	2	1	3	1	1	-	2	1
5	2	-	2	2	1	-	-	-	1	-	2	2	1	-	1	2	-	-	1	-
6	2	2	2	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	-	1	1	1	2	3
7	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	1	1
8	4	6	5	1	1	5	2	5	-	5	3	-	3	1	3	1	1	3	2	-
9	1	1	3	1	-	1	1	1	1	1	2	1	1	-	2	-	-	1	1	1
10	-	-	3	4	-	-	1	-	-	-	2	3	-	-	2	2	-	-	1	2
11	3	4	2	-	1	2	1	2	2	2	1	-	-	2	2	-	3	2	-	-
12	-	4	2	4	3	4	2	4	4	4	-	3	6	3	2	3	1	1	-	1
13	7	-	2	2	-	-	1	-	-	-	1	2	-	-	2	1	-	-	-	1
14	2	-	2	2	-	-	2	-	2	-	-	-	1	-	1	1	1	-	1	1
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	2	3	-	5	1	-	-	-	1	-	-	1	1	1	-	5	1	2	-	-
17	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
18	2	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-
19	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
20	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	-	-	1	-	1	1	-	1	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
23	1	1	-	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-
24	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-
25	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
26	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
30	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VyK: Test original Vandenberg y Kuse. VyKM: Test modificado Vandenberg y Kuse.

a) Pretest.

b) Postest.

Fuente: elaboración propia.

Comparación de los rendimientos obtenidos en la muestra total

En un primer momento, se deseaba comparar la capacidad de los estudiantes para resolver el test VyK antes y después de manipular modelos moleculares para la temática de simetría molecular en el curso de química inorgánica. La comparación de estos resultados se realizó mediante una *prueba de los signos de Wilcoxon*, para la cual se planteó una hipótesis nula H_0 que enuncia una igualdad en las medianas de ambas muestras; como el p -valor obtenido es 0,267 con una confiabilidad del 95%, no se permite rechazar la H_0 que permite evidenciar una similitud en la habilidad de rotación mental por parte de los estudiantes antes y después de la manipulación de los modelos.

La figura 1 muestra los resultados obtenidos con el test de Vandenberg y Kuse en el momento previo y posterior a la aplicación de ejes de simetría, demostrando las similitudes.

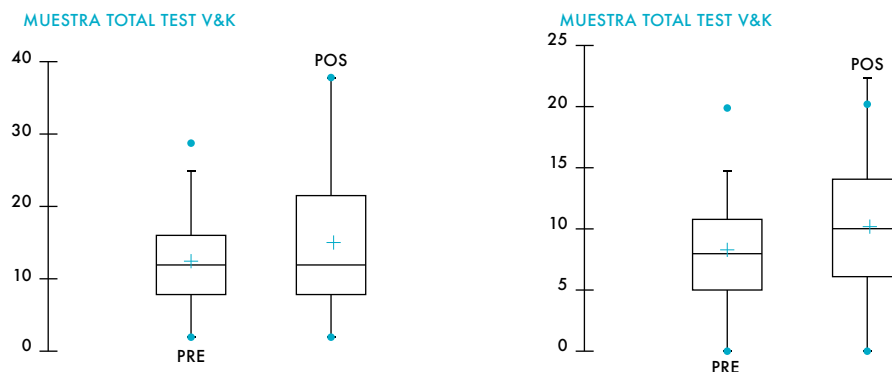


Figura 1 y 2. Resultados obtenidos con el test de VyK original y modificado sobre la muestra total

Fuente: elaboración propia.

El mismo análisis pudo realizarse con el test modificado a través de una *prueba T pareada*, para la cual se planteó la misma hipótesis nula H_0 ; obteniéndose un p -valor = 0,2415 con una confiabilidad del 95%, que no permite rechazar la H_0 , evidenciando así una similitud en la habilidad para rotar representaciones moleculares por parte de los estudiantes antes y después de manipular los modelos físicos. La figura 2 muestra los resultados del test modificado en el momento previo y posterior a la aplicación de ejes de simetría.

