



Razonamiento científico en estudiantes de primer ingreso: un estudio diagnóstico en la Universidad de Panamá

Scientific Reasoning in First-Year Students: A Diagnostic Study at the University of Panama

Adam's Martínez Soto

Universidad de Panamá, Grupo de Investigación en Astronomía, Astrofísica y Ciencias Espaciales, Panamá.

adams.martinez@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8060-686X>

Marciano Santamaría

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Física,

Panamá. marciano.santamaria@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-7081-7273>

Luis Emiliani

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Física,

Panamá. luis-e.emiliani-d@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-4876-1592>

Alcides Muñoz

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Física,

Panamá. alcides.munozl@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-9108-675x>

Guillermo Burke

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Física,

Panamá. guillermo.burke-m@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-4710-0071>

Ramiro Villarreal

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Física,

Panamá. ramiro.villarreal@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-0887-6707>

Víctor Concepción

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Física,

Panamá. victor.concepcion-g@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-0425-5309>

Eduardo Chung

Universidad de Panamá, Grupo de Investigación en Astronomía, Astrofísica y Ciencias Espaciales, Panamá.

eduardo.chungng@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-2834-9450>

Fecha de recepción: 26 de febrero de 2026

Fecha de aceptación: 20 de mayo de 2026

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v8n2.a10904>



RESUMEN

El razonamiento científico constituye un requisito cognitivo central en las carreras científicas y tecnológicas, aunque rara vez se diagnostica de manera sistemática al ingreso universitario. El objetivo de este estudio fue caracterizar los niveles de razonamiento científico en estudiantes de primer ingreso a la Universidad de Panamá y analizar su relación con variables académicas y formativas relevantes. Se adoptó un diseño cuantitativo descriptivo y se aplicó la Prueba de Razonamiento Científico de Lawson (LCTSR) a una muestra de 219 estudiantes. Los resultados indican que solo el 17.4 % de los participantes alcanza el nivel de razonamiento formal, mientras que el 63.5 % se sitúa en el nivel transicional y el 19.2 % en el nivel concreto. Asimismo, se identificaron patrones diferenciados según la carrera universitaria, el tipo de bachillerato cursado y algunas variables sociodemográficas. Estos hallazgos evidencian posibles desajustes entre el perfil cognitivo de ingreso de los estudiantes y las demandas de razonamiento implícitas en las carreras STEM, lo que subraya la pertinencia de incorporar diagnósticos tempranos del razonamiento científico como base para el diseño de estrategias didácticas de acompañamiento y nivelación en la educación superior.

PALABRAS CLAVE

Razonamiento científico; estudiantes universitarios de primer ingreso; brechas cognitivas; prueba de Lawson; educación superior.

ABSTRACT

Scientific reasoning constitutes a central cognitive requirement in scientific and technological degree programs, yet it is rarely assessed systematically at university entry. The aim of this study was to characterize the levels of scientific reasoning among first-year students at the University of Panama and to analyze their relationship with relevant academic and educational variables. A quantitative descriptive design was employed, and the Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR) was administered to a sample of 219 students. The results indicate that only 17.4% of participants reached the formal reasoning level, whereas 63.5% were classified at the transitional level and 19.2% at the concrete level. In addition, differentiated patterns were identified according to academic major, type of high school diploma, and selected sociodemographic variables. These findings reveal possible mismatches between students' cognitive entry profiles and the reasoning demands implicit in STEM degree programs, underscoring the importance of incorporating early diagnostic assessments of scientific reasoning as a basis for designing instructional support and academic leveling strategies in higher education.

KEYWORDS

Scientific reasoning; first-year university students; cognitive gaps; Lawson test; higher education.

INTRODUCCIÓN

Las carreras científicas y tecnológicas suelen asumir que los estudiantes que ingresan a la universidad dominan formas básicas de razonamiento científico necesarias para comprender modelos, formular explicaciones y evaluar evidencias. No obstante, la investigación en didáctica de las ciencias ha mostrado que este supuesto curricular frecuentemente no coincide con las condiciones reales de ingreso.



En física e ingeniería, estas exigencias cognitivas incluyen la coordinación de representaciones matemáticas, el análisis de relaciones multivariantes y la construcción de modelos explicativos sobre fenómenos no observables directamente. Investigaciones en Educación en Física (Physics Education Research, PER) muestran que estudiantes con buen desempeño académico previo pueden presentar limitaciones importantes en razonamiento proporcional, control de variables y pensamiento hipotético-deductivo, afectando especialmente el aprendizaje de la mecánica newtoniana, la modelización científica y el formalismo vectorial en cursos iniciales universitarios (Bao et al., 2009; Fabby & Koenig, 2015; Shaffer & McDermott, 2005).

