

Análisis de Redes: Factores Relevantes en el Rendimiento Académico

Valentina Cardona Saldaña¹ *

¹Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia

Abstract

Este artículo explora cómo el análisis de redes puede utilizarse para examinar el rendimiento académico en el sistema educativo colombiano, basándose en datos de la prueba PISA 2022. Se emplea el método G-LASSO para estimar redes de correlación parcial entre el rendimiento en matemáticas, lectura y ciencias, y una combinación de factores individuales, psicológicos, socioeconómicos, institucionales y familiares que afectan el desempeño de los y las estudiantes en estas áreas de conocimiento. Los resultados muestran relaciones relevantes entre estas variables, ofreciendo múltiples posibilidades para el estudio y la exploración de sistemas educativos.

Palabras clave: Análisis de redes, Rendimiento académico, Sistemas educativos, Factores contextuales, Colombia

Introducción

El análisis de redes y la teoría de grafos, aunque no son conceptos nuevos, han ganado una notable popularidad en las últimas dos décadas. Una red se define como un sistema interconectado o interrelacionado que conecta a diferentes actores y, de esta forma permite estudiar complejidades en sus interacciones (Kolaczyk & Csárdi, 2014). Estas estructuras de red están presentes en diversas facetas de nuestra vida cotidiana, incluyendo redes familiares, redes de transporte, redes sociales y redes neuronales, entre otras. A pesar de que muchos de estos temas pueden ser abordados desde teorías psicológicas establecidas, el uso del análisis de redes para representar constructos o fenómenos psicológicos es aún una frontera innovadora (Marsman & Rhemtulla, 2022). Esta nueva perspectiva para comprender e intervenir en la conducta ofrece enormes posibilidades. Puede, entre otros aspectos, incentivar enfoques alternativos para el análisis de datos y proponer nuevas maneras de modelar y analizar las relaciones entre variables, tales como síntomas, procesos psicológicos, desencadenantes ambientales, entre otros (Fonseca-Pedrero, 2018).

Por otro lado, podría decirse que el rendimiento académico es una de las variables más investigadas. Esta área debe ser abordada desde un enfoque analítico integral, ya que múltiples factores juegan un rol crucial en el éxito educativo. Azevedo (2013), citado en Esteves et al., 2023, p. 2, identificó cuatro dimensiones que influyen en el éxito escolar: (i) individual, que incluye género, etnicidad, entorno cultural y familiar,

relaciones personales, comportamiento y actitud hacia el colegio; (ii) pedagógico-didáctica, que abarca la gestión del aula, la relación profesor-alumno, la organización curricular, los métodos de enseñanza y evaluación; (iii) institucional, relacionada con el entorno escolar, el proyecto educativo, la gestión y liderazgo, la participación de los padres y la política educativa; y (iv) comunitaria, familiar y local, que involucra la implicación de la comunidad, el nivel educativo de la población y las condiciones de vida del municipio. Estos hallazgos subrayan la compleja interacción de factores personales, contextuales y de estilo de vida que pueden impactar significativamente los resultados académicos. Por ello, el análisis de redes representa una oportunidad para mejorar la comprensión de las evaluaciones educativas y explorar una estructura más compleja.

En este contexto, el objetivo del presente artículo es explorar la relación estructural entre los factores asociados al rendimiento académico en el marco de la evaluación del sistema educativo colombiano. Esto se logrará mediante la estimación y el análisis de la estructura de la red y los enlaces formados entre el rendimiento académico en diferentes áreas y las variables contextuales de las y los estudiantes.

Rendimiento Académico

Desde una perspectiva psicoeducativa, el rendimiento académico es un fenómeno complejo y multifacético que depende de la interacción de factores individuales, familiares y contextuales que interactúan en un contexto económico, político y social (Losada et al., 2016). Los factores personales abarcan las condiciones indi-

*Correo: vcardonas@unal.edu.co

viduales y familiares. Fuchs and Wößmann, 2008 identificaron que, particularmente en Colombia, existe una correlación positiva entre la situación socioeconómica de las y los estudiantes y su rendimiento académico en la educación primaria. Por otro lado, se ha encontrado que variables individuales como el autoconcepto, las expectativas de finalización de estudios, las actitudes hacia la lectura y materias escolares, los hábitos de sueño y alimentación, la actividad física, y la influencia de los compañeros, son determinantes en el éxito académico (Losada et al., 2016; Fuchs and Wößmann, 2008).

Adicionalmente, la desigualdad de género y la discriminación afectan de manera diferenciada a niñas y niños en términos de rendimiento académico, especialmente en regiones donde estas brechas son más pronunciadas (Rodríguez Gomez et al., 2024). Se ha encontrado que las niñas sienten menos interés, capacidad, gusto, comodidad y mayor ansiedad en el componente de matemática y un mayor interés y gusto por la lectura que los niños (OECD, 2006). En cuanto a las características escolares, la calidad del docente y la inversión en tecnologías de la información y la comunicación (TICs) tienen un impacto positivo en el rendimiento académico (Losada et al., 2016). La diferencia entre escuelas públicas y privadas, así como su ubicación geográfica, se convierte en un factor determinante, especialmente en contextos donde la desigualdad entre zonas urbanas y rurales es pronunciada, como en Colombia. Respecto a esto, Cox and Jimenez, 1990 compararon la eficiencia de las escuelas públicas y privadas en Colombia y Tanzania, encontrando que las y los estudiantes de escuelas privadas obtienen mejores calificaciones que los de escuelas públicas en ambos países. En Colombia, la brecha educativa entre áreas rurales y urbanas puede explicarse en un 40% por la calidad de las escuelas (Rodríguez Gomez et al., 2024).