Comparación entre el rendimiento obtenido basado en la diferencia de géneros

Según los autores Voyer y Bryden (citados por Michael Peters, 2005), el género masculino presenta un mayor nivel de rotación mental que el femenino. Los siguientes resultados corroboran esta tendencia. La figura 3 muestra los resultados

obtenidos por ambos géneros con el test de Vandenberg y Kuse en el momento previo a la aplicación de ejes de simetría y la figura 4 muestra los resultados obtenidos por ambos géneros con el test de Vandenberg y Kuse en el momento posterior a la aplicación de ejes de simetría con los modelos moleculares físicos.

La primera comparación corresponde al test de Vandenberg y Kuse en un momento previo a la aplicación de ejes de simetría y esta se realizó mediante una prueba T para muestras independientes, con su respectiva hipótesis nula H_0 ; como el p-valor obtenido es 0,0094 con una confiabilidad del 95 %, se permite rechazar la H_0 y es una evidencia para la diferencia enunciada por distintos autores sobre ambos géneros en la habilidad de rotación mental, que muestra un índice mayor en los hombres.

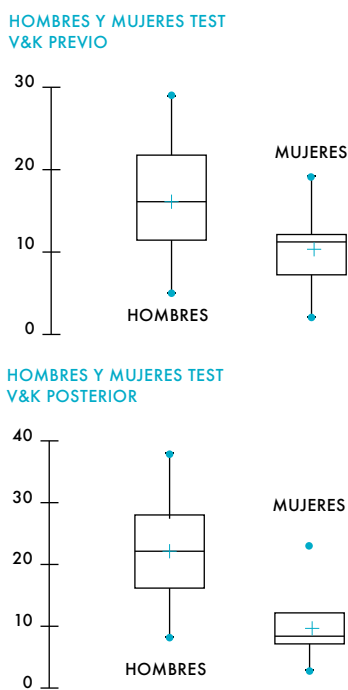


Figura 3 y 4. Resultados obtenidos con el test de VyK original en momento previo y posterior

Fuente: elaboración propia.

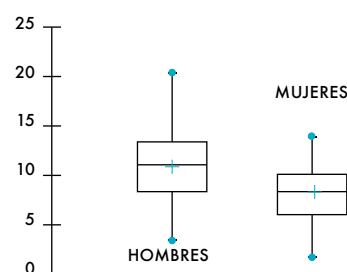
La segunda comparación corresponde al test de Vandenberg y Kuse en un momento

posterior a la aplicación de ejes de simetría, analizados mediante una prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, con p-valor = 0,000179681 y con una confiabilidad del 95 %, el cual permite rechazar la H_0 y demostrar nuevamente una diferencia entre ambos géneros en la habilidad de rotación mental, que arroja un índice mayor en los hombres.

La figura 4 muestra los resultados obtenidos por ambos géneros con el test de Vandenberg y Kuse en el momento posterior a la aplicación de ejes de simetría. Por otra parte, también se deseaba observar los comportamientos y habilidades de los estudiantes al momento de resolver el test modificado y realizar la comparación entre géneros. La primera comparación llevada a cabo con el test modificado con representaciones moleculares, corresponde al momento previo a la aplicación de ejes de simetría y estos resultados fueron analizados mediante una prueba T con p-valor = 0,0671578 y una confiabilidad del 95 %, cuyo valor no rechaza la H_0 , y permite concluir que no existe evidencia que indique una diferencia significativa entre ambos géneros en la habilidad de rotar representaciones moleculares. Es importante resaltar este fenómeno, ya que la literatura antes citada sobre la diferencia en el nivel de rotación mental entre hombres y mujeres tiene como base el test de rotación mental de Vandenberg y Kuse original, en el cual las figuras a rotar son imágenes tridimensionales de cubos. En el caso del test modificado con representaciones moleculares, el rendimiento de ambos géneros es similar en el momento previo a la aplicación de ejes de simetría con los modelos moleculares.

La figura 5 muestra los resultados obtenidos por ambos géneros con el test de modificado con representaciones moleculares en el momento previo a la aplicación de ejes de simetría.

HOMBRES Y MUJERES TEST V&KM PREVIO



HOMBRES Y MUJERES TEST V&KM POSTERIOR

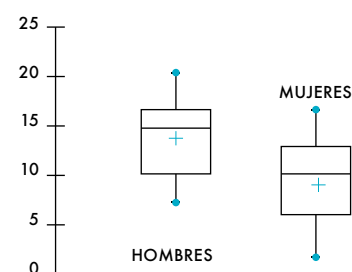


Figura 5 y 6. Resultados obtenidos con el test modificado en momento previo y posterior

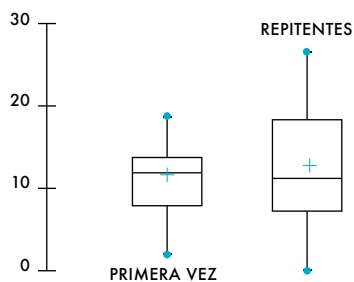
Fuente: elaboración propia.