El razonamiento científico no emerge automáticamente mediante la exposición a contenidos disciplinares. Su desarrollo requiere intervenciones didácticas explícitas orientadas a la indagación, la argumentación y la modelización. La evidencia meta-analítica reporta efectos consistentes de estas estrategias sobre habilidades de razonamiento y comprensión conceptual en distintos niveles educativos (Engelmann et al., 2016; Malone & Schuchardt, 2023), reforzando su papel como componente central en la transición entre educación media y educación superior.

La Prueba de Razonamiento Científico de Lawson (Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning, LCTSR) se utiliza ampliamente para caracterizar el nivel inicial de razonamiento científico y analizar su relación con el desempeño académico en disciplinas STEM. Investigaciones previas reportan asociaciones consistentes entre los puntajes del LCTSR y tareas que requieren razonamiento conceptual y transferencia a situaciones nuevas (Fabby & Koenig, 2015; Hrouzková & Richterek, 2021; Moore & Rubbo, 2012). Aunque el instrumento no evalúa la totalidad de las prácticas epistémicas implicadas en la actividad científica, continúa siendo una herramienta útil para el diagnóstico inicial del perfil cognitivo de ingreso (Bao et al., 2022; Kalinowski & Willoughby, 2019).

Los estudios sistemáticos sobre razonamiento científico y demandas cognitivas en estudiantes universitarios continúan siendo escasos en Panamá. Sin embargo, desde la década de 1980 se desarrollaron en la Universidad de Panamá investigaciones pioneras orientadas a analizar la relación entre pensamiento formal, rendimiento académico y enseñanza de la física universitaria (Ruiz et al., 1982; Samudio & Maturell, 1992).

Particularmente, Samudio & Maturell (1992) reportaron que una proporción importante de los contenidos del curso Física General requería operaciones formales, mientras que solo una minoría de los estudiantes evidenciaba niveles de pensamiento compatibles con dichas exigencias cognitivas. De manera complementaria, Sáenz et al. (2003) analizaron el impacto de estrategias educativas orientadas al fortalecimiento de estructuras de pensamiento en estudiantes de nivel medio superior, evidenciando interés temprano en el contexto panameño por el desarrollo cognitivo asociado al aprendizaje científico. Otros trabajos nacionales también exploraron la influencia de las trayectorias educativas previas y de las estrategias metodológicas sobre el desempeño en cursos universitarios de física (Moreno et al., 1992; Moreno & Donaldson, 1992; Pino & Medina, 1992).



A pesar de estos antecedentes, no se dispone de caracterizaciones recientes que permitan analizar cómo se manifiestan actualmente los niveles de razonamiento científico en estudiantes de primer ingreso y su relación con las demandas cognitivas de las carreras STEM contemporáneas.

El presente estudio tiene como propósito caracterizar los niveles de razonamiento científico de estudiantes de primer ingreso a la Universidad de Panamá mediante la aplicación de la Prueba de Razonamiento Científico de Lawson (LCTSR). Adicionalmente, examina su distribución según variables académicas y formativas relevantes, con el fin de identificar posibles desajustes entre el perfil cognitivo de ingreso de los estudiantes y las exigencias de razonamiento implícitas en las carreras STEM. De esta manera, el estudio busca aportar evidencia diagnóstica contextualizada que contribuya tanto a la toma de decisiones didácticas como al diseño de estrategias de acompañamiento académico durante la transición hacia la educación superior científica y tecnológica.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el razonamiento científico de estudiantes de primer ingreso a la Universidad de Panamá y analizar su relación con variables académicas y sociodemográficas relevantes para la transición hacia la educación superior. Se adoptó un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo-exploratorio y la investigación se desarrolló durante el primer semestre de 2024.

La muestra estuvo conformada por 219 estudiantes de primer ingreso matriculados en distintas carreras científicas y tecnológicas de la Universidad de Panamá. La participación fue voluntaria y los datos se analizaron de manera agregada con fines exclusivamente académicos.

Para la recolección de datos se empleó la Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR), instrumento ampliamente utilizado en investigación en educación STEM para evaluar habilidades asociadas al razonamiento científico. El LCTSR está compuesto por 24 ítems de opción múltiple organizados en seis dimensiones: conservación de masa, proporcionalidad, control de variables, probabilidad, correlación y razonamiento hipotético-deductivo (Lawson, 2004; Sapia et al., 2022; Shofiyah et al., 2023). El puntaje total permite clasificar a los estudiantes en niveles de razonamiento concreto, transicional y formal.

