

# El análisis de datos como estrategia para el desarrollo del pensamiento matemático y el pensamiento computacional

## Data analysis as a strategy for the development of mathematical thinking and computational thinking

<sup>a</sup>Jorge Luis Orjuela-Abril, <sup>b</sup>Henry de Jesús Gallardo-Pérez, <sup>c</sup>Carlos Sebastián Gómez-Vergel

 <sup>a</sup>Magister en Educación Matemática, jorgeorjuela@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

 <sup>b</sup>Doctor en Educación, henrygallardo@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

 <sup>c</sup>Estudiante ingeniería electrónica, cs.gomezv@uniandes.edu.co, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Recibido: Junio 1 de 2021 Aceptado: Octubre 8 de 2021

**Forma de citar:** J.L. Orjuela-Abril, H. Gallardo-Pérez, C. Gómez-Vergel “El análisis de datos como estrategia para el desarrollo del pensamiento matemático y el pensamiento computacional”, *Mundo Fesc* vol. 11, S4, pp. 148-155, 2021

### Resumen

---

**Introducción:** La investigación sigue un enfoque cuantitativo de corte transversal, explicativa y correlacional enmarcada en un enfoque multimétodo. **Objetivo:** Aplicar una estrategia basada en el análisis de datos para desarrollar tanto el pensamiento computacional como el pensamiento matemático. **Materiales y métodos:** estudio explicativo, multivariado, correlacional y cuasi experimental. La muestra estuvo conformada por estudiantes de siete instituciones educativas de educación media, tres públicas y cuatro privadas, ubicadas en la ciudad de Cúcuta. **Resultados:** los datos primarios para la investigación se obtienen de la aplicación de test pre y post a la intervención pedagógica para valorar el desarrollo del pensamiento matemático y computacional, se comparan resultados y evalúan diferencias para estimar la contribución que efectivamente aporta el análisis de datos en los estudiantes. **Conclusión:** SE encuentra que existe relación entre el desarrollo del pensamiento matemático y el desarrollo del pensamiento computacional y que el análisis de datos contribuye significativamente en el desarrollo de los dos pensamientos.

**Palabras clave:** Análisis de Datos, Intervención Pedagógica, Pensamiento Matemático, Pensamiento Computacional, Teoría de Respuesta Al Ítem

---

Autor para correspondencia:

\*Correo electrónico: jorgeorjuela@ufps.edu.co



## Abstract

---

**Introduction:** The research follows a quantitative cross-sectional, explanatory and correlational approach framed in a multi-method approach. **Objective:** To apply a strategy based on data analysis to develop both computational and mathematical thinking. **Materials and methods:** explanatory, multivariate, correlational and quasi-experimental study. The sample consisted of students from seven secondary schools, three public and four private, located in the city of Cúcuta. **Results:** the primary data for the research are obtained from the application of pre and posttests to the pedagogical intervention to assess the development of mathematical and computational thinking, results are compared and differences are evaluated to estimate the contribution that the data analysis effectively contributes to the students. **Conclusion:** It is found that there is a relationship between the development of mathematical thinking and the development of computational thinking and that data analysis contributes significantly to the development of both thoughts.

**Keywords:** Data Analysis, Pedagogical Intervention, Mathematical Thinking, Computational Thinking, Item Response Theory

## Introducción

El pensamiento matemático está relacionado con ser competente matemáticamente, se basa en el desarrollo y la existencia de los cinco tipos de pensamiento matemático: numérico, espacial, métrico, aleatorio y variacional y se refiere al desarrollo de habilidades que permiten comparar, describir, analizar, sintetizar, abstraer y modelar diferentes fenómenos [1,2]; es en sí mismo la representación de la relación entre la realidad y las matemáticas, que sitúa a las matemáticas como el lenguaje o la herramienta que permite la caracterización de los diferentes fenómenos mediante el uso de algoritmos que caracterizan el lenguaje de las matemáticas como una estrategia que permite la construcción, interpretación, abstracción y consolidación de significados para el profesor y el estudiante [3]. En este sentido, el pensamiento aleatorio, que se basa en conceptos y procedimientos de la teoría de probabilidades y la estadística descriptiva trabajando con datos que pueden ser categóricos o numéricos permite afrontar situaciones de incertidumbre y azar que permiten establecer predicciones confiables sobre diferentes eventos [4,5].