Al comparar los resultados del test modificado con representaciones moleculares en un momento posterior a la aplicación de ejes de simetría, mediante una prueba T para muestras independientes y con $p\text{-valor} = 0,04812$, de nuevo puede evidenciarse una diferencia entre ambos géneros en la habilidad de rotación mental (resultado mayor en los hombres). Puede concluirse que, aunque en el momento previo a la aplicación de ejes de simetría con el test modificado no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de géneros, en el momento posterior a la manipulación de ejes de simetría se evidencia un rendimiento superior del género masculino. La figura 6 muestra los resultados obtenidos por ambos géneros con el test de modificado con representaciones moleculares en el momento posterior a la aplicación de ejes de simetría.

Comparación entre el rendimiento obtenido basado en la condición del estudiante como principiante o repitiendo en la temática de simetría molecular en el curso de Química Inorgánica

Otra comparación de interés en el presente estudio es la habilidad entre aquellos estudiantes que cursan por primera vez la materia y aquellos que la están repitiendo. En cuanto al test de Vandenberg y Kuse, en un momento previo a la aplicación de ejes de simetría, se realizó el análisis mediante una prueba T para muestras independientes, $p\text{-valor} = 0,646175$, que permitió concluir que no existe alguna diferencia significativa entre los rendimientos de los estudiantes según el número de veces que han cursado la materia. La figura 7 muestra los resultados obtenidos por los estudiantes que cursan Química Inorgánica por primera vez y los estudiantes repitiendo, el test que se utiliza es el de Vandenberg y Kuse en un momento previo a la aplicación de ejes de simetría.

PRIMERA VEZ Y REPITENTES
V&K PREVIO



PRIMERA VEZ Y REPITENTES
V&K POSTERIOR

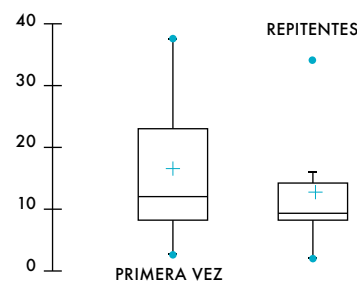


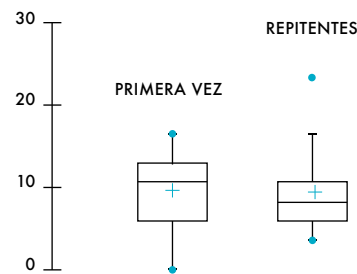
Figura 7 y 8. Resultados obtenidos con el test de Vandenberg y Kuse en momento previo y posterior

Fuente: elaboración propia.

También se realizó la comparación en el momento posterior a la manipulación de los modelos y de allí puede concluirse nuevamente que no existe alguna diferencia significativa en las habilidades de rotación mental. La figura 8 muestra los resultados obtenidos por los estudiantes que cursan Química Inorgánica por primera vez y los estudiantes repitentes, el test que se utiliza es el de Vandenberg y Kuse en un momento posterior a la aplicación de ejes de simetría. Esta misma clasificación de estudiantes en el test modificado con representaciones moleculares y en los momentos previo y posterior a la aplicación de ejes de simetría muestra las mismas tendencias que en el test original y da evidencias suficientes para considerar que entre repitentes y estudiantes que cursan por primera vez, no existen diferencias significativas entre sus habilidades espaciales. Las figuras 9 y 10 muestran los

resultados obtenidos por ambos géneros con el test modificado con representaciones moleculares en el momento previo y posterior a la aplicación de ejes de simetría.

PRIMERA VEZ Y REPITENTES
V&KM PREVIO



PRIMERA VEZ Y REPITENTES
V&KM POSTERIOR

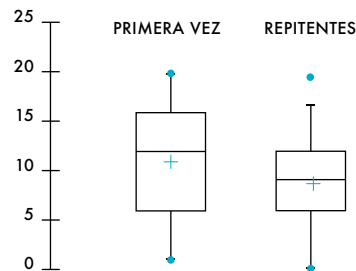


Figura 9 y 10. Resultados obtenidos con el test modificado en momento previo y posterior

Fuente: elaboración propia.