El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva, utilizando distribuciones porcentuales y comparaciones entre variables académicas y sociodemográficas. Adicionalmente, se exploró el comportamiento global de los puntajes mediante distintos modelos probabilísticos de ajuste (normal, gamma, log-normal, binomial, beta-binomial y Poisson). La comparación entre modelos se efectuó utilizando los criterios de información de Akaike (AIC), bayesiano (BIC) y la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS). Entre los



modelos evaluados, la distribución log-normal presentó el mejor ajuste comparativo (Tabla 1), por lo que se utilizó como referencia descriptiva para representar la distribución de los puntajes obtenidos en la cohorte analizada.

Tabla 1

Comparación de ajustes de distribución para los puntajes en la LCTSR.

Distribución	KS-p	AIC	BIC	Parámetros estimados
Log-normal	0.0485	1141.29	1151.46	(0.44, -0.36, 7.38)
Gamma	0.0480	1141.66	1151.83	(2.96, 1.42, 2.12)
Beta-Binomial	*	1181.34	1188.12	(4.64, 9.70)
Poisson	*	1193.19	1196.58	(7.71)
Normal	0.0001	1201.93	1208.71	(7.71, 3.73)
Binomial	*	1325.27	1328.65	(24, 0.32)

Nota: *No aplica para este modelo

RESULTADOS

Perfil general de la muestra

La muestra estuvo conformada por 219 estudiantes de primer ingreso provenientes de distintas regiones del país. Predominó la provincia de Panamá (48.4%), seguida de Coclé (19.2%), Panamá Oeste (18.3%) y Colón (7.8%). Las demás provincias representaron menos del 3% de la muestra.

La distribución por género fue relativamente equilibrada, con una ligera mayoría de hombres (53.9%). La mayor parte de los participantes egresó de colegios oficiales (76.7%) y culminó la educación media entre 2022 y 2023 (63.0%). La caracterización sociodemográfica completa se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2

Caracterización sociodemográfica de la muestra (N = 219)

Variable	Categoría	N	%
Provincia	Panamá	106	48.4
	Coclé	42	19.2
	Panamá Oeste	40	18.3
	Colón	17	7.8
	Otras provincias / extranjero	14	6.3
Género	Hombre	118	53.9
	Mujer	101	46.1
Tipo de colegio	Oficial	168	76.7
	Particular	51	23.3
Año de egreso	2022–2023	138	63.0
	≤2021	81	37.0



Distribución general del razonamiento científico

La distribución de niveles de razonamiento científico mostró un predominio del nivel transicional (63.5%), seguido del nivel concreto (19.2%) y del nivel formal (17.4%) (Tabla 3). En conjunto, más del 80% de los estudiantes ingresó a la universidad sin alcanzar niveles de razonamiento formal, lo que evidencia el predominio de perfiles cognitivos transicionales al inicio de la formación universitaria.

Tabla 3

Distribución general de niveles de razonamiento científico

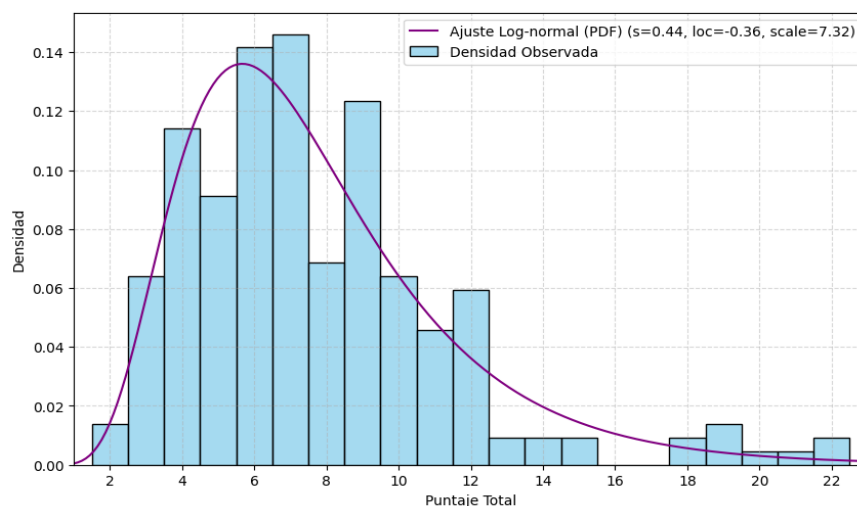
Nivel de razonamiento	% de estudiantes	Características cognitivas predominantes
Concreto	19.2	Basado en observaciones directas, dificultad con variables abstractas
Transicional	63.5	Capacidad parcial para controlar variables y generalizar conceptos
Formal	17.4	Aplicación de razonamiento hipotético-deductivo y modelización abstracta

Nota: Las características cognitivas se presentan como descriptores teóricos asociados a cada nivel según Lawson (2004).

