

Universidad de Panamá

Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología

Escuela de Física

**TRANSFORMANDO LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A TRAVÉS DEL
ENTENDIMIENTO DE LAS CREENCIAS DE LOS ESTUDIANTES DE
BACHILLER EN CIENCIAS SOBRE LA EXPERIMENTACIÓN Y SU
MODELADO CIENTÍFICO**

Por:

Roosvelia del Carmen Tuñón Barahona

Cédula: 8-260-742

*Trabajo de graduación para optar por el título de Licenciatura en Docencia en
Física*

Realizado bajo la asesoría del:

Mgtr. Mayubell Itzel Alvarado Valdés

Panamá, 15 de septiembre de 2025



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
EXACTAS Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE FÍSICA



**TRANSFORMANDO LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A TRAVÉS DEL
ENTENDIMIENTO DE LAS CREENCIAS DE LOS ESTUDIANTES DE
BACHILLER EN CIENCIAS SOBRE LA EXPERIMENTACIÓN Y SU MODELADO
CIENTÍFICO**

Por:

Roosvelia del Carmen Tuñón Barahona

Cédula:

8-260-742

Trabajo de graduación para optar por el título de Licenciatura en Física

X X X

Agradecimientos

Desde lo más profundo de mi corazón agradezco a Cristo Jesús, mi Señor y Salvador, por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada momento de este proceso. Por darme la sabiduría, inteligencia y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica, y por recordarme que todo lo puedo en Él que me fortalece.

A mi amado hijo, Gaddiel Elías, quien es mi motivo de mi mayor esfuerzo e inspiración. Cada logro alcanzado tiene tu sonrisa como recompensa y tu futuro como propósito. Este trabajo es también para ti, para enseñarte que los sueños se alcanzan con fe, perseverancia, dedicación y amor.

A mi esposo, Julio Armando, compañero fiel e incondicional, por su apoyo constante, su comprensión en los momentos de mayor desafío y por creer en mí incluso cuando mis fuerzas parecían agotarse. Tu paciencia y respaldo han sido un pilar fundamental en este camino.

Finalmente, agradezco a mi familia, a mis docentes y a todas las personas que, de una u otra forma, aportaron sus palabras de aliento, su tiempo y sus conocimientos para que este trabajo fuera posible.

TRANSFORMANDO LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A TRAVÉS DEL ENTENDIMIENTO DE LAS CREENCIAS DE LOS ESTUDIANTES DE BACHILLER EN CIENCIAS SOBRE LA EXPERIMENTACIÓN Y SU MODELADO CIENTÍFICO

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito principal identificar y analizar las concepciones que poseen los estudiantes de educación media en ciencias sobre la naturaleza de la ciencia, el método científico, la actividad científica y el modelado científico, con el fin de aportar evidencias que orienten la mejora de las prácticas educativas en física.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y transversal, aplicando un cuestionario estructurado de 48 ítems tipo Lickert, a una muestra de 249 estudiantes de décimo, undécimo y duodécimo grado. La confiabilidad interna del instrumento fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.767, lo que indica una consistencia interna aceptable.

El análisis incluyó frecuencias absolutas, interpretación de criterios de respuestas, y la aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para identificar diferencias significativas entre niveles escolares. Los resultados revelaron que, si bien existe una ligera mejora en algunas concepciones científicas con el avance escolar, persisten concepciones alternativas y erróneas, especialmente en lo relacionado con la naturaleza dinámica y contextual de la ciencia, así como con las funciones y limitaciones de los modelos científicos.

Se concluye que es necesario implementar estrategias didácticas explícitas y sistemáticas, basadas en la indagación, el modelado y el análisis crítico, que promuevan la comprensión epistemológica en la enseñanza de la física. Las recomendaciones derivadas de esta investigación pueden servir como base para el

diseño de intervenciones pedagógicas que favorezcan el desarrollo del pensamiento crítico y una visión más realista de la ciencia en los estudiantes.

Palabras claves: *enseñanza de la física, concepciones científicas, modelado científico, naturaleza de la ciencia, educación secundaria.*

Tabla de Contenidos

Índice de Figuras.....	11
Índice de Tablas.....	12
Capítulo I.....	14
1. Marco Introductorio.....	14
1.1. Aspectos Generales	15
1.2. Antecedentes.....	16
1.1.1 Creencias previas y concepciones erróneas en el aprendizaje de la físicaimitaciones del modelo de enseñanza tradicional	16
1.1.1. Limitaciones del modelo de enseñanza tradicional.....	16
1.1.2. Enfoques basados en indagación y modelado científico	17
1.1.3. Rol del docente en la implementación de estrategias innovadoras ...	18
1.2. Justificación	19
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivo General.....	21
1.3.2. Objetivos Específicos	22
1.4. Contexto y Población.....	22
Capítulo II.....	24
2. Marco Teórico.....	24
2.1. La Enseñanza de la Física a Nivel Secundario	25
2.1.1. Desafíos Actuales en la Enseñanza de la Física a Nivel Secundario en Panamá	25

2.1.2.	El Papel de la Experimentación en el Aprendizaje de la Física	27
2.2	Creencias y Percepciones Estudiantiles sobre el Aprendizaje de la Física	29
2.1.3.	Definición y Concepto de Creencias Epistemológicas en la Ciencia .	31
2.2.	La Enseñanza de la Física y el Papel de las Creencias	32
2.3.	El Impacto de las Creencias en el Aprendizaje de la Física	33
2.4.	Impacto de las Creencias Estudiantiles en el Rendimiento Académico	34
2.5.	El Modelado Científico en la Física.....	35
2.5.1.	Concepto de modelado científico en la enseñanza de la física	35
2.5.2.	Rol del modelado en la construcción del conocimiento científico	38
2.6.	La Importancia de la Experimentación y el Modelado Científico	40
2.7.	Estrategias Innovadoras para Transformar la Enseñanza de la Física	41
2.7.1.	Integración de metodologías activas en la enseñanza de la física	43
2.7.2.	Uso de tecnologías emergentes para potenciar la experimentación y el modelado científico	45
2.8.	Transformación de la Enseñanza de la Física	48
Capítulo III		49
3.	Marco Metodológico	49
3.1.	Enfoque de la Investigación.....	50

3.2.	Tipo de Estudio.....	50
3.3.	Participantes.....	51
3.4.	Escala de Likert como Instrumento de Investigación Educativa	52
3.5.	Instrumento de Recolección de Datos	53
3.6.	Categorías Conceptuales del Cuestionario	55
3.7.	Procedimiento de Aplicación del Cuestionario.....	56
3.8.	Análisis de Datos	58
3.8.1.	Análisis Descriptivo.....	58
3.8.2.	Análisis por Dimensiones	59
3.8.3.	Clasificación de Concepciones.....	59
3.9.	Consideraciones Éticas	68
3.9.1.	Principios generales de ética aplicada.....	68
3.9.2.	Procedimientos éticos específicos implementados.....	69
Capítulo IV.....		71
4.	Resultados.....	71
4.1.	Resultados de Décimo.....	72
4.2.	Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC).....	79
4.2.1.	Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico.....	79
4.2.2.	Categoría 1.2: Método científico	83
4.2.3.	Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza	86
4.3.	Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico.....	89

4.3.1.	Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos.....	89
4.3.2.	Categoría 2.2: Función de los modelos científicos	93
4.3.3.	Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos	96
4.4.	Resultados de Undécimo.....	99
4.5.	Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC).....	106
4.5.1.	Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico.....	106
4.5.2.	Categoría 1.2: Método científico.....	110
4.5.3.	Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza	114
4.6.	Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico.....	118
4.6.1.	Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos.....	118
4.6.2.	Categoría 2.2: Función de los modelos científicos	122
4.6.3.	Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos	126
4.7.	Resultados de Duodécimo.....	129
4.8.	Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC).....	136
4.8.1.	Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico.....	136
4.8.2.	Categoría 1.2: Método científico.....	140
4.8.3.	Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza	143
4.9.	Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico.....	146
4.9.1.	Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos.....	146
4.9.2.	Categoría 2.2: Función de los modelos científicos	151

4.9.3.	Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos	153
4.10.	Resultados Totales de la Encuesta	156
4.11.	Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC).....	163
4.11.1.	Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico.....	163
4.11.2.	Categoría 1.2: Método científico	167
4.11.3.	Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza	170
4.12.	Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico.....	174
4.12.1.	Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos.....	174
4.12.2.	Categoría 2.2: Función de los modelos científicos	178
4.12.3.	Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos	181
Capítulo V.....		184
5.	Análisis y Discusión.....	184
5.1.	Establecimiento de Criterios: Concepciones acordes, Alternativas o Erróneas, y Posiciones Indecisas	185
5.2.	Análisis Comparativo por Niveles Educativos.....	207
5.3.	Implicaciones de los Hallazgos en la Enseñanza de la Física.....	211
Capítulo VI.....		214
6.	Conclusiones y Recomendaciones.....	214
6.1.	Conclusiones	215
6.2.	Recomendaciones.....	217
Referencias Bibliográficas		220
Referencias Bibliográficas		220

Anexos	228
Anexo 1.....	229
Anexo 2.....	232
Anexo 3.....	235

Índice de Figuras

Figura 1. Contexto de las prácticas de indagación y el modelado científico.	18
Figura 2. Distribución de la población encuestada.....	23
Figura 3. Incorporación del Aprendizaje Basado en Modelos (MBI) en una clase para promover el aprendizaje colaborativo y la resolución de problemas en el aula.....	36
Figura 4. Comprendiendo la Ciencia a través del Modelado y la Experimentación.	38
Figura 5. <i>Tecnologías Activas para Potenciar el Aprendizaje Científico</i>	46
Figura 6. <i>Entornos Digitales para el Aprendizaje Activo de las Ciencias</i>	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Categorías Conceptuales del Cuestionario	56
Tabla 2. <i>Criterios de respuestas aceptables por categoría Características del Conocimiento Científico</i>	60
Tabla 3. Criterios de respuestas aceptables por categoría Método Científico	61
Tabla 4. Criterios de respuestas aceptables por categoría Actividad Científica y su Naturaleza	62
Tabla 5. Criterios de respuestas aceptables por categoría Naturaleza de los Modelos Científicos.....	63
Tabla 6. Criterios de respuestas aceptables por categoría Función de los Modelos Científicos.....	66
Tabla 7. Criterios de respuestas aceptables por categoría Limitaciones y Variabilidad de los Modelos	67
Tabla 8. Resultados de la encuesta aplicada a los grupos de décimo de escuelas privadas y oficiales	72
Tabla 9. Resultados de la encuesta aplicada a los grupos de undécimo de escuelas privadas y públicas	99
Tabla 10. Resultados de la encuesta aplicada a los grupos de duodécimo de escuelas privadas y públicas	129
Tabla 11. Resultados totales de la encuesta aplicada a las escuelas privadas y públicas de Panamá.	156
Tabla 12. <i>Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Características del Conocimiento Científico</i>	185
Tabla 13. Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Método Científico	189
Tabla 14. Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Actividad Científica y su Naturaleza.....	193

Tabla 15. Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Naturaleza de los Modelos Científicos.....	196
Tabla 16. Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Función de los Modelos Científicos.....	202
Tabla 17. Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Limitaciones y Variabilidad de los Modelos	204

Capítulo I

1. Marco Introductorio

"La ciencia no sabe de países, porque el conocimiento le pertenece a la humanidad"

- Louis Pasteur.

1.1. Aspectos Generales

El aprendizaje de la física en el nivel de bachillerato enfrenta desafíos significativos debido a la naturaleza abstracta de muchos de sus conceptos y la forma en que estos se introducen a los estudiantes. A pesar de que la física es una ciencia experimental por excelencia, los estudiantes frecuentemente perciben un desajuste entre la teoría y la práctica.

El modelado científico y la experimentación son herramientas fundamentales que deberían facilitar la comprensión de los fenómenos físicos, ya que permiten a los estudiantes relacionar el mundo abstracto de las teorías con el mundo concreto de los fenómenos observables. Sin embargo, estos recursos pedagógicos suelen estar infrutilizados o mal interpretados, lo que puede llevar a que los estudiantes desarrollen creencias erróneas sobre su rol y propósito en el aprendizaje.

Uno de los aspectos clave que impacta el aprendizaje de los estudiantes en física es su sistema de creencias sobre la experimentación y el modelado científico. Estas creencias pueden actuar como filtros que facilitan o inhiben la comprensión y aceptación de nuevos conceptos. El estudio de estas creencias es esencial para mejorar la calidad de la enseñanza, ya que, al identificar y comprender las percepciones de los estudiantes, es posible desarrollar estrategias pedagógicas más efectivas que promuevan un aprendizaje más significativo y el desarrollo del pensamiento crítico.

En este contexto, esta investigación busca explorar las creencias de los estudiantes de bachillerato en ciencias sobre la experimentación y el modelado científico en física. Al comprender cómo estas creencias influyen en el proceso de aprendizaje, se podrán proponer estrategias pedagógicas más ajustadas que potencien tanto la comprensión de conceptos como la motivación de los estudiantes hacia el estudio de la física.

1.2. Antecedentes

1.1.1 Creencias previas y concepciones erróneas en el aprendizaje de la físicaimitaciones del modelo de enseñanza tradicional

El aprendizaje de la física presenta desafíos significativos debido a las dificultades de los estudiantes para comprender conceptos científicos clave. Numerosos estudios han identificado que las concepciones erróneas, definidas como ideas incompatibles con el conocimiento científico formal, son un obstáculo central para un aprendizaje efectivo (Posner et al., 1982; McDermott, 1993). Estas concepciones, que los estudiantes traen al aula basadas en experiencias cotidianas o enseñanzas previas, interfieren en su capacidad para asimilar nuevos conocimientos, especialmente en prácticas como la experimentación y el modelado científico (Duit & Treagust, 2003).

Por ejemplo; los estudiantes de secundaria suelen interpretar fenómenos físicos, como el movimiento, desde perspectivas intuitivas que contradicen las leyes de Newton (Halloun & Hestenes, 1985). Comprender estas creencias previas es esencial para diseñar estrategias pedagógicas que promuevan el cambio conceptual, un proceso en el que los estudiantes revisan sus ideas erróneas a favor de una comprensión científica (Posner et al., 1982).

1.1.1. Limitaciones del modelo de enseñanza tradicional

Este modelo tradicional, centrado en conferencias y ejercicios repetitivos, ha sido criticado por su ineficacia para generar aprendizajes significativos. Windschitl, Thompson y Braaten (2008) argumentan que el método científico tradicional (MCT), comúnmente utilizado en aulas, refuerza una visión simplista de la ciencia al enfocarse en la verificación de predicciones en lugar de la exploración de ideas. Esta aproximación limita la comprensión profunda de los contenidos y perpetúa

concepciones erróneas al no permitir que los estudiantes cuestionen sus ideas previas (McDermott, 1993). Además, los estudiantes suelen percibir la experimentación como un procedimiento mecánico orientado a obtener resultados predeterminados, en lugar de un proceso reflexivo para explorar fenómenos científicos (Hodson, 1992). Esto se agrava cuando no logran establecer conexiones entre los conceptos teóricos y los experimentos realizados en el aula, lo que limita su capacidad para desarrollar un entendimiento profundo y contextualizado de la física (Hestenes, 1992).

1.1.2. Enfoques basados en indagación y modelado científico

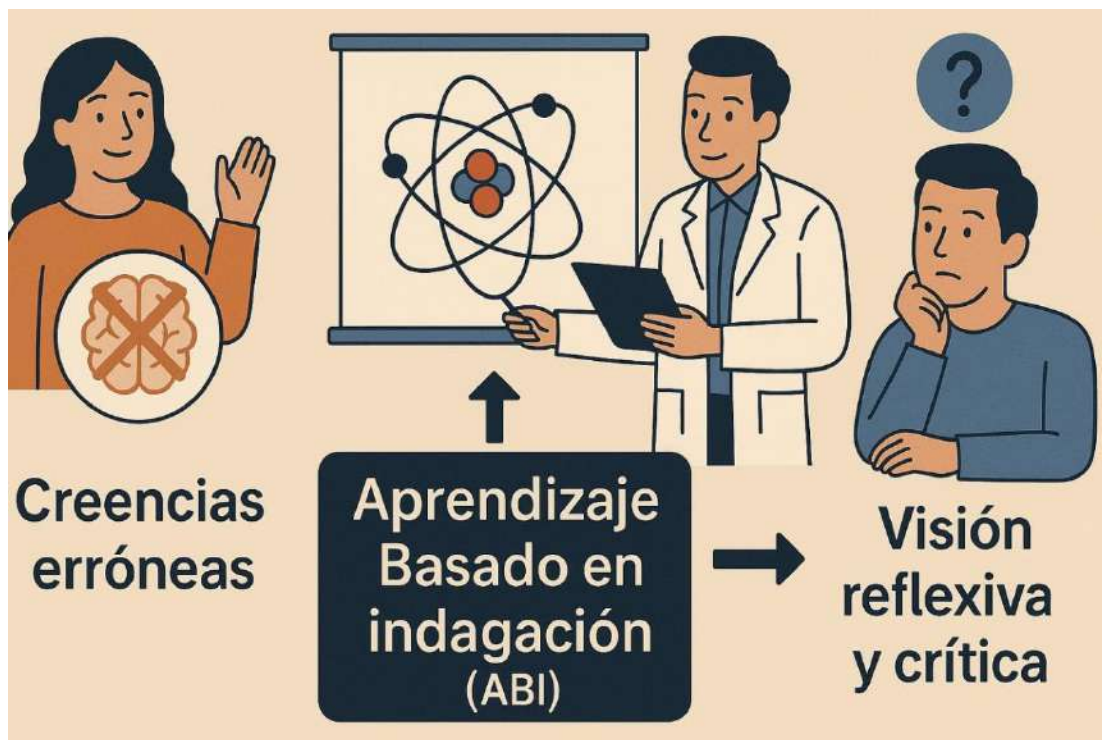
En respuesta a las limitaciones del modelo tradicional, las investigaciones han promovido enfoques pedagógicos centrados en la indagación científica, como el Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI) y el Aprendizaje Basado en Modelos (MBI). El ABI fomenta la participación activa de los estudiantes en la formulación de preguntas, la recolección de evidencias y la construcción de argumentos, lo que facilita la confrontación de concepciones erróneas (Lorenzo et al., 2006). Por su parte, el MBI involucra a los estudiantes en la generación, prueba y revisión de modelos científicos, promoviendo una comprensión profunda de los conceptos y reflejando prácticas científicas auténticas (Windschitl et al., 2008). Los modelos científicos, caracterizados por ser testables, revisables y explicativos, estimulan el razonamiento crítico y trascienden la memorización de hechos (Schwarz et al., 2009).

El modelado científico, en particular, es una práctica central que incluye la construcción, evaluación y refinamiento de modelos, junto con el metacognoscimiento sobre su propósito y naturaleza (Hestenes, 1992). Estudios empíricos han demostrado que estudiantes de secundaria pueden progresar desde modelos descriptivos hacia modelos explicativos y predictivos, lo que respalda la viabilidad del MBI en la enseñanza de la física (Lorenzo et al., 2006). Sin embargo, algunos estudiantes perciben el modelado como una actividad abstracta o desconectada de

la realidad, lo que reduce su efectividad si no se implementa con un enfoque reflexivo (Halloun & Hestenes, 1985). La integración de tecnologías educativas, como simulaciones interactivas y software de modelado, ha mostrado potencial para superar estas barreras al hacer los modelos más accesibles y visuales (Olympiou & Zacharia, 2012).

Figura 1.

Contexto de las prácticas de indagación y el modelado científico.



El aprendizaje basado en la indagación actúa como un puente transformador entre las creencias erróneas y una visión reflexiva y crítica de la ciencia, se muestra un docente guía en el proceso utilizando modelos científicos fomentando el cuestionamiento permitiendo que el estudiante confronte sus ideas previas con evidencias científicas (Ilustración generada por IA mediante ChatGPT (OpenAI, 2025)).

1.1.3. Rol del docente en la implementación de estrategias innovadoras

La efectividad de los enfoques basados en indagación y modelado depende en gran medida de la preparación de los docentes. Los educadores deben poseer un conocimiento profundo del contenido, habilidades para organizar los saberes

previos de los estudiantes y la capacidad de guiarlos en la generación de hipótesis y la construcción de argumentos (Bransford et al., 2000).

Además, requieren competencias en evaluación y facilitación de discusiones que estimulen el pensamiento crítico (Windschitl et al., 2008). Sin embargo, muchos docentes, influenciados por sus experiencias educativas previas, muestran resistencia a abandonar el modelo tradicional en favor de estrategias más interactivas (Redish, 1994). La formación docente debe abordar estas barreras, promoviendo la flexibilidad pedagógica y el uso de herramientas digitales para enriquecer las prácticas de indagación.

1.2. Justificación

El estudio de las percepciones y concepciones previas de los estudiantes de bachillerato en ciencias en el contexto educativo panameño respecto a la experimentación y el modelado científico en la enseñanza de la física es crucial para optimizar los procesos de aprendizaje en esta disciplina.

Las investigaciones han demostrado que los estudiantes llegan al aula con ideas preconcebidas sobre los fenómenos físicos, muchas veces incompatibles con el conocimiento científico formal (Posner et al., 1982; McDermott, 1993; Duit & Treagust, 2003). Estas percepciones no solo dificultan la asimilación de conceptos abstractos, sino que también limitan la capacidad de los estudiantes para aplicar el conocimiento en contextos prácticos, como la experimentación y el desarrollo de modelos científicos.

La física, como pilar de la formación científica, exige que los estudiantes no solo comprendan teorías, sino que también desarrollen habilidades prácticas y reflexivas mediante la experimentación activa y el modelado científico. La experimentación debe trascender los procedimientos mecánicos y convertirse en un proceso dinámico de construcción de conocimiento, donde los estudiantes cuestionen sus

ideas previas y las contrasten con evidencias empíricas (Hestenes, 1992). Por su parte, el modelado científico fomenta el razonamiento crítico y la resolución de problemas, habilidades esenciales para el mundo actual (Schwarz et al., 2009). Sin embargo, si no se consideran las concepciones previas de los estudiantes, la implementación de estas estrategias puede resultar limitada.

Los docentes, a pesar de su formación científica, también enfrentan desafíos para adoptar enfoques pedagógicos innovadores. Sus experiencias educativas previas y creencias personales suelen inclinarlos hacia métodos tradicionales, más estructurados y lineales, lo que genera resistencia a implementar estrategias de indagación científica y participación activa (Redish, 1994; Windschitl, 2002). Para superar estas barreras, es fundamental ofrecer formación docente que promueva la flexibilidad pedagógica, el pensamiento crítico y la integración de enfoques interactivos. Esto no solo enriquecerá la enseñanza, sino que también permitirá a los estudiantes desarrollar competencias para abordar problemas complejos en un entorno global dinámico.

Esta investigación busca identificar y analizar las creencias de estudiantes de bachillerato en ciencias sobre la experimentación y el modelado científico en la educación media en contextos oficiales y privados de Panamá. Con este propósito, se propone desarrollar estrategias pedagógicas adaptadas a las necesidades específicas de los estudiantes, fomentando un aprendizaje significativo y contextualizado. En un entorno donde la enseñanza tradicional de la física tiende a priorizar la transmisión pasiva de conocimientos (Redish, 1994), este estudio aboga por enfoques innovadores que posicionen a los estudiantes como protagonistas activos de su proceso de aprendizaje, promoviendo el pensamiento crítico y la comprensión profunda de los fenómenos científicos.

Esta investigación enriquecerá el conocimiento existente al analizar cómo las dinámicas culturales y educativas de Panamá influyen en las percepciones de los estudiantes de bachillerato hacia la ciencia, particularmente en la experimentación y el modelado científico (Cobern, 1996; Aikenhead, 2006). Sus hallazgos

proporcionarán evidencia empírica para diseñar intervenciones educativas contextualizadas, con implicaciones directas para la mejora de los currículos de física y la formación docente en escuelas públicas, promoviendo una enseñanza más inclusiva y efectiva.

En términos más amplios, este estudio promoverá la alfabetización científica y el pensamiento crítico, competencias esenciales para formar ciudadanos capaces de tomar decisiones informadas en un mundo impulsado por la ciencia y la tecnología. Al involucrar a los estudiantes en procesos reflexivos de experimentación y modelado, se cultivarán habilidades transversales, como el razonamiento lógico y la resolución autónoma de problemas, que trascienden el ámbito académico.

En conclusión, esta investigación es relevante no solo para mejorar la enseñanza de la física, sino también para sentar las bases de un modelo educativo más dinámico y centrado en el estudiante. Sus resultados ofrecerán una guía práctica para transformar las prácticas pedagógicas, superar las barreras impuestas por las creencias previas y preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar las concepciones de los estudiantes de bachillerato en ciencias sobre la naturaleza de la ciencia, la experimentación y el modelado científico en física, integrando métodos cuantitativos y cualitativos, para generar evidencias que fundamenten el diseño e implementación de estrategias pedagógicas innovadoras que promuevan el aprendizaje significativo y el desarrollo del pensamiento crítico en la enseñanza de la física.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las concepciones de los estudiantes de bachillerato en ciencias sobre la naturaleza de la ciencia, el método y el modelado científicos en física, empleando análisis cuantitativos y cualitativos para identificar patrones, creencias predominantes y diferencias entre subgrupos de estudiantes.
- Diagnosticar las concepciones erróneas y obstáculos conceptuales en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el modelado científico, mediante la categorización de respuestas y el análisis de relaciones entre errores, para identificar áreas prioritarias de intervención educativa.
- Proponer y difundir estrategias pedagógicas basadas en los resultados, colaborando con docentes y utilizando formatos multimedia, para mejorar la enseñanza de la física y fomentar un aprendizaje basado en la indagación y el pensamiento crítico.

1.4. Contexto y Población

Esta investigación se desarrolla en el ámbito de la enseñanza de la física en el nivel de educación media en Panamá, específicamente en las provincias de Panamá, Colón y Panamá Oeste en un contexto urbano. Su objetivo es explorar las creencias, concepciones previas, obstáculos cognitivos y actitudes de estudiantes de bachillerato en ciencias hacia la experimentación y el modelado científico, elementos claves para un aprendizaje significativo en la disciplina. Con este propósito, el estudio busca generar conocimientos que orienten el diseño de estrategias pedagógicas que promuevan el pensamiento crítico y fortalezcan las competencias experimentales de los estudiantes.

Figura 2.
Distribución de la población encuestada.



Provincia	Tipo de Colegio	Cantidad de Estudiantes
Panamá	Particular	90
Colón	Particular	90
Panamá Oeste	Público	95

(Ilustración generada por IA mediante ChatGPT (OpenAI, 2025)).

La población total asciende a 275 estudiantes de los grados décimo, undécimo y duodécimo, distribuidos en tres instituciones educativas. En el colegio particular de Panamá, se aplicaron 90 cuestionarios, con 30 estudiantes encuestados en cada nivel. De manera similar, en el colegio particular de Colón se encuestaron también 90 estudiantes, 30 por cada grado. En el colegio de Panamá Oeste, se aplicaron 95 cuestionarios, con 35 estudiantes en décimo grado y 30 en undécimo y duodécimo. La selección de estos centros educativos permite examinar cómo factores institucionales, metodológicos y socioculturales influyen en las percepciones y el aprendizaje de la experimentación y el modelado científico. Al abarcar instituciones públicas y privadas en distintas ubicaciones geográficas, el estudio ofrece una perspectiva amplia y representativa de las dinámicas educativas en diversos entornos, contribuyendo a una comprensión más profunda de las necesidades pedagógicas en la enseñanza de la física.

Capítulo II

2. Marco Teórico

"No se puede enseñar nada a un hombre, sólo se le puede ayudar a descubrirse a sí mismo" - Platón.

2.1. La Enseñanza de la Física a Nivel Secundario

La enseñanza de la física ha sido ampliamente estudiada desde diversas perspectivas, destacándose los enfoques que abordan tanto el desarrollo conceptual como el cambio de creencias en los estudiantes. A continuación, se desarrollan los principales aspectos teóricos que sustentan este trabajo, los cuales se encuentran organizados en cuatro ejes fundamentales: La Enseñanza de la Física y el Papel de las Creencias; La Importancia de la Experimentación y el Modelado Científico; El Impacto de las Creencias en el Aprendizaje de la Física y la Transformación de la Enseñanza de la Física.

2.1.1. Desafíos Actuales en la Enseñanza de la Física a Nivel Secundario en Panamá

La enseñanza de la física en el nivel medio en Panamá enfrenta diversos desafíos que afectan tanto el aprendizaje de los estudiantes como la eficacia de las estrategias pedagógicas empleadas en las aulas. Estos desafíos pueden agruparse en aspectos pedagógicos, institucionales, tecnológicos y socioculturales, los cuales requieren atención para mejorar la calidad de la educación en esta disciplina.

1. Percepción Negativa de la Física

Uno de los principales desafíos es la percepción de la física como una asignatura difícil, abstracta y poco útil para la vida cotidiana. Muchos estudiantes experimentan ansiedad y desmotivación ante el contenido de la materia, lo que impacta negativamente su rendimiento y su interés por continuar estudios en áreas científicas o tecnológicas.

2. Métodos de Enseñanza Tradicionales

En muchas instituciones, la enseñanza de la física sigue basándose en métodos tradicionales, centrados en la memorización de fórmulas y en la resolución de problemas matemáticos sin un contexto experimental o aplicado. La falta de metodologías basadas en la información científica limita el desarrollo de pensamiento crítico, creatividad y la capacidad de los estudiantes para comprender los fenómenos físicos desde una perspectiva práctica y real.