Comparación entre los rendimientos obtenidos con cada uno de los instrumentos aplicados

Finalmente, quiso realizarse un análisis de la muestra total entre los resultados en el test de Vandenberg y Kuse y los resultados del test modificado con representaciones moleculares, tanto en un momento previo a la aplicación de ejes de simetría como en un momento posterior a la clase correspondiente a simetría molecular. Dicha comparación para el momento previo se realizó mediante una prueba T pareada para muestras dependientes, con $p\text{-valor} = 0,004173$ y una confiabilidad del

95 %, donde se permite rechazar la H_0 y se evidencia así una diferencia en ambos test, con mejores rendimientos del test de rotación mental de Vandenberg y Kuse.

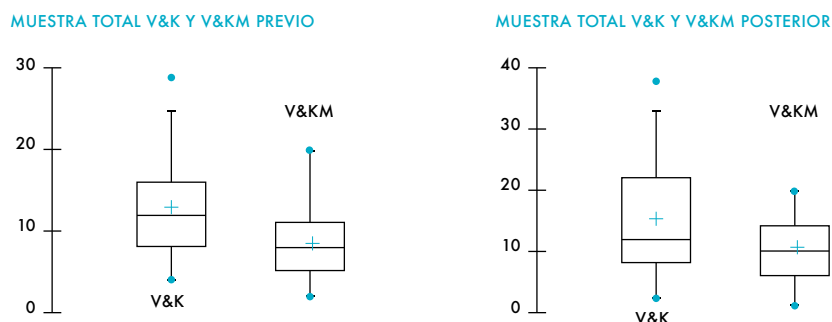


Figura 11 y 12. Resultados obtenidos con el test de rotación mental y modificado en momento previo y posterior

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la comparación de los resultados de la muestra total en ambos test y en un momento posterior a la aplicación de ejes de simetría, que se realizó mediante una prueba de signos de Wilcoxon para muestras dependientes, con una confiabilidad del 95 %, no se permite rechazar la H_0 y se evidencia así una similitud en los resultados de ambos test por medio de la muestra total.

Prueba de confiabilidad, alfa de Cronbach

En esta prueba se obtuvieron valores de alfa superiores a 0,8, los cuales evidencian una correlación en cuanto a la variable medida en ambos test, siendo esta variable la rotación mental.

Momento previo a la aplicación de ejes de simetría valor $\alpha = 0,9369$.

Momento posterior a la aplicación de ejes de simetría valor $\alpha = 0,8796$.

Consideraciones finales

Posterior a todo el análisis estadístico respectivo, a los datos obtenidos y la comparación de las muestras realizadas, como principales conclusiones del presente caso de estudio podemos enunciar:

No se evidencia que los estudiantes del curso de Química Inorgánica de la Universidad de Caldas mejoren sus resultados en el test de rotación mental de Vandenberg y Kuse después de visualizar y manipular representaciones moleculares en la temática de simetría molecular. Se confirma la diferencia de rendimientos al momento de resolver test con fines de medición de la habilidad de rotación mental entre hombres y mujeres, con un índice mayor en hombres. Los estudiantes obtienen mejor rendimiento en el test original debido a su familiaridad con las

figuras de cubos y el poco contacto previo con representaciones moleculares, además de las limitaciones del test de resolverlo sin el uso de modelos físicos. Existe una tendencia similar (baja) entre el rendimiento en el test para medir la habilidad de rotación mental y la capacidad de los estudiantes para aplicar ejes de simetría (rotar representaciones moleculares), lo cual demuestra una relación directa entre ambas habilidades. A pesar de que algunos estudiantes ya conocían la temática de simetría molecular (repitientes), no mostraron diferencias significativas en sus rendimientos en los test para rotaciones mentales contra los que la estaban cursando por primera vez; esto debido principalmente a una incorrecta apropiación de la temática.