El pensamiento computacional se entiende como la habilidad para solucionar

problemas aprovechando las técnicas informáticas en procesos que permiten formular problemas de forma que sus soluciones puedan ser representadas como secuencias de instrucciones y algoritmos. Está compuesto por varias habilidades: el análisis, el pensamiento lógico, el pensamiento algorítmico, la descomposición de un problema en fases más pequeñas, el reconocimiento de patrones repetitivos, la abstracción de información relevante al problema propuesto, la depuración, la validación de soluciones y la generación de algoritmos escritos que interactúan entre sí y permiten la resolución de problemas complejos [6,7].

El análisis de datos parte del proceso de adquisición y apropiación de la información acumulada en distintas fuentes y hace referencia a las operaciones que el investigador realiza para obtener información útil de los datos recolectados en el proceso utilizando técnicas cualitativas cuando los datos están presentados en forma verbal o gráfica [8,9] y técnicas cuantitativas [10,11] cuando los datos se presentan en forma numérica. El análisis de datos es una actividad intelectual que desarrolla capacidades para identificar y separar los aspectos más relevantes de la información recolectada [12].

El desarrollo del pensamiento matemático

y del pensamiento computacional en estudiantes de educación básica es necesario para en cierta forma contribuir al buen desempeño académico del joven que ingresa a la educación superior, situación que se evidencia en diferentes estudios [13-17]; por ello la presente investigación propone el análisis de datos como estrategia pedagógica para el fortalecimiento del pensamiento matemático y del pensamiento matemático en estudiantes de educación básica.

### **Materiales y métodos**

La investigación se enmarca en el paradigma cuantitativo, de corte transversal, explicativa y correlacional utiliza métodos estadísticos univariados y multivariados [18-21]. La población objeto de estudio está constituida por los estudiantes de educación media de la ciudad de Cúcuta. El muestreo se realiza de forma no probabilística, se seleccionan siete instituciones, tres de carácter público y cuatro privadas; en cada una de ellas se selecciona un grupo y se trabaja con los docentes de matemáticas e informática asignados a esos grupos y con los estudiantes de los grupos seleccionados.

Se trabaja con dos test para recolectar datos que permitan valorar el crecimiento del pensamiento matemático y computacional en los estudiantes, un test de entrada y la información se compara con los resultados de un test de salida aplicado luego de la intervención pedagógica. Cada test se encuentra dividido en tres partes una que enfatiza en la formulación y resolución de problemas, la segunda relacionada con razonar y formular algoritmos en la solución de problemas y finalmente se enfatiza en las habilidades para comunicar procedimientos utilizados y resultados obtenidos.

Los dos test fueron elaborados de forma tal que presentaran dificultad similar al ser resueltos por un estudiante promedio, sin

importar el orden en que los realice. En cada test se incluyen ítems correspondientes a las tres variables descritas, pero a su vez que permitan identificar los niveles de desarrollo en cada uno de los componentes del pensamiento matemático y del pensamiento computacional permitiendo también a la valoración de habilidades numéricas, creatividad y resolución de problemas.

Las variables de control son: la institución donde realiza los estudios con dos modalidades: pública y privada, y el género del estudiante: femenino, masculino. Las variables de investigación son: el desarrollo del pensamiento matemático (con cinco componentes) y el desarrollo del pensamiento computacional (con tres componentes); estas variables se cuantifican numéricamente para cada estudiante en una escala continua de 0,0 a 5,0 de conformidad con las respuestas a los diferentes ítems en cada test, puntuación asignada de conformidad con el modelo de Rasch enmarcado en la teoría de respuesta al ítem [22-24].

El proceso se realiza en tres fases. La primera implica la capacitación de los docentes seleccionados con el fin de que ellos sean quienes realicen la intervención pedagógica, de esta forma se espera disminuir el sesgo generado por la presencia de personas externas a la comunidad académica de la institución. La segunda fase inicia con la aplicación del test de entrada que permite valorar el desarrollo del pensamiento matemático y pensamiento computacional en los estudiantes, en una segunda etapa se desarrolla la intervención pedagógica realizando actividades de análisis de datos por parte de los estudiantes utilizando métodos cuantitativos y computacionales y finalmente se realiza un test de salida para comparar resultados con los obtenidos en el pre-test. Cada test se diseñó y calificó utilizando teoría de respuesta al ítem con estimación de parámetros mediante en el

modelo de Rasch [25,26], de forma tal que los resultados permitan realizar comparaciones y valorar diferencias mediante la aplicación del análisis multivariado de datos, utilizando específicamente procedimientos estadísticos de prueba de diferencias pareadas para contrastar la hipótesis de diferencias entre promedios de los resultados en pre-test con respecto al post-test; pruebas para muestras independientes para comparar resultados entre instituciones, y procedimientos del análisis de conglomerados y del análisis de correspondencias para establecer relaciones entre las diferentes modalidades de los caracteres asociados a las variables.

