

La competencia espacial. Evaluación en alumnos de nuevo ingreso a la universidad

Stella Maris Vázquez y Marianela Noriega Biggio

Resumen: En una muestra de estudiantes de nuevo ingreso en la universidad en carreras técnicas –854 sujetos, 596 alumnos pertenecientes al ciclo básico de las carreras de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires y 258 de la carrera de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional– se analizan las propiedades psicométricas de una prueba de competencia imaginativa y se plantean hipótesis referidas a diferencias en competencia espacial por carreras y sexo y al efecto de la instrucción. Se presenta el estado de la cuestión acerca de la naturaleza y evaluación de esta competencia y la discusión sobre las diferencias ligadas al sexo, que se han hallado en otros trabajos.

Se verifica la confiabilidad y validez de la prueba, se hallan diferencias por carrera a favor de los alumnos de Ingeniería y se verifica una mejora significativa al finalizar el curso de ingreso. Los resultados confirman parcialmente los hallazgos de investigaciones previas en cuanto a la diferencia por sexos.

Palabras clave: competencia espacial, diferencias por género, educación superior, test, análisis psicométrico.

The spatial competence. Evaluation of college students

Abstract: The paper reports the results of an empirical study based on a sample of 854 students admitted to technology courses at the University of Buenos Aires: 596 enrolled on the Architecture, Design and Urban Planning and 258 on the Engineering entrance course. The psychometric properties of the Imaginative Competence Test are analysed. Course type-, sex- and instruction-related differences in spatial competence are hypothesised. The introduction discusses the state of the art of spatial competence research, focusing on its nature, evaluation and sex-related differences. The reliability and validity of the instrument are verified. Significant course type-related differences are found in favour of engineering students, and a significant improvement at the end of the entrance course is detected. Previous findings on sex-related differences are partially confirmed.

Fecha de recepción: 23 de febrero de 2010.

Keywords: spatial competence, gender differences, higher education, test, psychometrical analysis.

INTRODUCCIÓN

La competencia espacial tiene relación con el desempeño en un amplio espectro de actividades y su influencia se ha mostrado como decisiva en tareas académicas ligadas al aprendizaje de saberes técnicos y de orden matemático. Como señala Arieta,

con frecuencia, las medidas de capacidad espacial son las únicas que discriminan [...] en trabajos como mecánico, arquitecto o piloto, pero, a la vez, el desarrollo de esta capacidad no ha sido objeto de suficiente atención en las programaciones escolares, los contenidos geométricos asociados a ella se han tratado de manera deficitaria [...] debido al impulso de la llamada “matemática moderna”, a su formalismo y a la algebrización de la geometría [...] (Arieta, 2003, p. 59).

En sentido análogo, Rodríguez *et al.* (2009) señalan como un punto de inflexión el final de la década del 50 y comienzos del 1960, cuando, a raíz de la introducción de la matemática moderna, se produce un giro formalista en la enseñanza, se limita la enseñanza de la geometría elemental y, en el intento de profundizar el rigor lógico, se deja de lado la intuición espacial, los procedimientos ligados con la percepción e imaginación y las habilidades de dibujar, representar, construir figuras y modelos, armar y desarmar. Sin embargo, el conocimiento humano no sólo tiene su punto de partida obligado en la captación sensible, sino que ésta es la referencia constante en la que los conceptos abstractos se objetivan y cumplen su función de instrumentos de “lectura inteligible” de la realidad.

El Consejo Nacional de Investigaciones (National Research Council) de Estados Unidos, en un informe de 2006, señalaba que estas habilidades no son enseñadas de un modo universal y explícito; el pensamiento espacial está subestimado, poco reconocido dentro de la “familia” del pensamiento crítico, a pesar de hallarse correlacionado con los estándares nacionales en matemáticas y ciencias y de ser un prerrequisito para los logros en estas áreas, en particular en ingeniería y en tecnología.

La competencia espacial, entonces, como un conjunto de habilidades por las que la razón se prolonga en la imaginación, está implicada en todo tipo de saber y su desarrollo no debe limitarse a los primeros años de escolaridad.

De allí nuestro interés específico en la exploración de esta capacidad en sujetos que ingresan en la universidad en carreras técnicas, para lo cual hemos desarrollado un trabajo empírico cuyos objetivos son:

- Establecer la confiabilidad y validez de la *Prueba de Competencia Imaginativa* (Rapetti y Difabio, 2003) para evaluar alumnos de nuevo ingreso en la Universidad.
- Evaluar el nivel de competencia espacial en alumnos de nuevo ingreso de las Facultades de Ingeniería y Arquitectura, Diseño y Urbanismo.
- Explorar diferencias debidas al sexo y a las carreras.
- Evaluar el progreso en competencia espacial al finalizar el curso de ingreso.

En la introducción se presenta el estado de la cuestión acerca de la naturaleza y evaluación de la competencia espacial y la discusión sobre las diferencias ligadas al sexo, que se han hallado en otros trabajos. En la segunda parte sintetizamos los principales hallazgos del trabajo empírico.

LA NATURALEZA DE LA COMPETENCIA ESPACIAL

En la investigación sobre el tema pueden distinguirse dos vertientes; por un lado, la que se inicia con los primeros enfoques psicométricos y factoriales, los cuales se centran en la exploración de la estructura de la llamada inteligencia espacial y, por otro lado, una línea más actual, de orientación cognitivista, que se interesa más bien en esclarecer los procesos de resolución de diversas tareas espaciales y las diferencias debidas a factores tales como el sexo, la cultura y la educación.

La competencia espacial es un aspecto de la capacidad intelectual (Lohman, 1979, 1989), que es unitaria en sí misma, pero está compuesta de múltiples subhabilidades que pueden estar más o menos acentuadas en las distintas personas y que influyen en el nivel de logros en diversos campos. Se reconoce que las habilidades espaciales se hallan implicadas en la resolución de problemas geométricos, en el dibujo técnico, la interpretación de mapas, las actividades de manejo de naves, diseño mecánico, educación física y danza, entre otras múltiples actividades tanto académicas como de la vida cotidiana.

No hay un acuerdo total en cuanto a la definición del concepto, pero a partir de los numerosos trabajos que se han ocupado del tema, algunos autores (Linn y Petersen, 1985) caracterizan la competencia espacial como la habilidad de repre-

sentar, generar, recordar y transformar información simbólica no lingüística, la cual puede agruparse en tres categorías:

- *Percepción espacial*: capacidad de ubicar, orientarse, hallar la referencia a la línea horizontal (por ejemplo, en las pruebas con recipientes que contienen líquido, anticipar la línea de éste cuando se incline el recipiente). En general, las tareas de percepción espacial requieren usar el punto de gravedad, la vertical y, en este caso, las estrategias más exitosas son las que recurren a indicadores gravitacionales y cinestésicos, más que a índices simplemente visuales.
- *Rotación mental*: capacidad de girar mentalmente objetos bidimensionales o tridimensionales en bloque. Algunos autores (Shepard y Cooper, 1986; Shepard y Metzler, 1971) sugieren que esta habilidad se halla gobernada por un proceso semejante a una *gestalt*, un proceso cognitivo análogo a la rotación física.
- *Visualización*: es la habilidad de generar la imagen mental, efectuar transformaciones mentales y retener los cambios producidos. Las transformaciones son procesos complejos que pueden darse por síntesis, movimiento o desarrollo de superficies con plegamientos (Lohman, 1985), ya sea en dos o tres dimensiones, a partir de un estímulo visual o de reconocer si otros objetos-estímulo corresponden -son los mismos que- al dado como referente. En este tipo de tareas, se requieren varios pasos de manipulación mental que pueden incluir la rotación de partes, pero también plegado, reconocimiento de figuras o partes ocultas, diseños de bloque, etc. Las estrategias de resolución son analíticas y el desempeño exitoso requiere flexibilidad mental para seleccionar la mejor estrategia. Guilford (1969) llama a esta habilidad *conocimiento de transformación de figuras* (también pueden ser cuerpos, pero son presentados en el plano).