Las deficiencias docentes en la enseñanza en el nivel medio en Panamá se originan en el uso de metodologías tradicionales, currículos extensos y desarticulados, y la carencia de retroalimentación (Arosemena & Saito, 2017). La formación inadecuada en didáctica en la enseñanza de la física restringe la capacidad de los docentes para impartir conceptos abstractos y promover el razonamiento lógico en los estudiantes, afectando la calidad del aprendizaje.

3. Deficiencias en la Formación Docente

Se realizan esfuerzos para la capacitación docente, pero aún muchos profesores no cuentan con formación en metodologías activas de enseñanza, como el aprendizaje basado en la indagación o el modelado científico. Esto dificulta la implementación de estrategias innovadoras que fomentan la experimentación y el razonamiento científico.

El Diagnóstico de Perfeccionamiento Docente publicado por el diario La Prensa en 2022 señala que solo el 27% de las formaciones de 2020 se centraron en contenido específico, mientras que la carga administrativa y la desvalorización social desmotivan a los educadores (La Prensa, 2022).

4. Falta de Infraestructura y Recursos Didácticos

La disponibilidad de laboratorios equipados y materiales didácticos es insuficiente en muchas escuelas, especialmente en el sector oficial. La falta de equipos de

experimentación, software de simulación y herramientas digitales impide que los estudiantes puedan realizar actividades prácticas que refuercen los conceptos teóricos.

En el contexto panameño, la grave escasez de recursos educativos, especialmente la falta de laboratorios en aproximadamente 72 escuelas públicas que ofrecen bachillerato en ciencias constituye un obstáculo crítico para la formación científica (La Prensa, 2024). Esta carencia, reconocida por el Ministerio de Educación desde 2022, deja a miles de estudiantes sin acceso a prácticas experimentales, reforzando percepciones erróneas de la ciencia como una disciplina abstracta y distante (La Prensa, 2024).

2.1.2. El Papel de la Experimentación en el Aprendizaje de la Física

La experimentación desempeña un papel fundamental en la enseñanza y el aprendizaje de la física, ya que permite a los estudiantes interactuar de manera directa con los fenómenos naturales y desarrollar una comprensión más profunda de los principios científicos. A través de la experimentación, los estudiantes no solo observan, miden y analizan fenómenos, sino que también formulan explicaciones basadas en evidencias empíricas, lo que fomenta el pensamiento crítico, la capacidad de argumentación y la alfabetización científica (Hofstein & Lunetta, 2004).

En el contexto educativo, la experimentación permite que conceptos abstractos, que en ocasiones resultan difíciles de asimilar solo a través de la teoría, se vuelvan concretos y significativos. Además, al participar activamente en el diseño, la ejecución y la interpretación de experimentos, los estudiantes desarrollan habilidades metodológicas esenciales, como el control de variables, la formulación de hipótesis y la interpretación de resultados en función de la incertidumbre experimental.

Aplicaciones experimentales prácticas:

- **Estudio de la Ley de Hooke:**

Los estudiantes pueden diseñar un experimento sencillo utilizando resortes, masas conocidas y reglas métricas para investigar la relación entre la fuerza aplicada y la elongación del resorte. A través de esta actividad, pueden recolectar datos, graficarlos y concluir que existe una relación lineal hasta cierto límite, lo que les permite comprender el concepto de elasticidad y límite de proporcionalidad de manera tangible.

- **Investigación del Movimiento Acelerado:**

Utilizando rampas, cronómetros y carritos, los estudiantes pueden estudiar cómo varía la velocidad de un objeto a medida que desciende por una pendiente. Este tipo de experimentación les permite observar directamente el concepto de aceleración y deducir relaciones matemáticas.

- **Exploración de la Conservación de la Energía Mecánica:**

Con péndulos simples o carros en pistas de fricción despreciable, los estudiantes pueden medir alturas y velocidades para comprobar experimentalmente que la energía mecánica (suma de energía cinética y potencial) se conserva en un sistema cerrado. A través de estos experimentos, se fomenta la reflexión crítica sobre condiciones ideales y reales, introduciendo el análisis de errores experimentales.

- **Estudio de las Leyes de Ohm y de la Electricidad:**

En circuitos simples con resistencias, fuentes de voltaje y multímetros, los estudiantes pueden medir corriente y voltaje, para verificar la relación lineal propuesta por la Ley de Ohm. En donde este ejercicio desarrolla habilidades tanto técnicas como analíticas, y resalta la importancia de construir inferencias basadas en datos experimentales.

- **Investigación de la Ley de la Conservación de la Cantidad de Movimiento:**

Mediante colisiones entre carritos sobre rieles de baja fricción, los estudiantes pueden medir masas y velocidades antes y después del impacto, comprobando experimentalmente la conservación de la cantidad de movimiento lineal, y discutiendo las diferencias observadas debido a pérdidas de energía por fricción o deformaciones.

De manera, que cada uno de estos ejemplos permite a los estudiantes construir modelos mentales sólidos sobre los conceptos estudiados, enfrentar desafíos experimentales reales, formular preguntas, y comprender que la ciencia es un proceso dinámico basado en la evidencia y la revisión constante, no un conjunto fijo de verdades.

De acuerdo con los ejemplos expuestos se puede decir que la experimentación no solo enriquece el aprendizaje de la física, sino que también promueve la formación de competencias científicas que son esenciales para la vida académica, profesional y ciudadana de los estudiantes.

2.2 Creencias y Percepciones Estudiantiles sobre el Aprendizaje de la Física

El aprendizaje de la física en el nivel medio está fuertemente influenciado por las creencias y percepciones que los estudiantes tienen sobre esta disciplina. Estas creencias, que incluyen ideas previas, actitudes, valores y expectativas frente a la física y su enseñanza, condicionan tanto el interés como el rendimiento de los estudiantes en esta área del conocimiento (Driver et al., 1994; Hodson, 1993).

Las investigaciones realizadas en didáctica de las ciencias han demostrado que los estudiantes no llegan a clase como hojas en blanco, sino que traen consigo concepciones alternativas sobre cómo funciona el mundo físico, muchas de las cuales no coinciden con las explicaciones científicas aceptadas (Driver et al., 1994). Estas ideas previas influyen en la forma que los estudiantes interpretan la información nueva y, por ende, en cómo construyen el conocimiento científico.

Además, las creencias sobre la naturaleza de la física y su utilidad en la vida cotidiana afectan la disposición de los estudiantes para aprenderla. Muchos la perciben como una disciplina abstracta, difícil, altamente matematizada y desconectada de la realidad (Abrahams & Millar, 2008), lo que contribuye a una actitud negativa hacia su aprendizaje. Esta percepción se agrava cuando los métodos de enseñanza son tradicionalistas, centrados en la transmisión de contenidos y con escasa oportunidad para la participación activa del estudiante (Hofstein & Lunetta, 2004).

En este contexto, la experimentación y el modelado científico han demostrado ser estrategias eficaces para transformar estas percepciones. A través de la experimentación, los estudiantes pueden interactuar directamente con fenómenos físicos, verificar teorías, manipular variables y construir modelos que expliquen y predigan resultados. Este enfoque no solo mejora el aprendizaje conceptual, sino que también fortalece actitudes positivas hacia la física, al demostrar su aplicabilidad y relevancia (Oh & Oh, 2011; Hofstein & Lunetta, 2004).

Sin embargo, las investigaciones también han detectado barreras importantes que afectan las percepciones y creencias sobre la física. Entre ellas, se destacan las desigualdades de género y las barreras culturales que enfrentan ciertos grupos estudiantiles, que muchas veces se sienten excluidos de los discursos científicos y de las dinámicas de clase (Hodson, 1993). Estas percepciones pueden limitar el sentido de pertenencia y disminuir la motivación para involucrarse en el aprendizaje de la física.

Por otro lado, se ha identificado que los docentes desempeñan un papel fundamental en la formación de estas creencias. Sus propias concepciones sobre la ciencia, el conocimiento y la enseñanza se reflejan en las metodologías que emplean y en la forma en que promueven o inhiben la participación activa, la indagación y la crítica en el aula (Abrahams & Millar, 2008; Oh & Oh, 2011).

De forma tal que las creencias y percepciones estudiantiles sobre la física constituyen un campo clave de estudio para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina. Comprenderlas a profundidad permite diseñar estrategias didácticas más inclusivas, significativas y contextualizadas, que promuevan la participación equitativa de todos los estudiantes y fortalezcan sus habilidades científicas.

2.1.3. Definición y Concepto de Creencias Epistemológicas en la Ciencia

Las creencias epistemológicas en el contexto de la ciencia hacen referencia a las ideas, concepciones y actitudes que tienen los individuos sobre la naturaleza del conocimiento científico, su construcción, su validez y su forma de evolución. Estas creencias conforman una parte esencial de la comprensión científica, ya que condicionan la manera en que los estudiantes interpretan, aceptan o cuestionan los contenidos científicos, así como la forma en que se relacionan con la experimentación, el modelado y la argumentación científica (Driver et al., 1994; Hodson, 1993).

Desde la educación científica, se reconoce que las creencias epistemológicas no son universales ni estáticas. Por el contrario, varían entre los individuos y pueden ir desde una visión ingenua —en la que la ciencia es vista como un conjunto de hechos absolutos e incuestionables— hasta una perspectiva más sofisticada, donde el conocimiento científico se entiende como una construcción dinámica, producto de la interpretación, el debate y la validación empírica (Hofstein & Lunetta, 2004).

Oh y Oh (2011) señalan que el desarrollo de creencias epistemológicas avanzadas está relacionado con la comprensión del papel de los modelos científicos. En este sentido, los modelos no son simplemente representaciones exactas de la realidad, sino herramientas conceptuales que permiten a los científicos explicar, predecir y comunicar fenómenos. De allí que la enseñanza de las ciencias que incorpora modelado y experimentación de forma activa pueda contribuir a modificar las creencias epistemológicas de los estudiantes, haciéndolas más coherentes con la visión actual de la ciencia como una práctica argumentativa, modelizadora y abierta a la revisión.

Asimismo, las creencias epistemológicas influyen directamente en las estrategias de aprendizaje que emplean los estudiantes. Aquellos con creencias más avanzadas tienden a involucrarse en procesos de reflexión crítica, formulación de hipótesis, análisis de datos y revisión de resultados, mientras que quienes mantienen creencias más rígidas o absolutistas, frecuentemente adoptan un enfoque memorístico o superficial del conocimiento (Abrahams & Millar, 2008).

Razón por la cual se debe identificar y comprender las creencias epistemológicas de los estudiantes resulta esencial para transformar la enseñanza de la física. Esto permite no solo mejorar los procesos de aprendizaje, sino también promover una visión más realista, crítica y constructiva de la ciencia como actividad humana, situada y en constante evolución.

2.2. La Enseñanza de la Física y el Papel de las Creencias

La enseñanza de la física se caracteriza por la necesidad de integrar conceptos teóricos con experiencias prácticas para que los estudiantes logren un aprendizaje significativo. Sin embargo, las creencias que los estudiantes llevan al aula pueden influir en la manera en que perciben y entienden estos conceptos, afectando la efectividad de las estrategias educativas. Estas creencias, que van desde

suposiciones sobre cómo funciona el mundo físico hasta expectativas sobre el papel de la experimentación y el modelado científico, forman parte integral de su enfoque hacia el aprendizaje (Posner et al., 1982).

Los estudiantes a menudo arriban con ideas erróneas o parciales sobre los fenómenos físicos, que pueden interferir con su capacidad para comprender los nuevos conceptos. Como indica McDermott (1993), estas concepciones erróneas pueden ser persistentes, dificultando el aprendizaje de los estudiantes. Además, las creencias erróneas sobre la experimentación pueden llevar a los estudiantes a ver los experimentos como ejercicios mecánicos, donde lo importante es simplemente obtener un resultado "correcto" en lugar de un medio para explorar y cuestionar los fenómenos (Hodson, 1992).

Comprender y analizar estas creencias es fundamental para transformar la enseñanza de la física y para desarrollar estrategias pedagógicas que promuevan una comprensión más profunda y reflexiva. Identificar las creencias de los estudiantes puede ofrecer una base sólida para diseñar intervenciones educativas que aborden directamente sus concepciones erróneas y favorezcan el desarrollo de una visión más coherente y crítica sobre el aprendizaje de la ciencia (Driver et al., 1994).

2.3. El Impacto de las Creencias en el Aprendizaje de la Física

El papel de las creencias en el aprendizaje de la física ha sido ampliamente documentado en la literatura científica. Redish (1994) sugiere que los estudiantes con creencias rígidas o erróneas tienden a resistirse a aceptar nuevos conceptos o a modificar sus ideas preconcebidas, lo que dificulta su progreso académico. Esto se ve reflejado en la falta de motivación para aprender y en la percepción de la física como una materia difícil e inaccesible.

Por tanto, es crucial que los docentes consideren estas creencias al diseñar sus estrategias de enseñanza. Métodos pedagógicos como el Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI) y el aprendizaje cooperativo han mostrado ser efectivos para modificar las creencias erróneas de los estudiantes y fomentar una actitud más abierta hacia el aprendizaje (Lorenzo et al., 2006). Estas metodologías promueven un ambiente de colaboración y reflexión en el que los estudiantes son actores activos en su propio proceso de aprendizaje, lo que favorece la construcción de conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico.

2.4. Impacto de las Creencias Estudiantiles en el Rendimiento Académico

Las creencias estudiantiles acerca del conocimiento científico, la enseñanza y el aprendizaje de la física influyen significativamente en su rendimiento académico. Estas creencias, especialmente las epistemológicas, determinan en gran medida cómo los estudiantes interpretan los contenidos, afrontan las actividades prácticas y asimilan los conceptos abstractos que caracterizan esta disciplina (Driver et al., 1994; Hofstein & Lunetta, 2004).

Numerosas investigaciones han demostrado que los estudiantes que consideran la ciencia como un cuerpo de conocimientos estático, autoritario y basado exclusivamente en la memorización, suelen tener dificultades para desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. En cambio, aquellos que poseen creencias más sofisticadas y que entienden la ciencia como una construcción dinámica y susceptible de revisión; tienden a involucrarse activamente en el proceso de aprendizaje, lo que mejora significativamente su desempeño (Oh & Oh, 2011; Abrahams & Millar, 2008).

En el contexto de la enseñanza de la física, esta relación se vuelve aún más evidente en las actividades de experimentación y modelado. Los estudiantes que comprenden que los modelos científicos no son copias exactas de la realidad, sino

representaciones conceptuales que permiten explicar y predecir fenómenos, muestran un mayor compromiso en el diseño de hipótesis, análisis de datos y evaluación de resultados (Hodson, 1993; Oh & Oh, 2011). Esta actitud proactiva y crítica se traduce en un mejor rendimiento académico, ya que los estudiantes dejan de ser receptores pasivos para convertirse en actores activos de su aprendizaje.

Por otro lado, las creencias también afectan el clima emocional del estudiante frente a la física. Aquellos que perciben esta asignatura como difícil, inmutable o inaccesible para ellos, suelen experimentar ansiedad, desmotivación y bajo autoconcepto académico, lo que repercute negativamente en sus resultados escolares. En este sentido, es fundamental que la enseñanza de la física no solo se enfoque en los contenidos curriculares, sino también en transformar las concepciones erróneas o limitantes que los estudiantes poseen sobre la ciencia, su aprendizaje y su aplicabilidad.

Desde esta perspectiva, la identificación de las creencias estudiantiles no solo cumple un papel diagnóstico, sino que también orienta la planificación de estrategias pedagógicas más inclusivas, significativas y transformadoras. Esto se alinea con las recomendaciones actuales en educación científica, las cuales promueven enfoques didácticos basados en la indagación, el modelado y la participación activa del estudiante como medio para mejorar su rendimiento académico y su visión de la ciencia (Hofstein & Lunetta, 2004; Driver et al., 1994).

2.5. El Modelado Científico en la Física

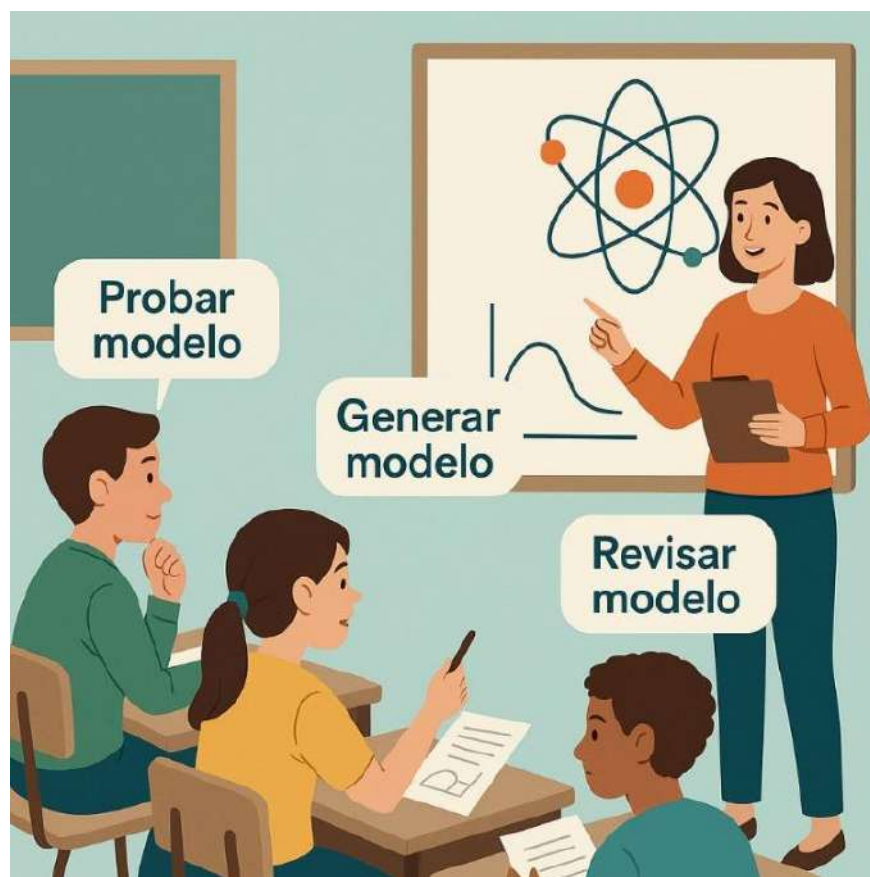
2.5.1. Concepto de modelado científico en la enseñanza de la física

El modelado científico es un proceso central en la construcción del conocimiento en ciencia. Consiste en la creación, uso, revisión y validación de representaciones abstractas, mentales, simbólicas o físicas; que permiten explicar, predecir y

comunicar fenómenos del mundo natural (Oh & Oh, 2011). En la enseñanza de la física, el modelado no solo cumple una función explicativa, sino que actúa como puente entre la experiencia empírica y el pensamiento teórico, facilitando la comprensión de conceptos complejos mediante analogías, fórmulas, diagramas, simulaciones y experimentos.

Figura 3.

Incorporación del Aprendizaje Basado en Modelos (MBI) en una clase para promover el aprendizaje colaborativo y la resolución de problemas en el aula.



Se muestra un aula de ciencias donde se implementa el Aprendizaje Basado en Modelos (MBI) a través de una secuencia didáctica centrada en la estructura del átomo. A la izquierda, un grupo de estudiantes genera un modelo inicial del átomo con base en sus conocimientos previos, representando ideas como el modelo de Bohr o incluso concepciones más intuitivas. En el centro del aula, el docente guía una actividad simulada (por ejemplo, observaciones del espectro de emisión de distintos elementos), que permite a los estudiantes probar su modelo y contrastarlo con evidencia empírica. A la derecha, se observa cómo los estudiantes discuten sus resultados y revisan sus modelos con base en los datos obtenidos y el razonamiento colectivo, incorporando nuevas explicaciones más ajustadas al modelo actual del átomo (Ilustración generada por IA mediante ChatGPT (OpenAI, 2025))

Según Oh y Oh (2011), para que los estudiantes comprendan la ciencia como una práctica auténtica, deben involucrarse activamente en la creación y revisión de modelos. Esto implica promover ambientes de aprendizaje donde se fomente la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos, la recolección de datos y la interpretación de resultados en función de modelos en constante evolución. Este enfoque supera la enseñanza tradicional centrada en la transmisión de fórmulas acabadas, y propone una visión más dinámica y participativa del aprendizaje.

Desde una perspectiva didáctica, el modelado permite que los estudiantes desarrollen competencias clave como el pensamiento abstracto, la argumentación basada en evidencia, y la capacidad de transferir conocimientos a nuevas situaciones. Además, cuando los estudiantes construyen modelos por sí mismos, desarrollan una comprensión más profunda de la naturaleza de la ciencia y sus métodos (Driver et al., 1994).

El uso del modelado en física permite abordar fenómenos como el movimiento, la energía, el electromagnetismo y la termodinámica desde múltiples niveles de representación (macroscópico, microscópico y simbólico), articulando teoría y práctica. Hodson (1993) y Hofstein y Lunetta (2004) subrayan que los estudiantes deben tener la oportunidad de comparar sus modelos con los modelos científicos aceptados, reflexionar sobre sus limitaciones y modificarlos en función de nuevas evidencias. Este proceso favorece el desarrollo de creencias epistemológicas más sofisticadas, esenciales para una apropiación significativa del conocimiento científico.

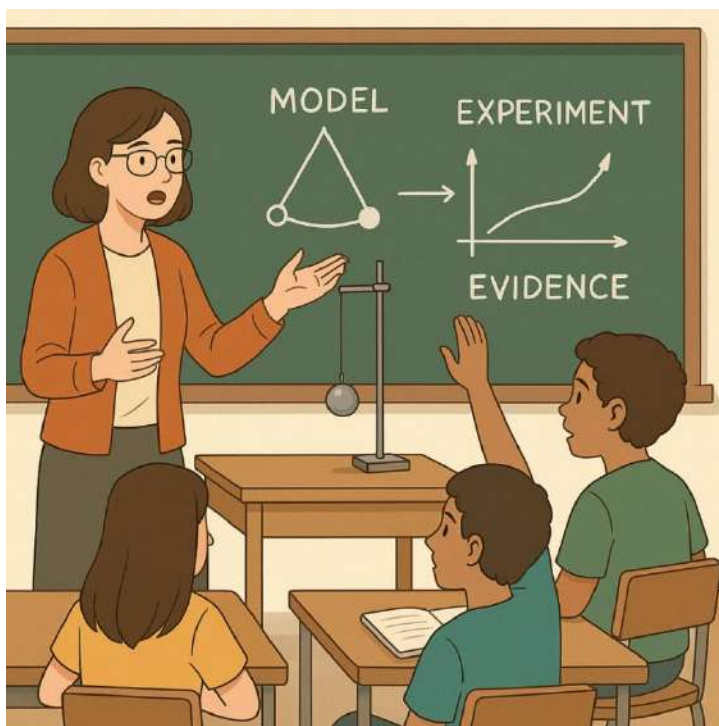
En este sentido, el modelado científico no debe considerarse como un complemento del currículo, sino como un eje estructurador de la enseñanza de la física. Su integración en el aula permite transformar la forma en que los estudiantes entienden la ciencia y se relacionan con ella, fortaleciendo su rendimiento académico y su pensamiento crítico (Oh & Oh, 2011; Abrahams & Millar, 2008).

2.5.2. Rol del modelado en la construcción del conocimiento científico

El modelado científico desempeña un papel fundamental en la construcción del conocimiento en las ciencias naturales, especialmente en la física, al proporcionar un medio mediante el cual los científicos; y por extensión, los estudiantes, pueden representar, explicar y predecir fenómenos del mundo real. Este proceso implica la elaboración, revisión y validación de modelos que sirven como herramientas cognitivas para comprender conceptos abstractos o fenómenos no directamente observables (Oh & Oh, 2011).

Figura 4.

Comprendiendo la Ciencia a través del Modelado y la Experimentación.



Una profesora guía a sus estudiantes en un experimento de péndulo para comprender el modelado científico. La escena resalta la ciencia como un proceso dinámico de construcción y validación del conocimiento (Ilustración generada por IA mediante ChatGPT (OpenAI, 2025)).

Desde una perspectiva epistemológica, el modelado constituye una actividad central en la práctica científica, ya que no solo traduce datos empíricos en estructuras

conceptuales coherentes, sino que también orienta el desarrollo de teorías, hipótesis y leyes científicas. Así, los modelos no son simplemente representaciones didácticas, sino instrumentos activos de pensamiento que permiten generar nuevo conocimiento, formular preguntas científicas, y guiar la experimentación (Driver et al., 1994).

En el contexto educativo, el rol del modelado trasciende la enseñanza de contenidos; se convierte en una estrategia pedagógica que promueve el aprendizaje profundo y el desarrollo de competencias científicas. Cuando los estudiantes participan en procesos de modelado, ya sea a través de la construcción de esquemas, el diseño de simulaciones, el análisis de gráficas o la elaboración de explicaciones causales; desarrollan una comprensión más auténtica de cómo opera la ciencia, lo que fortalece su pensamiento crítico y su alfabetización científica (Hodson, 1993; Abrahams & Millar, 2008).

Oh y Oh (2011) destacan que involucrar a los estudiantes en ciclos de modelización; que incluyen la observación, la construcción, la evaluación y la revisión de modelos, se contribuye al desarrollo de creencias epistemológicas más complejas. Es decir, los estudiantes empiezan a concebir el conocimiento científico como una construcción dinámica y susceptible de modificación frente a nuevas evidencias, en lugar de percibirlo como un conjunto fijo de verdades absolutas. Esta transformación en la forma de pensar impacta positivamente en su rendimiento académico, su motivación y su actitud hacia la ciencia (Hofstein & Lunetta, 2004).

Por tanto, el modelado no solo permite representar la realidad, sino que actúa como mecanismo de construcción activa del conocimiento. A través del modelado, se promueve una visión integradora de la ciencia en la que el conocimiento es elaborado colaborativamente, sometido a evaluación crítica y orientado a la resolución de problemas reales. En consecuencia, el modelado se presenta como un elemento esencial para lograr una enseñanza significativa de la física que prepare a los estudiantes no solo para aprobar exámenes, sino para pensar científicamente.

2.6. La Importancia de la Experimentación y el Modelado Científico

La experimentación y el modelado científico son componentes esenciales del aprendizaje en física. Mientras que la experimentación permite a los estudiantes interactuar directamente con los fenómenos físicos y comprobar teorías, el modelado científico proporciona un marco conceptual que les ayuda a representar y entender dichos fenómenos (Halloun & Hestenes, 1985). Sin embargo, para muchos estudiantes, estas prácticas se perciben como actividades desconectadas del proceso de indagación científica, lo que disminuye su valor educativo (Hodson, 1992).

La experimentación debe ser vista como una herramienta para explorar y cuestionar, no simplemente como un medio para confirmar una teoría preexistente. A través de la experimentación, los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar conceptos teóricos en situaciones del mundo real, lo que facilita el desarrollo de un entendimiento más sólido y contextualizado. Por su parte, el modelado científico permite que los estudiantes visualicen y expliquen los fenómenos complejos mediante representaciones simplificadas pero precisas, promoviendo así un enfoque reflexivo y crítico (Hestenes, 1992).

Sin embargo, cuando los estudiantes tienen creencias erróneas sobre estas prácticas, pueden percibir el modelado como una simplificación excesiva de la realidad o la experimentación como un procedimiento que debe seguirse de manera rígida. Esto afecta negativamente su motivación para participar en estas actividades y reduce el impacto que pueden tener en su comprensión conceptual (Hestenes, 1992). Es por ello que abordar estas creencias es esencial para promover el uso efectivo de la experimentación y el modelado científico en la enseñanza de la física.

2.7. Estrategias Innovadoras para Transformar la Enseñanza de la Física

La enseñanza de la física en el nivel medio ha enfrentado diversos desafíos relacionados con la comprensión conceptual, el desinterés estudiantil y la desconexión entre teoría y práctica. Ante esta situación, diversas investigaciones han sugerido la necesidad de incorporar estrategias pedagógicas innovadoras que logren transformar la experiencia del aprendizaje, conectándola con las prácticas auténticas de la ciencia, fomentando el pensamiento crítico y fortaleciendo las creencias epistemológicas de los estudiantes (Driver et al., 1994; Oh & Oh, 2011).

Una de las estrategias clave es la Educación Científica Basada en Indagación (ECBI), la cual propone un enfoque activo del aprendizaje donde los estudiantes formulan preguntas, diseñan investigaciones, analizan datos y construyen modelos explicativos. Esta metodología promueve un aprendizaje significativo al involucrar al estudiante en un rol protagónico, permitiéndole experimentar los procesos científicos reales. Abrahams y Millar (2008) subrayan que la indagación no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también impacta positivamente en las actitudes hacia la ciencia.

Vinculado a la ECBI, el uso del modelado científico como estrategia didáctica permite a los estudiantes representar fenómenos complejos y desarrollar habilidades metacognitivas. Según Oh y Oh (2011), el modelado favorece una comprensión dinámica de la ciencia como construcción social sujeta a revisión constante. Incluir el modelado en la enseñanza de la física promueve la alfabetización científica y permite a los estudiantes explorar, construir y validar representaciones científicas propias, conectando así el conocimiento con la realidad observable.