A nivel contextual, factores institucionales y sociopolíticos el gasto en educación y los niveles de desigualdad y pobreza son determinantes en el rendimiento académico de las y los estudiantes (Losada et al., 2016), especialmente en Colombia, donde las disparidades económicas y sociales son profundas (Rodríguez Gomez et al., 2024). Jiménez and Pinzón, 1998 encontraron que las y los estudiantes de escuelas públicas rinden mejor que los de escuelas privadas, sugiriendo que la situación socioeconómica de las y los estudiantes juega un papel crucial en el rendimiento académico, independientemente del tipo de escuela. El ingreso del país es un factor clave, ya que los países de altos ingresos suelen mejorar sus resultados educativos al adoptar las mejores prácticas internacionales,

mientras que en países de ingresos bajos y medios se requiere una mayor investigación para adaptar los resultados de pruebas como PISA a políticas educativas efectivas (Rodríguez Gomez et al., 2024).

PISA 2022

El rendimiento académico en los distintos niveles educativos es un tema crucial para numerosas instituciones, tanto nacionales como internacionales. Un ejemplo destacado es el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, en inglés *Programme for International Student Assessment*), una prueba trienal estandarizada de estudiantes de 15 años de todo el mundo, implementada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que evalúa la calidad educativa de los países miembros, así como la de otros países invitados (OECD, 2023). Las evaluaciones PISA no se limitan a medir la capacidad de las y los estudiantes al finalizar su educación obligatoria para reproducir lo aprendido; también evalúan su habilidad para aplicar ese conocimiento en contextos nuevos y desconocidos, tanto en el ámbito escolar como fuera de él (OECD, 2023).

Colombia ha participado en esta prueba desde 2006, proporcionando información valiosa sobre áreas de conocimiento como Lectura, Matemáticas y Ciencias. Así mismo, su orientación hacia las políticas educativas, relacionando los resultados del aprendizaje de las y los estudiantes con su contexto familiar y escolar y sus actitudes hacia el aprendizaje, permite identificar las características que mejor funcionan dentro de los sistemas educativos (OECD, 2023).

Para Colombia, de acuerdo al informe de resultados de PISA 2022 (Icfes, 2024), se observaron diferencias de género en el desempeño académico: los hombres superaron a las mujeres en Matemáticas y Ciencias, mientras que las mujeres destacaron en Lectura. Además, las y los estudiantes de colegios privados obtuvieron mejores resultados que aquellos de instituciones oficiales rurales. El rendimiento académico también mostró una asociación significativa con el estatus socioeconómico. Adicionalmente, factores como la confianza en el aprendizaje autónomo, el acceso a herramientas tecnológicas y el clima disciplinario en las escuelas fueron determinantes en el desempeño académico, subrayando también la importancia de mitigar el ausentismo (Icfes, 2024).

Conceptos Relevantes en el Análisis de Redes Psicológicas

Grafos, Nodos y Enlaces

Un grafo o red psicológica es un modelo utilizado para representar la estructura y las relaciones entre variables psicológicas observadas (Fonseca-Pedrero, 2018; Epskamp et al., 2018). En este contexto, los *nodos* o *vértices* corresponden a estas variables, que suelen ser elementos de pruebas psicométricas, como respuestas a ítems o puntuaciones derivadas de estas (Epskamp et al., 2018). Los nodos están conectados mediante *enlaces* o *aristas*, que reflejan relaciones estadísticas entre las variables. Formalmente, un grafo se define como

$$G = (V, E) \quad (1)$$

siendo V es un conjunto de vértices y E un conjunto de aristas, donde los elementos de E son parejas de la forma $e = \{u, v\}$, con $u, v \in V$.

Los enlaces pueden variar en la *fuerza de conexión*, también conocida como peso del enlace. Este peso cuantifica la magnitud de la relación entre dos nodos, indicando si la relación es fuerte o débil. Las relaciones fuertes suelen representarse visualmente con aristas más gruesas, mientras que las relaciones débiles se muestran con aristas más delgadas y menos saturadas (Fonseca-Pedrero, 2018; Epskamp et al., 2018). Además, los enlaces pueden ser positivos o negativos, lo cual se suele indicar mediante colores: los bordes verdes representan relaciones positivas, y los bordes rojos indican relaciones negativas. Un valor de 0 indica ausencia del enlace que conecta el par de nodos.

Medidas de Centralidad

Según Kolaczyk and Csárdi, 2014, las medidas descriptivas y de centralidad son esenciales para evaluar la importancia de los nodos dentro de una red. Las principales medidas incluyen:

- **Grado** (*degree*): número de aristas que inciden en un nodo v .
- **Fuerza** (*strength*): suma de los pesos de las aristas que inciden en v .
- Centralidad de **cercanía** (*closeness centrality*): mide la proximidad de un vértice v a todos los demás en la red, utilizando la distancia geodésica.
- Centralidad de **intermediación** (*betweenness centrality*): cuantifica la importancia de v en función de la cantidad de caminos mínimos en los que par-

ticipa, siendo crítico para la comunicación entre otros nodos.

- Centralidad **propia** (*eigenvector centrality*): mide la importancia de v considerando también la centralidad de sus vecinos en la red.

Metodología

Métodos

Una metodología común en la investigación psicológica y en campos relacionados es la estimación de matrices de correlaciones, que puede realizarse de tres maneras: a) simples (red de asociación), como las de Pearson o Spearman; b) parciales (red de concentración), que al estimar la relación entre dos nodos se controla el efecto de otros en la red; y c) parciales regularizadas (Epskamp & Fried, 2018), que utilizan técnicas de regularización para obtener redes más estables, como el método LASSO y sus variantes.