La visualización comprende acciones mentales de manipulación, rotación, inversión, identificación de cuerpos o figuras espejadas. Son tareas complejas, cuya resolución requiere varios pasos y estrategias analíticas (Lohman, Pellegrino, Alderton y Regian, 1987; Lohman, 1988). Los problemas que evalúan esta habilidad presentan estímulos complejos en tres dimensiones que deben rotarse, reflejarse o plegarse mentalmente para reconocer la apariencia distinta en una nueva posición o ubicación del objeto-estímulo. Se distingue de la mera memoria visual, que se define (Michael, Zimmerman y Guilford, 1951) como una manera estática o reproductiva de visualización.

Previc (1998) ha distinguido cuatro tipos de conductas espaciales: 1. tareas visomotoras, 2. tareas de búsqueda visual y reconocimiento de objetos, 3. tareas que implican la orientación corporal dentro de espacios topológicos y que tienen que ver con el recuerdo de lugares y acontecimientos específicos, y 4. conductas de orientación del cuerpo en un espacio gravitatorio, a fin de controlar la postura durante la locomoción.

Esta consideración amplía la perspectiva que, en su enunciación más clásica, distingue entre la *competencia visual* y la *espacial* (Kozhevnikov, Hegarty y Mayer, 2002); a la cual otros (McGee, 1979) llamaron orientación y visualización. Sin embargo, el número de factores que se han aislado fluctúa, y han llegado a enunciarse hasta diez (Lohman *et al.*, 1987).

La competencia visual se refiere a representaciones de la apariencia visual de un objeto –forma, tamaño, color, brillo–, mientras que la visualización, como se dice anteriormente en este artículo, se refiere a la representación de relaciones espaciales de partes de un objeto, ubicación en el espacio, movimientos, niveles de organización y transformaciones de objetos en el espacio. Esta última es la que se relaciona de manera más directa con la capacidad intelectual y el rendimiento académico en matemáticas. En efecto, se ha observado que los sujetos llamados *icónicos* tienen dificultad para interpretar grafos como representaciones esquemáticas de tipo abstracto y, en cambio, los interpretan como representaciones pictóricas, lo que conlleva dificultades en la resolución de problemas en ciencia y en matemática (Kozhevnikov, Hegarty y Mayer, 2002). Otras investigaciones muestran que los ingenieros, físicos y matemáticos tienen niveles altos de habilidad espacial, mientras que los artistas plásticos tienen bajos puntajes en las pruebas que evalúan esta habilidad, pero tienen mayor desarrollo de la memoria visual (Casey, Winner, Brabeck y Sullivan, 1990). De allí que Gorgorio señale que “es inapropiado seguir identificando habilidad espacial con procesamiento visual” (Gorgorio, 1998, p. 227).

La visualización espacial se relacionaría con el aprendizaje matemático, en particular con la habilidad para traducir símbolos en imágenes (Fennema, 1983); en cambio, la actividad meramente icónica interferiría con el buen desempeño en matemáticas. La visualización se ha considerado también como un proceso que forma parte de la resolución de problemas matemáticos, no sólo de tipo geométrico, sino, en general, para establecer el significado del problema (Van Garderen, 2006). De modo más global, otros estudios (Fennema y Sherman, 1977) han hallado correlaciones significativas entre visualización espacial y rendimiento académico en matemáticas.

Las primeras clasificaciones de las habilidades espaciales (Kelly, 1928) mencionaban dos grandes categorías: *reconocimiento* (para tareas que requieren la percepción, retención y transformación de formas visuales bidimensionales) y *manipulación* (cuando las tareas exigen manipulación mental de formas visuales a través del plano).

La literatura más actual sobre el tema distingue, en general, tres tipos de habilidades:

- *Visualización*.
- *Orientación*: es la conciencia del espacio que circunda al sujeto en términos de distancia, forma, dirección y posición (Renz y Nebel, 2007); la habilidad de juzgar tamaño, distancia y posiciones relativas (izquierda, derecha; arriba, abajo); es decir, de ubicarse en el espacio y también de mantener la orientación y postura corporal.

Los aspectos espaciales referidos a la topología, orientación y distancia son adquiridos en ese orden en el desarrollo psicológico (Piaget, 1948; Piaget e Inhelder, 1956). Se considera (Renz, 2002) que, en la comunicación cotidiana, la orientación se da en términos de una categoría cualitativa (a la izquierda, al norte de, etc.), cuyo marco de referencia puede ser otro objeto o una dirección.

- *Captación de relaciones espaciales*: son tareas más simples, con estímulos bidimensionales para copiar, completar la serie o rotar globalmente –a derecha o izquierda– el objeto como un todo. Las estrategias de resolución son holísticas. Thurstone (1938) las llamó habilidades mentales primarias (PMA, por sus siglas en inglés).

Una diferencia importante entre la visualización y las relaciones espaciales es la velocidad de respuesta: la visualización implica complejidad de procesamiento, de allí que las respuestas lleven más tiempo que en el caso de la captación de relaciones espaciales, que se da por *insight*.

Otros autores (D'Oliveira, 2004) agregan el dominio de habilidades espaciales dinámicas, por ejemplo, indicar cuál de dos objetos en movimiento llegará primero a la meta o anticipar el punto en que ambos coincidirán.

También Eliot y Czarnolewsky (2007) amplían el concepto de habilidad espacial a partir del análisis de conductas cotidianas, incluidas habilidades tales como la estimación de la cantidad de material que se requiere para cubrir una super-

ficie o de la capacidad de un recipiente; reconocer el camino de retorno en una ciudad no conocida, seguir instrucciones de danza, estimar tamaños, ensamblar objetos, volver a plegar un mapa desplegado, dibujar con precisión una porción de un objeto o escena, juzgar relaciones espaciales, tales como la verticalidad de un cuadro colgado, etcétera.

Se observa, por tanto, que no hay un acuerdo total ni sobre la naturaleza de las habilidades ni sobre el número y denominación de éstas (Stumpf y Eliot, 1999; Arrieta, 2006).