La Figura 1 muestra la distribución de puntajes obtenidos en la LCTSR y su ajuste a una distribución log-normal. Se observa una concentración de valores en los rangos bajos e intermedios, con una disminución progresiva hacia los puntajes más altos, configurando una distribución asimétrica hacia la derecha.

Figura 1

Distribución de puntajes LCTSR y ajuste log-normal



Razonamiento científico y variables formativas



Tipo de bachillerato

La distribución de los niveles de razonamiento científico presentó diferencias entre los distintos tipos de bachillerato (Tabla 4). El bachillerato en Ciencias concentró estudiantes en los tres niveles de razonamiento, con predominio del nivel transicional (64.3%) y una proporción moderada en el nivel formal (19.9%).

En varios bachilleratos técnicos, la distribución se concentró predominantemente en los niveles concreto y transicional, con ausencia de estudiantes clasificados en nivel formal en algunas trayectorias formativas como Electricidad e Informática.

Carrera universitaria

La distribución de niveles de razonamiento científico también mostró variaciones entre carreras universitarias (Tabla 5). La Licenciatura en Física presentó la mayor proporción de estudiantes en nivel formal (50.0%), mientras que en la mayoría de las ingenierías predominó el nivel transicional, incluso en programas con alta carga matemática y de modelización. En Ingeniería en Operaciones Aeroportuarias y en Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos no se registraron estudiantes clasificados en nivel formal.

Tabla 4

Distribución porcentual de niveles de razonamiento según tipo de bachillerato.

Bachiller	Concreto (%)	Transicional (%)	Formal (%)
Agropecuario	33.3	66.7	0.0
Ciencias	15.8	64.3	19.9
Comercio	9.1	81.8	9.1
Construcción	18.8	68.8	12.5
Electricidad	83.3	16.7	0.0
Industrial	0.0	100.0	0.0
Informática	66.7	33.3	0.0
Marítimo	50.0	50.0	0.0
Mecánica	50.0	50.0	0.0
Servicio y Gestión Institucional	50.0	50.0	0.0
Tecnología Informática	0.0	100.0	0.0
Electromecánica	0.0	0.0	100.0

Nota. Algunas categorías presentan tamaños muestrales reducidos; por ello, los porcentajes deben interpretarse únicamente con fines descriptivos.

Tabla 5

Distribución porcentual de niveles de razonamiento según carrera universitaria.

Carrera	Concreto (%)	Transicional (%)	Formal (%)
Ing. Hidrología y Recursos Hídricos	0.0	100.0	0.0
Ing. Industrial, Auditoría y Gestión de Procesos	23.3	62.8	14.0
Ing. en Edificaciones	12.5	68.8	18.8



Ing. en Energías Renovables	26.3	63.2	10.5
Ing. en Infraestructura	29.2	66.7	4.2
Ing. en Operaciones Aeroportuarias	11.1	88.9	0.0
Ing. en Prevención de Riesgos	30.4	47.8	21.7
Lic. Ciencia y Tecnología de Alimentos	21.7	78.3	0.0
Lic. en Física	5.6	44.4	50.0