El LASSO es una técnica de regularización que ayuda a simplificar las redes al reducir la cantidad de conexiones entre variables. Esto se logra haciendo que los coeficientes pequeños sean exactamente cero, lo que resulta en una red más clara y menos propensa a conexiones espurias, mejorando su interpretación y rendimiento en la validación cruzada (Epskamp et al., 2018). Para esto, utiliza un parámetro de ajuste llamado λ (lambda) que controla cuántas conexiones se eliminan en la red. Cuando λ es bajo, se eliminan pocas conexiones, lo que puede dejar muchas conexiones espurias. Cuando λ es alto, se eliminan muchas conexiones, lo que puede quitar tanto conexiones falsas como verdaderas.

Una forma de seleccionar el valor de λ que mejor se ajusta a los datos es usando un criterio de información, como la variante *graphical LASSO* (*glasso*; Friedman et al., 2008, citado en Epskamp et al., 2018). Este método permite ajustar el nivel de regularización al controlar el parámetro λ y seleccionar el valor óptimo de λ que maximiza el ajuste de la red a los datos.

Datos y Procesamiento

Los datos utilizados en este estudio fueron extraídos de la página oficial de la OECD¹, donde están disponibles para acceso público. Estos datos corresponden a la aplicación de la prueba PISA 2022. Para los fines del

¹ Los datos pueden descargarse en el siguiente enlace: <https://www.oecd.org/en/about/programmes/pisa.html#data>.

Table 1: Variables contextuales incluidas en el análisis

CATEGORÍA	NOMBRE	ETIQUETA DE LA VARIABLE
Factores Psicológicos	PERSEVAGR	Perseverancia
Factores Psicológicos	CURIOAGR	Curiosidad
Factores Psicológicos	COOPAGR	Cooperación
Factores Psicológicos	GROSAGR	Mentalidad de crecimiento
Factores Psicológicos	ANXMAT	Ansiedad matemática
Factores Individuales	GENERO	GÉNERO
Factores Individuales	CREATOOS	Actividades creativas fuera del colegio
Factores Individuales	LEARRES	Tipos de recursos de aprendizaje utilizados mientras el colegio estuvo cerrada
Factores Individuales	PROBSELF	Problemas con el aprendizaje autodirigido
Factores Individuales	EXERPRAC	Hacer ejercicio o practicar un deporte antes o después del colegio
Factores Individuales	STUDYHMW	Estudiar para el colegio o hacer la tarea antes o después del colegio
Factores Socioeconómicos	MISCED	Nivel de educación de la madre (CINE)
Factores Socioeconómicos	FISCED	Nivel de educación del padre (CINE)
Factores Socioeconómicos	ICTRES	Recursos TIC
Factores Socioeconómicos	ESCS	Índice de estatus económico, social y cultural
Factores Socioeconómicos	SECTOR	SECTOR
Factores Socioeconómicos	WORKPAY	Trabajar por un sueldo antes o después del colegio
Contexto Escolar	CREATAS	Actividades creativas en el colegio
Contexto Escolar	RELATST	Calidad de las relaciones entre estudiantes y profesores
Contexto Escolar	BELONG	Sentido de pertenencia
Contexto Escolar	BULLIED	Ser acosado
Contexto Escolar	FEELSAFE	Sentirse seguro
Contexto Escolar	REPEAT	Repetición de grado
Contexto Escolar	MISSSC	Faltar a el colegio por más de 3 meses
Contexto Familiar	FAMSUP	Apoyo familiar
Contexto Familiar	FAMSUPSL	Apoyo familiar para el aprendizaje autodirigido
Contexto Familiar	WORKHOME	Trabajar en el hogar/cuidar a miembros de la familia antes o después del colegio

Nota. CINE refiere a la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (ISCED, por sus siglas en inglés).

análisis, se filtraron los datos para seleccionar únicamente los correspondientes a Colombia. Además, se llevó a cabo una selección cuidadosa de variables relevantes, basada en la revisión de la literatura, para su inclusión en este estudio.

La muestra analizada comprende estudiantes seleccionados mediante un muestreo probabilístico representativo a nivel nacional (Icfes, 2024), que se llevó a cabo en dos etapas: primero se seleccionaron los colegios, y luego, dentro de estos, se seleccionaron las y los estudiantes. La muestra final incluye un total de 7.804 estudiantes, con edades entre 15 años y 3 meses y 16 años y 2 meses al momento de la aplicación de la prueba, provenientes de 262 colegios en Colombia (Icfes, 2024).

Posteriormente, se seleccionaron 31 variables de estu-

dio de las 1.278 disponibles en la base de datos original proporcionada por la OCDE. Dado que algunas de estas variables son categóricas, se utilizó la asignación numérica proporcionada por la OCDE para ejecutar los análisis². Asimismo, dado que el género de las y los estudiantes y el sector de las instituciones son categorías binarias, se procedió a recodificarlas en variables dummy³, donde 1 = Mujer y 0 = Hombre, y 1 = Instituciones oficiales/públicas y 0 = Instituciones privadas. Seguido a esto, se crearon categorías más amplias para agrupar las variables según su carácter, teniendo en cuenta su dimensión contextual y lo abor-

² Esta asignación se extrajo del archivo de acceso abierto titulado CY08MSP_CODEBOOK_27thJune24.xlsx.

³ Se recodificó la variable original STRATUM para extraer el sector, y la variable estandarizada ST004D01T para el género.

dado en la literatura revisada. La tabla 1 presenta las variables contextuales seleccionadas para su análisis en el presente artículo.