La intervención pedagógica se llevó a cabo mediante la realización de actividades académicas fundamentadas en el aprendizaje basado en problemas estimulando el trabajo colaborativo en las cuales el estudiante debe aplicar métodos de análisis de datos partiendo desde la identificación de un problema en su entorno social, elaboración de instrumentos para la recolección de información, procesamiento de la información recolectada utilizando software Excel y PSPP, análisis e interpretación de resultados y elaboración y socialización de informe final.

## Resultados y discusión

La muestra quedó conformada por 244 estudiantes, 110 de instituciones públicas y 134 de instituciones privadas, 120 de género masculino y 244 femenino; de los estudiantes de instituciones públicas, el 53% son hombres y el 47% mujeres; de los estudiantes de instituciones de carácter privadas el 46% son hombres y el 54% mujeres. La edad promedio de los estudiantes es de 16,8 años con desviación estándar de 0,94 años; en las instituciones públicas, la edad promedio de los estudiantes fue de 16,4 años con desviación estándar de 0,67 años y en las instituciones privadas de 0,67 y 1,11

años, respectivamente.

Se elaboraron y aplicaron dos pruebas para evaluar el desarrollo del pensamiento matemático y pensamiento computacional de los estudiantes participantes en el estudio. Las pruebas se realizan con la metodología de la teoría de respuesta al ítem, que permite evaluar, para cada ítem, la posibilidad de adivinar la respuesta correcta, su dificultad y su capacidad de discriminación. El valor obtenido en la prueba es el valor acumulado de los puntajes obtenidos en cada uno de los ítems que la conforman. La figura 1 muestra las curvas características correspondientes al modelo de Rasch para los dos test. Se puede observar que ambos test tienen un grado de dificultad similar y capacidad de discriminación similar, con una ligera diferencia en la probabilidad de adivinar el resultado, es decir, en la probabilidad de acertar ítems en forma aleatoria.

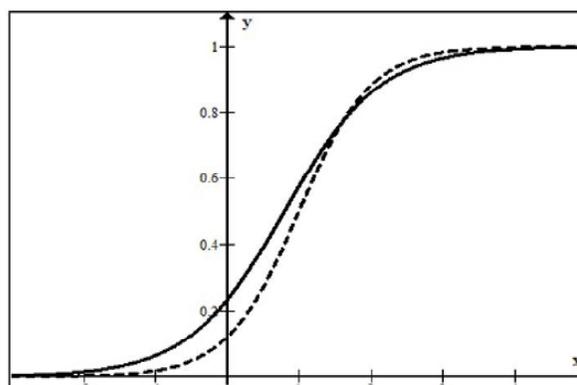


Figura 1. Curva característica para pre-test y post-test

Las puntuaciones obtenidas en las dos pruebas se ajustan en una escala de cero a cinco, donde cinco indica que contestó correctamente todos los ítems. En el pre-test se obtuvo una puntuación promedio de 3,06 con desviación estándar de 0,47 mientras que en el post-test el promedio fue de 3,71 con desviación estándar de 0,43. La prueba de Bartlett aplicada a las varianzas indica homocedasticidad en los dos grupos. Se comparan los resultados mediante una

prueba para diferencias pareadas, la cual arroja un valor  $t=-6,731$  con significancia unilateral cercana a cero ( $p\text{-valor} = 6,1 \cdot 10^{-11}$ ), de donde se puede concluir que la diferencia entre los resultados del post-test con referencia a los del pre-test es significativa. En la figura 2 se comparan los resultados en las dos pruebas, se aprecia que la curva correspondiente al post-test está desplazada hacia la derecha indicando resultados mejores que los obtenidos en el pre-test; también se aprecia que la desviación estándar es inferior en el post-test que en los resultados del pre-test