LAS DIFERENCIAS ENTRE VARONES Y MUJERES EN LA COMPETENCIA ESPACIAL

Uno de los campos de investigación más desarrollado es el de las diferencias en el dominio de habilidades espaciales en relación con el sexo. Si bien en una primera lectura parece indiscutible la afirmación de la superioridad de los varones en habilidades espaciales, en realidad este resultado es muy discutido y varios trabajos de metaanálisis (Linn y Petersen, 1985) sugieren que estas diferencias dependen del tipo de tareas y de las condiciones de realización de éstas en la situación de test. Así, las tareas de visualización no arrojan diferencias significativas: en cambio, en las tareas de rotación global, los varones aventajan y esa diferencia podría deberse al tipo de estrategias usadas: los varones son más proclives a las estrategias holísticas, que son más eficientes cuando la tarea exige una rotación del objeto como un todo; en cambio, las mujeres (Gluck y Fitting, 2003) privilegian las estrategias analíticas –de observación de detalles, partes de la figura y sus características diferenciales–, son más parsimoniosas en la búsqueda de la solución; por eso, en la situación de test que tiene un tiempo límite, no llegan a abordar todos los problemas, lo que hacen con mayor frecuencia los varones, que resuelven por *insight* o por estrategia de *leaping* –procedimiento de resolución por saltos– (Himstein, Bayer y Hausmann, 2009) y no se detienen en la revisión de la tarea.

Hay teorías que explican la diferencia de logros por sexo a partir de razones sociobiológicas (Turos y Ervin, 2000): en los orígenes de la evolución, los varones se dedicaron a tareas de caza, que tienen requerimientos específicos de habilidades espaciales, en cambio, las mujeres fueron recolectoras, lo que activaría la percepción periférica, como por ejemplo recordar mejor un orden de objetos, y el desarrollo de la atención distribuida. Así, el varón habría desarrollado más el hemisferio derecho y la mujer la actividad cerebral bilateral.

Algunos autores (Feng, Spence y Pratt, 2007) señalan el papel de los procesos atencionales en relación con las diferencias de sexo, puesto que el lóbulo parietal derecho gobierna estos procesos y el desempeño exitoso en las tareas de rotación exige la flexibilidad en la atención, es decir, la capacidad de cambiar el foco de modo alternado.

De acuerdo con las teorías socioambientales, los varones son impulsados a la práctica de deportes y al uso de juguetes que estimulan la manipulación y la coordinación de la visión. Habría también un efecto del rol de género, es decir, una incidencia del estereotipo en las actividades que se prefieren y en el juicio acerca de las propias capacidades (Quaiser-Pohl y Lehmann, 2002; Moé y Pazzaglia, 2006), lo que incidiría de manera negativa en el rendimiento académico en tareas que implican habilidades espaciales; aunque también se ha observado en condiciones experimentales (Moé, 2009) que, si antes de la toma de una prueba de competencia espacial se señala a un grupo que las mujeres son mejores que los varones en dicha capacidad, éstas mejoran su desempeño, mientras que los varones empeoran. Esto sugiere la necesidad de promover las actividades espaciales en las mujeres, de modo que las experiencias de éxito modifiquen el juicio sobre la propia habilidad.

La ventaja de los varones crece con la edad (Geiser, Lehman y Eid, 2008); diversas experiencias de entrenamiento controlado han mostrado que, al principio, los varones aventajan en precisión y velocidad (Lohman, 1979, 1986; Carroll, 1993), pero luego las mujeres mejoran la precisión, aprovechando más las actividades de práctica dirigida, lo que es un indicador importante para la tarea docente.

En síntesis, la ventaja de los varones en la competencia espacial debe diferenciarse según las habilidades que se pongan en juego en las tareas: el varón puede resolver más rápidamente, la mujer es más cautelosa, revisa sus respuestas (Peters, 2005); en las tareas que requieren estrategias analíticas, las respuestas de las mujeres pueden aventajar en precisión a las de los varones (Gallagher, 1989), pero la práctica minimiza las diferencias. En las tareas de visualización no se han hallado diferencias importantes; resultan las más difíciles para ambos sexos.

Del análisis de la bibliografía citada se desprende que, en la actualidad, las diferencias por sexo en cuanto a la competencia espacial se interpretan a partir de modelos de interacción entre factores de orden biológico y factores socioambientales, con un fuerte acento en el papel que desempeñan las interacciones sociales, las prácticas de crianza y las experiencias previas a las actividades de aprendizaje. En nuestro trabajo, nos inclinamos también por este modelo a la luz de los resultados obtenidos en la fase empírica.

LA EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA ESPACIAL

Existen diversos instrumentos para evaluar esta capacidad. Friedman (1995) clasifica las pruebas existentes en:

- Pruebas de *orientación*: tareas de imaginar transformaciones simples y rígidas de los objetos tomados como un todo, ya sea en el plano, como por ejemplo los tests de rotación de cartas y de banderas de Thurstone; ya sea en el espacio, como la prueba MRT –*The Mental Rotations Test* (MRT; Vandenberg y Kuse, 1978)– en la cual cada ítem está formado por cinco figuras de bloques tridimensionales; la primera de ellas debe ser comparada con las otras cuatro a fin de decidir cuáles son la misma figura –es decir, versiones rotadas de la primera– y cuáles no lo son.
- Pruebas de *visualización*:
 - bidimensional: son tests en los que deben moverse piezas en un tablero para formar el objeto total –rompecabezas–, o bien, encontrar figuras ocultas.
 - tridimensional: son tests de desarrollo de superficies –como en el caso del subtest de relaciones espaciales del DAT–, de plegado de papel –el sujeto debe identificar la imagen desplegada– y de identificación de un sólido cortado por planos en varios ángulos.

Cada una de estas pruebas se centra en un tipo de habilidad, en general son extensas y su administración requiere condiciones específicas en cuanto a ambiente y tiempo, de allí que resulten poco prácticas para evaluar sujetos dentro de ámbitos académicos y en los tiempos en que se desarrolla la actividad de enseñanza. Por este motivo, en distintos trabajos se observa que se seleccionan o combinan ítems de diversas pruebas. En nuestro trabajo hemos optado por usar una prueba que ha sido validada en nuestro país, tal como se explica más adelante.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

- Evaluar las propiedades psicométricas de la *Prueba de Competencia Imaginativa* (Rapetti y Difabio, 2003) en población universitaria.
- Evaluar las probables diferencias entre alumnos de diferentes universidades.

- Explorar el desempeño diferencial de mujeres y varones en la prueba aplicada.
- Evaluar las probables diferencias por sexos en el desarrollo de la competencia espacial a lo largo de un año de estudios universitarios.

Las hipótesis que se ponen a prueba son:

- Hay diferencias significativas en competencia espacial entre los alumnos de nuevo ingreso de Ingeniería y los de Arquitectura y Diseño.
- Hay diferencias significativas entre varones y mujeres en la competencia espacial y en las subhabilidades que ésta implica.
- Hay diferencias significativas entre pretest y posttest.

El primer objetivo responde a la necesidad de hallar un instrumento que haya sido ya utilizado en muestras de población argentina y cuya longitud y procedimiento de aplicación sea adecuado a las posibilidades que se tienen en nuestro medio, donde no se dispone de tiempo fuera del horario de dictado de clases para este tipo de estudios y es preciso contar con la colaboración de los docentes para la toma y corrección de las pruebas. Los instrumentos referidos en el punto anterior fueron descartados en nuestro trabajo a causa de su longitud.

En cambio, hemos seleccionado el instrumento diseñado por Rapetti (Rapetti y Difabio, 2003), porque es una prueba relativamente breve, adecuada a los tiempos de que se dispone en la situación de aula, que incluye diversos tipos de problemas espaciales y tiene un nivel de dificultad adecuado a la edad de los sujetos de la muestra, cuyas características se describen más adelante. Esta prueba ha sido aplicada en población argentina en muestras de sujetos que cursaban la escuela secundaria, de allí la necesidad del análisis psicométrico que permita mostrar su confiabilidad y validez con sujetos de mayor edad.