Referencias

- Assessing Women in Engineering (AWE) Project (2005). *Visual Spatial Skills*. AWE Research Overviews. Recuperado de http://www.engr.psu.edu/awe/misc/arps/visualspatial-web%2003_22_05.pdf.
- Aszalos, L., y Bako, M. (2004). *How can we improve the spatial intelligence?* Paper presented at 6th International Conference on Applied Informatics, Eger, Hungary.
- Bayram, H. (2009). *On the development and measurement of spatial ability*. Ohio: The Ohio State University.
- Binet, A., y Simon, T. (1916). *The Development of Intelligence in Children*. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Brody, N. (2003). Construct validation of the Sternberg Triarchic Abilities Test: Comment and reanalysis. *Intelligence* 31, 319-329.
- Carroll, J. B. (1993). *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies*. New York: Cambridge University Press. Recuperado de <http://www.indiana.edu/~intell/carroll.shtml>.
- Estes, W. F. (1970). *Learning Theory and Mental Development*. New York: Academic Press.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic.
- Geiser, W. (2006). Separating “rotators” from “Nonrotators” in the mental rotation test: A multigroup latent class analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 41(3), 261-293.
- Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. New York: Bantam.
- Haier, R. J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., y Buchsbaum, M. S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, 16, 415-426.
- Hegarty, M. (2010). *Components of Spatial Intelligence*. En B. H. Ross (ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 265-297). San Diego, CA: Academic Press.
- Jaramillo, L. M. (2002). *Curso de química orgánica general*. Santiago de Cali: Depto. de Química Universidad del Valle.
- Johnson, A. M. (1990). Speed of Mental Rotation as a Function of Problem-Solving Strategies. *Perceptual and Motor Skills*, 71(3), 803-806.
- Linn, M., y Petersen, A. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-98.
- Lohman, D. (21 de julio de 1993). *Spatial Ability and G*. Paper presented at the First Spearman Seminar, University of Plymouth. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/5fa3/456fcf0c3f16b4db-2b49e10b3443461f2209.pdf>.
- Medina, J., y Reyes, C. F. (2005). La simetría molecular. *Conciencia Tecnológica*, 027-030.
- Miller, C. L., y Bertoline, G. R. (1991). Spatial visualization research and theories: Their



importance in the development of an engineering and technical design graphics curriculum model. *Engineering Design Graphics Journal*, 55(3), 5-14.

- Nickerson, R. S. (1994). The teaching of thinking and problem solving. En R. J. Sternberg (ed.), *Thinking and Problem Solving* (pp. 409-449). San Diego: Academic Press.
- Olkun, S. (2003). Making connections: improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*. Recuperado de <http://www.cimt.org.uk/>.
- Peters, M. (2005). Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems. *Brain and cognition*, 57, 176-184.
- Saorín, J., Navarro, R., Martín, N., y Contero, M. (2005). *Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería*. International Conference on Electronics and Communication Engineering 2005, Madrid.
- Shepard, R., y Metzler, J. (19 de febrero de 1971). Mental rotation of three dimensional objects. *Science. New Series*, 171(3972), 701-703.
- Spearman, C. (1927). *The Abilities of Man*. London: Macmillan. Recuperado de <http://ia331315.us.archive.org/1/items/abilitiesofman031969mbp/abilitiesofman031969mbp.pdf>.
- Sternberg, R. J., y Detterman, D. K. (Eds.). (1986). *What is Intelligence? Contemporary Viewpoints on its Nature and Definition*. Norwood, NJ: Ablex.
- Sternberg, R. J. (1990). *Metaphors of Mind: Conceptions of the Nature of Intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. (1997). *Thinking styles*. New York: Cambridge University Press. Recuperado de <http://tip.psychology.org/stern.html>.
- Sternberg, R. J., Wagner, R. K., Williams, W. M., y Horvath, J. A. (1995). Testing common sense. *American Psychologist*, 50(11), 912-927.
- Thurstone, L. L. (1938). Primary mental abilities. *American Journal of Sociology*, 44(2), 310-311.
- Vandenberg, S. G., y Kuse, A. R. (1978). Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604. doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599.
- Voyer, D., Voyer, S., y Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250-270.
- Wilson, R. (1999). Intelligence. En *MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Para citar este artículo

Sepúlveda, J., Suárez, A., Rodas, J., Ruiz, F. y Henao, M. (2018). Validación y aplicación de un test modificado de Vandenberg y Kuse de rotación mental para simetría molecular. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 155-171.