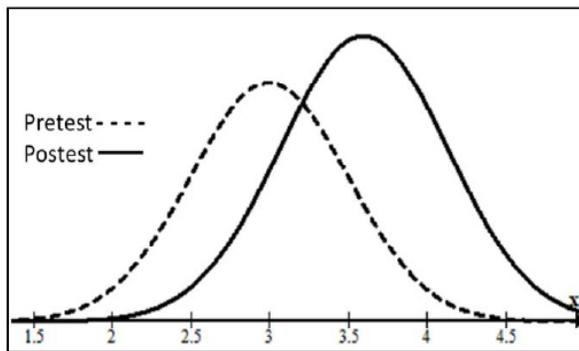


Figura 2. Distribución de resultados pre-test y post-test

La diferencia en el puntaje del desarrollo del pensamiento matemático evaluado antes y después de la intervención pedagógica se presenta en la figura 3; en este caso, la diferencia entre los resultados de las dos pruebas es mayor que para cuando se consideran en general. La puntuación promedio en el pre-test fue de 2,86 con una desviación estándar de 0,5, mientras que en el post-test fue de 3,69 con desviación estándar de 0,47. Se encuentra homogeneidad de varianzas y la prueba de diferencias pareadas arroja un valor  $t=-6,748$  con significancia unilateral cercana a cero ( $p\text{-valor} = 5,5 \cdot 10^{-11}$ ), luego se puede concluir que existe diferencia significativa entre los dos resultados.

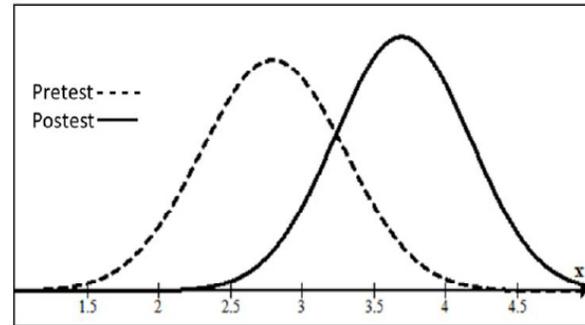


Figura 3. Resultados, pre-test y post-test, en desarrollo del pensamiento matemático

Se comparan las puntuaciones obtenidas en el pre-test y post-test correspondientes al desarrollo del pensamiento computacional; el promedio en el pre-test fue de 3,16 con desviación estándar de 0,48 mientras que en el post-test el promedio fue 3,72 con desviación estándar de 0,41. Se encuentra homogeneidad de varianzas y la prueba de diferencias pareadas arroja un valor  $t=-3,403$  con significancia unilateral cercana a cero ( $p\text{-valor} = 3,9 \cdot 10^{-4}$ ), luego se puede concluir que existe diferencia significativa entre los dos resultados.

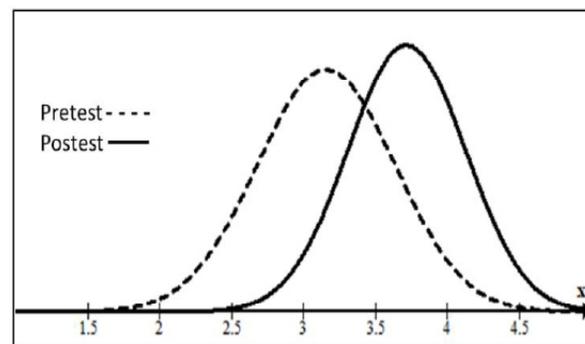


Figura 4. Resultados, pre-test y post-test, en desarrollo del pensamiento computacional

Para establecer comparaciones entre resultados correspondientes a estudiantes de instituciones educativas de carácter público con respecto a las privadas, se elabora diagrama de barras de error (figura 5), cada una se construye sobre el valor promedio muestral y se extiende en un

intervalo de 95% de confianza para la estimación del promedio poblacional. Este diagrama permite comparar resultados en pre-test y post-test por institución. Se aprecia que en todas las instituciones se presenta un aumento significativo en el promedio con diferencias más acentuadas en instituciones de educación pública que en la de carácter privado, también se visualiza una reducción en la variabilidad de los resultados del post-test con referencia a los del pre-test.