Finalmente, se estimó la matriz de correlaciones parciales entre las variables seleccionadas y se construyó el grafo correspondiente para realizar los análisis y responder al objetivo del presente artículo.

Marco Teórico

PISA evalúa tres áreas o dominios centrales: Matemáticas, Lectura y Ciencias. Además, en cada ciclo de evaluación, PISA introduce un dominio innovador; para el ciclo 2022, este dominio fue Pensamiento Creativo. A continuación, se presentan las definiciones proporcionadas por la OECD (2010, 2023) en el marco de la evaluación de PISA:

- **Matemáticas** se definen como la capacidad de las y los estudiantes para razonar matemáticamente y formular, emplear e interpretar las matemáticas para resolver problemas en una variedad de contextos del mundo real.
- **Lectura** se define como la capacidad de las y los estudiantes para comprender, utilizar, evaluar, reflexionar y relacionarse con textos con el fin de alcanzar sus objetivos, desarrollar su conocimiento y potencial y participar en la sociedad.
- **Ciencias** o *alfabetización científica* se define como la capacidad de las y los estudiantes para abordar cuestiones relacionadas con la ciencia y las ideas científicas como ciudadanos reflexivos.
- **Pensamiento Creativo** se define como la capacidad de las y los estudiantes para participar productivamente en la generación, evaluación y mejora de ideas que puedan dar lugar a soluciones originales y eficaces, avances en el conocimiento y expresiones impactantes de imaginación.

Por otro lado, para identificar los factores asociados al aprendizaje de los y las estudiantes, PISA aplica un conjunto de cuestionarios contextuales complementarios. Los valores de las variables contextuales se detallan en el **Apéndice A**.

Análisis de Datos

La red de rendimiento académico, ponderada y no dirigida, fue estimada utilizando el algoritmo de Fruchterman-Reingold. Se trata de una red de concentración, ya que la estimación se basó en la matriz de correlaciones parciales. Así mismo, se empleó el método G-LASSO para mejor interpretación de la red

de concentración. Para realizar inferencias a partir de la red, se calcularon las medidas de centralidad de los nodos, que incluyeron fuerza, intermediación y cercanía. Estas medidas de centralidad han sido previamente explicadas.

Se realizó el análisis estadístico en R versión 4.4.0 con RStudio 2024.04.1+748, macOS Mozilla/5.0 (Macintosh; Intel Mac OS X 10_15_7). El código está disponible en GitHub (<https://github.com/vcardonas/redes-rendimiento-academico>).

Resultados

Red de Concentración de Rendimiento Académico

La Figura 1 muestra gráficamente la matriz de correlaciones parciales estimadas para las variables en análisis. En términos generales, se observan coeficientes de correlación más altos entre variables que pertenecen a la misma categoría. Por ejemplo, las relaciones más fuertes se encuentran entre las áreas de rendimiento académico, como matemáticas, lectura, ciencias y pensamiento creativo. A continuación, se sitúan las variables relacionadas con los factores socioeconómicos de las y los estudiantes. Sin embargo, esta tendencia no es universal, ya que algunas variables, como las relacionadas con el contexto familiar, presentan correlaciones bajas o nulas con otras variables.