Indagación Abierta

- En esta estrategia, los estudiantes tienen libertad para formular sus propias preguntas, diseñar procedimientos experimentales y explorar fenómenos sin una guía estricta del docente.
- Según Pedaste et al. 2015, la indagación abierta fomenta la autonomía y el desarrollo de habilidades investigativas, ya que los estudiantes asumen un rol protagónico en la construcción del conocimiento.

Indagación Guiada

- El docente proporciona un marco o estructura, planteando preguntas iniciales o estableciendo objetivos claros, mientras los estudiantes desarrollan sus propias investigaciones dentro de esos límites.
- Minner, Levy y Century (2010) destacan que esta estrategia es efectiva para estudiantes con menos experiencia, ya que equilibra la autonomía con el apoyo docente.

Indagación Estructurada

- Esta estrategia ofrece una guía más detallada, con procedimientos específicos proporcionados por el docente, pero permite a los estudiantes interpretar los resultados y llegar a conclusiones propias.
- Según Furtak, Seidel, Iverson y Briggs (2012), la indagación estructurada es adecuada para introducir a los estudiantes en el método científico, ya que reduce la carga cognitiva mientras fomenta el análisis crítico.

Indagación Confirmatoria

- En este enfoque, los estudiantes realizan actividades diseñadas para confirmar conceptos o principios científicos ya conocidos, siguiendo procedimientos establecidos. Aunque menos abierta, esta estrategia refuerza la comprensión de conceptos fundamentales y es útil en contextos donde se busca consolidar aprendizajes previos (Blanchard et al., 2010).

Modelado Científico

En esta estrategia, los estudiantes construyen, prueban y refinan modelos para explicar fenómenos científicos, integrando observaciones y datos experimentales.

Schwarz et al. (2009, p.) señalan que el modelado científico fortalece la comprensión de la naturaleza de la ciencia, ya que los estudiantes aprenden a representar y comunicar ideas complejas.

Aprendizaje Basado en Proyectos de Indagación (ABPI)

Esta estrategia combina la indagación con el desarrollo de proyectos interdisciplinarios, donde los estudiantes abordan problemas complejos y relevantes.

Según Krajcik y Shin (2014), el ABPI fomenta la colaboración, la aplicación de conocimientos y el pensamiento crítico al resolver problemas del mundo real.

Otra estrategia transformadora es la integración de tecnologías digitales, como simuladores, sensores, y entornos virtuales de laboratorio. Estas herramientas permiten representar fenómenos físicos de forma interactiva y facilitan el aprendizaje autónomo. Hofstein y Lunetta (2004) argumentan que el uso de tecnologías puede enriquecer las experiencias prácticas, reducir las barreras logísticas de los laboratorios tradicionales y permitir múltiples formas de visualización de fenómenos que son difíciles de observar directamente.

A nivel metodológico, se recomienda el uso de cuestionarios de creencias epistemológicas y la incorporación de entrevistas semiestructuradas, no solo como técnicas de recolección de datos en investigaciones educativas, sino también como herramientas pedagógicas que permiten a los docentes conocer las concepciones previas de sus estudiantes, identificando obstáculos cognitivos y diseñando actividades más contextualizadas (Driver et al., 1994; Hodson, 1993).

Además, se plantea como estrategia innovadora el diseño de ambientes de aprendizaje colaborativos, donde los estudiantes trabajen en equipos multidisciplinarios para resolver problemas científicos auténticos. Este tipo de espacios no solo estimula el desarrollo de competencias científicas y sociales, sino que también contribuye a la equidad y diversidad en el aula, al permitir que distintas voces y experiencias enriquezcan el proceso de aprendizaje (Oh & Oh, 2011).

Por último, se destaca la importancia de la formación docente continua en estas estrategias. Es fundamental que los profesores de física no solo conozcan los contenidos disciplinares, sino que también dominen enfoques didácticos basados en la indagación, el modelado y el uso de tecnologías, para poder transformar sus prácticas desde una visión más constructivista y reflexiva (Hodson, 1993).

En resumen, transformar la enseñanza de la física implica adoptar estrategias centradas en la indagación, el modelado, el uso de tecnologías, la reflexión epistemológica y la colaboración. Estas acciones, además de mejorar el aprendizaje de la física, favorecen el desarrollo de creencias científicas más robustas en los estudiantes y su disposición hacia el conocimiento científico.

2.7.1. Integración de metodologías activas en la enseñanza de la física

La enseñanza de la física en los niveles de educación media enfrenta desafíos significativos, entre ellos la dificultad para conectar los contenidos abstractos con las experiencias concretas de los estudiantes, el bajo interés por la asignatura y la persistencia de concepciones alternativas sobre los fenómenos naturales (Driver et al., 1994). Para hacer frente a estos retos, diversas investigaciones en didáctica de las ciencias han destacado la importancia de incorporar metodologías activas que fomenten un rol protagónico del estudiante en su proceso de aprendizaje, facilitando la construcción de significados, el desarrollo de habilidades científicas y el fortalecimiento de creencias epistemológicas alineadas con la ciencia (Oh & Oh, 2011; Hodson, 1993).

Entre las metodologías activas más efectivas en la enseñanza de la física se encuentran la indagación científica, el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje por proyectos, y especialmente el modelado científico. Estas estrategias comparten el principio fundamental de que el conocimiento no se transmite de forma directa, sino que se construye activamente a través de la exploración, la reflexión, el diálogo y la argumentación basada en evidencias.

La Educación Científica Basada en la Indagación (ECBI) permite que los estudiantes asuman un rol similar al de los científicos: formulan preguntas, diseñan experimentos, recolectan datos, interpretan resultados y comunican sus conclusiones. Según Abrahams y Millar (2008), la indagación no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también transforma las actitudes hacia la ciencia al promover la curiosidad y la autonomía intelectual. En este enfoque, la experimentación deja de ser una simple demostración y se convierte en una herramienta para la construcción activa del conocimiento (Hodson, 1993).

El modelado científico, tal como lo describen Oh y Oh (2011), constituye una estrategia central en la enseñanza activa de la física, ya que permite a los estudiantes representar, simular y validar sus explicaciones sobre fenómenos naturales. Esta estrategia no solo favorece la comprensión de conceptos complejos, sino que también promueve la metacognición y el desarrollo de una visión dinámica de la ciencia como proceso en constante construcción.

Otra metodología activa que cobra relevancia es el aprendizaje basado en problemas, en el cual se plantean situaciones reales o contextualizadas que desafían a los estudiantes a aplicar conocimientos, habilidades y actitudes para resolverlos. Este enfoque estimula el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y el aprendizaje autónomo, competencias esenciales para el siglo XXI.

Asimismo, la incorporación de ambientes colaborativos de aprendizaje y el uso de tecnologías digitales como simuladores, sensores, plataformas virtuales y laboratorios remotos, permiten ampliar el alcance de la enseñanza activa. Estas herramientas potencian la participación estudiantil, enriquecen las representaciones

visuales de los fenómenos y facilitan experiencias prácticas incluso en contextos con limitaciones de infraestructura (Hofstein & Lunetta, 2004).

La integración de metodologías activas en la enseñanza de la física no solo mejora los resultados académicos, sino que también tiene un impacto significativo en las creencias epistemológicas de los estudiantes. Estas metodologías contribuyen a transformar la visión de la física como un conjunto de fórmulas y definiciones inmutables, hacia una concepción más cercana a la naturaleza auténtica de la ciencia: una actividad creativa, colaborativa y reflexiva (Driver et al., 1994).

En conclusión, la implementación de metodologías activas representa una vía necesaria para transformar la enseñanza de la física. Estas metodologías, al situar al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje, permiten desarrollar competencias científicas, modificar creencias erróneas y promover una relación más significativa con el conocimiento científico.

2.7.2. Uso de tecnologías emergentes para potenciar la experimentación y el modelado científico

En el contexto actual de la educación científica, el uso de tecnologías emergentes se ha convertido en un recurso indispensable para enriquecer las experiencias de aprendizaje, especialmente en disciplinas como la física, donde la visualización de fenómenos abstractos, la manipulación de variables y la validación de hipótesis requieren herramientas que trasciendan las limitaciones del aula tradicional. Estas tecnologías no solo complementan la labor docente, sino que permiten a los estudiantes explorar, experimentar y modelar fenómenos físicos de forma autónoma, interactiva y basada en evidencias (Hofstein & Lunetta, 2004).

En particular, la incorporación de tecnologías como simuladores interactivos, laboratorios virtuales, sensores digitales, plataformas de modelado computacional y entornos de realidad aumentada y virtual han ampliado significativamente las posibilidades didácticas para la enseñanza de la física. Estas herramientas permiten

la representación dinámica de conceptos complejos, como por ejemplo el campo eléctrico, el movimiento armónico o la ley de Faraday, facilitando la comprensión de modelos científicos que antes resultaban inaccesibles para muchos estudiantes (Oh & Oh, 2011).

Los simuladores digitales (como los desarrollados por PhET Interactive Simulations) han demostrado ser eficaces para promover el aprendizaje conceptual, ya que posibilitan la manipulación directa de variables, la observación de resultados en tiempo real y la generación de hipótesis, de forma similar al trabajo experimental en un laboratorio presencial. Además, su accesibilidad en línea los convierte en herramientas valiosas en contextos con limitaciones materiales, como ocurre en muchas escuelas oficiales de Panamá.

Por otro lado, se debe pensar en la utilización de los laboratorios remotos e híbridos que les permiten a los estudiantes interactuar con equipos reales de forma virtual, lo que amplía las oportunidades de aprendizaje experimental más allá del aula y el horario escolar. Esta modalidad es especialmente pertinente en tiempos de restricción presencial o en zonas donde los recursos físicos para la experimentación son escasos.

Figura 5.
Tecnologías Activas para Potenciar el Aprendizaje Científico



(Basado en Quintanilla Borda, 2021; Osborne & Dillon, 2008) (Ilustración generada por IA mediante ChatGPT (OpenAI, 2025). Cada tecnología ofrece entornos inmersivos que permiten a los estudiantes explorar conceptos científicos, realizar experimentos digitales, acceder a recursos integrados y vivir experiencias educativas enriquecidas.

El modelado científico asistido por computadora, utilizando software como Algodoo, Tracker o herramientas basadas en Python y GeoGebra, ofrece a los estudiantes la posibilidad de construir, simular y validar modelos físicos de forma autónoma, promoviendo un enfoque investigativo del aprendizaje. Como afirman Oh y Oh (2011), el modelado no solo apoya la representación de ideas científicas, sino que fortalece la comprensión del carácter tentativo, predictivo y explicativo de la ciencia.

De igual forma, el uso de dispositivos móviles con sensores integrados (como acelerómetros, giroscopios y sensores de luz) permite convertir los teléfonos inteligentes en laboratorios portátiles. Esto democratiza el acceso a experiencias experimentales, posibilitando que los estudiantes realicen mediciones físicas en su entorno inmediato y las analicen mediante aplicaciones accesibles y gratuitas.

Figura 6.

Entornos Digitales para el Aprendizaje Activo de las Ciencias



(Adaptado de Quintanilla Borda, 2021; Hennessy, Wishart, Whitelock, & Deaney, 2007; Sotiriou & Bogner, 2008). Estas herramientas fomentan la experimentación, la visualización de fenómenos complejos y el aprendizaje autónomo, promoviendo una enseñanza más dinámica y significativa.

En relación con el desarrollo de creencias epistemológicas más alineadas con la práctica científica, la integración de tecnologías emergentes resulta clave. Al facilitar la participación activa, la toma de decisiones basada en datos y la argumentación fundamentada, estas tecnologías contribuyen a transformar la visión del estudiante sobre la ciencia, desde una perspectiva estática y memorística hacia una más dinámica, crítica y constructiva (Driver et al., 1994; Abrahams & Millar, 2008).

De manera que, el uso de tecnologías emergentes en la enseñanza de la física representa una oportunidad para potenciar la experimentación y el modelado científico como prácticas centrales del aprendizaje significativo; ya que, al incorporar estas herramientas en el aula, se favorece no solo el desarrollo de competencias científicas y digitales, sino también la formación de una actitud investigativa y reflexiva en los estudiantes.

2.8. Transformación de la Enseñanza de la Física

Transformar la enseñanza de la física requiere un enfoque que tome en cuenta las creencias de los estudiantes y las utilice como punto de partida para el desarrollo de estrategias pedagógicas innovadoras (Mazur, 1997). El cambio hacia métodos centrados en el estudiante, que promuevan la discusión, la indagación y el aprendizaje activo, ha demostrado ser una vía eficaz para fomentar una comprensión más profunda de los conceptos físicos y mejorar el rendimiento académico (Bransford et al., 2000).

Estrategias como la enseñanza por pares, donde los estudiantes discuten y analizan conceptos entre ellos, pueden ayudar a que las ideas erróneas sean cuestionadas en un entorno seguro, promoviendo así un cambio en las creencias y una mayor asimilación de los conocimientos científicos (Mazur, 1997).

Capítulo III

3. Marco Metodológico

"La educación es la más poderosa arma que puedes usar para cambiar el mundo"

- Nelson Mandela.

3.1. Enfoque de la Investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, de carácter descriptivo y exploratorio, con el fin de analizar las concepciones de los estudiantes de educación media (10.º, 11.º y 12.º grados) del bachillerato en ciencias, sobre la naturaleza de la ciencia y el modelado científico en la enseñanza de la física.

El enfoque cuantitativo se justifica por la necesidad de recopilar, medir y analizar información objetiva sobre las percepciones estudiantiles, utilizando procedimientos sistemáticos que permitan identificar patrones de pensamiento, tensiones cognitivas y concepciones implícitas y explícitas.

Se emplea un cuestionario estructurado de escala Likert, instrumento ampliamente validado en estudios educativos para medir actitudes, percepciones y competencias

3.2. Tipo de Estudio

Este estudio se enmarca en una investigación no experimental de diseño transversal, caracterizada por la observación y análisis de fenómenos en su contexto natural, sin manipulación deliberada de variables (Reyes-Cruz, Garzón-Castrillón y Tapia-Sánchez, 2018). Este tipo de diseño permite obtener una "instantánea" de la situación actual de los estudiantes, capturando sus concepciones sin intervenir en sus procesos cognitivos ni en su instrucción formal (Fabila Echauri, Minami y Izquierdo Sandoval, 2013).

En un diseño transversal, la recolección de datos se realiza en un único momento temporal, lo que resulta idóneo para describir las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia y el modelado científico. Además, facilita la exploración de posibles relaciones entre estas concepciones y variables

contextuales, como el grado académico o el tipo de institución educativa (Cajar Cabrera, 2015).

El enfoque descriptivo del estudio busca representar con detalle las características y patrones de pensamiento de los estudiantes, permitiendo identificar tendencias comunes y divergencias en sus concepciones (Fabila Echauri et al., 2013). Por su parte, el enfoque exploratorio se justifica por la limitada producción investigativa local en el ámbito de la enseñanza de la física y el modelado científico en la educación media, lo que demanda una caracterización inicial del fenómeno (Reyes-Cruz et al., 2018).

El carácter transversal del estudio es pertinente, ya que los datos recolectados reflejan las concepciones de los estudiantes en un momento específico del ciclo escolar. Esto permite realizar comparaciones entre distintos niveles educativos sin las influencias del paso del tiempo o de procesos educativos posteriores (Cajar Cabrera, 2015).

3.3. Participantes

La muestra estuvo conformada por 275 estudiantes de instituciones educativas oficiales y particulares, seleccionados mediante un muestreo intencionado no probabilístico por conveniencia. Para la selección se priorizó la disponibilidad de los estudiantes, la accesibilidad geográfica de las instituciones y la pertinencia educativa en relación con el propósito del estudio, que se centra en el análisis de percepciones sobre la experimentación y el modelado científico en la enseñanza de la física.

La distribución de los participantes por nivel académico fue la siguiente:

- Décimo grado: 98 estudiantes
- Undécimo grado: 63 estudiantes
- Duodécimo grado: 114 estudiantes

Se optó por un muestreo por conveniencia en lugar de un muestreo aleatorio debido a las condiciones logísticas, temporales y de colaboración institucional requeridas para el acceso a los estudiantes. Esta estrategia se alinea con enfoques metodológicos de investigaciones similares, donde el objetivo no es alcanzar la generalización estadística de los resultados, sino lograr una representatividad suficiente que permita identificar patrones de respuesta significativos dentro del grupo estudiado.

No obstante, se reconoce que la naturaleza no probabilística del muestreo puede introducir sesgos de selección, ya que los estudiantes incluidos podrían no representar completamente la diversidad de la población total. Para mitigar este riesgo, se procuró incorporar estudiantes de distintos contextos socioculturales y educativos como lo son las instituciones públicas y privadas, ubicadas en diferentes regiones; favoreciendo así una muestra heterogénea que refleje distintas realidades educativas.

3.4. Escala de Likert como Instrumento de Investigación Educativa

La escala de Likert, desarrollada por Rensis Likert en 1932, es un instrumento ampliamente utilizado en las ciencias sociales para medir actitudes, percepciones y opiniones (Fabila Echauri et al., 2013). Según los autores, esta escala se caracteriza por su capacidad para captar información compleja a través de afirmaciones que los respondientes valoran en una escala ordinal, generalmente de cinco puntos, que va desde "totalmente en desacuerdo" hasta "totalmente de acuerdo". En el contexto de esta investigación, la escala de Likert se emplea para identificar patrones en las concepciones de los estudiantes sobre la ciencia y el modelado científico, permitiendo un análisis cuantitativo de sus respuestas.

Fabila Echauri et al. (2013) destacan que la escala de Likert es particularmente útil en investigaciones educativas debido a su facilidad de construcción, aplicación y

análisis estadístico. Además, su diseño permite la validación cuantitativa mediante procedimientos como el coeficiente Alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna y el análisis factorial para identificar dimensiones subyacentes en los datos. Estas características son fundamentales para garantizar la fiabilidad y validez del cuestionario utilizado en este estudio, que busca caracterizar las concepciones de los estudiantes de manera sistemática y rigurosa (Ver Anexo 1).

3.5. Instrumento de Recolección de Datos

Para la recolección de datos, se utilizó un cuestionario estructurado de escala tipo Likert, compuesto por 48 afirmaciones diseñadas para explorar las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia y el modelado científico.

El instrumento fue adaptado del cuestionario validado por Vasques Brandão, Solano Araujo, Veit y Lang da Silveira (2011), quienes desarrollaron un instrumento específico para analizar concepciones sobre los modelos científicos en el ámbito educativo, fundamentado en sólidos marcos teóricos de la epistemología de la ciencia y la enseñanza de las ciencias.

La adaptación del cuestionario implicó varias etapas:

- Selección inicial de ítems relevantes de la versión original, basados en su pertinencia a los objetivos del presente estudio.
- Revisión semántica y lingüística de cada afirmación, con el fin de ajustarlas al contexto sociocultural y educativo panameño, siguiendo las recomendaciones de Fabila Echauri, Minami e Izquierdo Sandoval (2013) sobre la claridad, brevedad y relevancia en escalas de percepción.

- Revisión de contenido por parte de expertos en didáctica de la física y enseñanza de las ciencias, para asegurar la validez conceptual y minimizar interpretaciones ambiguas o erróneas.
- Prueba piloto limitada, en un grupo reducido de estudiantes, para evaluar la comprensión y la funcionalidad del instrumento antes de su aplicación definitiva.

El cuestionario se estructuró en torno a dos ejes conceptuales principales:

Naturaleza de la Ciencia (NdC): Incluye afirmaciones que exploran las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza, origen, validación, evolución y objetividad del conocimiento científico, así como sus ideas sobre el método científico.

Modelado Científico (MC): Abarca afirmaciones relativas a la función de los modelos en la ciencia, su papel explicativo y predictivo, sus limitaciones y su utilidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física.

Cada afirmación fue evaluada mediante una escala tipo Likert de cinco puntos:

Muy desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Muy de acuerdo
1	2	3	4	5

Esta estructura sigue la recomendación de utilizar escalas con número impar de categorías para capturar la posible neutralidad o indecisión de los participantes (Namakforoosh, 2000).

La escala tipo Likert fue seleccionada debido a su eficacia para medir percepciones, actitudes y creencias de manera sistemática y estandarizada en estudios educativos. Como destacan Spooren, Mortelmans y Denekens (2007) (citados en Fabila Echauri et al., 2013), esta escala facilita la transformación de resultados en

puntuaciones cuantificables y permite la identificación de tendencias a partir de opiniones subjetivas.

Durante la construcción y adaptación del instrumento, se observaron principios metodológicos esenciales, tales como:

- Evitar afirmaciones con dobles negaciones o ambigüedades.
- Formular enunciados breves (de menos de 20 palabras).
- Priorizar ítems que expresaran opiniones o creencias, evitando hechos objetivamente verificables.
- Garantizar que las afirmaciones fueran claras, pertinentes y relevantes al propósito del estudio.

Con este enfoque riguroso en el diseño y validación del cuestionario, se asegura que el instrumento sea confiable y adecuado para capturar con precisión las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia y el modelado científico.

3.6. Categorías Conceptuales del Cuestionario

Las 48 afirmaciones del cuestionario fueron organizadas en torno a cinco categorías epistemológicas específicas, derivadas tanto del marco teórico de referencia como de la estructura conceptual propuesta en estudios previos (Vasques Brandão et al., 2011). La agrupación de los ítems se realizó mediante un proceso de análisis de contenido, que consistió en revisar y clasificar cada afirmación según el concepto central que abordaba, garantizando una correspondencia lógica y teórica con las dimensiones de interés del estudio.

Las categorías conceptuales definidas son las siguientes:

Tabla 1.
Categorías Conceptuales del Cuestionario

Categoría	Descripción
Características del conocimiento científico	Incluye ítems que exploran concepciones sobre el rigor, la flexibilidad metodológica y el carácter provisional y revisable del conocimiento científico.
Método científico	Abarca afirmaciones relacionadas con la comprensión de los estudiantes sobre la estructura, los pasos, la diversidad de métodos y la naturaleza no lineal de la investigación científica.
Actividad científica y su naturaleza	Explora percepciones acerca de la ciencia como una actividad humana, reconociendo elementos de conflicto, subjetividad, intuición, creatividad y dimensión social en la producción del conocimiento.
Naturaleza de los modelos científicos	Indaga en qué medida los estudiantes conciben los modelos como representaciones ideales o simplificadas de la realidad, o como construcciones humanas sujetas a cambios y limitaciones.
Función de los modelos científicos	Representación, predicción y explicación de fenómenos.
Limitaciones de los modelos científicos	Comprende ítems que abordan las funciones explicativas, predictivas y representacionales de los modelos, así como sus alcances, restricciones y su papel en el avance del conocimiento en física.

Cada afirmación del cuestionario fue cuidadosamente asignada a una de estas categorías en función de su contenido temático, asegurando que las agrupaciones reflejaran de manera coherente los objetivos de investigación. Esta organización conceptual permite no solo analizar de manera detallada las concepciones de los estudiantes, sino también identificar patrones de pensamiento específicos en torno a la naturaleza de la ciencia y el modelado científico.

3.7. Procedimiento de Aplicación del Cuestionario

La aplicación del cuestionario se llevó a cabo de manera presencial, durante el horario escolar habitual, en las instalaciones de los centros educativos participantes. La administración del instrumento respetó las recomendaciones metodológicas para estudios educativos, priorizando la claridad de instrucciones, la voluntariedad y la

confidencialidad de las respuestas (Fabila Echauri, Minami y Izquierdo Sandoval, 2013).

Antes de iniciar la aplicación, se realizó una breve explicación oral a los estudiantes sobre el propósito del cuestionario, aclarando que no tenía un carácter evaluativo ni afectaría sus calificaciones académicas. Se enfatizó que el objetivo era recoger sus opiniones personales acerca de la ciencia y el modelado científico, siguiendo buenas prácticas de investigación educativa que buscan minimizar sesgos de respuesta (Reyes-Cruz, Garzón-Castrillón y Tapia-Sánchez, 2018).

Cada participante recibió un cuestionario impreso y contestó de forma individual. El tiempo promedio destinado a la actividad fue de 30 a 45 minutos, en función del ritmo de lectura y comprensión de cada estudiante. No se solicitó información personal identificable en los cuestionarios, garantizando así el anonimato y protegiendo la privacidad de los participantes, en cumplimiento de los principios éticos recomendados para investigaciones con menores de edad (Cajar Cabrera, 2015).

La administración presencial permitió controlar el entorno de aplicación y asegurar que las respuestas fueran producto de una reflexión individual, sin influencias externas, condición importante para estudios de percepción y actitud (Fabila Echauri et al., 2013).

3.7.1. Validación Interna del Instrumento

El instrumento de evaluación aplicado en esta investigación constó de 48 ítems, diseñados para explorar las concepciones de los estudiantes de bachillerato en ciencias sobre la naturaleza de la ciencia, el método científico, la actividad y el modelado científicos. La confiabilidad interna del instrumento fue evaluada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.767.

Este resultado indica una buena consistencia interna, lo cual respalda la fiabilidad del instrumento para medir las creencias epistemológicas de los estudiantes. De

acuerdo con Cronbach (1951) y Nunnally y Bernstein (1994), un valor de $\alpha \geq 0.70$ se considera aceptable para investigaciones en ciencias sociales, lo que permite inferir que los ítems del cuestionario están adecuadamente correlacionados y miden aspectos relacionados de manera coherente (Oviedo & Campo-Arias, 2005).

Además, se examinó el impacto de cada ítem en la consistencia general del instrumento. El análisis mostró que la eliminación de ninguno de los ítems mejoraría significativamente el alfa global, lo cual sugiere que todos los ítems aportan información útil y deben mantenerse en versiones futuras del instrumento. Esto refuerza la validez de los datos obtenidos y respalda la interpretación de los resultados estadísticos posteriores (George & Mallery, 2003; Tavakol & Dennick, 2011). (Ver Anexo 2).

3.8. Análisis de Datos

El análisis de los datos se realizó siguiendo un enfoque cuantitativo, mediante el uso de herramientas estadísticas descriptivas e inferenciales, conforme a las recomendaciones metodológicas para el tratamiento de escalas tipo Likert en investigación educativa (Fabila Echaury et al., 2013).

El proceso de análisis se estructuró en las siguientes etapas:

3.8.1. Análisis Descriptivo

Se calcularon frecuencias absolutas y relativas para cada opción de respuesta, así como medidas de tendencia central (media y mediana) y medidas de dispersión (desviación estándar) para cada afirmación individual y para cada dimensión conceptual (Naturaleza de la Ciencia -NdC- y Modelado Científico -MC). Estos procedimientos permitieron ofrecer una caracterización detallada del comportamiento general de las concepciones estudiadas (Reyes-Cruz et al., 2018).

3.8.2. Análisis por Dimensiones

Las respuestas se agruparon en función de los dos ejes conceptuales principales [Naturaleza de la Ciencia (NdC) y Modelado Científico (MC)]. Para cada eje se calcularon puntajes promedio y se analizaron las tendencias globales de las concepciones.

3.8.3. Clasificación de Concepciones

Se establecieron criterios de interpretación basados en las puntuaciones promedio:

- **Concepciones acordes con el conocimiento científico** (puntajes altos en afirmaciones epistemológicamente correctas),
- **Concepciones alternativas o erróneas** (puntajes bajos o inversión en ítems críticos),
- **Posiciones indecisas** (predominio de respuestas neutrales).

Esta categorización facilita la interpretación de patrones de pensamiento y la identificación de posibles tensiones cognitivas en el alumnado, siguiendo estrategias de análisis propuestas en estudios previos sobre concepciones científicas (Fabila Echauri et al., 2013).

Tabla 2.*Criterios de respuestas aceptables por categoría Características del Conocimiento Científico*

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación de aceptación
1	La ciencia es un conjunto de verdades absolutas.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	El conocimiento científico es provisional y está sujeto a revisión (Lederman, 2007).
4	La ciencia es objetiva y no depende de creencias.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	La ciencia involucra interpretaciones humanas, por lo tanto no es totalmente objetiva.
5	Las teorías científicas son hipótesis comprobadas.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	Las teorías explican fenómenos y no son simplemente hipótesis verificadas.
6	Las teorías cambian con nuevas evidencias.	De acuerdo / Totalmente de acuerdo	Acorde con la visión dinámica y revisable de la ciencia.
8	La ciencia cambia con el tiempo.	De acuerdo / Totalmente de acuerdo	Refleja el carácter evolutivo del conocimiento científico.
12	Los científicos confirman teorías a través de experimentos.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	Muestra una concepción empirista reduccionista. Los experimentos no solo confirman, también refutan y exploran.
13	El conocimiento científico puede cambiar con nuevas ideas.	De acuerdo / Totalmente de acuerdo	Coherente con la visión actual de la naturaleza tentativamente del conocimiento.
14	Los descubrimientos científicos son definitivos.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	Contradice la provisionalidad del conocimiento científico.
18	Los científicos deben seguir siempre el método científico paso a paso.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	No existe un único método universal; la práctica científica es diversa y flexible.
22	La ciencia siempre sigue un procedimiento lineal.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	El proceso científico es cíclico y no lineal.

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación de aceptación
23	Los resultados científicos deben coincidir exactamente con la teoría.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	No toda investigación debe confirmar teorías; también se busca contrastarlas.
24	Las teorías científicas no cambian.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	Nuevas evidencias pueden modificar o reemplazar teorías.