MÉTODO

LA MUESTRA

Se ha trabajado con una muestra compuesta por un total de 854 sujetos, 596 alumnos de nuevo ingreso en las carreras de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de Buenos Aires y 258 de la carrera de

Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), cuyas edades están en el rango de 18 a 32 (media = 19, desviación típica = 2.56).

INSTRUMENTO

La *Prueba de Competencia Imaginativa* (Rapetti y Difabio, 2003)¹ es una prueba de lápiz y papel que incluye ejercicios de visualización, puntos de vista, reconocimiento de cuerpos desplegados, rotaciones bidimensionales y enumeración de elementos no visibles. Consta de doce ítems, cinco de los cuales son de rotaciones bidimensionales, un ítem requiere el armado mental de un cubo desarrollado en el plano, cuatro ítems exigen contar partes no visibles que deben imaginarse, un ítem es de puntos de vista y exige ubicarse mentalmente en distintos puntos del espacio e identificar las vistas correctas entre varias opciones, un ítem es de reconocimiento de formas de un esquema, contemplando todas las combinaciones posibles mediante rotaciones en el plano.

El análisis de las cualidades psicométricas informado por las autoras muestra que la prueba es confiable $-\alpha$ de Cronbach = 0.76- y tiene validez de constructo, evaluada a través del índice de homogeneidad de los ítems.

DISEÑO Y PROCEDIMIENTO

En la muestra total se usa un diseño preexperimental, sin manipulación de la variable, para el desarrollo del primer objetivo. Para la submuestra de FADU, el diseño metodológico es de tipo cuasiexperimental, con una muestra no probabilística de grupos intactos, ya que se tomó a la mayor parte de los alumnos que cursaban la materia Dibujo en una de las cátedras, en el periodo 2008-2009. Para el caso de la cohorte 2009 se hace pretest y postest con todo el grupo, para estimar la significatividad de los cambios.

La prueba se tomó, en ambas universidades, durante el horario de clase, al comienzo del periodo lectivo y con la cohorte 2009 de FADU se repitió la toma, como postest, al finalizar el curso de ingreso.

Para la asignación de puntaje en competencia espacial y en cada uno de los factores, cada ítem se evaluó de manera dicotómica -1 o 0-, se sumó el puntaje

¹ No se incluyen ejemplos de ítems en este trabajo, pues la prueba completa puede verse en línea en su publicación original: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/405/40515306.pdf>.

obtenido en cada ítem y el resultado se convirtió a escala 10, a fin de que su lectura pudiera ser interpretada con mayor facilidad.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se usó el alfa de Cronbach y un análisis factorial exploratorio para determinar la confiabilidad y validez del instrumento. Para el análisis de los índices de discriminación de los ítems, se utilizó el método de contraste entre el 27% superior y el 27% inferior de los puntajes totales –porcentaje que permite formar grupos extremos tan grandes como es posible y, al mismo tiempo, tan diferentes como es posible (Vianna, 1983)– mediante el estadístico *t* de Student como prueba de significación de las diferencias entre las puntuaciones medias de ambos grupos en cada ítem.

En este método se ordenan los resultados en la muestra total de manera decreciente, se calcula el porcentaje de respuestas con puntaje más alto por ítem en el 27% superior y en el 27% inferior y se halla el índice de discriminación (*ID*), resultado de la resta del número de puntajes altos entre el grupo superior y el inferior, dividido por el número de sujetos que constituyen el 27% de la muestra.² Un buen ítem es aquel que distingue entre los que obtuvieron puntajes altos y los que obtuvieron baja puntuación.

Para la prueba de las hipótesis, se hizo análisis de varianza (Anova) y se usó la prueba *t* para muestras relacionadas y la prueba Wilcoxon para muestras relacionadas.

Todos los análisis estadísticos se hicieron con el programa SPSS versión 11.5.

RESULTADOS

PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DEL INSTRUMENTO

Este análisis se repite, a pesar de que la prueba está validada, porque se ha tomado por primera vez en una muestra de alumnos universitarios, lo que exige mostrar que el nivel es adecuado a la edad. Los análisis se hacen sobre los datos del pretest (véase el cuadro 1).

² Si los grupos son desiguales, se toma como divisor el número de sujetos del grupo más numeroso.

Cuadro 1 Nivel de discriminación de los ítems

| Ítem | ND | Ítem | ND |
|------|------|------|------|
| 1 | 0.34 | 7 | 0.56 |
| 2 | 0.20 | 8 | 0.72 |
| 3 | 0.34 | 9 | 0.44 |
| 4 | 0.61 | 10 | 0.43 |
| 5 | 0.57 | 11 | 0.55 |
| 6 | 0.54 | 12 | 0.50 |

Índices de discriminación

De acuerdo con los criterios de Ebel y Frisbie (1986), en nuestra prueba hay un ítem con carácter de discriminación pobre que se excluye de los análisis posteriores, en tanto que nueve ítems superan el coeficiente de 0.39, por lo que se considera que tienen un nivel de discriminación excelente. Los ítems 1 y 3, que son los de índice más bajo, también se consideran como buenos.

Validez de la prueba de competencia imaginativa

Con los 11 ítems retenidos luego del análisis de discriminación, se hace un análisis factorial exploratorio que arroja una solución bifactorial ($KMO = 0.79$, Test de Bartlett $X^2 = 690.36$, $gl. = 55$, $p < 0.001$) con 36% de varianza explicada, sin ítems complejos (véanse los cuadros 2 y 3).

El factor 1 corresponde a los ítems de visualización, su resolución requiere varios pasos y, en algunos casos, usar más de una estrategia, mientras que el factor 2 agrupa los ítems que evalúan rotación global, desarrollos y vistas. Los autores de la prueba no refieren haber hecho análisis factorial, porque establecen la validez de constructo mediante la correlación biserial entre cada ítem y la puntuación total en la prueba. En cambio, en nuestro trabajo estamos interesadas en distinguir subhabilidades de la competencia espacial.

Los factores tienen medias con diferencias significativas ($t = -24.47$, $gl = 853$, $p < 0.01$) a favor del factor 2, como se ve con la prueba t para muestras relacionadas. En concordancia con otros estudios sobre el tema, las tareas

Cuadro 2 Factores de competencia espacial

| | F1 | F2 |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| Rotación columnas | 0.11 | 0.43 |
| Desarrollo | 0.13 | 0.53 |
| Cubo: visualización caras | 0.65 | 0.34 |
| Cubo: visualización aristas | 0.54 | 0.28 |
| Rotación marco | 0.48 | 0.26 |
| Visualización 2 caras pintadas | 0.65 | 0.13 |
| Visualización sin caras pintadas | 0.73 | 0.27 |
| Visualización | 0.52 | -0.01 |
| Rotación global: engranajes | 0.32 | 0.51 |
| Reconocimiento: vistas | 0.25 | 0.64 |
| Rotación global | 0.20 | 0.69 |

agrupadas en el factor 2 resultan significativamente más fáciles, ya sea porque se trabaja en el plano o porque no se requiere una secuencia compleja de estrategias de resolución.