Distribución del razonamiento científico según bachillerato y carrera

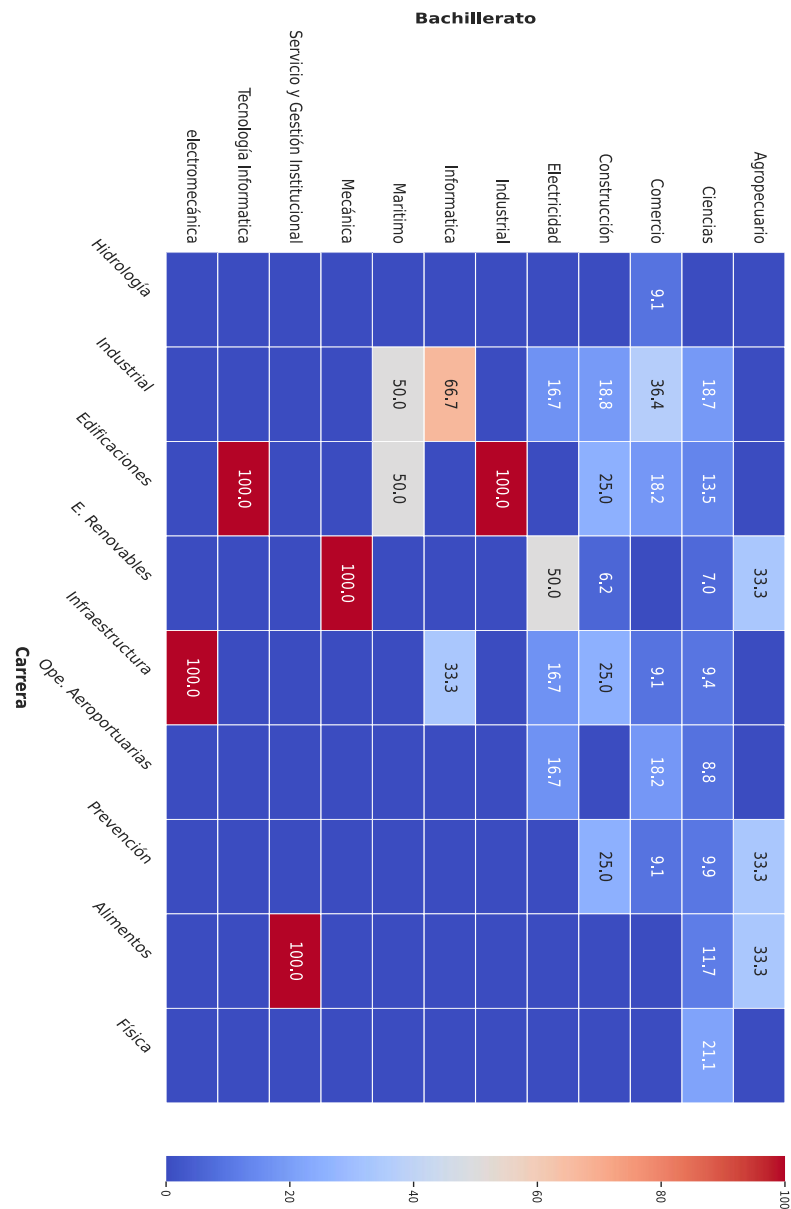
El análisis conjunto entre bachillerato y carrera permitió identificar patrones de distribución entre ambas variables (Figura 2). El bachillerato en Ciencias mostró mayor presencia relativa en carreras como Licenciatura en Física, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Edificaciones e Ingeniería en Energías Renovables.

Por su parte, los bachilleratos técnicos presentaron una distribución más concentrada en determinadas trayectorias universitarias, evidenciando patrones diferenciados de ingreso según la formación previa.

Figura 2

Mapa de calor de correspondencia Bachillerato-Carrera.



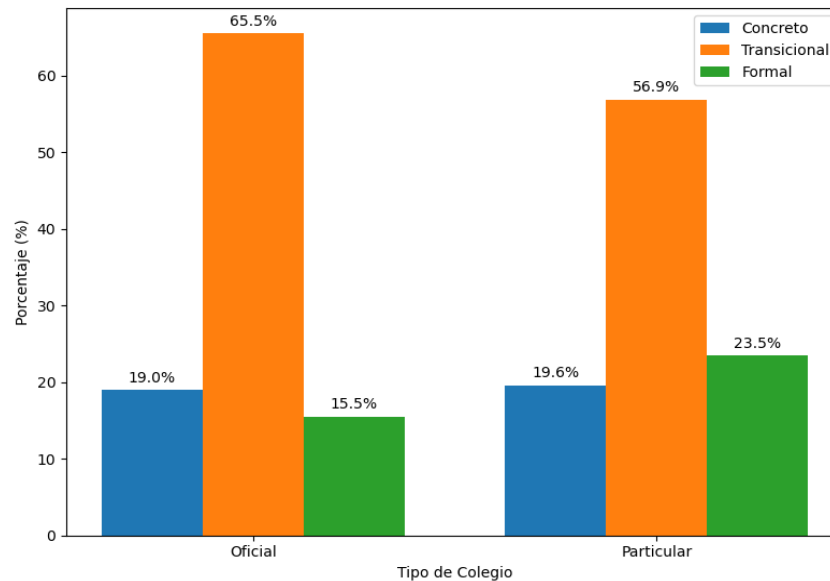


Distribución del razonamiento científico según variables contextuales

Según el tipo de institución de procedencia, los estudiantes egresados de colegios particulares presentaron una mayor proporción de razonamiento formal (23.5%) en comparación con los provenientes de colegios oficiales (15.5%). No obstante, en ambos grupos predominó el nivel transicional (Figura 3).