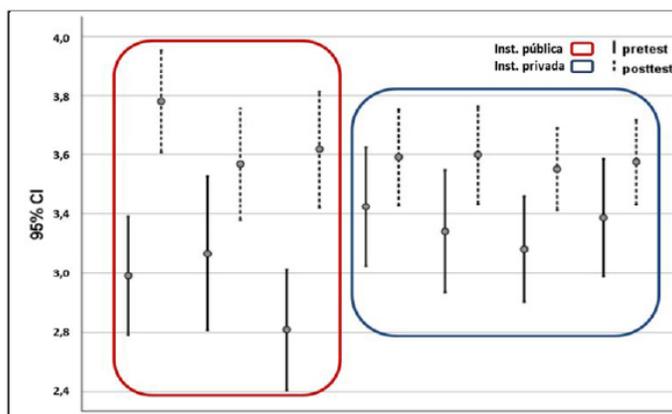


Figura 5. Resultados en pre-test y post-test por institución educativa

También se aprecia en la figura 5, homogeneidad en los resultados del post-test, lo cual conlleva a concluir que luego de la intervención pedagógica, no solo se logra aumento en el nivel de desarrollo del pensamiento matemático y pensamiento computacional, sino que se alcanza un nivel promedio generalizado en los estudiantes participantes.

Con el fin de establecer relaciones entre los diferentes componentes del pensamiento matemático y las habilidades del pensamiento computacional, se elabora diagrama de correspondencias múltiples, que permite identificar en un plano bidimensional, las relaciones multidimensionales que se presentan entre las diferentes modalidades de los caracteres asociados a las variables de estudio con base en los resultados de cada uno de los estudiantes que participaron en la investigación; los resultados se presentan en la figura 6.

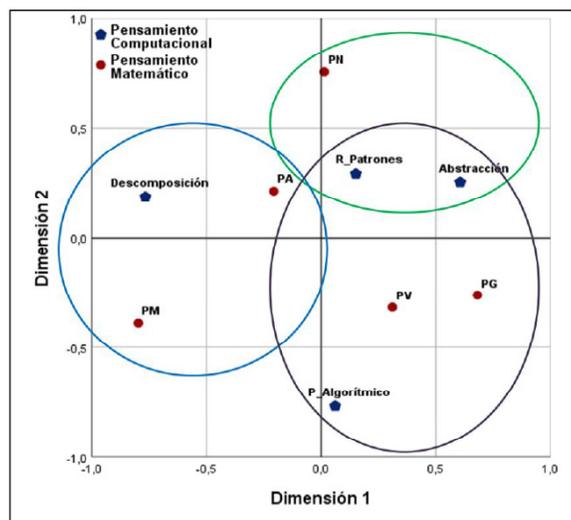


Figura 6. Correspondencias entre componentes de pensamiento matemático y computacional

El diagrama se elabora con base en las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en cada uno de los componentes de cada pensamiento. Se identifican tres grupos. Estudiantes con alta habilidad en la descomposición de problemas en fases más pequeñas se identifican con un buen nivel en pensamiento aleatorio y pensamiento métrico. Estudiantes con buen nivel de pensamiento numérico se caracterizan por el reconocimiento de patrones y abstracción de información relevante de un problema. Por otra parte, estudiantes con buen nivel de pensamiento variacional y pensamiento geométrico se caracterizan por tener buenas habilidades para la abstracción de información relevante de un problema, el reconocimiento de patrones repetitivos y la generación de algoritmos que permiten la solución de problemas complejos.

### Conclusiones

La investigación permite evidenciar que el análisis de datos, desde la perspectiva de la formulación y solución de problemas enmarcados en el entorno del estudiante contribuye significativamente en el desarrollo tanto del pensamiento matemático como del pensamiento computacional.

Los resultados de la investigación permiten inferir que el trabajo colaborativo desarrollado para el análisis de datos permite establecer acercamientos entre el desarrollo de los diferentes tipos de pensamiento matemático y las habilidades asociadas al desarrollo del pensamiento computacional.