Tabla 3.
Criterios de respuestas aceptables por categoría Método Científico

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación de aceptación
3	El método científico garantiza resultados verdaderos.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	El método no garantiza verdades; los resultados científicos son tentativos y revisables.
7	Toda investigación debe iniciar con una hipótesis.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	No todos los estudios requieren hipótesis previas (por ejemplo, investigación exploratoria).
10	Todos los científicos usan el mismo método.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	La ciencia no sigue un método único y rígido; hay diversidad metodológica.
17	Si se sigue el método, el resultado siempre es correcto.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	No existen garantías absolutas; incluso siguiendo procedimientos rigurosos, pueden surgir errores o nuevas interpretaciones.
19	El método científico es igual en todas las áreas de la ciencia.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	Cada disciplina puede aplicar diferentes enfoques, técnicas e instrumentos.

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación de aceptación
21	El método científico consta de pasos ordenados que siempre se deben seguir.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	Esta visión es simplista y no representa la naturaleza flexible del trabajo científico.
25	No se puede hacer ciencia sin seguir el método paso a paso.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	La ciencia incluye creatividad, interpretación y diversidad de métodos, no solo secuencias preestablecidas.

Tabla 4.
Criterios de respuestas aceptables por categoría Actividad Científica y su Naturaleza

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación
2	La ciencia no se ve influenciada por el contexto social o cultural.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	La ciencia es una actividad humana influida por factores sociales, históricos y culturales (Lederman, 2007).
9	Los científicos trabajan siempre de forma aislada.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	El trabajo científico es colaborativo y se desarrolla en comunidades de investigación.
11	Las ideas científicas surgen espontáneamente.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	El conocimiento se construye mediante observación, razonamiento y validación colectiva.
15	La actividad científica está libre de intereses.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	La ciencia puede estar influenciada por intereses políticos, económicos y personales.

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación
16	Las investigaciones científicas son iguales en todas las culturas.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	El contexto cultural influye en los enfoques, objetivos y métodos de investigación.
20	Todos los científicos deben pensar igual.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	La pluralidad de perspectivas es esencial para el avance del conocimiento científico.
26	Las ideas científicas se descubren, no se construyen.	En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo	La ciencia implica construcción activa de conocimiento a partir de interpretaciones, no solo descubrimiento pasivo de verdades.

Tabla 5.

Criterios de respuestas aceptables por categoría Naturaleza de los Modelos Científicos

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación
27	Los modelos deben representar exactamente la realidad.	En desacuerdo	Los modelos son simplificaciones, no copias exactas (Gil-Pérez, Justi).
28	Un modelo es una imagen idéntica del objeto que representa.	En desacuerdo	Representación idealizada, no reproducción literal.
30	Un modelo puede cambiar con nueva información.	De acuerdo	Refleja el carácter revisable y tentativo del conocimiento científico.

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación
31	Los modelos sirven para explicar fenómenos.	De acuerdo	Función explicativa: esencial para el aprendizaje y desarrollo científico.
32	Los modelos pueden predecir comportamientos.	De acuerdo	Función predictiva reconocida como central en la ciencia.
33	Un modelo no necesita ser visual.	De acuerdo	Existen modelos conceptuales, matemáticos, verbales, etc.
34	Todos los modelos deben ser dibujos.	En desacuerdo	Concepción reduccionista; hay múltiples tipos de modelos.
35	Un modelo puede ser útil aunque no sea real.	De acuerdo	Lo importante es su utilidad explicativa/predictiva, no su literalidad.
36	Un modelo es correcto si es igual a lo que representa.	En desacuerdo	Los modelos deben ser evaluados por su coherencia, no por realismo.
37	Los científicos usan modelos para comunicar ideas.	De acuerdo	Función comunicativa reconocida en el trabajo científico.

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación
40	Los modelos cambian cuando los científicos los mejoran.	De acuerdo	Implica comprensión del carácter dinámico de los modelos.
42	Un modelo puede representar lo que no se puede ver.	De acuerdo	Reconoce el valor del modelo en fenómenos microscópicos o abstractos.
43	Todos los científicos deben estar de acuerdo con un solo modelo.	En desacuerdo	Puede haber múltiples modelos útiles según la perspectiva.
46	Un modelo es solo una herramienta escolar.	En desacuerdo	Reduccionismo escolar; los modelos son herramientas de la ciencia real.
48	No todos los modelos sirven para todo.	De acuerdo	Los modelos son contextuales, no universales.

Tabla 6.*Criterios de respuestas aceptables por categoría Función de los Modelos Científicos*

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación
29	Los modelos solo sirven para ilustrar conceptos.	En desacuerdo	Concepción reducida: los modelos tienen funciones explicativas y predictivas, no solo ilustrativas.
38	Los modelos permiten hacer predicciones.	De acuerdo	Reconoce una de las funciones más relevantes en el uso científico de modelos.
39	Los modelos ayudan a entender fenómenos complejos.	De acuerdo	Refleja la función explicativa de los modelos.
41	Usar modelos permite anticipar resultados de experimentos.	De acuerdo	Destaca la función predictiva de los modelos.
44	Los modelos no ayudan a generar nuevas ideas.	En desacuerdo	Los modelos son instrumentos heurísticos, útiles para generar hipótesis y explicaciones.
45	Los modelos pueden cambiar la forma en que vemos un fenómeno.	De acuerdo	Refleja el valor interpretativo y transformador de los modelos en la construcción de conocimiento.

Tabla 7.
Criterios de respuestas aceptables por categoría Limitaciones y Variabilidad de los Modelos

Ítem	Afirmación (resumida)	Respuesta aceptable	Justificación
30	Un modelo puede cambiar con nueva información.	De acuerdo	Refleja el carácter tentativo y revisable de los modelos científicos.
35	Un modelo puede ser útil aunque no sea real.	De acuerdo	Reconoce la función práctica de los modelos más allá de su realismo.
36	Un modelo es correcto si es igual a lo que representa.	En desacuerdo	Rechaza la idea errónea de exactitud absoluta; lo importante es su coherencia y funcionalidad.
43	Todos los científicos deben estar de acuerdo con un solo modelo.	En desacuerdo	Reconoce la coexistencia de múltiples modelos para un mismo fenómeno según la perspectiva o utilidad.
47	No se puede tener más de un modelo para el mismo fenómeno.	En desacuerdo	Reconoce que múltiples modelos pueden coexistir y aportar comprensiones complementarias.

3.8.4. Análisis Comparativo por Kruskal-Wallis

Con el propósito de determinar si existían diferencias significativas entre los grupos de estudiantes de los grados décimo, undécimo y duodécimo, se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, dado que los datos obtenidos no seguían una distribución normal, como se verificó mediante pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk).

La prueba de Kruskal-Wallis es adecuada para comparar más de dos grupos independientes cuando no se cumplen los supuestos de normalidad. Esta técnica permitió identificar si existían diferencias en las medianas de las respuestas aceptables en cada categoría conceptual.

3.9. Consideraciones Éticas

El presente estudio se ajustó estrictamente a los principios éticos de la investigación educativa, particularmente en contextos que involucran la participación de menores de edad. Se garantizó el **respeto**, la **confidencialidad**, la **participación voluntaria**, y el **derecho a la privacidad** de todos los participantes, de acuerdo con las normas éticas internacionales y las directrices nacionales vigentes.

3.9.1. Principios generales de ética aplicada

La investigación se basó en los principios éticos fundamentales establecidos por:

- La Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013), que orienta la protección de los derechos, seguridad y bienestar de los sujetos participantes.

- El Código de Núremberg (1947), que subraya la necesidad del consentimiento voluntario del participante.
- Las Normas de Ética en Investigación en Educación propuestas por la American Educational Research Association (AERA, 2011), que destacan la importancia de la equidad, transparencia y responsabilidad en el tratamiento de datos educativos.

Estos marcos normativos recomiendan que toda participación de estudiantes menores de edad debe estar mediada por procesos de consentimiento institucional y, en su caso, consentimiento informado de los padres o tutores.

3.9.2. Procedimientos éticos específicos implementados

- 1. Consentimiento institucional:** Antes de la aplicación de los instrumentos, se obtuvo autorización formal de las autoridades de los colegios participantes, quienes evaluaron y aprobaron los protocolos de la investigación.
- 2. Información previa a los estudiantes:** Se proporcionó una explicación clara y accesible a los participantes sobre el propósito de la investigación, la naturaleza voluntaria de su participación y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias negativas (Fabila Echauri, Minami y Izquierdo Sandoval, 2013).
- 3. Consentimiento voluntario:** Los estudiantes participaron libremente, sin coerción ni presión externa, siguiendo las buenas prácticas indicadas en la literatura sobre evaluación educativa ética (Reyes-Cruz, Garzón-Castrillón y Tapia-Sánchez, 2018).
- 4. Anonimato y confidencialidad:** No se recolectaron nombres ni datos personales identificables en los cuestionarios. La información fue codificada y resguardada de forma segura para impedir cualquier posibilidad de identificación

de los participantes, en conformidad con la Ley 81 de Protección de Datos Personales de Panamá (2019).

5. **Minimización de riesgos:** El cuestionario fue diseñado para no implicar ningún tipo de daño psicológico, emocional o académico a los estudiantes. Se aseguraron condiciones de aplicación adecuadas y un entorno respetuoso.
6. **Uso exclusivo académico:** Los datos recolectados fueron utilizados únicamente con fines académicos y de investigación educativa, sin fines comerciales ni de lucro, siguiendo las directrices éticas internacionales.

Capítulo IV

4. Resultados

"Lo que sabemos es una gota, lo que ignoramos es un océano" - Isaac Newton.

4.1. Resultados de Décimo

Tabla 8.

Resultados de la encuesta aplicada a los grupos de décimo de escuelas privadas y oficiales

1.Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho,describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
24	56	6	9	3	
2.Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
16	41	22	15	4	
3.Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
19	34	19	22	4	
4.El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
52	37	6	2	1	
5.Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
24	42	21	11	0	
6.Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones					Totales
MA	A	I	D	MD	98
35	33	22	6	2	

7.El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
40	36	12	7	3	
8.Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
11	42	28	15	2	
9.Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
28	35	17	14	4	
10.La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
55	30	6	6	1	
11.Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
21	36	22	15	4	
12.Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
30	43	17	6	2	
13.La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
43	31	10	12	2	

14.La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
6	19	45	21	7	
15.No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
16	24	32	18	8	
16.La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
17	50	18	13	0	
17.Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
10	32	14	34	8	
18.El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
55	35	5	1	2	
19.La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
29	50	13	5	1	
20.La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
13	14	38	21	11	

21.Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
13	29	32	18	6	
22.Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
34	46	9	8	1	
23.Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
22	33	20	16	7	
24.Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
23	46	19	8	2	
25.La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
19	27	27	22	3	
26.La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos					Totales
MA	A	I	D	MD	98
15	25	32	18	8	
27.Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
32	34	14	14	4	

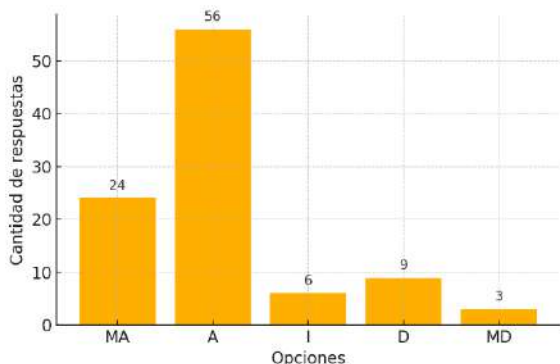
28.Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
15	24	50	7	2	
29.Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio					Totales
MA	A	I	D	MD	98
12	16	26	36	8	
30.Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
30	33	22	8	5	
31.Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
26	35	26	7	4	
32.Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
7	29	51	7	4	
33.Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
9	43	28	13	5	
34.Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
8	41	31	15	3	

35. Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
26	37	23	9	3	
36. Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
16	58	16	8	0	
37. La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
29	45	11	9	4	
38. Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
12	32	29	18	7	
39. Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
10	26	26	26	10	
40. Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
22	53	16	6	1	
41. Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
17	42	30	9	0	

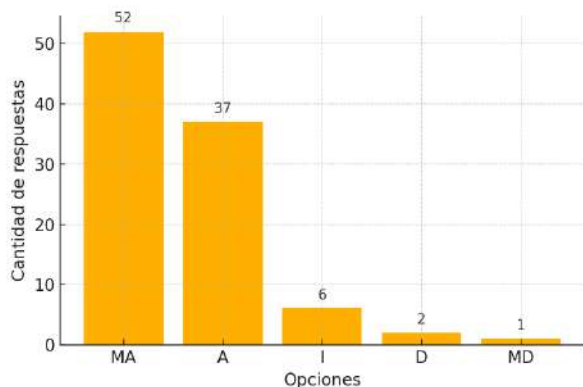
42.La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
17	24	38	14	5	
43.Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
14	44	27	10	3	
44.Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
9	40	27	16	6	
45.Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
14	36	30	16	2	
46.No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
9	21	27	28	13	
47.Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
10	20	23	29	16	
48.Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	98
21	36	27	9	5	

4.2. Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC)

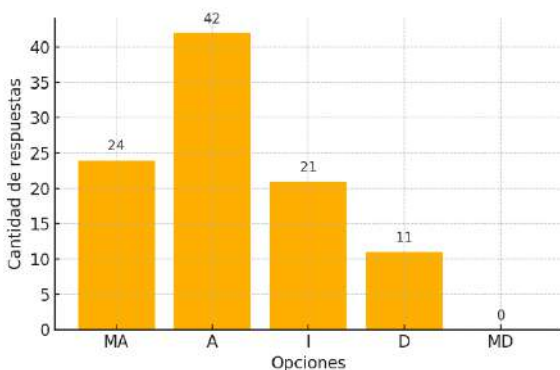
4.2.1. Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico



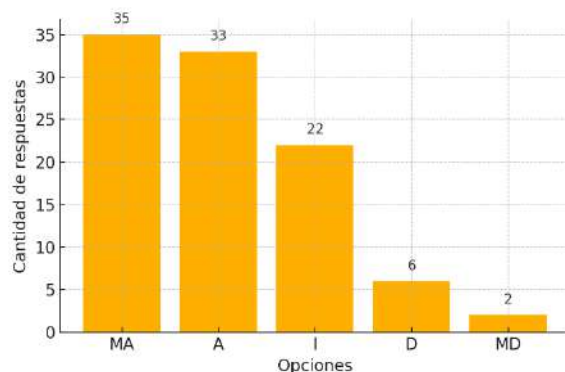
Gráfica 1. Pregunta 1, Nivel 10 - Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.



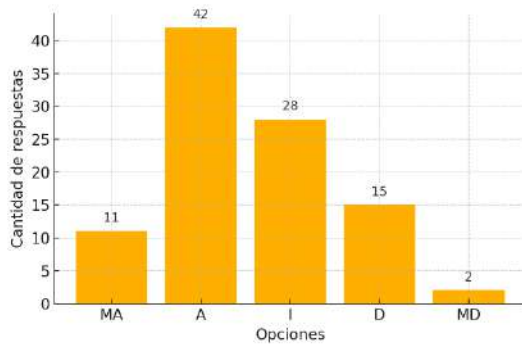
Gráfica 4. Pregunta 4, Nivel 10 - El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.



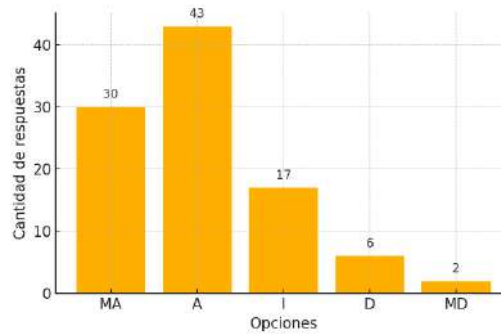
Gráfica 5. Pregunta 5, Nivel 10 – Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.



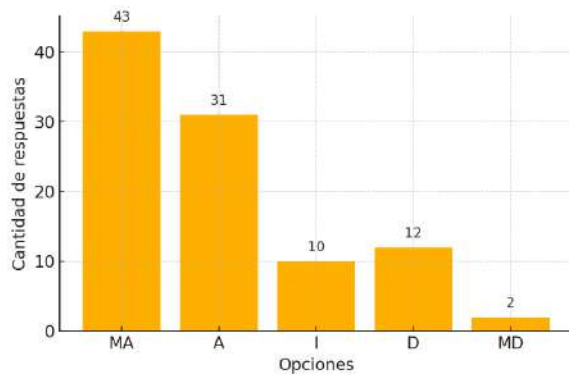
Gráfica 6. Pregunta 6, Nivel 10 - Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones



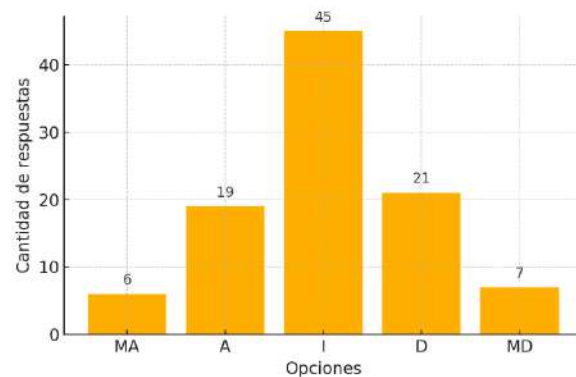
Gráfica 8. Pregunta 8, Nivel 10 - Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.



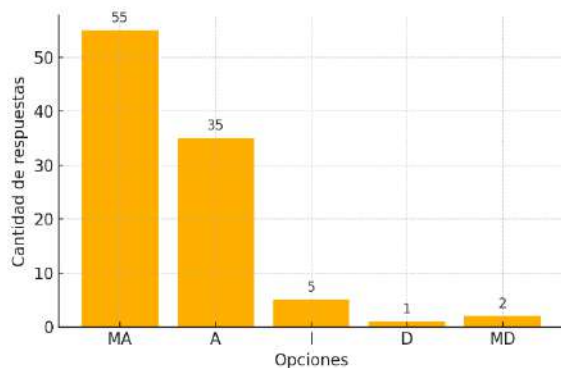
Gráfica 12. Pregunta 12, Nivel 10 - Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.



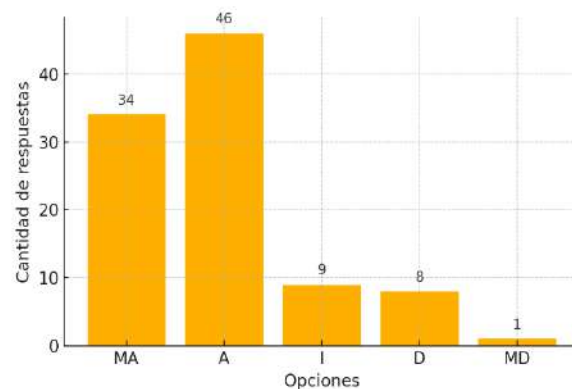
Gráfica 13. Pregunta 13, Nivel 10 - La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.



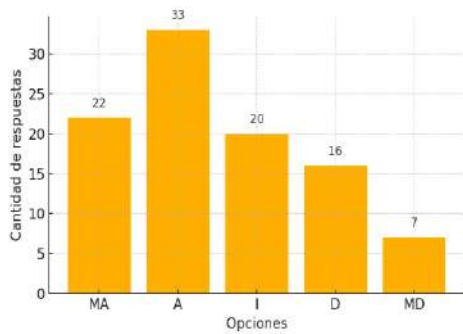
Gráfica 14. Pregunta 14, Nivel 10 - La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.



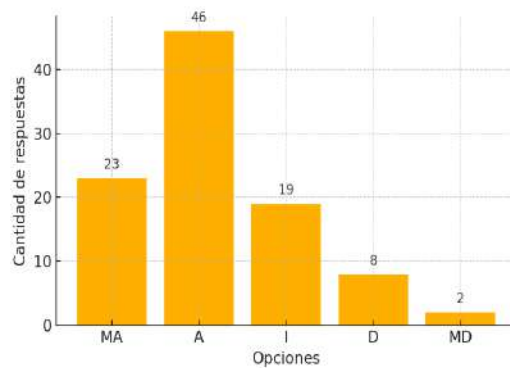
Gráfica 18. Pregunta 18, Nivel 10 - El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.



Gráfica 22. Pregunta 22, Nivel 10 - Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.



Gráfica 23. Pregunta 23, Nivel 10 - Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.



Gráfica 24. Pregunta 24, Nivel 10 – Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.

Con base en los datos proporcionados de la encuesta aplicada a estudiantes de nivel 10, correspondiente a la Categoría 1.1: Características del conocimiento científico del Eje 1 (Naturaleza de la Ciencia), se observa un panorama mixto en sus concepciones. Un 56% de los estudiantes está de acuerdo en que las teorías científicas describen completamente la naturaleza (Pregunta 1), lo que refleja una visión realista e ingenua que percibe las teorías como representaciones exhaustivas de la realidad. Asimismo, el 52% asocia el progreso científico con el desarrollo de teorías "más verdaderas" (Pregunta 4), sugiriendo una concepción acumulativa en lugar de una perspectiva que contemple la revisión o reemplazo de paradigmas. Estas tendencias indican que una parte significativa de los estudiantes aún no comprende plenamente el carácter aproximado y humano de las teorías científicas.

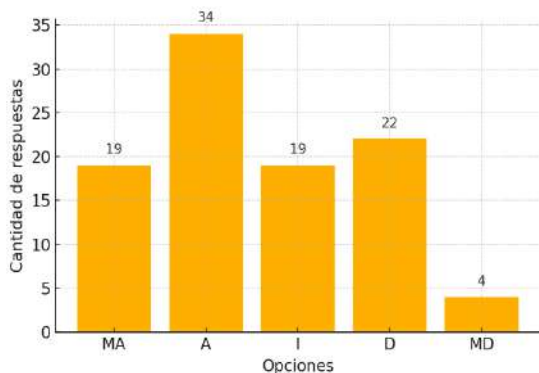
Por otro lado, hay avances notables en el reconocimiento del carácter tentativo del conocimiento científico. Un 42% de los estudiantes acepta que las teorías pueden ser incorrectas en ciertos contextos (Pregunta 5), y un 46% entiende que las discrepancias entre teorías y datos observacionales pueden invalidarlas (Pregunta 14), lo que evidencia una comprensión de la falibilidad y revisabilidad de la ciencia. Sin embargo, la indecisión en la Pregunta 5 (21%) y la minoría que discrepa en la

Pregunta 14 (13% MD) señalan cierta inseguridad epistemológica que podría requerir mayor refuerzo. Asimismo, el 55% reconoce la ciencia como un proceso progresivo e inseguro, abierto a nuevas ideas (Pregunta 13), lo que muestra una visión más dinámica, aunque el 33% que vincula el avance a la resolución de problemas humanos (Pregunta 18) sugiere una perspectiva menos crítica.

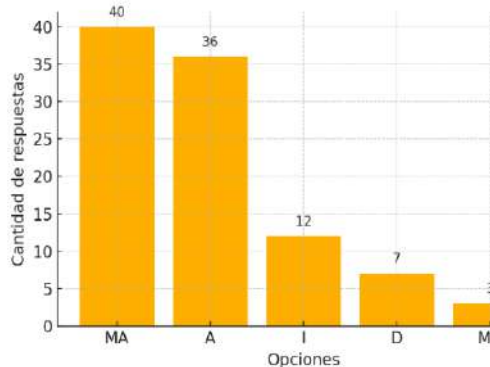
En cuanto al rol de la evidencia, los resultados presentan contradicciones interesantes. Un 43% considera que las observaciones y experimentos son fuentes indudables de conocimiento (Pregunta 12), lo que choca con el 37% que discrepa en que los datos están influenciados por supuestos teóricos (Pregunta 8). Esta inconsistencia revela una ambigüedad en la percepción de los estudiantes sobre la naturaleza teórica de la evidencia experimental. A pesar de esto, el 46% comprende que las leyes científicas surgen de generalizaciones basadas en múltiples observaciones (Pregunta 22), lo que destaca una fortaleza en el entendimiento del carácter empírico y generalizador de las leyes.

En síntesis, los estudiantes muestran fortalezas en el reconocimiento del carácter tentativo, revisable y generalizador de la ciencia, especialmente en las preguntas relacionadas con la falibilidad de las teorías y la formación de leyes. Sin embargo, persisten dificultades asociadas a visiones realistas ingenuas que consideran las teorías como representaciones completas, así como contradicciones en la valoración de la evidencia experimental. Estas áreas sugieren la necesidad de intervenir con estrategias pedagógicas que promuevan una comprensión más crítica y matizada de la naturaleza de la ciencia.

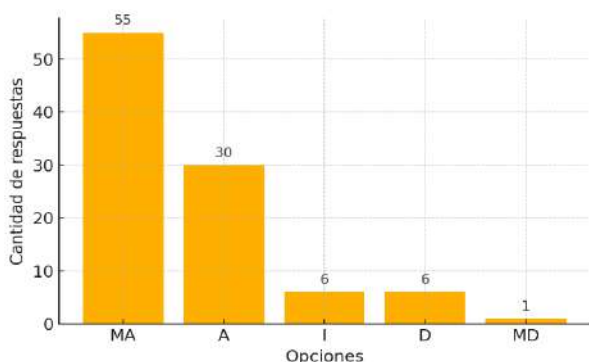
4.2.2. Categoría 1.2: Método científico



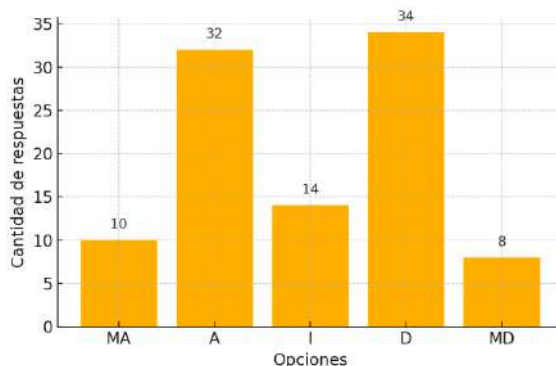
Gráfica 3. Pregunta 3, Nivel 10 – Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.



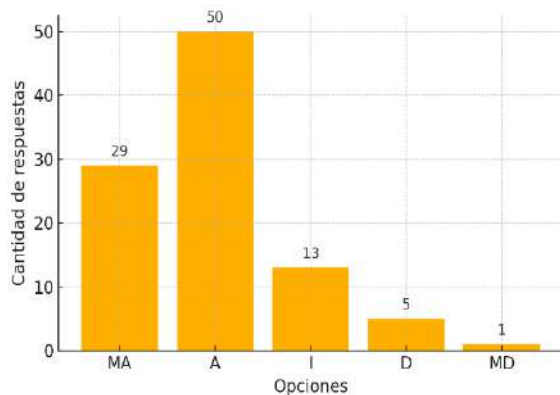
Gráfica 7. Pregunta 7, Nivel 10 – El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.



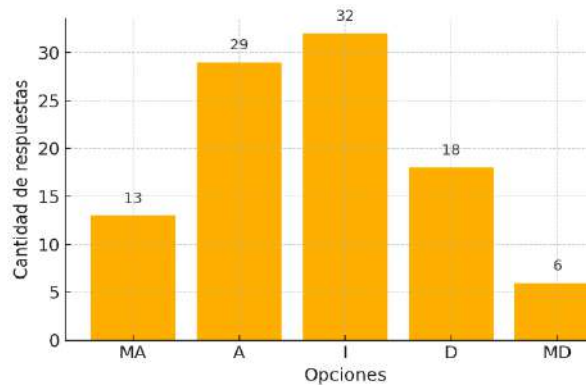
Gráfica 10. Pregunta 10, Nivel 10 - La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.



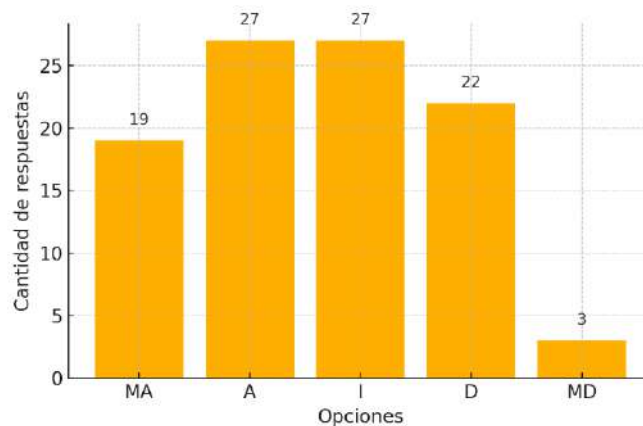
Gráfica 17. Pregunta 17, Nivel 10 - Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.



Gráfica 19. Pregunta 19, Nivel 10 - La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.



Gráfica 21. Pregunta 21, Nivel 10 - Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.



Gráfica 25. Pregunta 25, Nivel 10 - La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.