Nivel de dificultad

El índice medio de dificultad es de 0.61, por tanto, puede considerarse como una prueba de dificultad moderada, ya que la teoría indica que el índice debe estar entre 0.50 y 0.60. En cuanto a la configuración de las pruebas, se aconseja (por ejemplo, Backhoff, Larrazolo y Rosas, 2000) un 5% de ítems muy fáciles (*ND*: de 0.87 a 1), 20% fáciles (*ND*: de 0.74 a 0.86), 50% con una dificultad media o moderados (*ND*: de 0.53 a 0.73), 20% difíciles (*ND*: de 0.33 a 0.52) y 5% muy difíciles (*ND*: de 0 a 0.32).

En el caso de la prueba de competencia imaginativa aplicada a nuestra muestra (véanse cuadro 4 y figuras 1 y 2), no hay ítems muy fáciles, hay 27% de ítems fáciles, 36% de dificultad moderada, 27% difíciles y 9% muy difíciles, por tanto, la composición de la prueba puede considerarse aceptable.

Cuadro 3 Descriptivos de los factores

| | FACTOR_1 | FACTOR_2 |
|------------|----------|----------|
| Media | 5.05 | 7.43 |
| Desv. típ. | 2.857 | 2.425 |

Cuadro 4 Nivel de dificultad de los ítems

| Ítem | ND | Cualidad |
|------|------|-------------|
| 1 | 0.79 | Fácil |
| 3 | 0.83 | Fácil |
| 4 | 0.69 | Moderado |
| 5 | 0.46 | Difícil |
| 6 | 0.67 | Moderado |
| 7 | 0.32 | Muy difícil |
| 8 | 0.52 | Difícil |
| 9 | 0.36 | Difícil |
| 10 | 0.81 | Fácil |
| 11 | 0.65 | Moderado |
| 12 | 0.63 | Moderado |

Confabilidad

El análisis de los 12 ítems arroja un alfa de Cronbach de 0.68; si se omite el ítem 2, el índice asciende a 0.70.

DIFERENCIAS POR GRUPOS

Para poner a prueba la hipótesis acerca de las diferencias por universidades de pertenencia (véase el cuadro 5), se hizo un análisis de varianza y se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los alumnos de Ingeniería (UTN) y

Figura 1 Distribución del nivel de dificultad por ítem

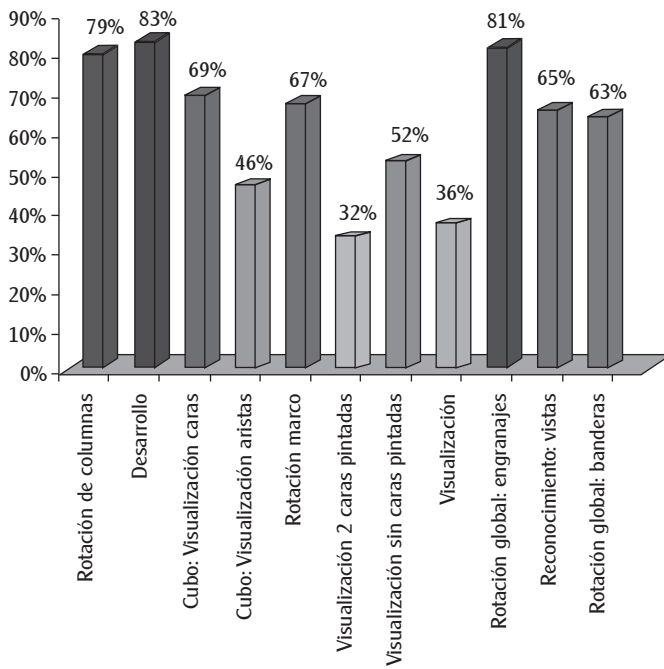
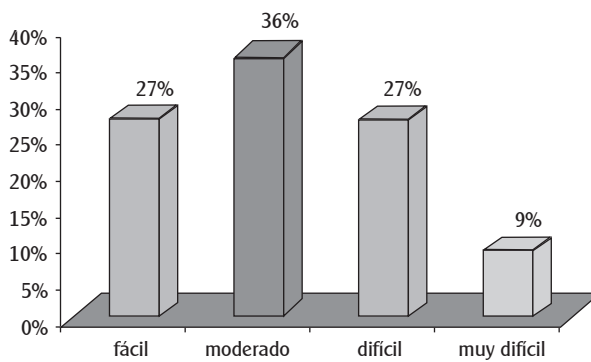


Figura 2 Estructura de la prueba por nivel de dificultad de ítems



los de Arquitectura y Diseño (FADU) a favor de los primeros, tanto en el puntaje total de competencia espacial ($F = 38.7$, $gl. = 1$, 852 , $p < 0.001$) como en el factor 1 ($F = 44.58$, $gl. = 1$, 852 , $p < 0.001$) y en el factor 2 ($F = 10.92$, $gl. = 1$, 852 , $p < 0.002$). La mayor diferencia se da en el factor visualización y no se atribuye a la mayor proporción de varones, pues la diferencia entre los varones de ambos grupos es significativa ($F = 16.2$, $gl. = 1$, 439 , $p < 0.003$).

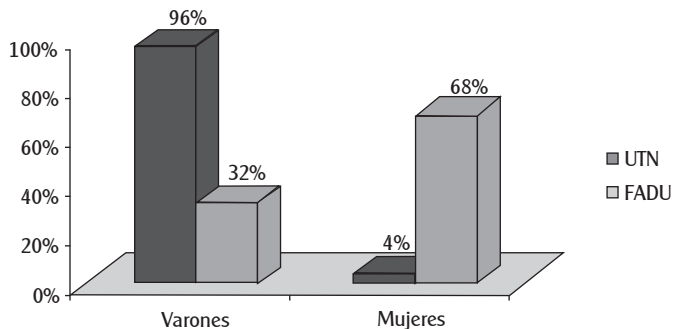
Cuadro 5 Descriptivos de competencia espacial por grupos

| Variable | Grupo | N | Media | Desviación típica |
|----------------------|-------|-----|-------|-------------------|
| Competencia espacial | UTN | 258 | 6.85 | 2.07 |
| | FADU | 596 | 5.82 | 2.26 |
| Factor 1 | UTN | 258 | 6.02 | 2.55 |
| | FADU | 596 | 4.63 | 2.88 |
| Factor 2 | UTN | 258 | 7.85 | 2.19 |
| | FADU | 596 | 7.25 | 2.49 |

DIFERENCIAS POR SEXO

En Ingeniería, 96% son varones, mientras que en las carreras de Arquitectura y de Diseño sólo 32% son varones (véase la figura 3).

Figura 3 Porcentajes por sexo



La diferencia por sexos (véase el cuadro 6) es significativa a favor de los varones, tanto en el puntaje total de competencia espacial ($F = 41.3$, $gl. = 1$, 852 , $p < 0.001$) como en el factor 1 ($F = 42.84$, $gl. = 1$, 852 , $p < 0.001$) y en el factor 2 ($F = 15.08$, $gl. = 1$, 852 , $p < 0.001$).