### Referencias

- [1] M. Vergel, H. Gallardo y R. Portal, “Las tecnologías de la información y las comunicaciones en el fortalecimiento del pensamiento físico matemático”, *AIBI revista de investigación, administración e ingeniería*, vol 8, no. S1, pp. 83-89, 2020
- [2] E. Cardoso y M. Cerecedo, “El desarrollo de las competencias matemáticas en la primera infancia”, *Revista Iberoamericana de Educación*, no. 47, pp. 5-25, 2008
- [3] J. Restrepo, “Concepciones sobre competencias matemáticas en profesores de educación básica, media y superior”, *Revista Boletín Redipe*, vol. 6, no. 2, pp. 104-118, 2017
- [4] H. Gallardo, D. Villamizar y E. Maldonado, “Project based pedagogy in the development of physical-mathematical thinking”, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1674, no. 012013, pp. 1-7, 2020
- [5] M. Pérez y A. Ocaña, *Pensamiento Matemático*, Bogotá: U. Jorge Tadeo Lozano, 2013
- [6] A. Aho, “Computation and Computational Thinking”, *The Computer Journal*, vol. 55, no. 7, pp. 832–835, 2012
- [7] N. Polanco, S. Ferrer y M. Fernández, “Aproximación a una definición de pensamiento computacional”, RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 24, no. 1, pp. 55-76, 2021
- [8] M. Carrillo, J. Leyva y J. Medina, “El análisis de datos cualitativos: un proceso complejo”, *Index de Enfermería*, vol. 20, no 1-2, pp. 96-100, 2011
- [9] P. Schettini e I. Cortazzo. *Análisis de datos cualitativos en investigación social*, La Plata: Editorial de la Universidad de La Plata, 2015
- [10] S. Masseroni, V. Domínguez y J. Libonatti. *Análisis de los datos cuantitativos en ciencias sociales*. Buenos Aires: Mnemosyne, 2016

- [11]L. Camarero (Comp.). *Estadística para la investigación social*. México: Alfaomega, 2012
- [12] S Peña, *Análisis de datos*, Bogotá: Fondo editorial Areandino, 2017
- [13] C. Hernández, P. Ramírez y G. Rincón, “Pensamiento matemático en estudiantes universitarios”, *Ecomatemático*, vol. 4, no. 1, pp. 4-10, 2013
- [14]L. Navarro, “El pensamiento matemático: una herramienta necesaria en la formación inicial de profesores de matemática”, *VARONA Revista Científico-Metodológica*, no.65, pp. 1-7, 2017
- [15]P. Reyes-Santander, “Caracterización del pensamiento matemático”, *PAIDEA*, no. 20, pp. 27-41, 2015
- [16]J. Pabón, D. Hincapié y G. Vergara, “Fortalecimiento del pensamiento matemático mediante el uso de la hoja de cálculo como herramienta didáctica en los estudiantes de primer ciclo de educación superior”, *Ciencia e Ingeniería, Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías*, vol. 8, no. 2, pp. 1-38, 2021
- [17]M. Zapata-Ríos, “Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital”, *RED - Revista de Educación a Distancia*, vol. 46, no. 4, pp. 1-47, 2015.
- [18] H. Gallardo, M. Vergel, y F. Villamizar, “Investigación intervención y enfoque multimétodo en ciencias humanas y educación matemática”, *Logos, Ciencia y Tecnología*, vol. 9, no. 2, pp. 85-96, 2017
- [19]H. Goldstein, *Multilevel statistical models*, Londres: Institute of Education. Multilevel Models Project, 1999
- [20]H. Quené y H. Van Den Bergh, “On multi-level modeling of data from repeated measured designs: a tutorial” *Speech Communication*, no. 43, pp. 103-121, 2004
- [21]E. Bologna, “Tendencias en el análisis estadístico” *Revista Evaluar*, no. 11, pp. 59-84, 2012
- [22]N. Cortada de Kohan, “Teoría de respuesta al ítem” *Revista Evaluar*, no. 4, pp. 95-110, 2004
- [23]H. Attorresi, G. Lozzia, F. Abal, M. Gilbert y M. Aguerri M, “Teoría de respuesta al ítem. Conceptos básicos y aplicaciones para la medición de constructos psicológicos”, *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, vol. 18, no. 2, pp. 179-188, 2009
- [24]J. Muñiz, “Las teorías de los tests: teoría clásica y teoría de respuesta a los ítems” *Papeles del psicólogo*, vol. 31, no. 1, pp. 57-66, 2010
- [25]G. Prieto y A. Delgado, “Análisis de un test mediante el modelo de Rasch” *Psicothema*, vol. 25, no. 1, pp. 94-100, 2003
- [26] F. Ghio, V. Morán, S. Garrido, A. Azpilicueta, F. Córtez y M. Cupani, “Calibración de un banco de ítems mediante el modelo de Rasch para medir razonamiento numérico, verbal y espacial”, *Avances en Psicología Latinoamericana*, vol. 38, no. 1, pp. 157-171, 2020