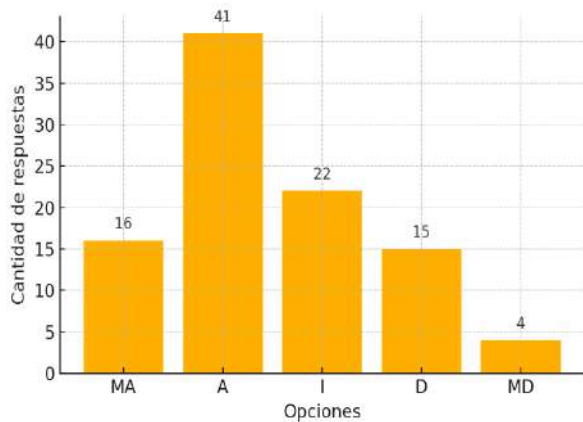
Los resultados obtenidos de las preguntas asociadas a la Categoría 1.2: Método científico, aplicadas a estudiantes de nivel 10, ofrecen una visión detallada de sus concepciones sobre este pilar esencial de la ciencia. Un análisis de las respuestas revela tanto avances como limitaciones significativas. Por ejemplo, en la Pregunta 3, un 48% de los estudiantes está de acuerdo o muy de acuerdo (MA: 26%, A: 22%) con que los científicos deben abstenerse de ideas previas al realizar observaciones o experimentos, lo que refleja una visión idealizada de la objetividad científica que no considera la influencia inevitable de teorías y supuestos previos. De manera

similar, la Pregunta 7 muestra que un 52% (MA: 35%, A: 17%) cree que la ciencia debe partir siempre de la observación y experimentación, evidenciando una concepción lineal y tradicional del método científico que puede limitar la comprensión de su carácter dinámico y creativo.

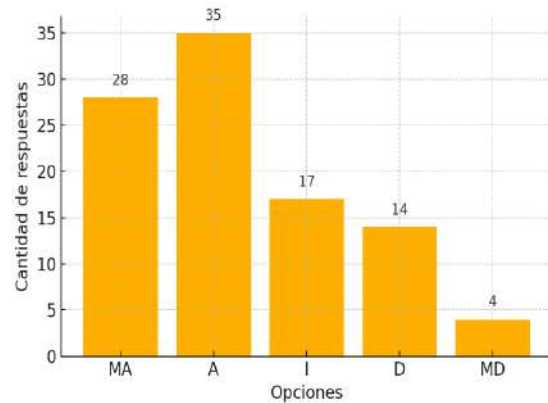
Esta percepción rígida se refuerza en la Pregunta 10, donde un 46% (MA: 28%, A: 18%) considera que seguir estrictamente las etapas del método científico garantiza objetividad, presentando el método como una fórmula infalible más que como un proceso adaptable. Asimismo, en la Pregunta 17, un 41% (MA: 21%, A: 20%) atribuye los errores científicos únicamente a fallos metodológicos, subestimando factores como la complejidad de los fenómenos o las limitaciones técnicas, con solo un 12% en desacuerdo (D: 8%, MD: 4%). En contraste, la Pregunta 19 indica un avance positivo, ya que un 47% (MA: 29%, A: 18%) reconoce la experimentación como un mecanismo clave para validar hipótesis, aunque este entendimiento tiende a sobrevalorar su rol confirmatorio, dejando de lado su función exploratoria.

Un progreso notable se observa en la Pregunta 21, donde un 38% (MA: 18%, A: 20%) cuestiona el mito de un método científico único que asegura resultados correctos, aunque un 27% permanece indeciso, lo que sugiere un desarrollo incipiente de una visión más crítica. Sin embargo, la Pregunta 25 revela una limitación importante: un 54% (MA: 27%, A: 27%) afirma que el conocimiento científico solo puede derivarse de la observación y experimentación, ignorando la relevancia de la formulación teórica, el razonamiento abstracto y el modelado. En síntesis, los estudiantes muestran fortalezas al valorar la experimentación y comenzar a cuestionar la rigidez del método científico, pero persisten desafíos relacionados con una visión mecanicista y lineal, una idealización de la objetividad y una comprensión limitada de la flexibilidad y creatividad inherentes al proceso científico.

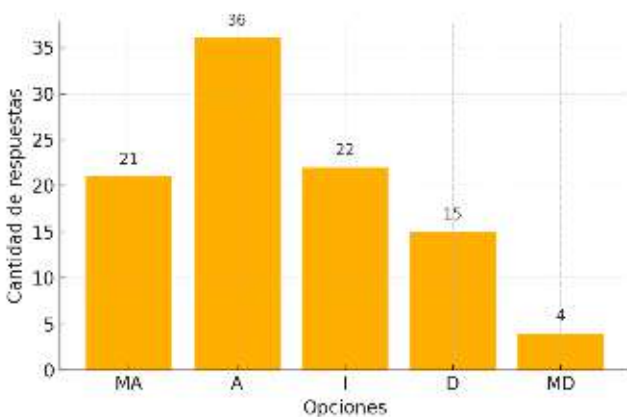
4.2.3. Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza



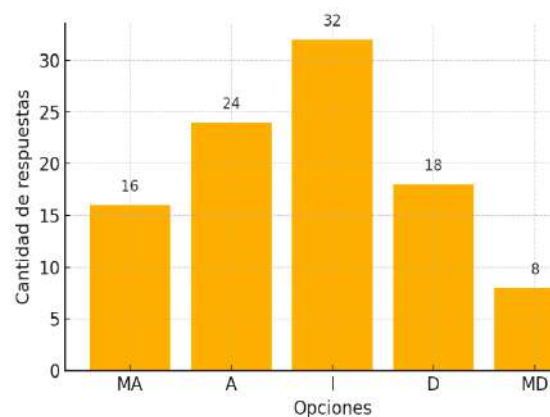
Gráfica 2. Pregunta 2, Nivel 10 - Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.



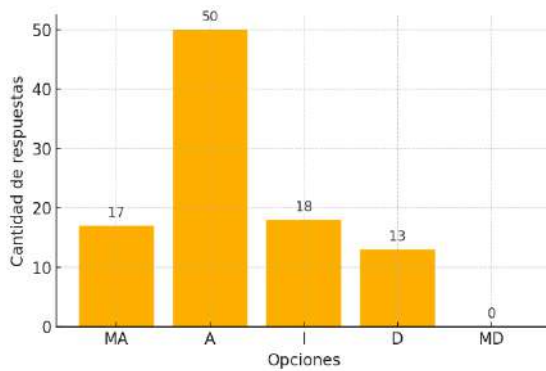
Gráfica 9. Pregunta 9, Nivel 10 - Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.



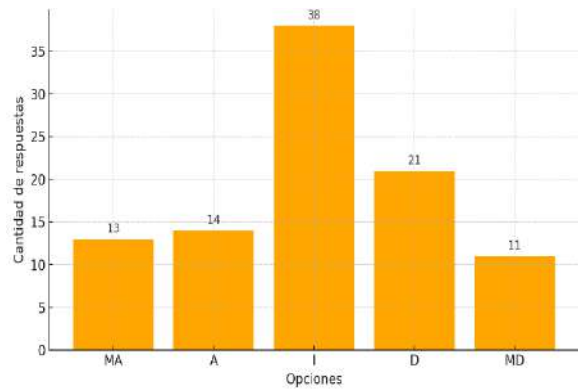
Gráfica 11. Pregunta 11, Nivel 10 - Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.



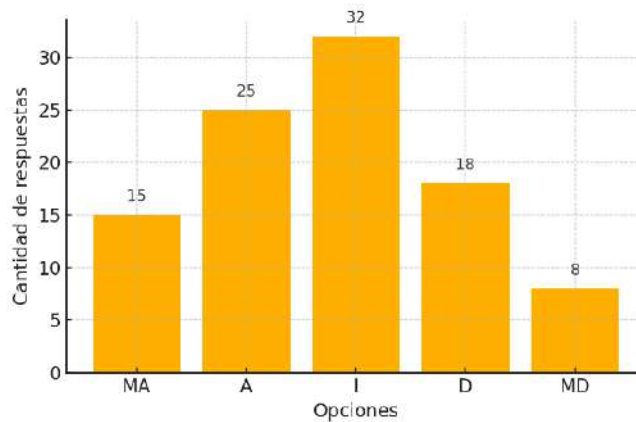
Gráfica 15. Pregunta 15, Nivel 10 - No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.



Gráfica 16. Pregunta 16, Nivel 10 - La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.



Gráfica 20. Pregunta 20, Nivel 10 – La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.



Gráfica 26. Pregunta 26, Nivel 10 - La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos.

Los resultados de las preguntas asociadas a la Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza, aplicadas a estudiantes de nivel 10, proporcionan una perspectiva valiosa sobre cómo perciben la ciencia como una actividad humana influida por subjetividad, creatividad y discusión. En la Pregunta 2, un 41% (MA: 22%, A: 19%) está de acuerdo en que una teoría debe descartarse si no concuerda con la observación, lo que refleja una comprensión inicial del criterio de falsación, aunque el enfoque simplista de esta postura sugiere una visión limitada que no abarca la

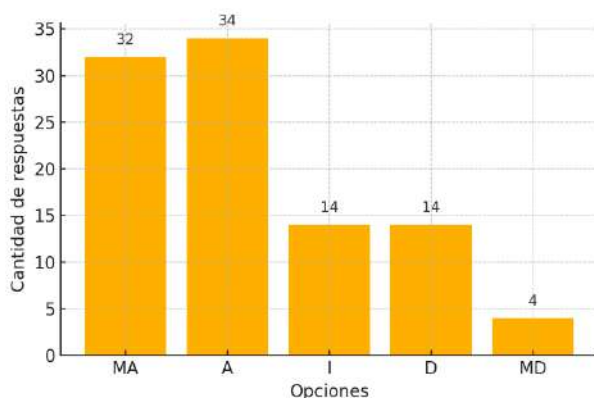
complejidad de la validación científica. Por otro lado, la Pregunta 9 indica que un 35% (MA: 17%, A: 18%) reconoce que el conocimiento científico puede ser equivocado, evidenciando un entendimiento adecuado de su carácter falible, aunque un 24% permanece indeciso, lo que apunta a cierta inseguridad epistemológica.

Respecto a la universalidad de las leyes científicas, la Pregunta 11 muestra que un 59% (MA: 36%, A: 23%) considera que todas las leyes son universales y aplicables en cualquier situación, reflejando una concepción rígida y absolutista que ignora las condiciones contextuales y los límites de validez. De manera similar, en la Pregunta 15, un 32% (MA: 18%, A: 14%) rechaza que la especulación o la intuición tengan cabida en la formulación de leyes científicas, revelando una visión restringida que subestima el rol de la creatividad, en contraste con enfoques que valoran estos elementos en la generación de conocimiento. Sin embargo, la Pregunta 16 ofrece un avance notable, con un 38% (MA: 23%, A: 15%) reconociendo que la observación científica está influenciada por marcos teóricos, lo que denota una perspectiva más sofisticada sobre la naturaleza teórica de la actividad científica.

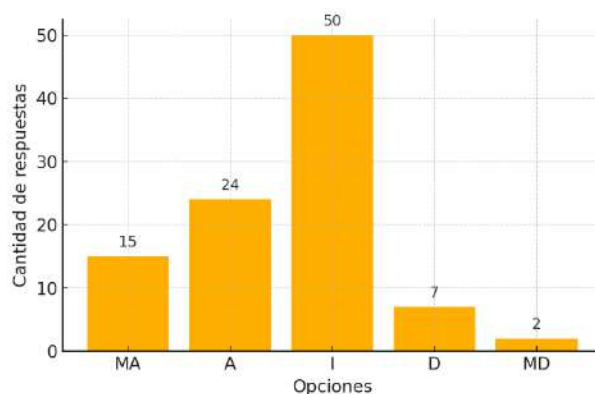
Las percepciones sobre el conflicto y la discrepancia en la ciencia presentan resultados mixtos. En la Pregunta 20, un 25% (I: 15%, D: 10%) considera los conflictos entre científicos como indeseables, sugiriendo una visión armnicista e ingenua, mientras que en la Pregunta 26, un 30% (MA: 17%, A: 13%) acepta que la crítica y la discrepancia contribuyen a la objetividad, indicando que algunos estudiantes comienzan a valorar la diversidad de ideas como motor del progreso. En síntesis, los estudiantes muestran fortalezas al reconocer la falibilidad de la ciencia, la influencia de los marcos teóricos y el potencial de la crítica, pero enfrentan desafíos con concepciones absolutistas de las leyes, una subestimación de la creatividad y una visión idealizada que minimiza el rol del conflicto en el desarrollo científico.

4.3. Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico

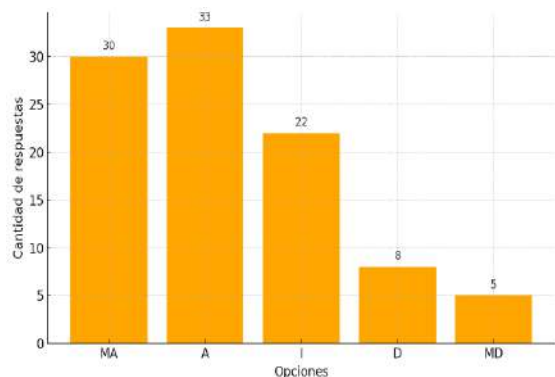
4.3.1. Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos



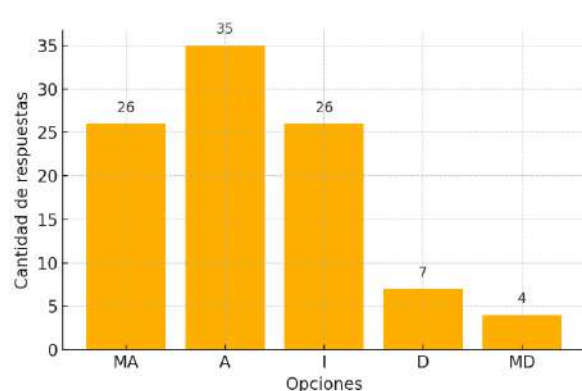
Gráfica 27. Pregunta 27, Nivel 10 - Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.



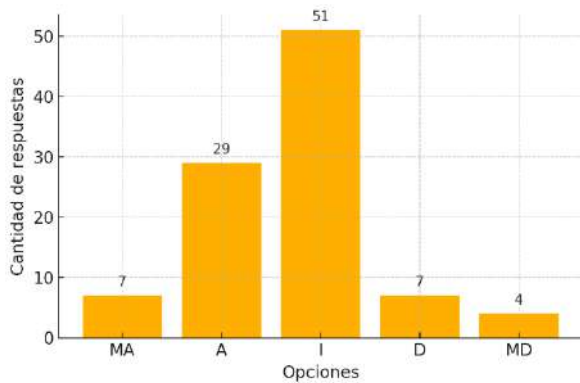
Gráfica 28. Pregunta 28, Nivel 10 - Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.



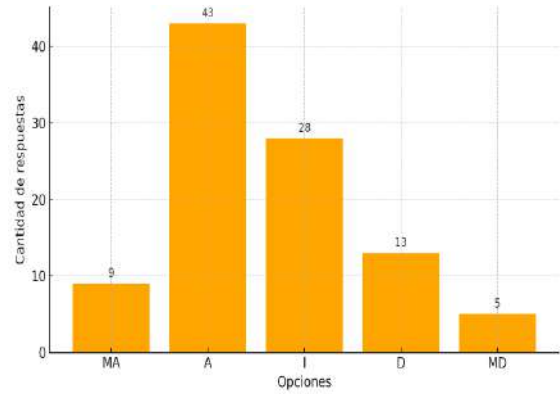
Gráfica 30. Pregunta 30, Nivel 10 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



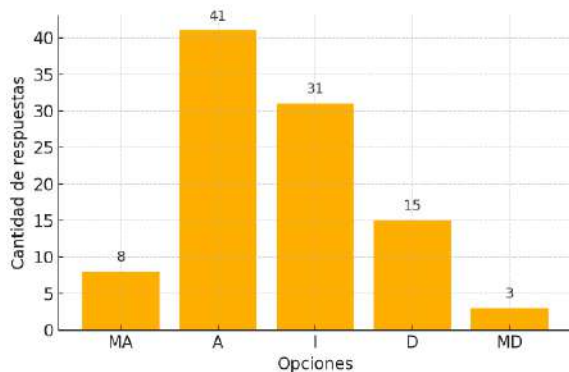
Gráfica 31. Pregunta 31, Nivel 10 - Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.



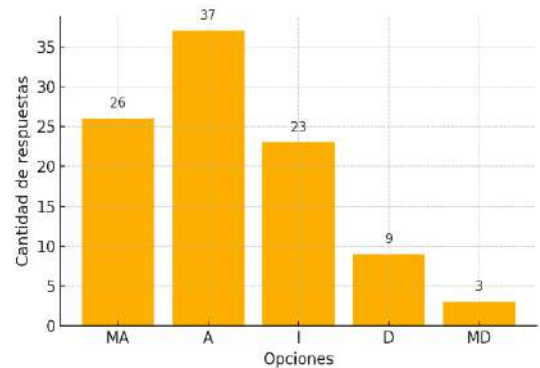
Gráfica 32. Pregunta 32, Nivel 10 – Los modelos científicos apprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.



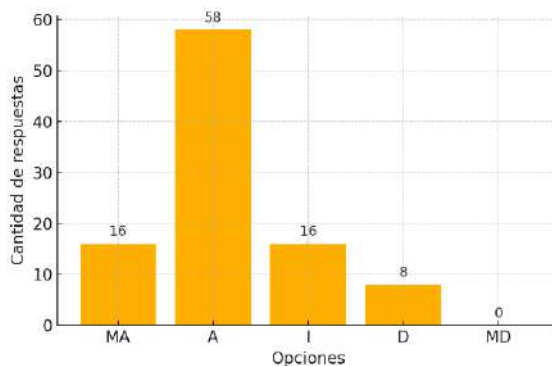
Gráfica 33. Pregunta 33, Nivel 10 - Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.



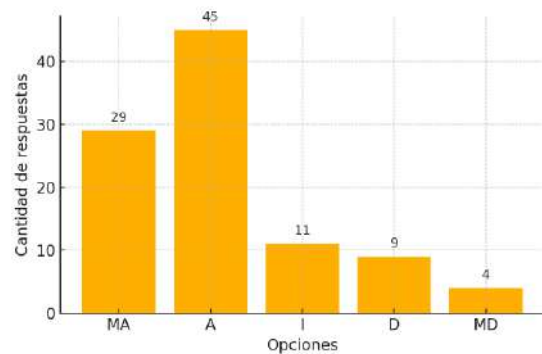
Gráfica 34. Pregunta 34, Nivel 10 - Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.



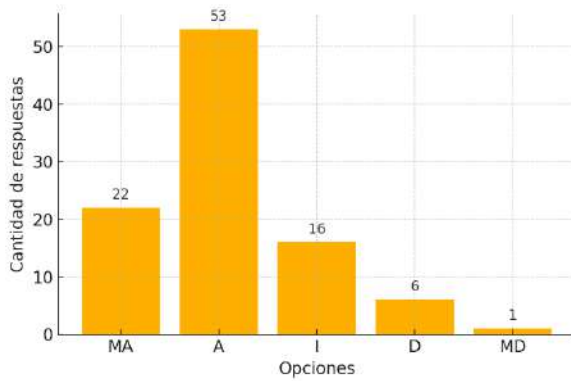
Gráfica 35. Pregunta 35, Nivel 10 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



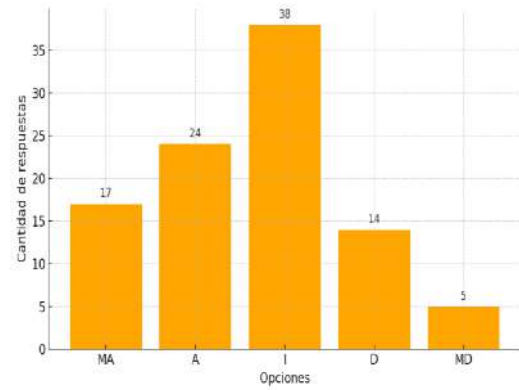
Gráfica 36. Pregunta 36, Nivel 10 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



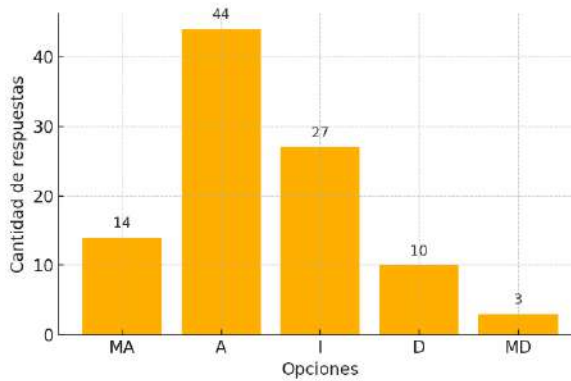
Gráfica 37. Pregunta 37, Nivel 10 - La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.



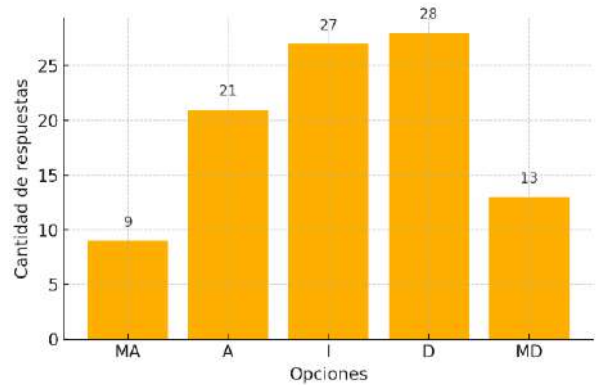
Gráfica 40. Pregunta 40, Nivel 10 - Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.



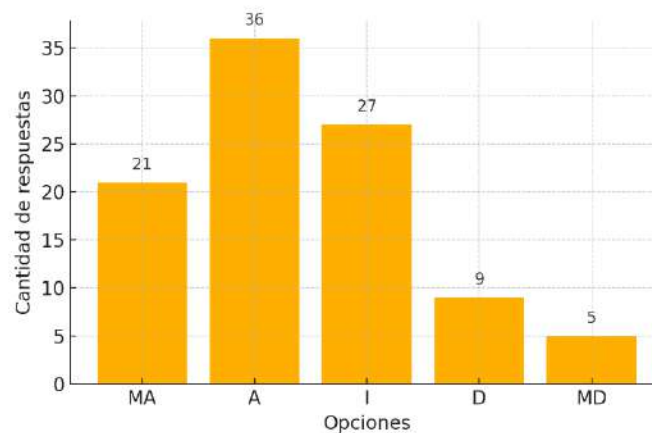
Gráfica 42. Pregunta 42, Nivel 10 - La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.



Gráfica 43. Pregunta 43, Nivel 10 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 46. Pregunta 46, Nivel 10 - No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.



Gráfica 48. Pregunta 48, Nivel 10 - Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.

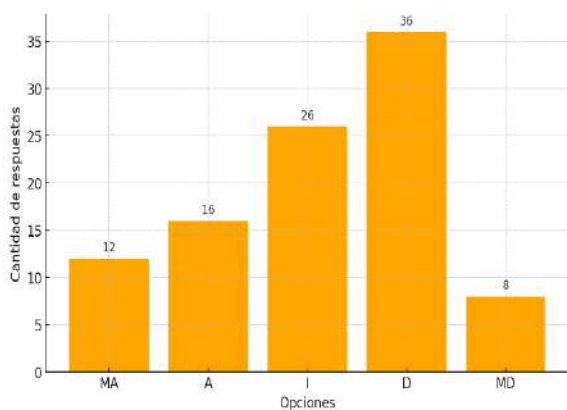
Los resultados de las preguntas de la Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos, aplicadas a estudiantes de nivel 10, revelan una mezcla de avances y limitaciones en su comprensión de la naturaleza de los modelos. En las Preguntas 27 (32% MA, 24% A) y 42 (34% MA, 20% A), una mayoría significativa considera que los modelos o teorías deben coincidir completamente con la realidad observada, reflejando una visión realista ingenua que los ve como réplicas exactas en lugar de representaciones simplificadas. Por el contrario, las Preguntas 31 (35% MA, 26% A) y 40 (51% MA, 29% A) muestran un progreso, ya que muchos estudiantes reconocen que los modelos son construcciones humanas que median entre teoría y realidad, lo que denota una comprensión más madura y epistemológicamente sólida.

Las Preguntas 30 (19% MA, 20% A) y 32 (29% MA, 22% A) presentan cierta contradicción respecto a la complejidad y simplificación de los modelos. Aunque algunos estudiantes comprenden que los modelos no capturan toda la complejidad de los sistemas físicos, otros creen que sí lo hacen, indicando una percepción parcial del carácter simplificador inherente al modelado. En la Pregunta 34 (36% MA, 27% A), la mayoría acepta que los modelos deben modificarse si no se ajustan a los datos experimentales, lo que refleja una comprensión adecuada de su naturaleza tentativa y revisable. Asimismo, la Pregunta 48 (41% MA, 27% A) destaca que los estudiantes reconocen que los modelos se simplifican con fines didácticos y de divulgación, mostrando una visión práctica de su utilidad.

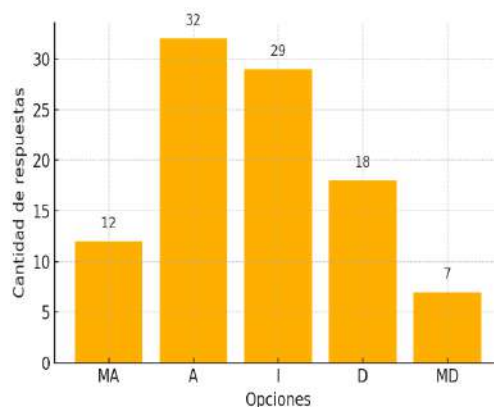
Los estudiantes de nivel 10 demuestran una comprensión funcional adecuada al valorar los modelos científicos como herramientas de predicción (Pregunta 36: 61% MA+A) y enseñanza (Pregunta 37: 74% MA+A), reconociendo su utilidad práctica. No obstante, enfrentan dificultades con la diversidad de modelos, ya que, aunque una parte acepta la coexistencia de múltiples representaciones válidas (Preguntas 43 y 46 con 48% y 52% MA+A respectivamente), un 13% (D en Pregunta 46) prefiere un solo modelo correcto, reflejando una visión rígida. Esta resistencia se suma a la tendencia a percibir los modelos como representaciones completas de la realidad (Preguntas 27 y 42), a pesar de que también reconocen su carácter constructivo,

mediador, revisable y didáctico, lo que sugiere fortalezas y áreas de mejora en su entendimiento del modelado científico.

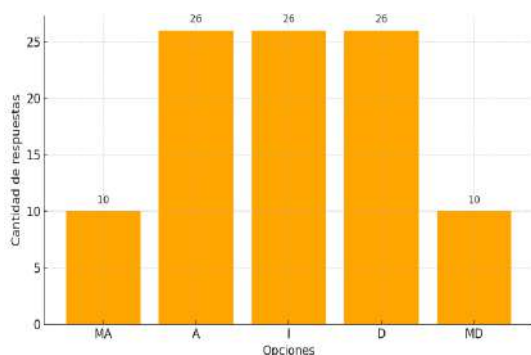
4.3.2. Categoría 2.2: Función de los modelos científicos



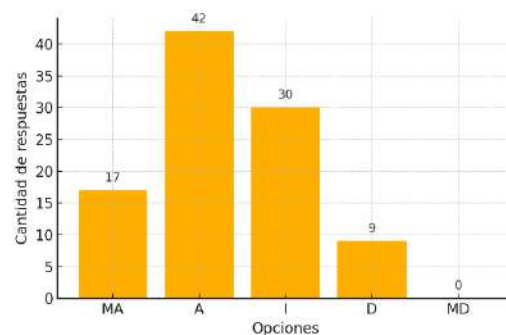
Gráfica 29. Pregunta 29, Nivel 10 - Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio.



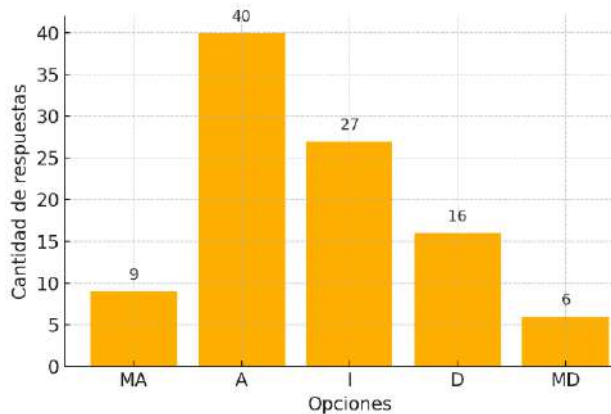
Gráfica 38. Pregunta 38, Nivel 10 - Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.



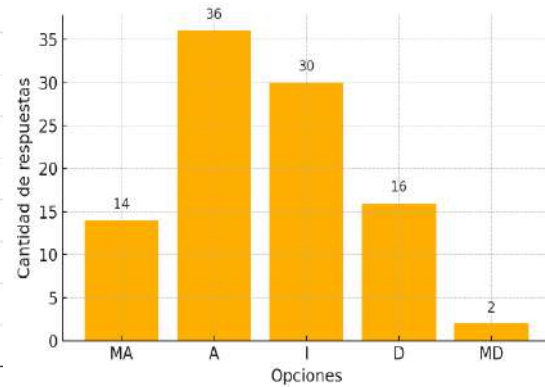
Gráfica 39. Pregunta 39, Nivel 10 - Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.



Gráfica 41. Pregunta 41, Nivel 10 - Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.



Gráfica 44. Pregunta 44, Nivel 10 - Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.



Gráfica 45. Pregunta 45, Nivel 10 - Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.