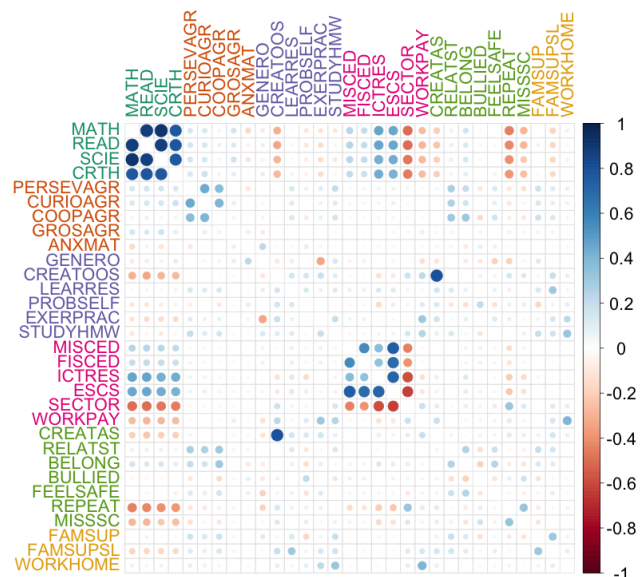


Figure 1: Matriz de correlaciones parciales

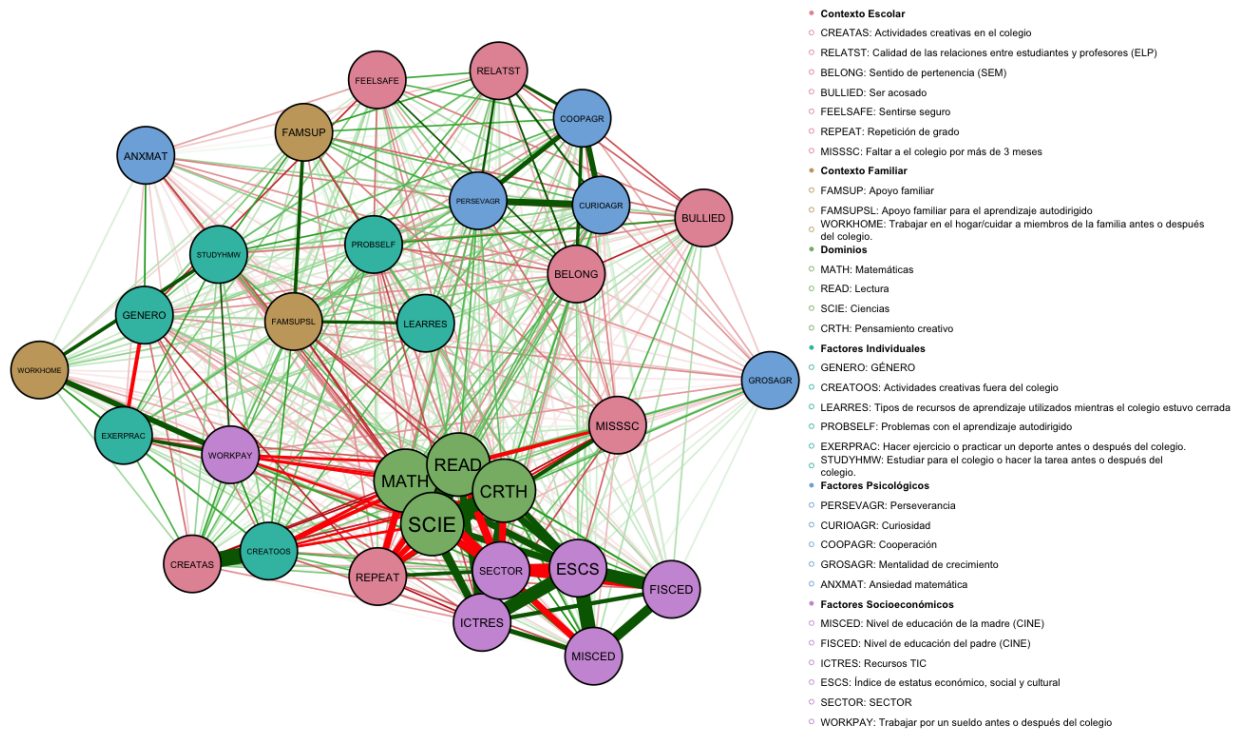


Figure 2: Grafo: Matriz de correlaciones parciales

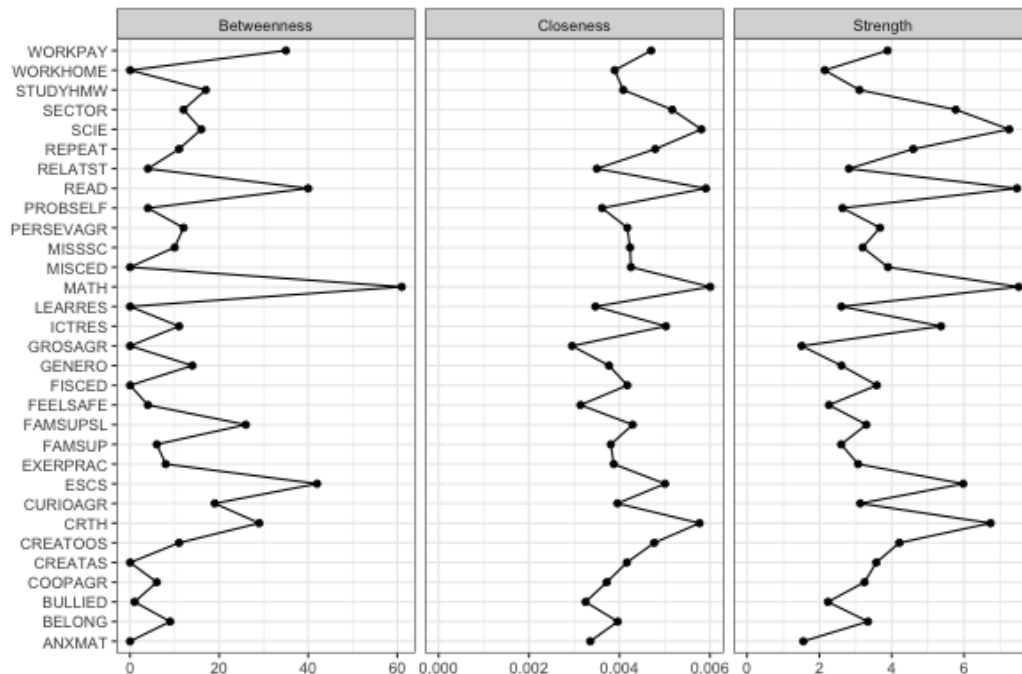


Figure 3: Medidas de Centralidad: Matriz de correlaciones parciales

Nota. Betweenness: intermediación; Closeness: cercanía; Strength: fuerza

La red estimada se muestra en la Figura 2 y los valores de centralidad en la Figura 3. Esta red es una red ponderada no dirigida compuesta por 31 nodos y 465 enlaces. El peso de cada enlace corresponde al coeficiente de correlación parcial. Un mayor valor absoluto del coeficiente de correlación se traduce en un mayor grosor de la arista, indicando una asociación más fuerte entre el par de nodos. Las aristas de color verde representan relaciones positivas entre las variables, mientras que las aristas de color rojo denotan asociaciones negativas.

En primer lugar, como se mencionó anteriormente, se observa una alta conectividad entre los dominios del rendimiento académico, con predominancia de relaciones positivas. Estos dominios también presentan las mayores relaciones con otras variables, reflejadas en su alta medida de fuerza y cercanía. En particular, el área de matemáticas destaca por tener la mayor centralidad de intermediación.

Entre las relaciones positivas más destacadas con los dominios de rendimiento académico se encuentran los factores socioeconómicos, como el nivel de educación de los padres, los recursos tecnológicos disponibles y el estatus socioeconómico. Se evidencia que un mayor nivel en estas variables (nivel educativo más alto de los padres, mejor acceso a recursos tecnológicos y un estrato socioeconómico más alto) está asociado con un mejor rendimiento en las áreas académicas. En contraste, las variables socioeconómicas relacionadas con trabajar antes o después de la escuela y estudiar en el sector público muestran correlaciones negativas con el rendimiento académico en los dominios.