Figura 3

Distribución de niveles de razonamiento según tipo de colegio.

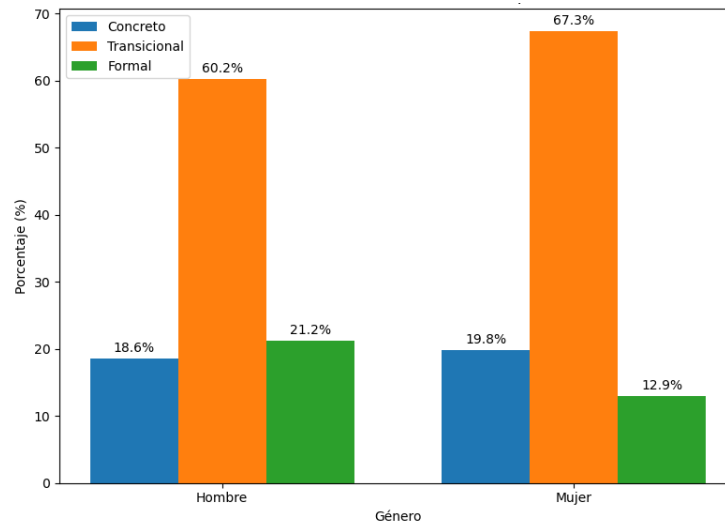


Por provincia, el nivel transicional fue mayoritario en todas las regiones analizadas. Las proporciones más altas se observaron en Veraguas (83.3%), Colón (70.6%) y Coclé (69.0%) (Tabla 6). Dado el tamaño reducido de la muestra en algunas provincias, estos resultados se interpretan exclusivamente en términos descriptivos, sin pretensiones inferenciales.

En el análisis por género, el razonamiento formal es más frecuente entre los hombres (21.2%) que entre las mujeres (12.9%), mientras que estas últimas se concentran en mayor proporción en el nivel transicional. Estas diferencias, aunque consistentes, no modifican el patrón global observado de predominio de niveles no formales al ingreso universitario (Figura 4).

Tabla 6
Distribución porcentual de niveles de razonamiento según provincia

Provincia	Concreto (%)	Transicional (%)	Formal (%)	% en la muestra
Chiriquí	0.0	100.0	0.0	0.5
Coclé	19.0	69.0	11.9	19.2
Colón	5.9	70.6	23.5	7.8
Darién	0.0	66.7	33.3	1.4
Herrera	33.3	33.3	33.3	1.4
Panamá	20.8	61.3	17.9	48.4
Panamá Oeste	20.0	60.0	20.0	18.3
Veraguas	16.7	83.3	0.0	5.5

Figura 4*Distribución de niveles de razonamiento según género*

DISCUSIÓN

Los resultados evidencian una predominancia de niveles de razonamiento científico transicional y concreto entre los estudiantes que ingresan a la universidad, mientras que el razonamiento formal se presenta en una proporción minoritaria. Este perfil sugiere una tensión entre las capacidades de razonamiento con las que los estudiantes inician su formación universitaria y las demandas cognitivas implícitas en las carreras científicas y tecnológicas. El patrón observado coincide con hallazgos reportados en distintos contextos internacionales, donde el acceso a programas STEM no garantiza el dominio de habilidades hipotético-deductivas necesarias para el aprendizaje científico universitario (Lawson, 1985; Renner, 1976; Sapia et al., 2022). Estudios clásicos en educación científica ya advertían que una proporción importante de estudiantes universitarios presenta limitaciones para enfrentar cursos introductorios altamente abstractos desde el punto de vista conceptual y formal (McKinnon & Renner, 1971; (Lawson & Renner, 1975; McKinnon & Renner, 1971).

En disciplinas como la física y la ingeniería, estas limitaciones adquieren especial relevancia debido al carácter abstracto, multivariable y altamente dependiente de procesos de modelización de los contenidos abordados en los cursos iniciales. El aprendizaje de la mecánica newtoniana, por ejemplo, requiere coordinar relaciones causales, interpretar sistemas dinámicos y articular simultáneamente representaciones matemáticas, gráficas y vectoriales. Desde la Investigación en Educación en Física (Physics Education Research, PER), diversos estudios han mostrado que estudiantes con bajos niveles de razonamiento científico pueden ejecutar procedimientos algorítmicos rutinarios, pero presentan dificultades para transferir conceptos a situaciones nuevas, establecer relaciones entre

variables y construir explicaciones coherentes de los fenómenos físicos; (Ates & Cataloglu, 2007; Bao et al., 2009; Fabby & Koenig, 2015).