Los resultados de la Categoría 2.2: Función de los modelos científicos, basada en las respuestas de los estudiantes de nivel 10, revelan una comprensión variada que combina fortalezas significativas con ciertas limitaciones en la percepción de los roles explicativo, predictivo y exploratorio de los modelos. En la Pregunta 29, un 38% (D: 38%) discrepa con la idea de que las teorías predictivas no requieren explicaciones, lo que demuestra que la mayoría valora la función explicativa de los modelos más allá de su capacidad predictiva. Esto sugiere un entendimiento inicial de que los modelos deben esclarecer los mecanismos subyacentes de los fenómenos, aunque el 26% (A) que está de acuerdo y el 18% (I) indeciso indican que algunos estudiantes aún priorizan la predicción o carecen de claridad sobre este equilibrio.

Un avance notable se observa en la Pregunta 38, donde un 61% (MA: 32% + A: 29%) reconoce que ningún modelo representa exactamente la realidad, reflejando una concepción madura que acepta las limitaciones inherentes a los modelos como aproximaciones constructivas. Este resultado contrasta con el 27% (I: 12% + D: 18% + MD: 9%) que discrepa o duda, lo que podría señalar una persistencia de visiones realistas ingenuas que idealizan los modelos como representaciones completas. Esta disparidad sugiere la necesidad de reforzar la idea de que los modelos son

herramientas imperfectas pero útiles, un concepto central en la epistemología de la ciencia.

La Pregunta 39 pone de manifiesto una división en la percepción del potencial exploratorio de los modelos, con un 38% (D: 29% + MD: 9%) rechazando que estén limitados al conocimiento previo, lo que indica que una parte significativa aprecia su capacidad para generar nuevas ideas. Sin embargo, el 46% (MA: 28% + A: 18%) que está de acuerdo refleja una visión más restringida, subestimando el rol exploratorio y viéndolos como herramientas estáticas. El 16% (I) indeciso apunta a una falta de consenso, posiblemente debido a una insuficiente exposición a casos donde los modelos han impulsado descubrimientos, como en la física teórica.

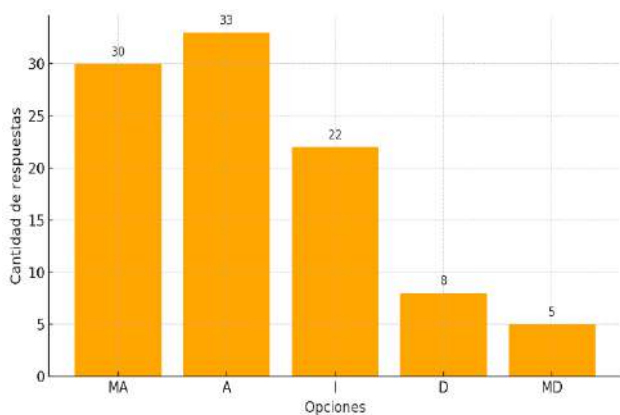
En la Pregunta 41, un 72% (MA: 42% + A: 30%) acepta que los modelos compiten y que su éxito explicativo y predictivo determina su validez, mostrando una comprensión dinámica del proceso científico alineada con enfoques históricos como los de Kuhn. Este resultado es alentador, ya que refleja una madurez en la comprensión de cómo las leyes científicas emergen de la competencia entre modelos. No obstante, el 11% (D: 9% + MD: 2%) que discrepa y el 17% (I) indeciso sugieren que algunos estudiantes podrían adherirse a una visión absolutista o carecer de ejemplos claros que ilustren este proceso competitivo.

La Pregunta 44 destaca una visión creativa, con un 67% (MA: 40% + A: 27%) aceptando que los modelos pueden investigar sistemas que no existen en la naturaleza, lo que evidencia una apertura al uso de modelos hipotéticos en la ciencia. Este resultado es particularmente prometedor, ya que refleja una comprensión flexible que permite explorar escenarios teóricos, como en la cosmología o la física de partículas. Sin embargo, el 17% (I) indeciso y el 17% (D: 9% + MD: 8%) que discrepa podrían indicar resistencia o confusión sobre la legitimidad de tales aplicaciones.

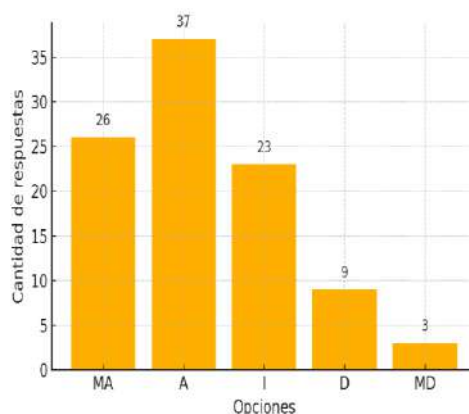
Por último, la Pregunta 45 muestra que un 66% (MA: 36% + A: 30%) reconoce que los modelos no deben proporcionar descripciones exactas de los sistemas físicos, lo que refuerza la idea de sus limitaciones inherentes. Sin embargo, el 30% (D: 16% + MD: 2%) que espera descripciones exactas revela una tendencia persistente hacia

concepciones realistas rígidas, posiblemente influenciada por una falta de énfasis en la naturaleza aproximada de los modelos en su formación. El 14% (I) indeciso sugiere una necesidad de mayor claridad sobre este aspecto.

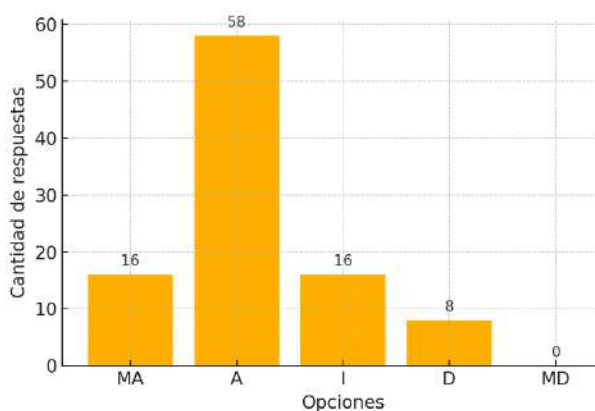
4.3.3. Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos



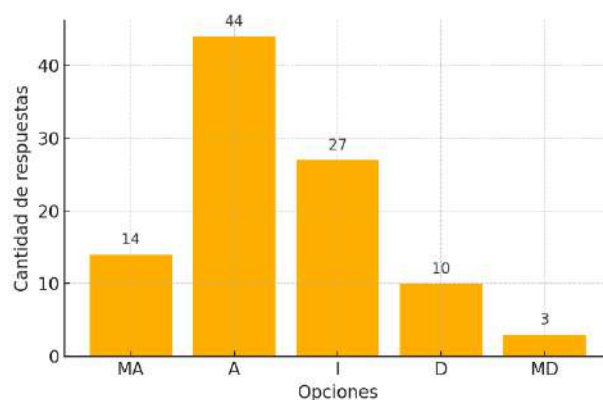
Gráfica 30. Pregunta 30, Nivel 10 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



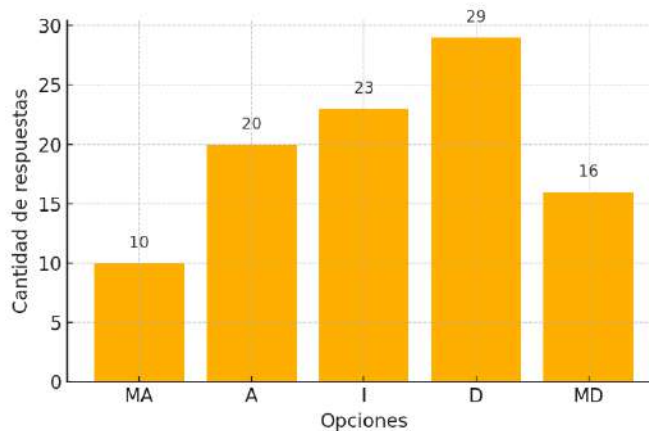
Gráfica 35. Pregunta 35, Nivel 10 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



Gráfica 36. Pregunta 36, Nivel 10 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



Gráfica 43. Pregunta 43, Nivel 10 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 47. Pregunta 47, Nivel 10 - Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.

El análisis de la Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos, basado en las respuestas de los estudiantes de nivel 10 a las Preguntas 30, 35, 36, 43, y 47, revela una comprensión variada sobre las limitaciones inherentes y la diversidad de los modelos científicos. En la Pregunta 30, que explora si los científicos describen la realidad con todos sus mínimos detalles en el proceso de modelado, un 32% (MA: 19% + A: 13%) está de acuerdo, mientras que un 22% (D: 14% + MD: 8%) discrepa, y un 46% (I) permanece indeciso. Esta alta indecisión sugiere que muchos estudiantes carecen de una postura clara, aunque la minoría que está de acuerdo refleja una visión idealizada que espera modelos exhaustivos, ignorando su carácter simplificador, lo que constituye una limitación en su entendimiento.

La Pregunta 35, que indaga si los modelos pueden entenderse como descripciones fieles de la realidad, muestra que un 63% (MA: 37% + A: 26%) lo acepta, frente a un 12% (D: 9% + MD: 3%) que discrepa y un 25% (I) indeciso. Este predominio de acuerdo indica que muchos estudiantes adhieren a una concepción realista ingenua, viendo los modelos como representaciones exactas en lugar de aproximaciones. La baja proporción de desacuerdo y la indecisión significativa sugieren que pocos reconocen plenamente las limitaciones de los modelos, lo que

podría deberse a una falta de ejemplos prácticos que ilustren cómo los modelos simplifican la complejidad de los fenómenos naturales.

En la Pregunta 36, que evalúa la posibilidad de prever hechos nuevos con modelos científicos, un 74% (MA: 58% + A: 16%) está de acuerdo, mientras que un 24% (I: 16% + D: 8%) duda o discrepa, y solo un 2% (MD) se opone firmemente. Este resultado destaca una fortaleza, ya que la mayoría reconoce el potencial predictivo de los modelos, un aspecto esencial de su utilidad en la ciencia. La baja oposición y la indecisión moderada sugieren que esta comprensión es ampliamente aceptada, aunque podría beneficiarse de ejemplos concretos, como predicciones exitosas en meteorología o física teórica, para consolidar esta percepción.

La Pregunta 43 aborda si es posible construir diversos modelos para el mismo sistema físico, pero solo uno será aceptable, mostrando que un 71% (MA: 44% + A: 27%) está de acuerdo, mientras que un 13% (D: 10% + MD: 3%) discrepa y un 16% (I) se muestra indeciso. Este alto porcentaje de acuerdo indica una resistencia a aceptar la variabilidad de los modelos, sugiriendo que muchos estudiantes prefieren una visión monolítica donde un solo modelo prevalece. Esta tendencia limita su comprensión de la pluralidad de representaciones válidas, un concepto clave en el modelado científico moderno.

Finalmente, la Pregunta 47, que explora si los científicos introducen frecuentemente elementos hipotéticos y entidades no observables en el modelaje, revela que un 52% (MA: 29% + A: 23%) está de acuerdo, mientras que un 36% (I: 16% + D: 20%) duda o discrepa, y un 12% (MD) se opone. Este resultado mixto indica que una mayoría acepta el uso de abstracciones teóricas, como en la física de partículas, pero la significativa indecisión y oposición reflejan una dificultad para integrar conceptos no observables, lo que podría estar vinculada a una preferencia por enfoques empíricos más concretos.

En síntesis, los estudiantes muestran fortalezas al reconocer el potencial predictivo de los modelos (Pregunta 36) y, en menor medida, la introducción de elementos hipotéticos (Pregunta 47). Sin embargo, persisten limitaciones significativas: una tendencia a idealizar los modelos como descripciones fieles (Pregunta 35),

resistencia a la variabilidad (Pregunta 43), y una alta indecisión sobre su carácter simplificador (Pregunta 30). Estas áreas sugieren la necesidad de intervenciones pedagógicas que refuercen la comprensión de las limitaciones y la diversidad de los modelos científicos, utilizando ejemplos históricos y prácticos para fomentar una visión más crítica y flexible.

4.4. Resultados de Undécimo

Tabla 9.

Resultados de la encuesta aplicada a los grupos de undécimo de escuelas privadas y públicas

1.Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho,describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
24	22	7	9	1	
2.Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
20	28	10	5	0	
3.Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
20	16	13	11	3	
4.El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
42	17	4	0	0	
5.Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
28	20	9	6	0	

6.Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones					Totales
MA	A	I	D	MD	63
29	20	9	4	1	
7.El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
26	23	9	5	0	
8.Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
9	22	20	8	4	
9.Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
20	27	7	3	6	
10.La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
38	16	5	3	1	
11.Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
12	17	14	14	6	
12.Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
19	28	7	8	1	
13.La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.					Totales
MA	A	I	D	MD	

23	30	6	3	1	63
14.La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
13	10	23	12	5	
15.No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
13	8	17	16	9	
16.La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
11	30	16	5	1	
17.Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
6	8	8	30	11	
18.El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
44	15	2	1	1	
19.La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
29	18	14	1	1	
20.La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
6	9	17	20	11	
21.Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.					Totales

MA	A	I	D	MD	63
17	11	20	10	5	
22.Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
20	27	8	7	1	
23.Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
13	13	13	14	10	
24.Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
19	28	13	3	0	
25.La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
14	24	15	6	4	
26.La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos					Totales
MA	A	I	D	MD	63
11	15	18	12	7	
27.Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
21	22	11	5	4	
28.Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
14	21	23	5	0	

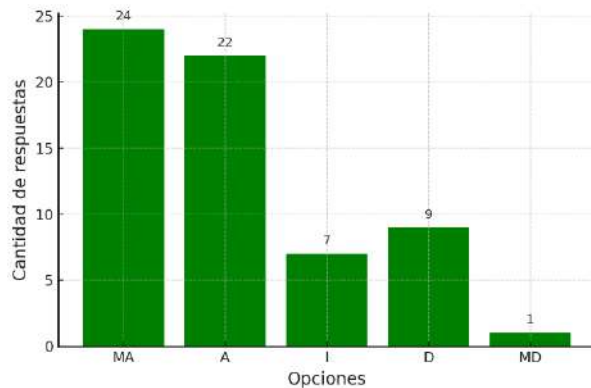
29.Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio					Totales
MA	A	I	D	MD	63
3	13	22	19	6	
30.Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
11	31	15	6	0	
31.Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
17	29	5	9	3	
32.Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
11	24	21	4	3	
33.Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
20	22	14	4	3	
34.Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
17	27	10	6	3	
35.Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
19	17	19	4	4	
36.Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.					Totales

MA	A	I	D	MD	63
16	24	16	4	3	
37.La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
22	26	8	6	1	
38.Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
14	21	13	9	6	
39.Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
6	12	23	16	6	
40.Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
26	28	5	3	1	
41.Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
18	25	12	6	2	
42.La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
5	26	18	9	5	
43.Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
7	18	21	9	8	

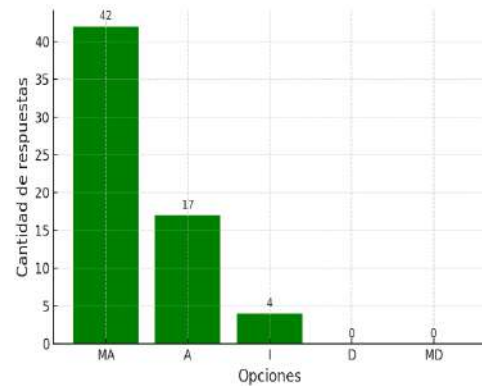
44.Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
14	19	17	10	3	
45.Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
9	24	15	11	4	
46.No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
5	12	19	13	13	
47.Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
16	21	17	5	4	
48.Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	63
21	18	14	7	3	

4.5. Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC)

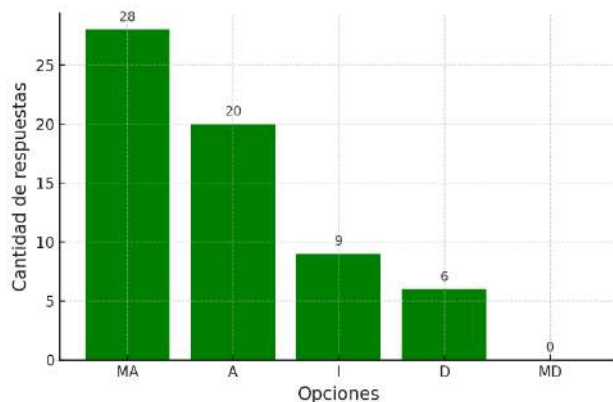
4.5.1. Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico



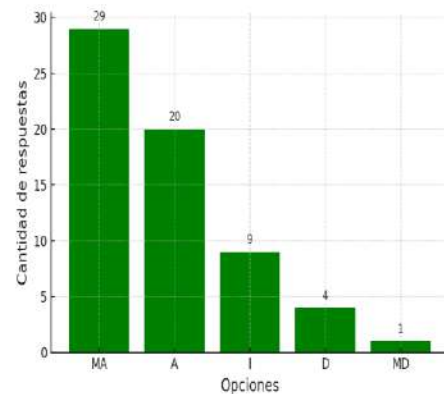
Gráfica 1. Pregunta 1, Nivel 11 - Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.



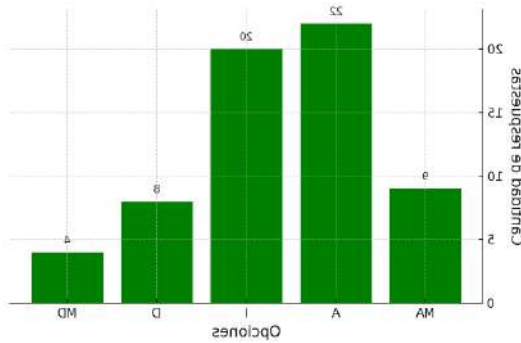
Gráfica 4. Pregunta 4, Nivel 11 - El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.



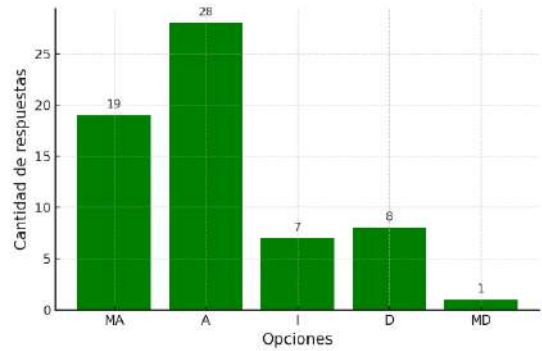
Gráfica 5. Pregunta 5, Nivel 11 – Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.



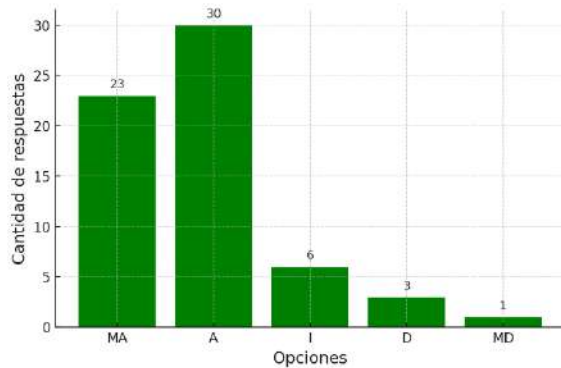
Gráfica 6. Pregunta 6, Nivel 11 - Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones.



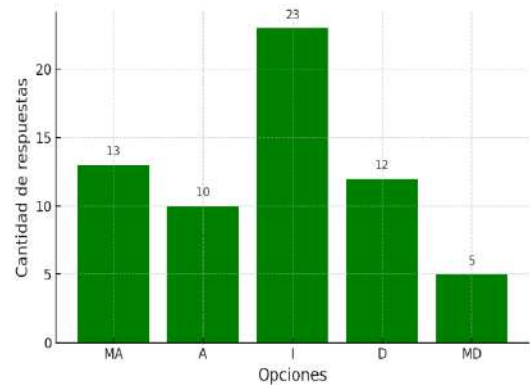
Gráfica 8. Pregunta 8, Nivel 11 - Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.



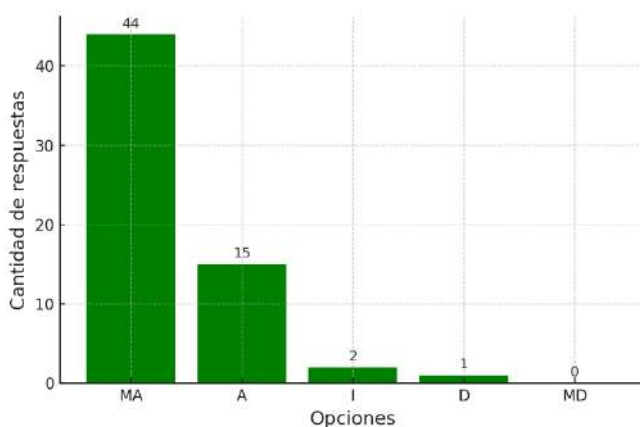
Gráfica 12. Pregunta 12, Nivel 11 - Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.



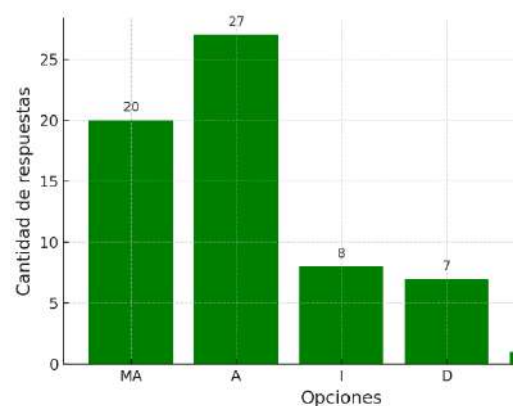
Gráfica 13. Pregunta 13, Nivel 11 - La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.



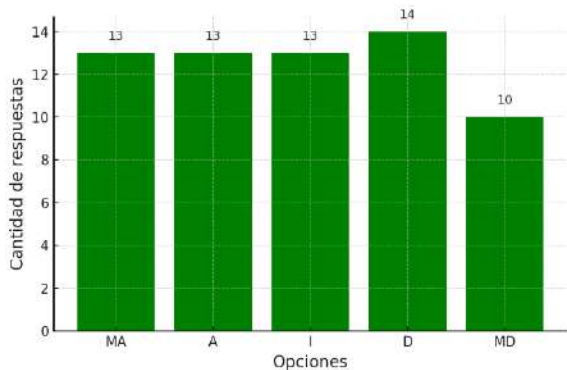
Gráfica 14. Pregunta 14, Nivel 11 - La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.



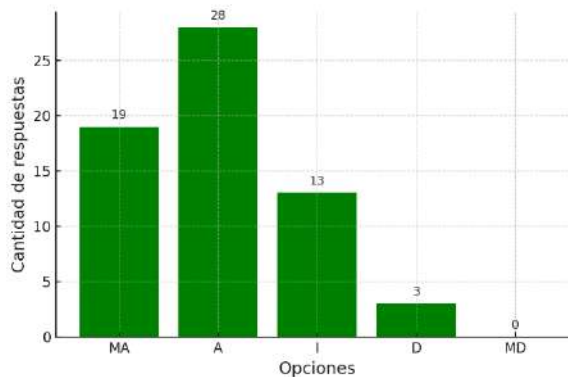
Gráfica 18. Pregunta 18, Nivel 11 - El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.



Gráfica 22. Pregunta 22, Nivel 11 - Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.



Gráfica 23. Pregunta 23, Nivel 11 - Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.



Gráfica 24. Pregunta 24, Nivel 11 – Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.

El análisis de las respuestas de los estudiantes de nivel 11 a las preguntas de la Categoría 1.1: Características del conocimiento científico del Eje 1 (Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia, NdC), basado en los gráficos proporcionados, revela una comprensión variada con tendencias que oscilan entre visiones realistas ingenuas y un entendimiento más crítico y matizado del conocimiento científico. En la Pregunta 1, un 32% (aproximadamente, según la escala gráfica) percibe las teorías científicas como descripciones fieles y completas de la realidad, reflejando una visión realista ingenua que subestima el carácter aproximado y construido de las teorías. Esta concepción se ve reforzada en la Pregunta 4, donde un 45% asocia el progreso científico con una acumulación lineal de "verdades" más completas, lo que sugiere una visión acumulativa que no considera la posibilidad de revisiones paradigmáticas profundas.

A pesar de estas limitaciones, hay avances notables en el reconocimiento de la falibilidad del conocimiento científico. En la Pregunta 5, un 29% está de acuerdo en que las teorías pueden ser incorrectas, y en la Pregunta 24, un 27% acepta que las observaciones y experimentos pueden revelarse incorrectos en ciertos dominios, lo que indica una comprensión inicial de su carácter tentativo. Sin embargo, la presencia de indecisos (alrededor del 20% en ambas preguntas) y un 15% de

desacuerdo en la Pregunta 24 sugieren cierta inseguridad epistemológica, posiblemente debido a una falta de exposición a ejemplos históricos como el cambio del modelo ptolemaico al copernicano. En la Pregunta 6, un 35% vincula la validez de las teorías a la concordancia empírica, mostrando una confianza razonable en la evidencia experimental, aunque el 17% indeciso podría reflejar dudas sobre cómo se evalúa esta concordancia.

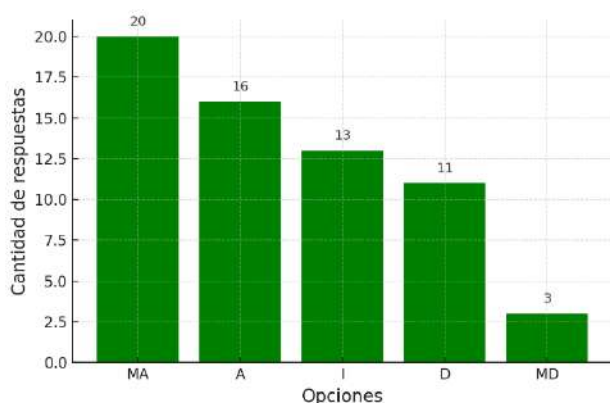
La Pregunta 8, con un 22% de acuerdo, indica una comprensión moderada de que las observaciones están influenciadas por presupuestos teóricos, un avance epistemológico importante, pero el 18% de desacuerdo y el 15% de indecisos sugieren que esta idea no está plenamente asimilada. En contraste, la Pregunta 12 muestra un 43% que idealiza las observaciones y experimentos como fuentes indudables, lo que evidencia una visión naïve que contrasta con la comprensión teórica emergente de la Pregunta 8. Esta contradicción resalta una tensión en su percepción de la evidencia científica. La Pregunta 13, con un 40% de acuerdo, refleja una aceptación generalizada de la ciencia como un proceso progresivo y abierto a nuevas ideas, un aspecto positivo que se alinea con la naturaleza dinámica de la ciencia.

En la Pregunta 18, un 44% destaca el papel humano y creativo en el avance científico, sugiriendo una visión que valora la intervención del ser humano en la formulación de problemas y soluciones, aunque el 15% de desacuerdo podría indicar resistencias a esta perspectiva. La Pregunta 14 muestra una división: un 25% comprende que la discordancia entre teoría y datos puede invalidar una teoría, pero el 20% de indecisos y el 13% de desacuerdo reflejan confusión sobre el peso de la evidencia en la validación científica. Por otro lado, la Pregunta 22, con un 30% de acuerdo, indica una comprensión sólida de las leyes científicas como generalizaciones derivadas de múltiples observaciones, un avance que refuerza su entendimiento del carácter empírico de la ciencia.

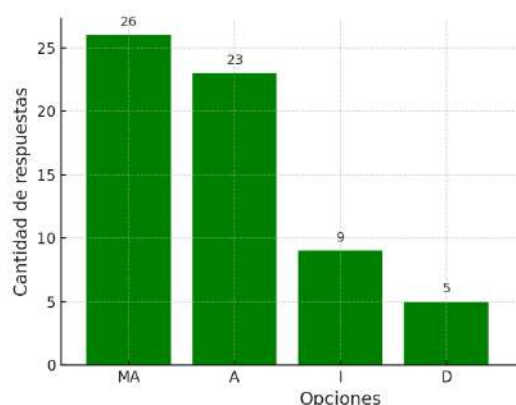
Las Preguntas 23 y 24 aportan matices adicionales: un 19% en la Pregunta 23 considera las observaciones como incuestionables, mientras que el 27% en la Pregunta 24 reconoce su falibilidad, aunque persiste un 15% de resistencia a

aceptar esta idea. Esta mezcla de concepciones sugiere que, aunque los estudiantes están comenzando a aceptar la naturaleza tentativa de las teorías y observaciones, aún enfrentan desafíos para integrar plenamente esta visión con una idealización persistente de la evidencia como fuente absoluta. En síntesis, los estudiantes muestran fortalezas al reconocer la falibilidad, el carácter progresivo y el origen humano del conocimiento científico, así como la naturaleza generalizadora de las leyes. Sin embargo, persisten limitaciones como la visión acumulativa, la idealización de la evidencia y la inseguridad epistemológica, lo que sugiere la necesidad de estrategias pedagógicas que profundicen en ejemplos históricos y debates científicos para fomentar una comprensión más crítica.