Por otro lado, las relaciones negativas más significativas con las áreas de rendimiento académico incluyen la repetición de grado, la ausencia escolar prolongada (más de 3 meses) y la participación en actividades creativas fuera del colegio.

Red de Relaciones Parciales Regularizadas (G-LASSO)

La red estimada mediante la regularización G-LASSO, como se muestra en la Figura 4 es comparable a la red de concentración previamente presentada, pero con una mayor claridad en la visualización de las relaciones. Se trata de una red ponderada no dirigida compuesta por 31 nodos y 338 enlaces. Los valores de centralidad para esta red se ilustran en la Figura 5.

Entre los principales hallazgos se observa que las relaciones más fuertes se dan entre los dominios de matemáticas y ciencias, así como entre matemáticas y lectura. Aunque el pensamiento creativo también

presenta una relación positiva, esta es menos pronunciada. En particular, para el rendimiento académico en matemáticas, se destacan las relaciones negativas con la repetición de grado, el género y la ansiedad matemática. Por otro lado, la lectura muestra relaciones levemente negativas con la curiosidad y las actividades creativas fuera del colegio, mientras que el pensamiento creativo tiene relaciones positivas con la curiosidad y la lectura.

Es notable que la variable Género, al utilizar el método G-LASSO, muestra una relevancia mayor en la red, con predominancia de relaciones negativas con variables como la práctica de deportes, matemáticas, la repetición de grado y el sentirse seguro en el entorno escolar. Esto sugiere que el género femenino está asociado con un menor rendimiento en matemáticas, menor frecuencia en la práctica de deportes, mayor probabilidad de repetición de grado y menor seguridad en el entorno escolar. Sin embargo, también presenta relaciones positivas con el rendimiento académico en lectura y pensamiento creativo, así como, en menor medida, con la variable de estudiar o hacer la tarea antes o después del colegio.

Además, el género muestra una alta centralidad de intermediación, lo que indica que, junto con el índice de estatus socioeconómico y el tipo de institución, es crucial para la mediación de las relaciones entre otras variables en la red. Esto implica que muchas relaciones entre otras variables deben pasar a través de esta variable específica. Esta característica puede ser fundamental para comprender los efectos sobre la estructura global de la red. La alta centralidad de cercanía sugiere que el género, junto con variables como estudiar para el colegio o hacer la tarea, repetir grado, rendimiento en matemáticas, sentirse seguro y practicar deportes, tiene el potencial de influir en otras variables con menos pasos o conexiones intermedias, permitiendo que los cambios o la información en esta variable se difundan rápidamente a otras partes del modelo. Finalmente, en términos de fuerza o la suma de las relaciones con otras variables, el género, junto con el rendimiento en matemáticas y el índice de estatus socioeconómico, está altamente interrelacionado con muchas otras variables en la red, lo que indica una capacidad significativa para influir en otras variables debido a sus conexiones extensas.