Cuadro 6 Descriptivos de competencia espacial por sexos

| Variable | Sexo | Media | Desviación típica |
|----------------------|---------|-------|-------------------|
| Competencia espacial | Mujeres | 5.63 | 2.19 |
| | Varones | 6.60 | 2.22 |
| Factor 1 | Mujeres | 4.40 | 2.82 |
| | Varones | 5.65 | 2.75 |
| Factor 2 | Mujeres | 7.10 | 2.48 |
| | Varones | 7.74 | 2.32 |

CAMBIOS EN LA COMPETENCIA ESPACIAL

Para la hipótesis referida a la existencia de diferencias en la competencia espacial entre el inicio y el final del curso de ingreso, se trabajó sólo con los datos de la cohorte 2009 del grupo FADU, donde se hizo pretest y postest. Los datos se analizaron mediante una prueba *t* para muestras relacionadas (véase el cuadro 7) y se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el puntaje total para el factor 1 –que agrupa los ítems de visualización– y para la mayoría de los ítems, con excepción de los ítems 1 y 10, que resultaron los de menor dificultad desde el principio.

Es decir, que el proceso de enseñanza-aprendizaje en el transcurso del año tuvo efecto sobre la competencia espacial. A fin de ver si el incremento varía por sexos, se determinaron 3 (tres) niveles categorizando la variable³ y se hizo una prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Los resultados (véanse las figuras 4, 5 y 6) muestran que el incremento en el puntaje total de competencia espacial y en el factor visualización se verifica respecto de los niveles de partida 1 (bajo) y 2 (medio), pero no en el nivel 3 (alto).

³ Se usó el procedimiento de determinar los cuartiles en la distribución de los puntajes y tomar el primer cuartil como nivel 1 y el cuartil superior como nivel 3, y se obtuvieron los siguientes puntos de corte: Nivel 1: 0 a 4; Nivel 2: $> 4 < 7.25$; Nivel 3: 7.25 a 10.

Cuadro 7 Prueba *t* para muestras relacionadas

| Diferencias relacionadas | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------------|--------|--------------|----------|-----|---------------|
| | | Medias | Desv. típica | <i>t</i> | df | Sig. (bilat.) |
| Par 1 | Rotación columnas | 0.02 | 0.45 | 0.602 | 214 | 0.548 |
| Par 2 | Desarrollo | -0.07 | 0.42 | -2.429 | 214 | 0.016 |
| Par 3 | Cubo: visualización caras | -0.17 | 0.51 | -4.905 | 214 | 0.000 |
| Par 4 | Cubo: visualización aristas | -0.22 | 0.61 | -5.285 | 214 | 0.000 |
| Par 5 | Rotación marco | -0.12 | 0.61 | -2.921 | 214 | 0.004 |
| Par 6 | Visualización 2 caras pintadas | -0.10 | 0.58 | -2.487 | 214 | 0.014 |
| Par 7 | Visualización sin caras pintadas | -0.19 | 0.55 | -4.967 | 214 | 0.000 |
| Par 8 | Visualización | -0.14 | 0.60 | -3.393 | 214 | 0.001 |
| Par 9 | Rotación global: engranajes | -0.03 | 0.50 | -0.961 | 214 | 0.337 |
| Par 10 | Reconocimiento: vistas | -0.18 | 0.56 | -4.792 | 214 | 0.000 |
| Par 11 | Rotación global: banderas | -0.09 | 0.50 | -2.596 | 214 | 0.010 |
| Par 12 | Competencia espacial | -1.17 | 1.92 | -8.937 | 214 | 0.000 |
| Par 13 | Factor 1 | -1.56 | 2.71 | -8.435 | 214 | 0.000 |
| Par 14 | Factor 2 | -0.71 | 2.46 | -4.218 | 214 | 0.000 |

El incremento es significativamente mayor para los varones del nivel 1 en el factor visualización ($F = 9.06$; $gl = 1, 45$; $p < 0.005$) y también para el puntaje total ($F = 2.95$; $gl = 1, 45$; $p < 0.095$), lo que podría estar indicando que los varones situados en el nivel más bajo en el punto de partida se hallan en una zona de desarrollo próximo que se actualiza con el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Figura 4 Cambios por sexo y nivel en competencia espacial

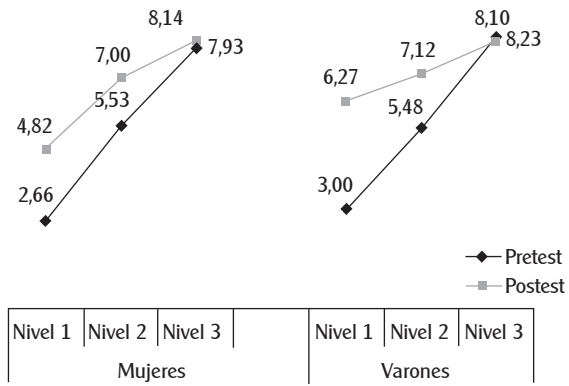


Figura 5 Cambios por sexo y nivel en el factor visualización

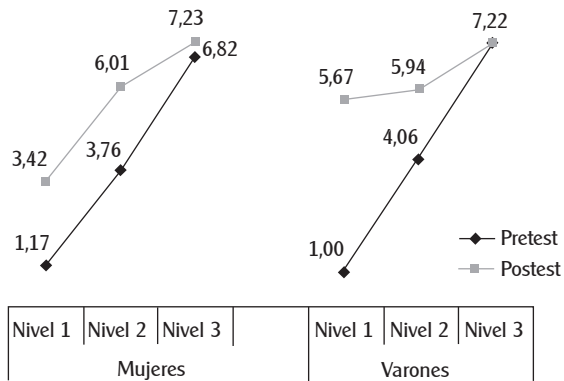
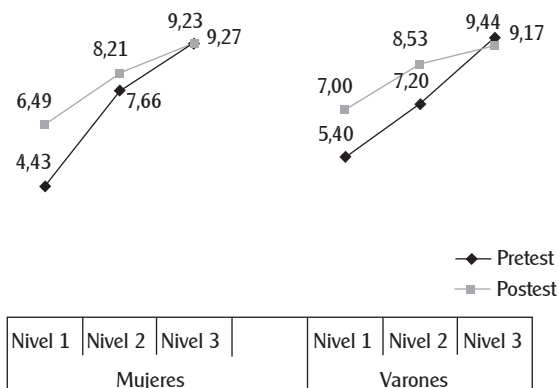


Figura 6 Cambios por sexo y nivel en el factor rotación



CAMBIOS EN EL NIVEL DE DIFICULTAD DE LA PRUEBA

En el postest varía el nivel de dificultad (véanse las figuras 7 y 8).