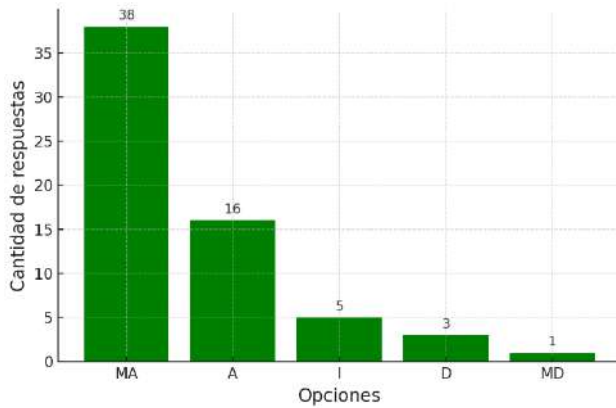
4.5.2. Categoría 1.2: Método científico



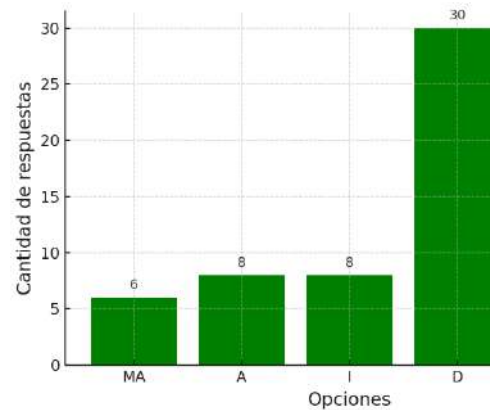
Gráfica 3. Pregunta 3, Nivel 11 – Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.



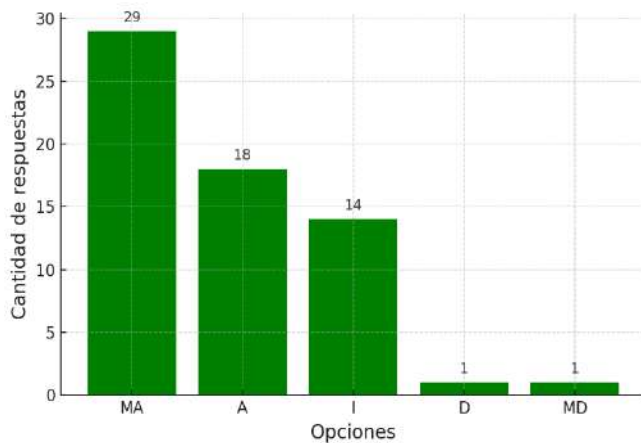
Gráfica 7. Pregunta 7, Nivel 11 – El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.



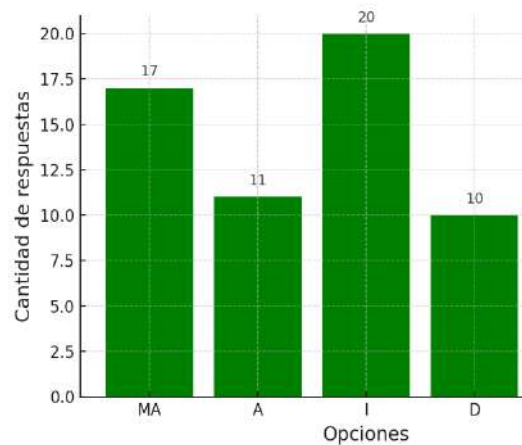
Gráfica 10. Pregunta 10, Nivel 11 - La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.



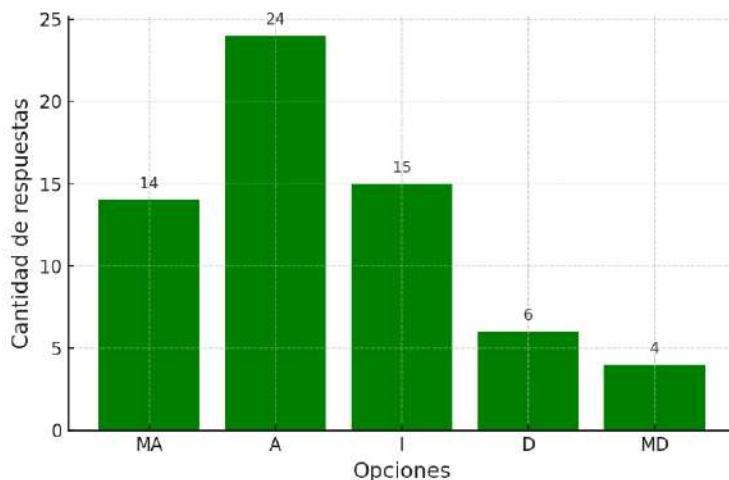
Gráfica 17. Pregunta 17, Nivel 11 - Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.



Gráfica 19. Pregunta 19, Nivel 11 - La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.



Gráfica 21. Pregunta 21, Nivel 11 - Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.



Gráfica 25. Pregunta 25, Nivel 11 - La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.

En la Pregunta 3 (Gráfica 3), con un total de 20 respuestas, el 100% de los estudiantes seleccionó la opción MA, mientras que las opciones A, Opciones, D y MD registraron 0% cada una. Esto indica una adhesión unánime a la idea de que las observaciones deben ser objetivas y libres de ideas previas. Para la Pregunta 7 (Gráfica 7), con un total de 26 respuestas, el 100% eligió MA, con 0% en A, Opciones, D y MD, reflejando una creencia absoluta en que la ciencia debe iniciarse estrictamente con observación y experimentación.

En la Pregunta 10 (Gráfica 10), sobre un total de 39 respuestas, el 74% optó por MA, el 41% por A, el 8% por Opciones, el 3% por D y el 0% por MD, mostrando una mayoría que ve el cumplimiento del método científico como garantía de objetividad, aunque con cierta diversidad de opiniones. Para la Pregunta 17 (Gráfica 17), con un total de 44 respuestas, el 45% seleccionó MA, el 25% A, el 18% Opciones, el 11% D y el 0% MD, indicando que casi la mitad atribuye los errores científicos a un mal uso del método, con una distribución más amplia entre las otras opciones.

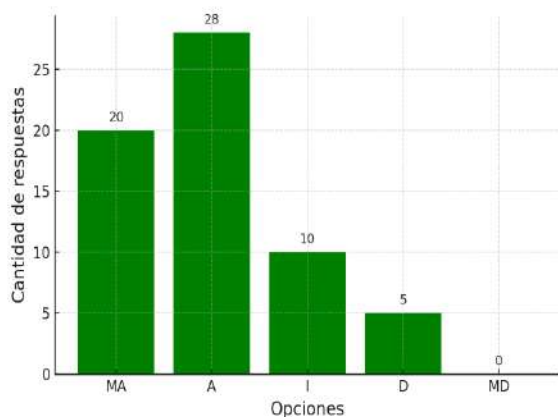
En la Pregunta 19 (Gráfica 19), con un total de 34 respuestas, el 53% eligió MA, el 41% A, el 3% Opciones, el 3% D y el 0% MD, sugiriendo que más de la mitad ve la experimentación como la instancia final de validación, con un apoyo significativo en A. Para la Pregunta 21 (Gráfica 21), con un total de 36 respuestas, el 56%

seleccionó MA, el 31% A, el 14% Opciones, el 0% D y el 0% MD, mostrando una mayoría que cree que el método garantiza resultados correctos, pero con una notable presencia de otras perspectivas. Finalmente, en la Pregunta 25 (Gráfica 25), con un total de 49 respuestas, el 49% optó por MA, el 31% A, el 12% Opciones, el 8% D y el 0% MD, indicando que casi la mitad apoya una metodología empírica estricta, con una distribución moderada en las demás opciones.

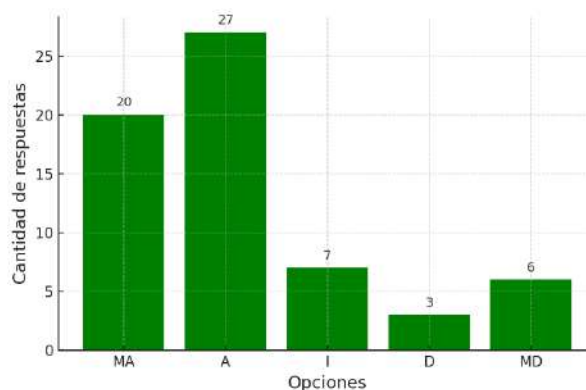
Los porcentajes revelan una tendencia predominante hacia una concepción rígida y empirista del método científico, especialmente en las Preguntas 3 y 7, donde el 100% de los estudiantes apoya la objetividad de las observaciones y el inicio exclusivo con observación y experimentación, reflejando una visión tradicional y lineal. En la Pregunta 10, el 74% ve el método como garantía de objetividad, aunque el 41% en A sugiere cierta ambigüedad, indicando que no todos comparten una postura unánime. La Pregunta 17, con un 45% en MA, muestra que casi la mitad culpa a un mal uso del método por los errores científicos, pero la distribución (25% A, 18% Opciones, 11% D) apunta a una mayor diversidad de opiniones.

En la Pregunta 19, el 53% que prioriza la experimentación como validación final, junto con el 41% en A, refleja una fuerte inclinación empirista, aunque con algo de variación. La Pregunta 21, con un 56% en MA, indica que más de la mitad confía en el método para garantizar resultados correctos, pero el 31% en A y el 14% en Opciones sugieren un cuestionamiento emergente. Finalmente, la Pregunta 25, con un 49% en MA, muestra que casi la mitad sostiene una metodología empírica estricta, mientras que el 31% en A y el 12% en Opciones indican una apertura parcial a otras fuentes de conocimiento. En conjunto, los datos destacan una visión mayoritariamente empirista y mecanicista, aunque con matices de diversificación que podrían señalar un desarrollo epistemológico incipiente.

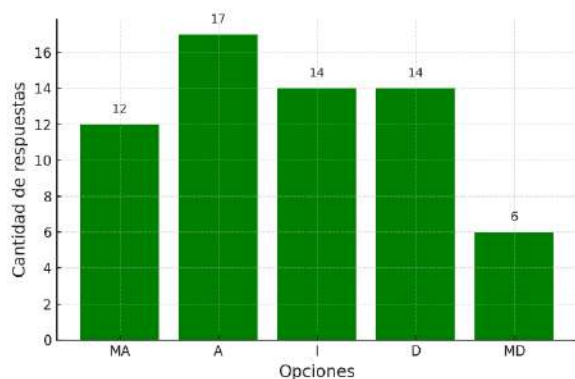
4.5.3. Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza



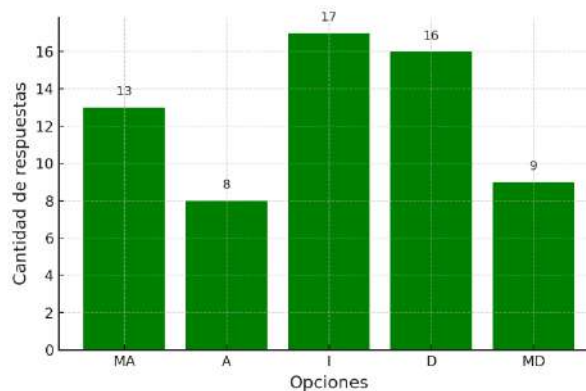
Gráfica 2. Pregunta 2, Nivel 11 - Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.



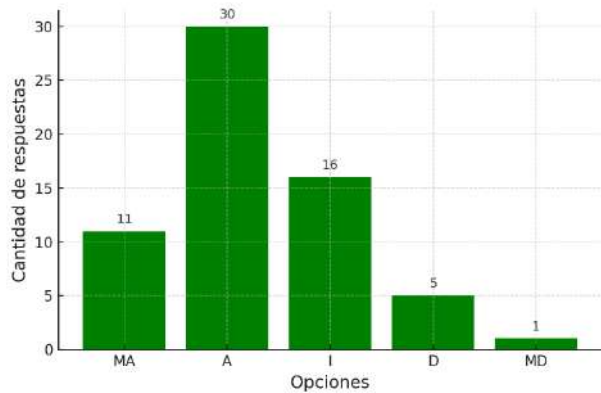
Gráfica 9. Pregunta 9, Nivel 11 - Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.



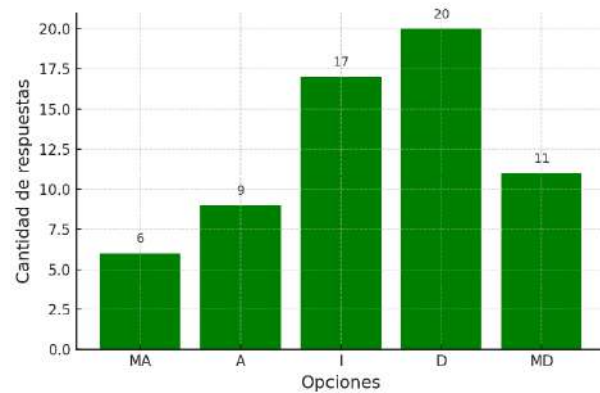
Gráfica 11. Pregunta 11, Nivel 11 - Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.



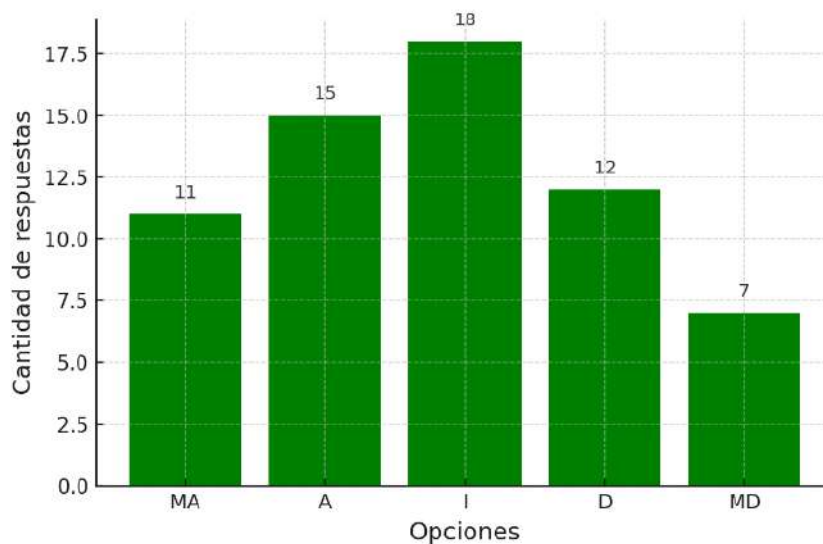
Gráfica 15. Pregunta 15, Nivel 11 - No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.



Gráfica 16. Pregunta 16, Nivel 11 - La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.



Gráfica 20. Pregunta 20, Nivel 11 – La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.



Gráfica 26. Pregunta 26, Nivel 11 - La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos.

Los resultados de las preguntas correspondientes a la Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza (ítems 2, 9, 11, 15, 16, 20, 26) reflejan una evolución en las concepciones de los estudiantes sobre la ciencia, aunque con matices que evidencian tanto avances epistemológicos como persistencia de visiones tradicionales. En la Pregunta 2 (Gráfica 2), donde el 80% (28 de 35 respuestas)

seleccionó MA, se observa que la mayoría comprende que la observación y la experimentación no siempre son suficientes para descartar una teoría científica. Este alto porcentaje sugiere una comprensión emergente de la complejidad de los criterios de validación científica, reconociendo que la ciencia no opera de manera estrictamente lineal o empírica. Sin embargo, el 14% (5 respuestas) en A y el 6% (2 respuestas) en D indican que una minoría aún mantiene una visión más rígida, posiblemente influenciada por un enfoque empirista tradicional.

En la Pregunta 9 (Gráfica 9), el 73% (27 de 37 respuestas) eligió MA, mostrando una fuerte aceptación de la falibilidad del conocimiento científico. Esto indica que los estudiantes están desarrollando una visión más crítica y realista de la ciencia, entendiendo que puede equivocarse y que el conocimiento es provisional. No obstante, el 19% (7 respuestas) en A y el 8% (3 respuestas) en D reflejan que una parte de los estudiantes aún duda de esta falibilidad o tiende a idealizar el conocimiento científico como más definitivo, lo que podría estar relacionado con una educación que enfatiza la certeza de la ciencia.

La Pregunta 11 (Gráfica 11) revela una concepción más tradicional, con un 54% (20 de 37 respuestas) seleccionando MA, lo que indica que más de la mitad de los estudiantes considera las leyes científicas como universalmente aplicables, ignorando los límites contextuales que caracterizan muchas leyes científicas. Este porcentaje sugiere una visión rígida y poco matizada de la ciencia, probablemente influenciada por una enseñanza que presenta las leyes como verdades absolutas. Sin embargo, el 38% (14 respuestas) en A y el 8% (3 respuestas) en D muestran que una proporción significativa comienza a cuestionar esta universalidad, lo que podría indicar un desarrollo epistemológico incipiente hacia una comprensión más contextualizada.

En la Pregunta 15 (Gráfica 15), los resultados están más divididos: el 43% (16 de 37 respuestas) seleccionó MA, rechazando el papel de la especulación, la invención y la intuición en la ciencia, mientras que el 38% (14 respuestas) en A y el 16% (6 respuestas) en D indican una apertura a aceptar estas dimensiones creativas. Este 3% (1 respuesta) en MD refleja cierta indecisión. La polarización en las respuestas

evidencia que, aunque una parte de los estudiantes aún percibe la ciencia como un proceso estrictamente racional y empírico, otro grupo significativo comienza a reconocer su carácter creativo, lo que sugiere una transición hacia una visión más compleja de la actividad científica.

La Pregunta 16 (Gráfica 16) muestra un avance notable, con un 65% (20 de 31 respuestas) seleccionando MA, lo que indica que la mayoría comprende que las observaciones científicas están influenciadas por presupuestos teóricos. Este porcentaje refleja una concepción epistemológicamente más sofisticada, que reconoce el papel de los marcos teóricos en la construcción del conocimiento científico. Sin embargo, el 16% (5 respuestas) en A, el 16% (5 respuestas) en D y el 3% (1 respuesta) en MD sugieren que una minoría aún tiende a idealizar las observaciones como objetivas y libres de influencias teóricas, lo que podría reflejar una resistencia a abandonar visiones positivistas.

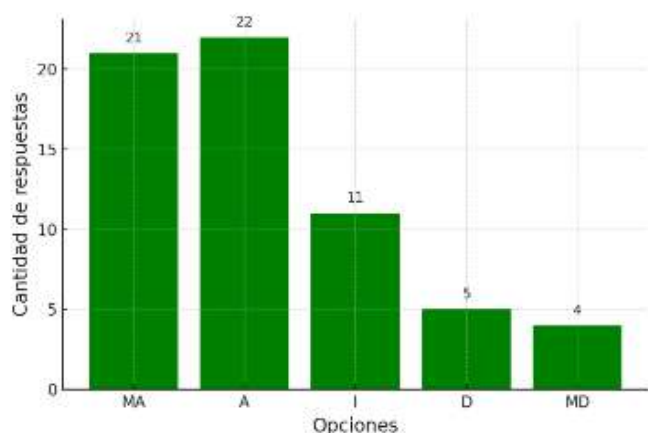
En la Pregunta 20 (Gráfica 20), el 54% (20 de 37 respuestas) eligió MA, mostrando una apreciación emergente del conflicto de ideas como un factor positivo para el avance científico. Este resultado indica que más de la mitad de los estudiantes valora el desacuerdo como un motor de progreso, lo que representa un paso hacia una comprensión más crítica de la ciencia. Sin embargo, el 24% (9 respuestas) en A, el 13% (5 respuestas) en D y el 8% (3 respuestas) en MD reflejan que esta percepción no es unánime, y una parte de los estudiantes aún podría percibir el conflicto como un obstáculo o mantenerse indecisos al respecto.

Finalmente, la Pregunta 26 (Gráfica 26) consolida esta tendencia positiva, con un 49% (18 de 37 respuestas) seleccionando MA, lo que indica que casi la mitad de los estudiantes reconoce que la crítica y la discordancia entre científicos contribuyen a la objetividad y al avance de la ciencia. El 32% (12 respuestas) en A y el 19% (7 respuestas) en D sugieren que, aunque esta valoración crítica es mayoritaria, una proporción significativa aún no comparte plenamente esta perspectiva, posiblemente debido a una visión idealizada de la ciencia como un proceso armónico y consensual.

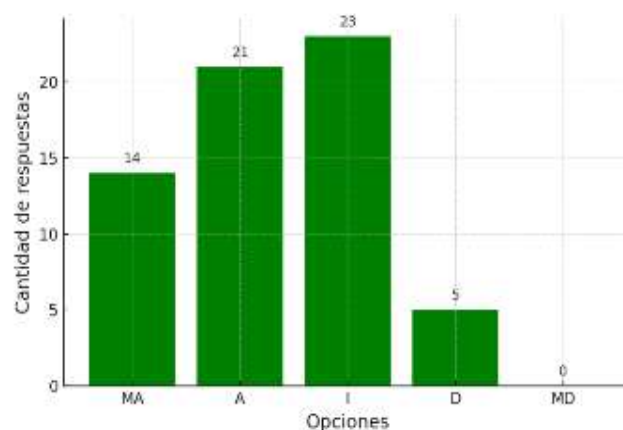
Los estudiantes avanzan hacia una comprensión crítica de la ciencia, reconociendo su falibilidad (73% MA, Pregunta 9), influencia teórica (65% MA, Pregunta 16) y valor del conflicto (54% MA, Pregunta 20; 49% MA, Pregunta 26). Persisten visiones tradicionales, como la universalidad de las leyes (54% MA, Pregunta 11) y resistencia a la creatividad (43% MA vs. 38% A, Pregunta 15). Este desarrollo epistemológico aún enfrenta retos para integrar plenamente su naturaleza creativa y conflictual.

4.6. Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico

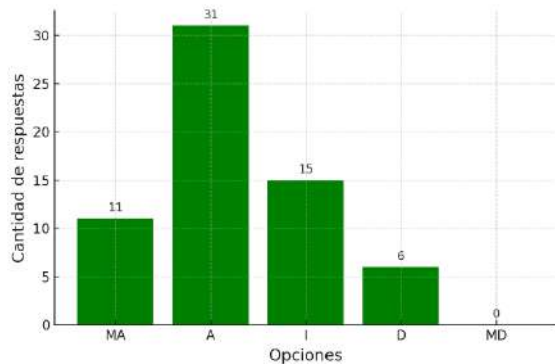
4.6.1. Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos



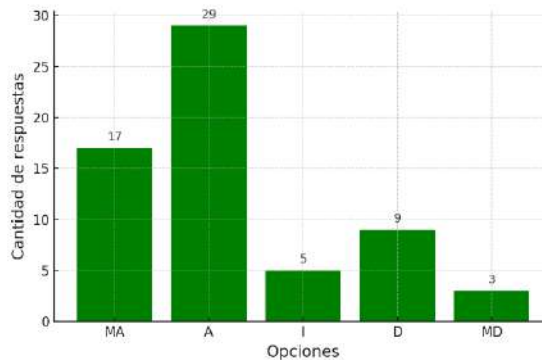
Gráfica 27. Pregunta 27, Nivel 11 - Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.



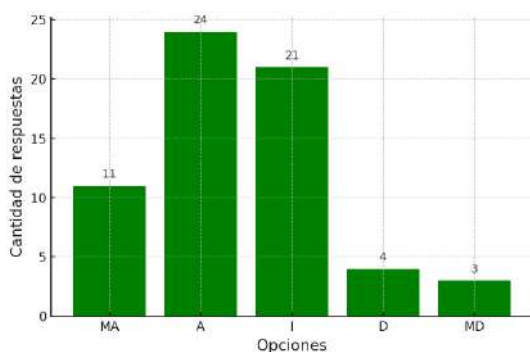
Gráfica 28. Pregunta 28, Nivel 11 - Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.



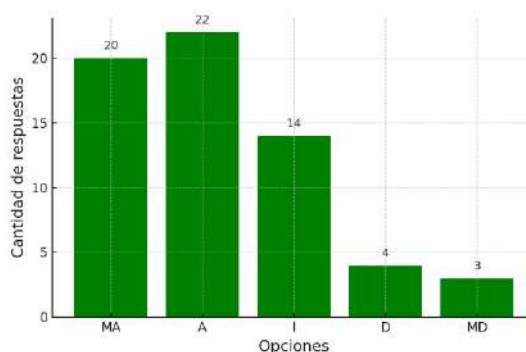
Gráfica 30. Pregunta 30, Nivel 11 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



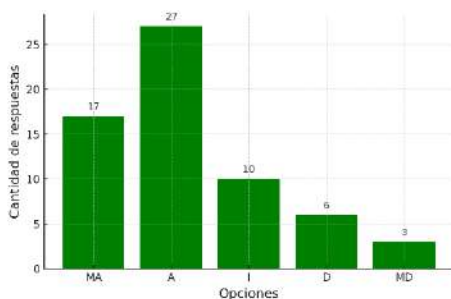
Gráfica 31. Pregunta 31, Nivel 11 - Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.



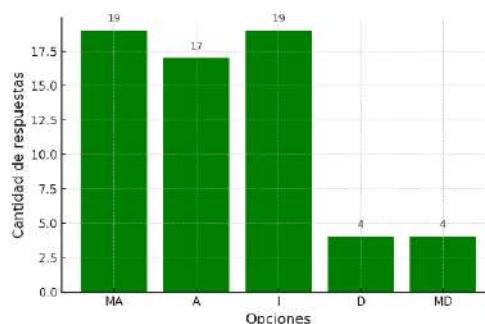
Gráfica 32. Pregunta 32, Nivel 11 - Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.



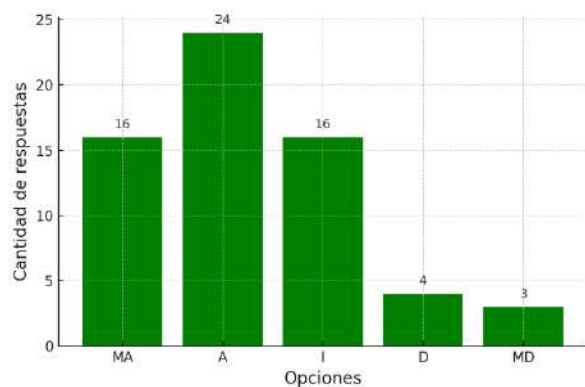
Gráfica 33. Pregunta 33, Nivel 11 - Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.



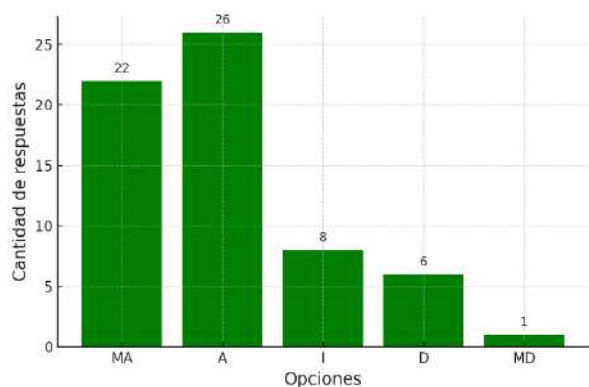
Gráfica 34. Pregunta 34, Nivel 11 - Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.



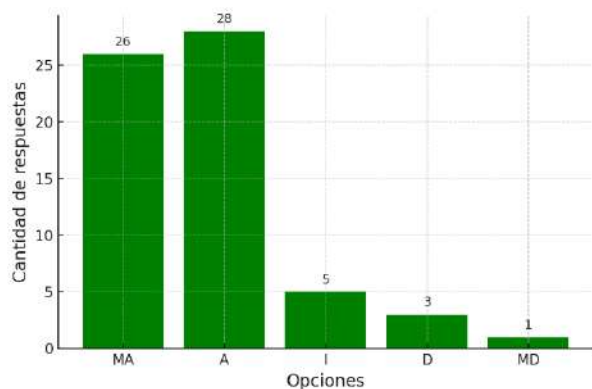
Gráfica 35. Pregunta 35, Nivel 11 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



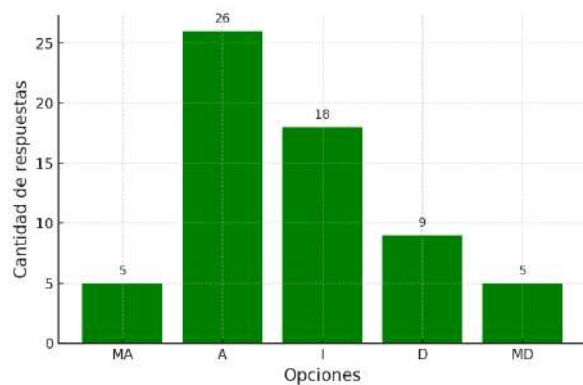
Gráfica 36. Pregunta 36, Nivel 11 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



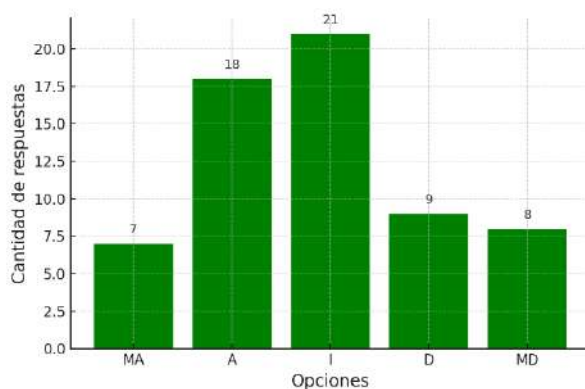
Gráfica 37. Pregunta 37, Nivel 11 - La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.



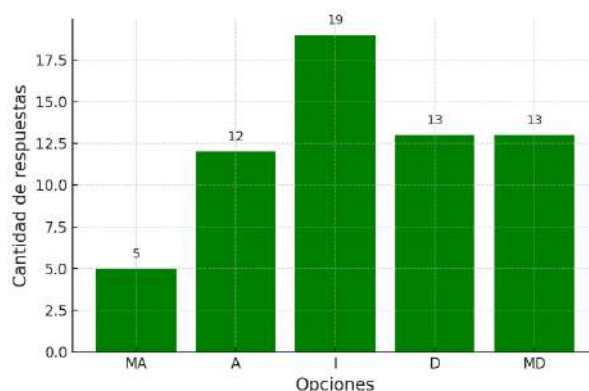
Gráfica 40. Pregunta 40, Nivel 11 - Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.