Estas limitaciones también se manifiestan en el manejo del formalismo vectorial y de conceptos no directamente observables. Investigaciones previas indican que muchos estudiantes interpretan los vectores como expresiones algebraicas aisladas, en lugar de comprenderlos como magnitudes físicas con dirección y sentido, lo que restringe la comprensión conceptual de fenómenos cinemáticos y dinámicos (Heckler & Scaife, 2015; Shaffer & McDermott, 2005). En este contexto, la predominancia de niveles concretos y transicionales observada en la muestra sugiere posibles dificultades para enfrentar las demandas cognitivas presentes en asignaturas STEM de primer año, particularmente en aquellas con alta carga matemática, modelización y análisis multivariable.

Más que atribuir estas diferencias a déficits individuales, los resultados reflejan trayectorias educativas previas en las que el desarrollo explícito del razonamiento científico no ha constituido un objetivo sistemático de enseñanza. La persistencia de niveles no formales al ingreso universitario evidencia tensiones entre las prácticas de enseñanza predominantes en la educación media y las exigencias epistémicas propias de la formación científica universitaria. Desde enfoques contemporáneos sobre razonamiento científico, estas brechas se interpretan menos como etapas rígidas del desarrollo cognitivo y más como limitaciones en habilidades específicas relacionadas con el control de variables, el razonamiento proporcional y la modelización científica (Bao et al., 2022; Kalinowski & Willoughby, 2019).

El principal aporte de este estudio consiste en proporcionar una caracterización empírica reciente del razonamiento científico en estudiantes de primer ingreso en la Universidad de Panamá, un ámbito escasamente documentado en el contexto nacional desde los trabajos pioneros sobre pensamiento formal y demandas cognitivas en cursos universitarios de física (Ruiz et al., 1982; Sáenz et al., 2003; Samudio & Maturell, 1992). Más allá de su carácter descriptivo, los resultados permiten visibilizar brechas entre las capacidades de razonamiento científico con las que ingresan los estudiantes y las exigencias cognitivas presentes en carreras STEM, particularmente en contextos educativos donde este tipo de diagnósticos continúa siendo poco frecuente.

Los resultados respaldan la necesidad de incorporar estrategias de acompañamiento y nivelación que no se limiten al refuerzo de contenidos disciplinares, sino que integren actividades explícitas de modelización, argumentación, control de variables e indagación guiada. La evidencia reciente muestra que este tipo de intervenciones favorece el desarrollo progresivo del razonamiento científico y mejora la transferencia conceptual en contextos STEM (Alfieri et al., 2011; Engelmann et al., 2016; Malone & Schuchardt, 2023). En esta perspectiva, los hallazgos obtenidos constituyen una línea base relevante para futuras investigaciones orientadas a analizar la relación entre razonamiento científico, desempeño conceptual, permanencia académica y procesos de transición hacia la educación superior en estudiantes universitarios de carreras STEM en Panamá.



CONCLUSIONES

El presente estudio permitió caracterizar el perfil de razonamiento científico de estudiantes de primer ingreso a la Universidad de Panamá mediante la Prueba de Razonamiento Científico de Lawson (LCTSR). Los resultados evidencian un predominio de niveles de razonamiento concreto y transicional, mientras que solo una proporción reducida de estudiantes alcanza niveles de razonamiento formal al inicio de su formación universitaria. Este panorama sugiere la existencia de brechas entre las capacidades de razonamiento con las que ingresan los estudiantes y las demandas cognitivas implícitas en las carreras científicas y tecnológicas, particularmente en aquellas con alta carga conceptual, matemática y de modelización.