Figura 7 Comparación del nivel de dificultad entre pretest y postest

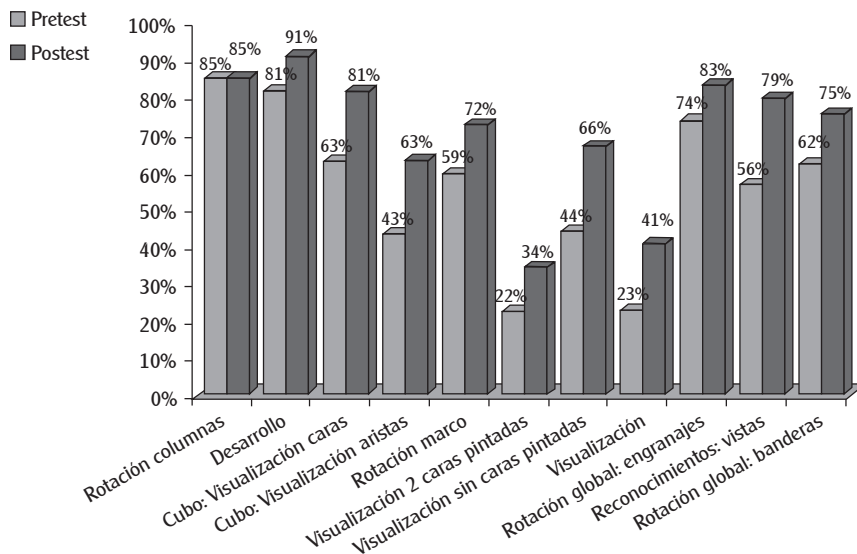
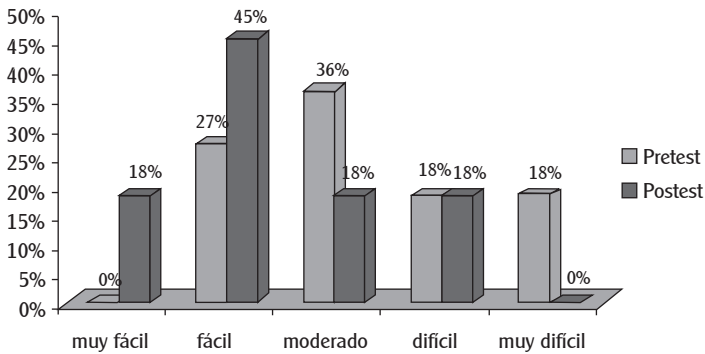


Figura 8 Comparación de índices de dificultad pretest y postest



En el postest, el índice medio de dificultad asciende a 0.70, con 63% de ítems fáciles o muy fáciles y sólo un 18% de ítems difíciles, por lo que la prueba resulta inadecuada para evaluar la competencia espacial más allá del curso de ingreso por el efecto del proceso de enseñanza-aprendizaje.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permitieron cumplir con los objetivos establecidos.

El análisis de las propiedades psicométricas de la prueba mostró que ésta tiene buen nivel de confiabilidad y que, en su estructura, se distinguen claramente dos factores correspondientes a las habilidades de visualización compleja –que resultan las más difíciles– y de rotación global en el plano.

Se observó que los alumnos de la carrera de Ingeniería aventajan en competencia espacial al grupo de Arquitectura y Diseño, con una diferencia más marcada en el factor visualización que no puede atribuirse al mayor porcentaje de varones, pues si se toman los sexos como grupos independientes, ésta se mantiene. Entre los factores posibles que explican esta diferencia, puede señalarse el aprendizaje de Física y de Dibujo Técnico que traen los alumnos que ingresan en Ingeniería, los cuales proceden de escuelas técnicas en un 75%, mientras que, en el caso de los que ingresan en Arquitectura y Diseño, ese porcentaje es de sólo 25 por ciento.

Teniendo en cuenta este resultado, en el grupo de la FADU en la cohorte 2009, se introdujo, a partir de la enseñanza-aprendizaje de los sistemas de proyecciones cilíndricas, un ejercicio en el cual están involucradas las nociones de desarrollo de volúmenes que componen a varios cuerpos geométricos, y se incluyó en él la realización de maquetas y la inclusión de color y grafías, a fin de consolidar, mediante una experiencia perceptiva, lo que debería captarse por visualización.

En cuanto a la diferencia por sexos, en la fase diagnóstica –pretest–, los varones aventajan a las mujeres en el puntaje total y en ambos factores de competencia espacial. Este resultado confirma los resultados informados en investigaciones previas sobre el tema (Linn y Petersen, 1985; Gluck y Fitting, 2003; Turos y Ervin, 2000; Feng, Spence y Pratt, 2007; Quaiser Pol y Lehman, 2000, 2002; Moé y Pazzaglia, 2006; Geiser, Lehman y Eid, 2008; Lohman, 1979, 1986; Carroll, 1993; Peters, 2005), con la diferencia de que algunos autores (Hirnstein, Bayer y Hausmann, 2009; Linn y Petersen, 1985; Voyer, Voyer y Bryden, 1995; Heil y Jansen-Osmann, 2008; Quinn y Liben, 2008) señalan que la mayor diferencia se da en las habilidades referidas a la rotación; en cambio, en nuestra muestra, la mayor diferencia se halla en los ítems de visualización, que resultan los más difíciles para ambos sexos, aunque los varones se desempeñan significativamente mejor que las mujeres. Esto puede deberse a que, en la prueba aplicada en nuestro trabajo, las rotaciones que se incluyen son todas globales y en el plano.

Las diferencias se mantienen al finalizar el curso de ingreso, lo que verifica que la mejora es significativa para ambos sexos en el caso de los sujetos que parten de niveles bajos o moderados. Este resultado avala la interpretación de un modelo explicativo interaccionista en cuanto a las diferencias por sexos en la competencia espacial.

Por último, del análisis de las propiedades de la prueba empleada se infiere que ésta resulta útil para la evaluación de alumnos que ingresan en la universidad, pero se torna demasiado fácil luego del curso de ingreso, por lo que debe pensarse en utilizar otro tipo de pruebas más allá de esa etapa si se quiere hacer un seguimiento de los cambios a lo largo de la carrera. Este resultado nos ha permitido continuar el trabajo con el proyecto de diseñar una prueba alterna, que se halla en elaboración, a partir del análisis de las ya existentes indicadas en el cuerpo del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta, M. (2003), "Capacidad espacial y educación matemática: tres problemas para el futuro de la investigación", *Educación Matemática*, vol. 15, núm. 3, pp. 57-76.
- (2006), "La capacidad espacial en la educación matemática: estructura y medida", *Educación Matemática*, vol. 18, núm. 1, pp. 99-132.
- Backhoff, E., N. Larrazolo y M. Rosas (2000), "Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos", *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 2, núm. 1, pp. 11-29 (<http://redie.uabc.mx/vol2no1/contenido-backhoff.html>).
- Carroll, J. B. (1993), *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor Analytic Studies*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Casey, B., E. Winner, M. Brabeck y K. Sullivan (1990), "Visual-spatial abilities in art, math and science majors: Effects of sex, family, handedness, and spatial experience", en K. J. Gilhooly, M. T. G. Keane, R. H. Logie y G. Erdos (eds.), *Lines of Thinking*, Chichester, Inglaterra, Wiley, vol. 2, pp. 275-294.
- D'Oliveira, T. (2004), "Dynamic spatial ability: An exploratory analysis and a confirmatory study", *The International Journal of Aviation Psychology*, vol. 14, núm. 1, pp. 19-38.
- Ebel, R. L. y D. A. Frisbie (1986), *Essentials of Education Measurement*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Eliot, J. y M. Czamolewsky (2007), "Development of an everyday Spatial Behavioral Questionnaire", *The Journal of General Psychology*, vol. 134, núm. 3, pp. 361-381.
- Feng, J., I. Spence y J. Pratt (2007), "Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition", *Psychological Science*, vol. 18, núm. 10, pp. 850-855.
- Fennema, E. (1983), *Research on relationship of spatial visualization and confidence to male/female mathematics achievement in grades 6-8*, Informe final, Madison y Washington, Wisconsin University/National Sciences Foundation.
- Fennema, E. y J. Sherman (1977), "Sex-related differences in mathematics achievement, spatial visualization and affective factors", *American Educational Research Journal*, núm. 14, pp. 51-71.
- Friedman, L. (1995), "The space factor in mathematics: gender differences", *Review of Educational Research*, vol. 65, núm. 1, pp. 22-50.
- Gallaher, S. (1989), "Predictors of sat mathematics scores of gifted male and gifted female adolescents", *Psychology of Women Quarterly*, núm. 13, pp. 191-203.