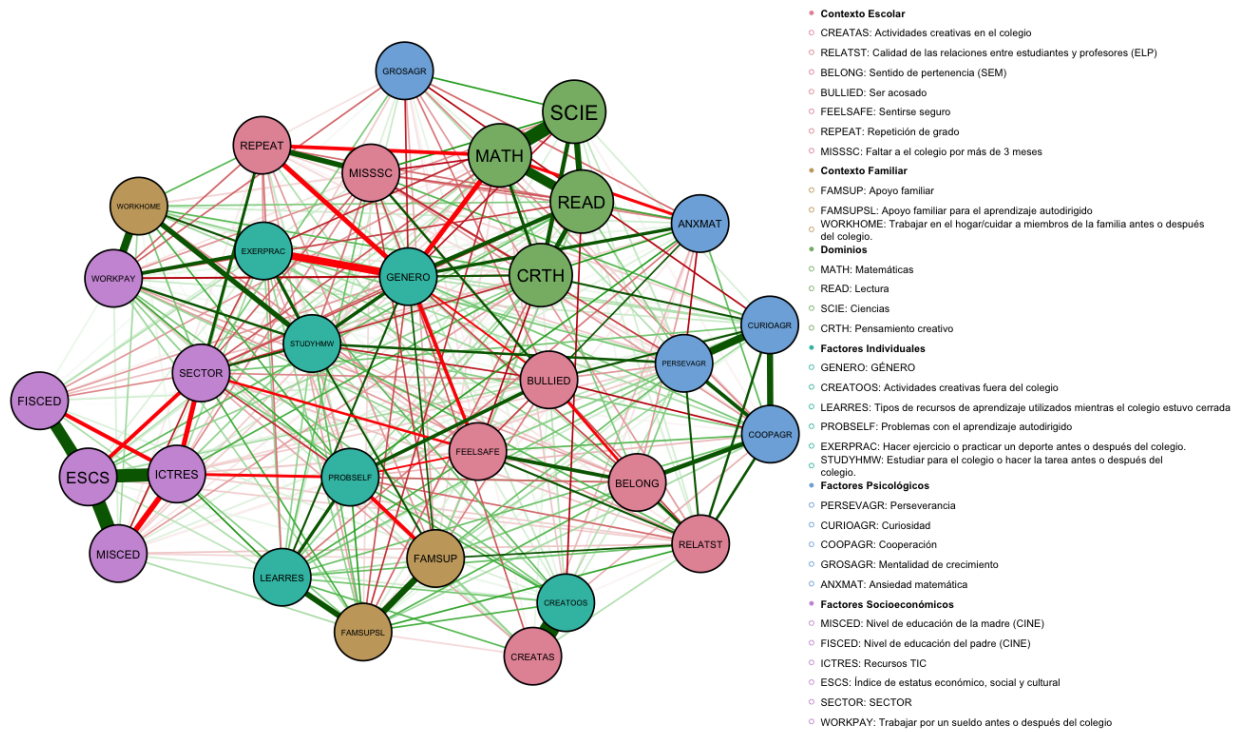


Figure 4: Grafo: Método G-LASSO

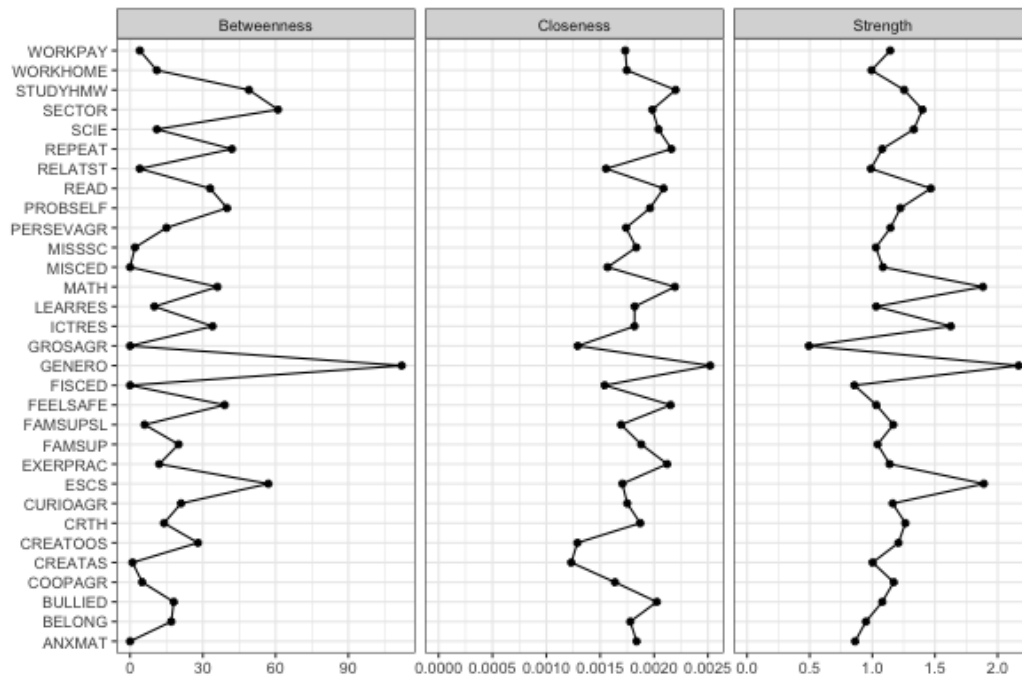


Figure 5: Medidas de Centralidad: Método G-LASSO

Nota. Betweenness: intermediación; Closeness: cercanía; Strength: fuerza

Discusión

El presente estudio investigó la relación estructural entre los factores que influyen en el rendimiento académico en Colombia, utilizando un enfoque de análisis de redes. Los resultados destacan la complejidad de las interacciones entre variables contextuales, individuales y psicológicas, y cómo estas se combinan para afectar el rendimiento académico.

Los principales hallazgos revelan que el rendimiento académico de las y los estudiantes colombianos está fuertemente relacionado con una combinación de factores socioeconómicos, individuales y contextuales. La aplicación del análisis de redes permitió identificar patrones y relaciones clave entre las diversas variables, subrayando, por ejemplo, la importancia del contexto socioeconómico y el impacto de factores como la repetición de grado y la ansiedad matemática en el desempeño académico. Se observó que variables como el estatus socioeconómico, el nivel educativo de los padres y el acceso a tecnologías tienen una alta relación con el desempeño en las áreas de Matemáticas, Lectura y Ciencias. Estos resultados son consistentes con estudios previos que muestran que el contexto familiar y escolar desempeña un papel crucial en el éxito académico, especialmente en países con altas desigualdades económicas y sociales como Colombia (Losada et al., 2016; Fuchs & Wößmann, 2008). Además, se evidenció que la brecha en el rendimiento de estudiantes de colegios públicos y privados sigue siendo una problemática persistente.

En conclusión, el análisis de redes se presenta como una herramienta poderosa para desentrañar las complejidades de los factores que influyen en el rendimiento académico, ofreciendo una perspectiva más holística y detallada que puede ser crucial para el diseño de políticas educativas más efectivas y equitativas. Aunque este estudio se enfocó específicamente en la relación entre áreas de conocimiento y factores contextuales, las redes generadas demuestran un gran potencial para expandir el análisis, permitiendo explorar en profundidad la interacción entre diferentes factores. Un ejemplo de esto es cómo el apoyo familiar en el aprendizaje autodirigido fue clave para acceder a diversos recursos educativos durante el cierre de colegios por la contingencia del COVID-19. Así, el análisis de redes abre múltiples posibilidades para el estudio y la exploración de sistemas educativos, lo que subraya la importancia de implementar políticas públicas dirigidas a reducir las desigualdades socioeconómicas y otras brechas que afectan el rendimiento académico de las y los estudi-

antes, así como programas educativos enfocados en desarrollar elementos clave para mejorar su desempeño.