Desde la didáctica de las ciencias, estos hallazgos refuerzan la necesidad de considerar el razonamiento científico como un componente formativo explícito y no como una habilidad que se desarrolla automáticamente mediante la exposición a contenidos disciplinares. En este marco, la incorporación de diagnósticos tempranos puede aportar información relevante para el diseño de estrategias de acompañamiento y nivelación ajustadas a las demandas cognitivas de cada carrera. Del mismo modo, los resultados obtenidos constituyen una línea base para futuras investigaciones orientadas a evaluar el impacto de intervenciones didácticas centradas en modelización, indagación guiada y resolución conceptual de problemas en contextos universitarios STEM.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does Discovery-Based Instruction Enhance Learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1–18. <https://doi.org/10.1037/A0021017>
- Ates, S., & Cataloglu, E. (2007). The effects of students' reasoning abilities on conceptual understandings and problem-solving skills in introductory mechanics. *European Journal of Physics*, 28(6), 1161. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/28/6/013>
- Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu, Q., Ding, L., Cui, L., Luo, Y., Wang, Y., Li, E., & Wu, N. (2009). Physics. Learning and scientific reasoning. *Science (New York, N.Y.)*, 323(5914), 586–587. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1167740>
- Bao, L., Koenig, K., Xiao, Y., Fritchman, J., Zhou, S., & Chen, C. (2022). Theoretical model and quantitative assessment of scientific thinking and reasoning. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010115>
- Engelmann, K., Neuhaus, B. J., & Fischer, F. (2016). Fostering scientific reasoning in education—meta-analytic evidence from intervention studies. *Educational Research and Evaluation*, 22(5–6). <https://doi.org/10.1080/13803611.2016.1240089>
- Fabby, C., & Koenig, K. (2015). Examining the Relationship of Scientific Reasoning with Physics Problem Solving. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 16(4). <https://jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/1904>
- Heckler, A. F., & Scaife, T. M. (2015). Adding and Subtracting Vectors: The Problem with the Arrow Representation. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(1). <https://doi.org/10.1103/PHYSREVSTPER.11.010101>
- Hrouzková, T., & Richterek, L. (2021). *Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning at Entrance University Level*. <https://doi.org/10.33225/balticste/2021.74>
- Kalinowski, S. T., & Willoughby, S. (2019). Development and validation of a scientific (formal) reasoning test for college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(9), 1269–1284. <https://doi.org/10.1002/TEA.21555>
- Lawson, A. E. (1985). A Review of Research on Formal Reasoning and Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 569–617. <https://doi.org/10.1002/TEA.3660220702>



- Lawson, A. E., & Renner, J. W. (1975). Relationships of science subject matter and developmental levels of learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(4), 347–358. <https://doi.org/10.1002/TEA.3660120405>
- Malone, K. L., & Schuchardt, A. (2023). Modelling-based pedagogy as a theme across science disciplines—Effects on scientific reasoning and content understanding. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(4), 717–737. <https://doi.org/10.30935/SCIMATH/13516>
- McKinnon, J. W., & Renner, J. W. (1971). Are Colleges Concerned with Intellectual Development? *American Journal of Physics*, 39(9), 1047–1052. <https://doi.org/10.1119/1.1986367>
- Moore, J. C., & Rubbo, L. J. (2012). Scientific reasoning abilities of nonscience majors in physics-based courses. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010106>
- Moreno, V. E., & Donaldson, R. (1992). La resolución de problemas como una alternativa metodológica en la enseñanza de la física. *IX Congreso Científico Nacional*.
- Moreno, V. E., Rodríguez, I., Medina, E., Pino, A., Samudio, M., & Castillo, H. (1992). Nuevas estrategias metodológicas en la enseñanza de la física. *IX Congreso Científico Nacional*.
- Pino, A., & Medina, E. (1992). Rendimiento académico de estudiantes egresados de colegios particulares versus estudiantes egresados de colegios públicos en el curso de Física Aplicada. *IX Congreso Científico Nacional*.
- Renner, J. W. (1976). Significant physics content and intellectual development. *Physics Education*, 11(7), 458–462. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/11/7/307>
- Ruiz, A., Barnett, D., Bethancourt, F., Fernández, B., Gordón, E., Grijalva, M., Guerra, S., Maturell, A., Moreno, V., Núñez, S., Rodríguez, I., Samudio, M., & Sánchez, G. (1982). Descripción preliminar de los esquemas básicos de pensamiento formal en estudiantes de primer año de las carreras de Ciencias Básicas en la Universidad de Panamá. *ConCiencia*, IX(3), 1–5.
- Sáenz, E., Chung, E., & Moreno, J. E. (2003). Influencia de la Aplicación del PEACYT en las Estructuras de Pensamiento de los Estudiantes del Nivel Medio Superior. *Tecnociencia*, 5(2), 7–15. <https://doi.org/10.48204/NH>
- Samudio, M., & Maturell, Á. (1992). Análisis de los requerimientos cognoscitivos del curso de Física General 100a. *IX Congreso Científico Nacional*.



Sapia, P., Napoli, F., & Bozzo, G. (2022). The Lawson's Test for Scientific Reasoning as a Predictor for University Formative Success: A Prospective Study. *Education Sciences*, 12(11), 814–814. <https://doi.org/10.3390/EDUCSCI12110814>

Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2005). A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. *American Journal of Physics*, 73(10), 921–931. <https://doi.org/10.1119/1.2000976>