- Geiser, C., W. Lehmann y M. Eid (2008), "A note on sex differences in mental rotation in different age groups", *Intelligence*, vol. 36, núm. 6, pp. 556-563.
- Gluck, J. y S. Fitting (2003), "Spatial strategy selection: Interesting incremental information", *International Journal of Testing*, vol. 3, núm. 3, pp. 293-308.
- Gorgorio, N. (1998), "Exploring the functionality of visual and non-visual strategies in solving rotation problems", *Educational Studies in Mathematics*, núm. 35, pp. 207-231.
- Guilford, J. P. (1969), *The Nature of Human Intelligence*, Nueva York, McCraw-Hill.
- Heil, M. y P. Jansen-Osmann (2008), "Sex differences in mental rotation with polygons of different complexity: Do men utilize holistic processes whereas women prefer piecemeal ones?", *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol. 61, núm. 5, pp. 683-689.
- Himstein, M., U. Bayer y M. Hausmann (2009), "Sex-specific response strategies in mental rotation", *Learning and Individual Differences*, vol. 19, núm. 2, pp. 225-228.
- Kelly, T. L. (1928), *Crossroads in the Mind of Man*, Stanford, Stanford University Press.
- Kozhevnikov, M., M. Hegarty y R. E. Mayer (2002), "Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for two types of visualizers", *Cognition and Instruction*, vol. 20, núm. 1, pp. 47-77.
- Linn, M. C. y A. C. Petersen (1985), "Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis", *Child Development*, vol. 56, núm. 6, pp. 1479-1498.
- Lohman, D. F. (1979), *Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature*, Tech. Rep. No. 9, Stanford, CA, Stanford University, School of Education.
- (1985), *Dimensions of individual differences in spatial abilities*, Paper for NATO, Advanced Study Institute in Cognition and Motivation, Atenas.
- (1986), "The effect of speed-accuracy tradeoff on sex differences in mental rotation", *Perception and Psychophysics*, vol. 39, núm. 6, pp. 427-436.
- (1988), "Spatial abilities as traits, processes, and knowledge", en R. J. Sternberg (ed.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence*, Hillsdale, NJ, Erlbaum, vol. 4, pp. 181-248.
- (1989), "Human intelligence: An introduction to advances in theory and research", *Review of Educational Research*, vol. 59, núm. 4, pp. 333-373.
- Lohman, D. F., J. W. Pellegrino, D. L. Alderton y J. W. Regian (1987), "Dimensions and components of individual differences in spatial abilities", en S. H. Irvine y S. E. Newstead (eds.), *Intelligence and Cognition: Contemporary Frames of Reference*, Dordrecht, Países Bajos, Martinus Nijhoff, pp. 253-312.

- McGee, M. C. (1979), "Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences", *Psychological Bulletin*, núm. 86, pp. 899-918.
- Michael, W., W. S. Zimmerman y J. P. Guilford (1951), "An investigation of the nature of the spatial-relations and visualization factors in two high school samples", *Educational and Psychological Measurement*, núm. 11, pp. 561-577.
- Moé, A. (2009), "Are males always better than females in mental rotation? Exploring a gender belief explanation", *Learning and Individual Differences*, vol. 19, núm. 1, pp. 21-27.
- Moé, A. y F. Pazzaglia (2006), "Effects of gender beliefs in mental rotation", *Learning and Individual Differences*, vol. 16, núm. 4, pp. 369-377.
- National Research Council (2006), *Learning to Think Spatially*, Washington, National Academies.
- Peters, M. (2005), "Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems", *Brain and Cognition*, vol. 57, núm. 2, pp. 176-184.
- Piaget, J. (1948), *La représentation de l'espace chez l'enfant*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. y B. Inhelder (1956), *La conception de l'espace chez l'enfant*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Previc, F. H. (1998), "The neuropsychology of 3-D space", *Psychological Bulletin*, núm. 124, pp. 123-164.
- Quaiser-Pohl, C. y W. Lehmann (2002), "Girls' spatial abilities – Charting the contributions of experience and attitudes in different academic groups", *British Journal of Educational Psychology*, núm. 72, pp. 245-260.
- Quinn, P. C. y L. S. Liben (2008), "A Sex Difference in Mental Rotation in Young Infants", *Psychological Science*, vol. 19, núm. 11, pp. 1067-1070.
- Rapetti, V. y H. Difabio (2003), "Cualidades psicométricas de una prueba de competencia imaginativa", *Educación Matemática*, vol. 15, núm. 3, pp. 91-108.
- Renz, J. (2002), *Qualitative Spatial Reasoning with Topological Information*, Berlín, Springer-Verlag.
- Renz, J. y B. Nebel (2007), "Qualitative spatial reasoning using constraint calculi", en M. Aiello, I. Pratt-Hartmann y J. van Benthem (eds.), *Handbook of Spatial Logics*, Berlín, Springer Verlag, pp. 161-215.
- Rodríguez, M. L., I. Yordi, C. M. Reyes y R. Sampedro (2009), "Indicaciones para el logro de competencias geométricas con una visión holística del Álgebra Lineal y la Geometría Analítica en los estudiantes de Arquitectura y de Ingeniería de

- la Universidad de Camagüey”, *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 49, núm. 4, pp. 1-13.
- Shepard, R. N. y J. Metzler (1971), “Mental rotation of three-dimensional objects”, *Science*, vol. 171, núm. 3972, pp. 701-703.
- Shepard, R. N. y L. A. Cooper (1986), *Mental Images and Their Transformations*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Stumpf, H. y J. Eliot (1999), “A structural analysis of visual spatial ability in academically talented students”, *Learning and Individual Differences*, vol. 11, núm. 1, pp. 137-151.
- Thurstone, L. (1938), *Primary Mental Abilities*, Chicago, University of Chicago Press.
- Turos, J. y A. Ervin (2000), “Training and gender differences on a web-based mental rotation task. The Penn State Behrend”, *Psychology Journal*, vol. 4, núm. 2, pp. 3-12.
- Vandenberg, S. C. y A. R. Kuse (1978), “Mental rotations: A group test of three-dimensional spatial visualization”, *Perceptual and Motor Skills*, núm. 47, pp. 599-604.
- Van Garderen, D. (2006), “Spatial visualization, visual imagery, and mathematical problem solving of students with varying abilities”, *Journal of Learning Disabilities*, vol. 39, núm. 6, pp. 496-506.
- Vianna, H. (1983), *Los tests en educación*, Pamplona, Universidad de Navarra.
- Voyer, D., S. Voyer y M. P. Bryden (1995), “Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables”, *Psychological Bulletin*, núm. 117, pp. 250-270.

DATOS DE LAS AUTORAS

Stella Maris Vázquez

Centro de Investigaciones en Antropología Filosófica y Cultural
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
stellavazquez@gmail.com

Marianela Noriega Biggio

Centro de Investigaciones en Antropología Filosófica y Cultural
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
marianelanoriega@gmail.com