References

- Kolaczyk, E. D., & Csárdi, G. (2014). *Statistical analysis of network data with R* (Vol. 65). Springer.
- Marsman, M., & Rhemtulla, M. (2022). Guest editors' introduction to the special issue "network psychometrics in action": Methodological innovations inspired by empirical problems. *Psychometrika*, 87(1), 1–11.
- Fonseca-Pedrero, E. (2018). Análisis de redes en psicología. *Papeles del psicólogo*, 39(1), 1–12.
- Esteves, S., Martínez-Pérez, C., Álvarez-Peregrina, C., & Sánchez-Tena, M. Á. (2023). Citation network analysis on the influence of vision on academic performance. *Children*, 10(3), 591.
- Losada, O. H. C., Barrera, J. R. C., & Segura, C. F. G. (2016). Factores asociados al logro académico en regiones desarrolladas y en desarrollo de Colombia: Una aproximación a partir de un modelo de combinación de corte transversal. *Revista Historia de la Educación Colombiana*, 19(19), 167–201.
- Fuchs, T., & Wößmann, L. (2008). *What accounts for international differences in student performance? a re-examination using PISA data*. Springer.
- Rodríguez Gómez, W. F., Rodríguez Gómez, E. Y., & Gómez-González, J. E. (2024). Brecha del rendimiento académico entre estudiantes rurales y urbanos en Colombia. *Revista Desarrollo Y Sociedad*, 97(97), 59–75. <https://doi.org/10.13043/DYS.97.3>
- OECD. (2006). *Equally prepared for life? how 15-year-old boys and girls perform in school* (tech. rep.). Programme for International Student Assessment. <http://www.oecd.org/dataoecd/59/50/42843625.pdf>
- Cox, D., & Jimenez, E. (1990). The relative effectiveness of private and public schools: Evidence from two developing countries. *Journal of Development Economics*, 34(1-2), 99–121.
- Jiménez, L. J. P., & Pinzón, A. R. (1998). Los insumos escolares en la educación secundaria y su efecto sobre el rendimiento académico de los estudiantes: Un estudio en Colombia. Washington, DC: The World Bank/Latin America and the Caribbean Region/Department of Human Development.

- OECD. (2023). *Pisa 2022 results (volume i): The state of learning and equity in education* (tech. rep.). OECD Publishing. Paris. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Icfes. (2024). *Programa para la evaluación internacional de alumnos (pisa). informe nacional de resultados para colombia 2022* (tech. rep.). Icfes. Bogotá.
- Epskamp, S., Maris, G., Waldorp, L. J., & Borsboom, D. (2018). Network psychometrics. *The Wiley handbook of psychometric testing: A multidisciplinary reference on survey, scale and test development*, 953–986.
- Epskamp, S., & Fried, E. I. (2018). A tutorial on regularized partial correlation networks. *Psychological methods*, 23(4), 617.
- OECD. (2010). *Pisa 2009 results: What students know and can do: Student performance in reading, mathematics and science (volume i)* (tech. rep.). Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264091450-en>

Apéndice A

Valores de variables contextuales binarias y ordinales

NOMBRE	VALOR	ETIQUETA
EXERPRAC	0	Sin ejercicio o deportes
EXERPRAC	1	1 vez de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	2	2 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	3	3 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	4	4 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	5	5 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	6	6 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	7	7 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	8	8 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	9	9 veces de ejercicio o deportes por semana
EXERPRAC	10	10 o más veces de ejercicio o deportes por semana
FISCED	1	Menos que el Nivel ISCED 1
FISCED	2	Nivel ISCED 1
FISCED	3	Nivel ISCED 2
FISCED	4	Nivel ISCED 3.3
FISCED	5	Nivel ISCED 3.4
FISCED	6	Nivel ISCED 4
FISCED	7	Nivel ISCED 5
FISCED	8	Nivel ISCED 6
FISCED	9	Nivel ISCED 7
FISCED	10	Nivel ISCED 8
GENERO	0	Masculino
GENERO	1	Femenino
MISCED	1	Menos que el Nivel ISCED 1
MISCED	2	Nivel ISCED 1
MISCED	3	Nivel ISCED 2
MISCED	4	Nivel ISCED 3.3
MISCED	5	Nivel ISCED 3.4
MISCED	6	Nivel ISCED 4
MISCED	7	Nivel ISCED 5
MISCED	8	Nivel ISCED 6
MISCED	9	Nivel ISCED 7
MISCED	10	Nivel ISCED 8
MISSSC	0	Nunca faltó a la escuela por >3 meses
MISSSC	1	Faltó a la escuela por >3 meses al menos una vez
REPEAT	0	Nunca repitió
REPEAT	1	Repitió al menos una vez
SECTOR	0	Privado
SECTOR	1	Público
STUDYHMW	0	Sin estudio
STUDYHMW	1	1 vez de estudio por semana
STUDYHMW	2	2 veces de estudio por semana
STUDYHMW	3	3 veces de estudio por semana
STUDYHMW	4	4 veces de estudio por semana
STUDYHMW	5	5 veces de estudio por semana

NOMBRE	VALOR	ETIQUETA
STUDYHMW	6	6 veces de estudio por semana
STUDYHMW	7	7 veces de estudio por semana
STUDYHMW	8	8 veces de estudio por semana
STUDYHMW	9	9 veces de estudio por semana
STUDYHMW	10	10 o más veces de estudio por semana
WORKHOME	0	Sin trabajo en el hogar ni cuidado de familiares
WORKHOME	1	1 vez de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	2	2 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	3	3 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	4	4 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	5	5 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	6	6 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	7	7 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	8	8 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	9	9 veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKHOME	10	10 o más veces de trabajo en el hogar o cuidado de familiares por semana
WORKPAY	0	Sin trabajo remunerado
WORKPAY	1	1 vez de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	2	2 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	3	3 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	4	4 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	5	5 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	6	6 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	7	7 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	8	8 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	9	9 veces de trabajo remunerado por semana
WORKPAY	10	10 o más veces de trabajo remunerado por semana