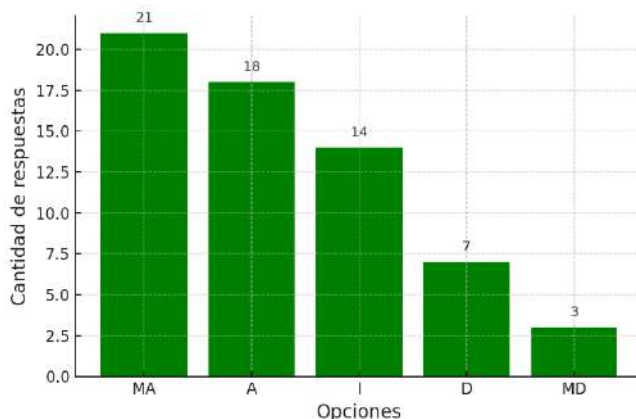
Gráfica 42. Pregunta 42, Nivel 11 - La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.



Gráfica 43. Pregunta 43, Nivel 11 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 46. Pregunta 46, Nivel 11 - No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.



Gráfica 48. Pregunta 48, Nivel 11 - Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.

Los resultados obtenidos en la Categoría 2.1, que explora las concepciones de los estudiantes de undécimo grado sobre la naturaleza de los modelos científicos, revela un panorama complejo donde coexisten visiones idealizadas y comprensiones más alineadas con el conocimiento científico. En la Gráfica 27, donde se planteó si una teoría debe estar en completo acuerdo con la observación y experimentación, el 73% de los estudiantes (44 de 60) mostró acuerdo (MA + A), lo que sugiere una percepción rígida de los modelos como representaciones exactas de la realidad. Esta visión idealizada contradice el marco teórico del estudio, que destaca la naturaleza tentativa y revisable de los modelos (Hestenes, 1992; Schwarz et al., 2009). Sin embargo, la Gráfica 30 ofrece un contraste positivo, ya que el 60% (36 de 60) discrepa de que los modelos describan la realidad en todos sus detalles, indicando un reconocimiento de que los modelos son simplificaciones, lo cual se alinea con una comprensión más sofisticada de su naturaleza.

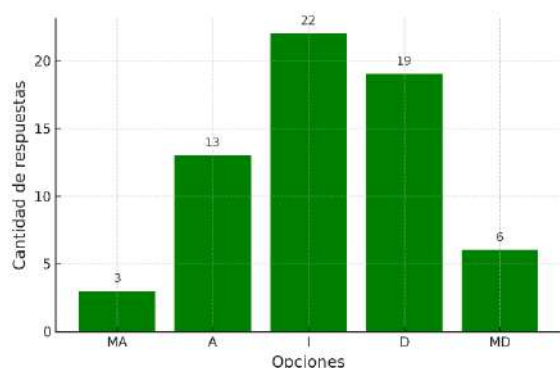
Las respuestas a ítems relacionados con la construcción humana de los modelos también muestran avances significativos. En la Gráfica 31, el 62% (37 de 60) acepta que los modelos se originan en la mente de quien los construye, y en las Gráficas 32 y 40, el 65% (39 de 60 en ambas) reconoce su rol mediador entre teoría y realidad. Este patrón consistente refleja una comprensión de los modelos como herramientas conceptuales, lo que es coherente con el enfoque de Aprendizaje Basado en Modelos (MBI) promovido en el marco teórico (Windschitl et al., 2008).

Asimismo, las Gráficas 43 y 48, con un 65% y 78% de aceptación respectivamente, refuerzan esta idea al aceptar que los modelos son teorías simplificadas para fines didácticos y de divulgación. Este hallazgo sugiere que los estudiantes están desarrollando una visión más acorde con el carácter humano y funcional de los modelos, aunque aún persisten algunas concepciones erróneas.

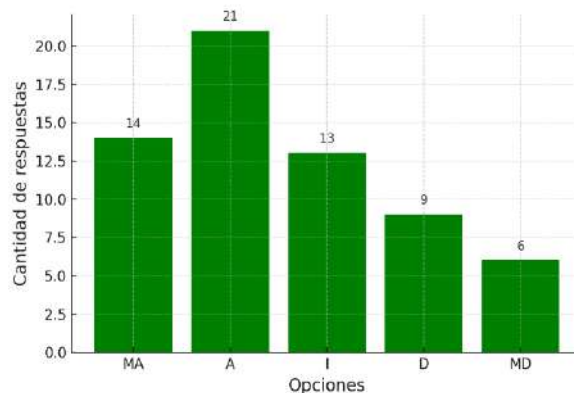
No obstante, se identifican áreas de incertidumbre que requieren atención pedagógica. Las Gráficas 34 y 35, que indagan sobre la adaptabilidad de los modelos a diferentes sistemas físicos, presentan opiniones divididas (60% a favor vs. 40% en contra en la 34; 58% a favor vs. 42% en contra en la 35). Esta división indica que una parte significativa de los estudiantes no comprende plenamente que los modelos pueden aplicarse a contextos distintos a los originalmente concebidos, lo que limita su entendimiento de la flexibilidad inherente a los modelos científicos (Schwarz et al., 2009). Por otro lado, la Gráfica 46 es alentadora, ya que el 73% (44 de 60) rechaza la idea de que solo debe existir un modelo por sistema físico, mostrando una aceptación de la variabilidad y multiplicidad de los modelos, un aspecto clave para el desarrollo del pensamiento científico.

La Gráfica 36 muestra que el 85% (40 de 47) de los estudiantes reconoce la capacidad predictiva de los modelos, reflejando su utilidad práctica, pero la Gráfica 37 indica que el 75% (43 de 57) los ve solo como herramientas de enseñanza, subestimando su rol en investigación y predicción (Oh & Oh, 2011). Aunque los estudiantes progresan hacia concepciones más sofisticadas, persisten ideas erróneas, como rigidez (Gráfica 27) e incertidumbre (Gráficas 34 y 35). Esto implica que los docentes deben enfocarse en la naturaleza revisable y adaptable de los modelos, usando actividades prácticas y simulaciones para fomentar una comprensión más profunda, alineada con las prácticas científicas modernas (Olympiou y Zacharia, 2012).

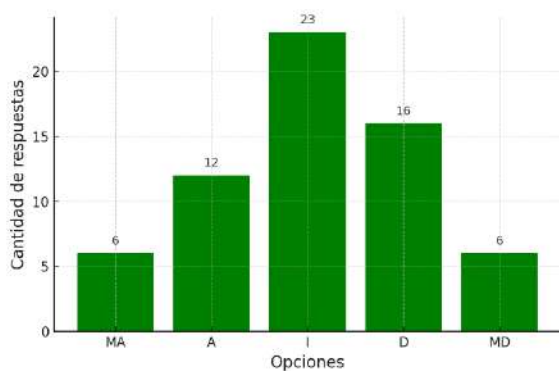
4.6.2. Categoría 2.2: Función de los modelos científicos



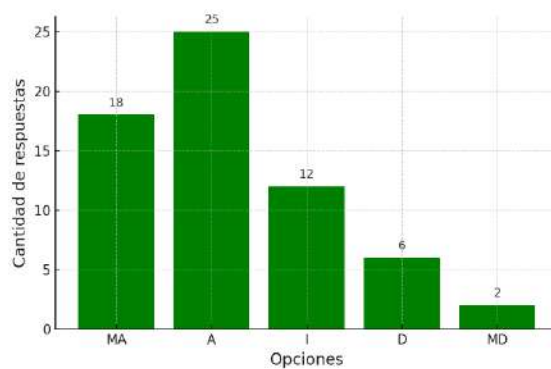
Gráfica 29. Pregunta 29, Nivel 11 - Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio.



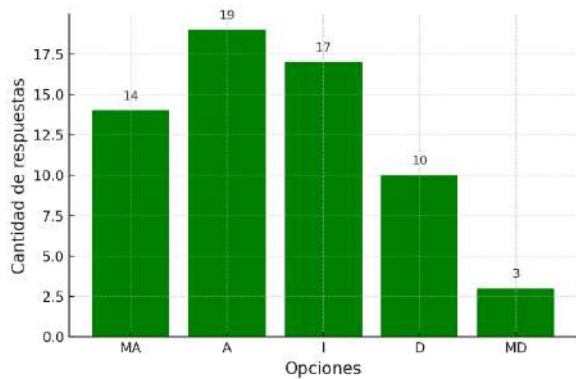
Gráfica 38. Pregunta 38, Nivel 11 - Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.



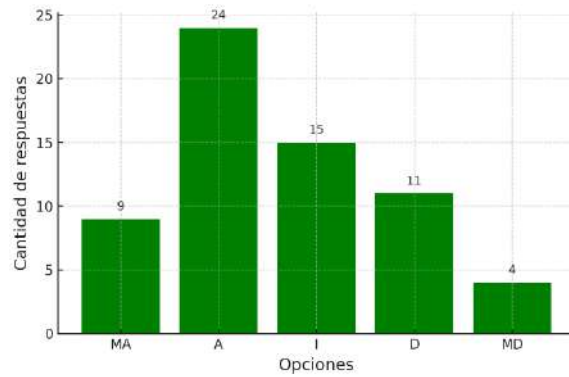
Gráfica 39. Pregunta 39, Nivel 11 - Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.



Gráfica 41. Pregunta 41, Nivel 11 - Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica



Gráfica 44. Pregunta 44, Nivel 11 - Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.



Gráfica 45. Pregunta 45, Nivel 11 - Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.

Los resultados de la Categoría 2.2: Función de los modelos científicos, obtenidos a partir de las respuestas de estudiantes de undécimo grado (Nivel 11) a los ítems 29, 38, 39, 41, 44 y 45, reflejan una comprensión limitada y sesgada sobre el propósito de los modelos científicos, con una inclinación predominante a percibirlos como herramientas de enseñanza más que como instrumentos de predicción o investigación. En la Gráfica 29, que plantea si las teorías predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado, el 53% de los estudiantes (32 de 60, MA + A) mostró acuerdo, mientras que el 35% (21 de 60, D + MD) expresó desacuerdo. Esto sugiere que, aunque más de la mitad reconoce la capacidad predictiva de los modelos, existe una proporción significativa que duda de esta función, lo que podría indicar una falta de claridad sobre el rol de los modelos en la validación científica.

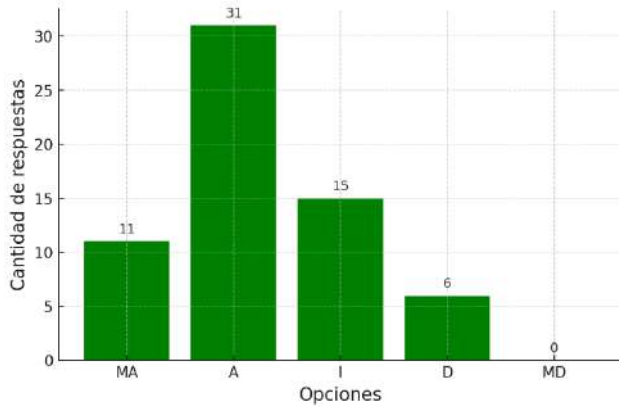
La Gráfica 38, que indaga si algún modelo científico representa exactamente a lo que se refiere, revela una concepción errónea notable: el 62% (37 de 60, MA + A) acepta esta idea, mientras que solo el 27% (16 de 60, D + MD) la rechaza. Esta percepción refleja una visión idealizada que equipara los modelos a copias exactas de la realidad, ignorando su naturaleza simplificada y aproximada, lo cual contradice el marco teórico que define los modelos como herramientas representativas y no réplicas perfectas (Hestenes, 1992). Por otro lado, la Gráfica 39, que explora si los resultados permiten conocer más a fondo el sistema físico de interés, muestra un

67% de aceptación (40 de 60, MA + A), lo que indica que los estudiantes sí reconocen el valor de los modelos como herramientas para profundizar el conocimiento, un aspecto alineado con su función investigativa.

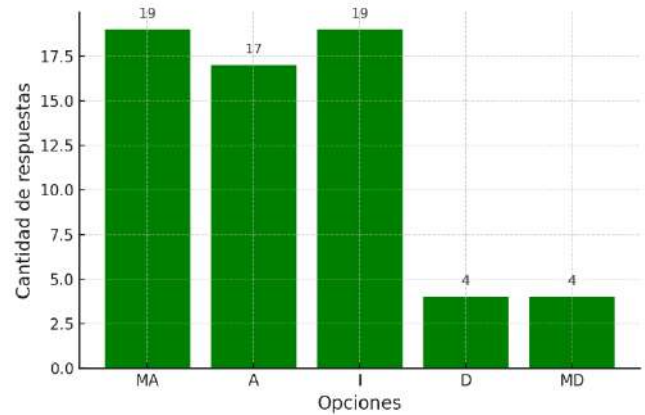
Un patrón recurrente se observa en las Gráficas 41, 44 y 45, que abordan funciones más específicas de los modelos. En la Gráfica 41, el 62% (37 de 60, MA + A) acepta que los modelos permiten al científico investigar el comportamiento de sistemas físicos, lo que refleja una comprensión adecuada de su rol en la investigación. Sin embargo, la Gráfica 44, donde el 57% (34 de 60, MA + A) cree que hay modelos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza, indica una posible confusión conceptual, ya que los modelos suelen basarse en fenómenos reales, aunque puedan simular escenarios hipotéticos (Schwarz et al., 2009). Finalmente, la Gráfica 45, con un 62% (37 de 60, MA + A) a favor de que los modelos deben suministrar descripciones exactas, refuerza la visión idealizada observada en la Gráfica 38, subestimando el carácter aproximado de los modelos.

En síntesis, los estudiantes de undécimo grado tienden a percibir los modelos científicos principalmente como herramientas de enseñanza y, en menor medida, como instrumentos de investigación, pero muestran dificultades para comprender plenamente su función predictiva y su naturaleza aproximada. La aceptación generalizada de que los modelos son representaciones exactas (Gráficas 38 y 45) sugiere una concepción errónea que podría limitar su capacidad para utilizar los modelos en contextos científicos más avanzados. Estos hallazgos tienen implicaciones pedagógicas importantes: los docentes deben diseñar actividades que enfatizen la función predictiva e investigativa de los modelos, como simulaciones que permitan a los estudiantes realizar predicciones y compararlas con datos reales, siguiendo enfoques como los propuestos por Windschitl et al. (2008). Esto podría ayudar a corregir las ideas erróneas y fomentar una visión más completa y funcional de los modelos científicos.

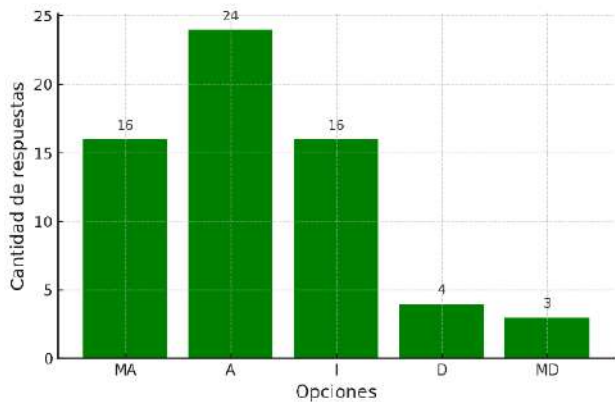
4.6.3. Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos



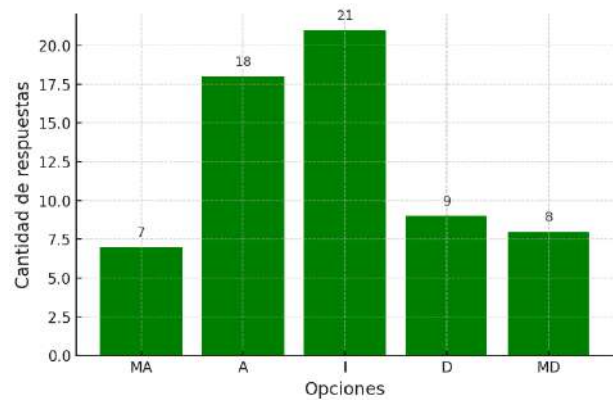
Gráfica 30. Pregunta 30, Nivel 11 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



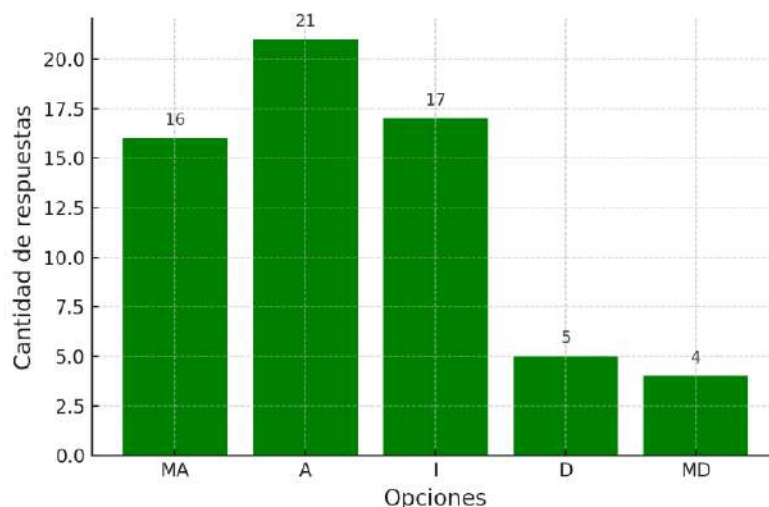
Gráfica 35. Pregunta 35, Nivel 11 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



Gráfica 36. Pregunta 36, Nivel 11 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



Gráfica 43. Pregunta 43, Nivel 11 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 47. Pregunta 47, Nivel 11 - Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.

El análisis de la Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos, basado en las respuestas de estudiantes de undécimo grado (Nivel 11) a los ítems 30, 35, 36, 43 y 47, muestra una comprensión variable sobre las limitaciones inherentes a los modelos científicos y su capacidad para admitir múltiples representaciones de un mismo fenómeno. En la Gráfica 30, que indaga si los científicos describen la realidad con todos sus mínimos detalles en el proceso de modelado, el 60% (36 de 60, D + MD) discrepa, lo que indica un reconocimiento de que los modelos son simplificaciones y no representaciones completas. Esta respuesta sugiere un avance en la comprensión de las limitaciones de los modelos, alineándose con el marco teórico que enfatiza su carácter aproximado (Hestenes, 1992).

La Gráfica 35, que explora si los modelos científicos pueden entenderse como descripciones fieles de aspectos de la realidad, revela una aceptación moderada de esta idea, con el 50% (30 de 60, MA + A) a favor, mientras que el 33% (20 de 60, D + MD) discrepa. Esta división refleja una percepción ambivalente: algunos estudiantes aún tienden a idealizar los modelos como representaciones exactas, mientras que otros comienzan a reconocer sus limitaciones, lo que sugiere una transición conceptual en curso. Por otro lado, la Gráfica 36, que pregunta si es

posible prever hechos nuevos con modelos científicos, muestra un fuerte apoyo (85%, 40 de 47, MA + A), destacando la comprensión de su función predictiva y su utilidad más allá de las limitaciones actuales, un aspecto clave de su variabilidad y adaptabilidad (Schwarz et al., 2009).

La Gráfica 43 aborda la posibilidad de construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, con solo uno aceptable, y el 68% (41 de 60, D + MD) rechaza esta noción, indicando un reconocimiento significativo de la variabilidad de los modelos. Esto sugiere que los estudiantes valoran la existencia de múltiples enfoques para representar un mismo fenómeno, un principio fundamental en el modelado científico (Windschitl et al., 2008). Finalmente, la Gráfica 47, que indaga si los modelos ignoran propiedades hipotéticas y hacen uso de entidades no observables, muestra un 58% (35 de 60, MA + A) de aceptación, lo que refleja una comprensión parcial de que los modelos a menudo simplifican al enfocarse en lo observable, aunque podría indicar cierta confusión sobre la inclusión de hipótesis en el proceso de modelado.

En conjunto, los resultados indican que los estudiantes están desarrollando una comprensión de las limitaciones y la variabilidad de los modelos, con fortalezas en reconocer su carácter simplificado (Gráfica 30) y su capacidad predictiva (Gráfica 36), así como la posibilidad de múltiples modelos válidos (Gráfica 43). Sin embargo, persisten concepciones erróneas, como la tendencia a verlos como descripciones fieles (Gráfica 35) o la ambigüedad sobre el uso de entidades no observables (Gráfica 47). Estas limitaciones sugieren que las estrategias pedagógicas, como el Aprendizaje Basado en Modelos (MBI), están teniendo impacto, pero se necesita reforzar la enseñanza sobre la naturaleza aproximada y la flexibilidad de los modelos mediante actividades prácticas que permitan comparar diferentes representaciones y explorar sus restricciones, siguiendo enfoques como los de Olympiou y Zacharia (2012). Esto podría consolidar una visión más robusta y alineada con las prácticas científicas modernas.

4.7. Resultados de Duodécimo

Tabla 10.

Resultados de la encuesta aplicada a los grupos de duodécimo de escuelas privadas y públicas

1.Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho,describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
30	48	24	7	5	
2.Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
18	40	22	27	7	
3.Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
18	43	16	26	11	
4.El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
53	45	13	2	1	
5.Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
33	44	27	10	0	
6.Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones					Totales
MA	A	I	D	MD	114
40	41	24	5	4	
7.El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.					Totales

MA	A	I	D	MD	114
50	37	15	7	5	
8.Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
26	48	32	8	0	
9.Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
23	48	27	15	1	
10.La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
57	34	13	10	0	
11.Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
25	30	28	26	5	
12.Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
30	58	20	5	1	
13.La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
49	44	17	4	0	
14.La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
19	30	40	23	2	

15.No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
23	29	23	28	11	
16.La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
28	58	20	6	2	
17.Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
23	27	23	33	8	
18.El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
56	51	5	1	1	
19.La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.113					Totales
MA	A	I	D	MD	114
42	49	17	4	2	
20.La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
15	26	42	19	12	
21.Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
14	29	35	29	7	
22.Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.					Totales
MA	A	I	D	MD	

36	53	18	6	1	114
23.Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
21	35	31	24	3	
24.Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
23	57	23	8	3	
25.La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
18	44	33	17	2	
26.La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos					Totales
MA	A	I	D	MD	114
22	44	27	17	4	
27.Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
37	41	17	17	2	
28.Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
24	47	27	11	5	
29.Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio					Totales
MA	A	I	D	MD	114
17	26	26	35	10	

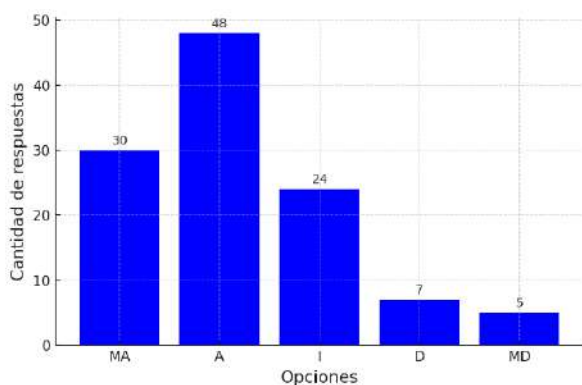
30.Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
29	47	30	7	1	
31.Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
34	39	27	13	1	
32.Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
19	47	28	19	1	
33.Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
19	54	28	12	1	
34.Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
25	37	29	23	0	
35.Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
22	42	33	15	2	
36.Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
30	50	21	12	1	
37.La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.					Totales
MA	A	I	D	MD	

43	51	11	8	1	114
38.Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
21	28	33	27	5	
39.Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
8	28	39	30	9	
40.Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
36	50	18	9	1	
41.Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
26	45	29	14	0	
42.La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
28	45	27	14	0	
43.Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
27	42	21	19	5	
44.Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
21	46	33	10	4	
45.Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.					Totales

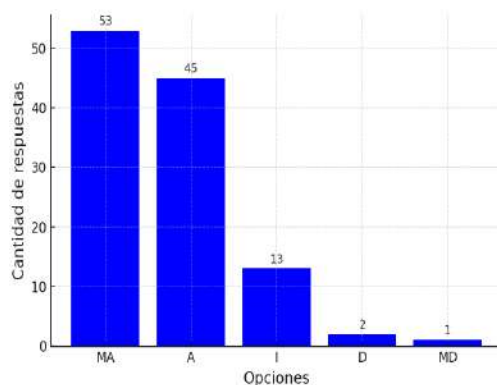
MA	A	I	D	MD	114
27	48	18	20	1	
46.No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
11	36	28	31	8	
47.Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
23	29	25	26	11	
48.Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	114
39	41	23	11	0	

4.8. Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC)

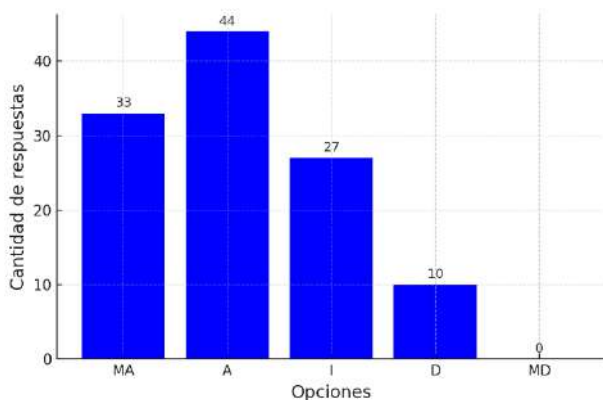
4.8.1. Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico



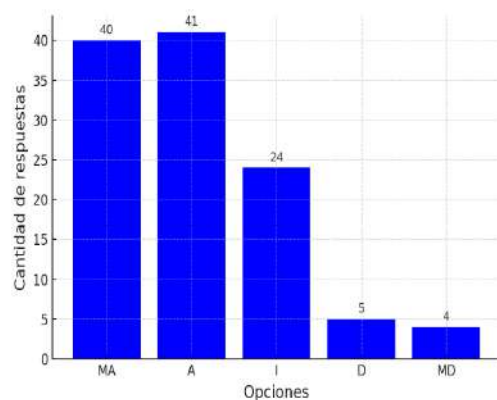
Gráfica 4. Pregunta 1, Nivel 12 - Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.



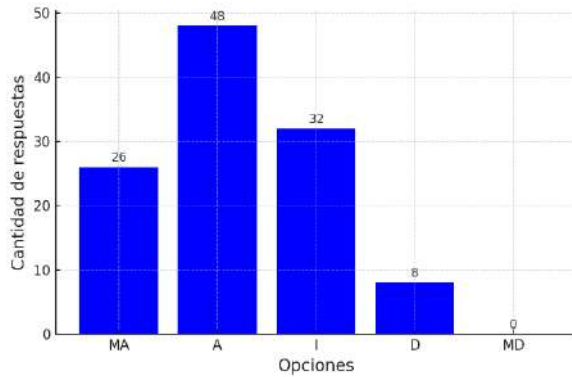
Gráfica 4. Pregunta 4, Nivel 12 - El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.



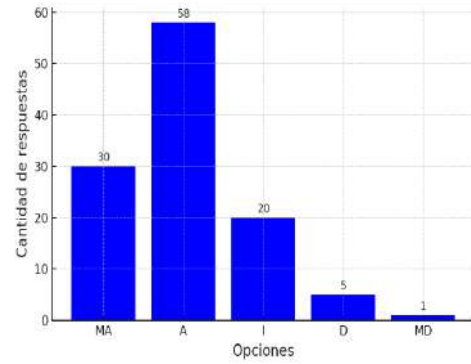
Gráfica 5. Pregunta 5, Nivel 12 – Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.



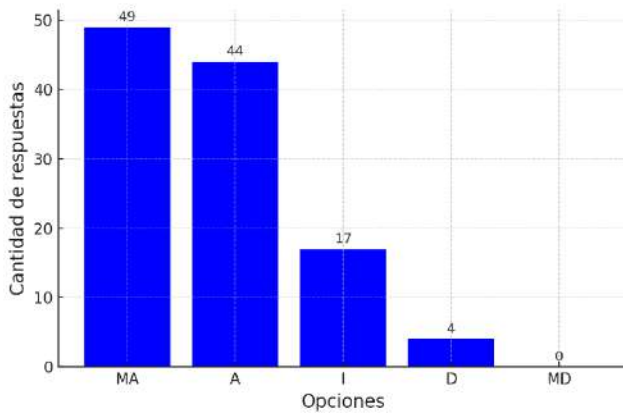
Gráfica 6. Pregunta 6, Nivel 12 - Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones



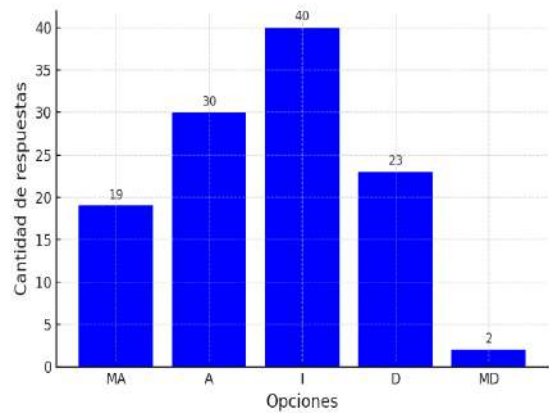
Gráfica 8. Pregunta 8, Nivel 12 - Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.



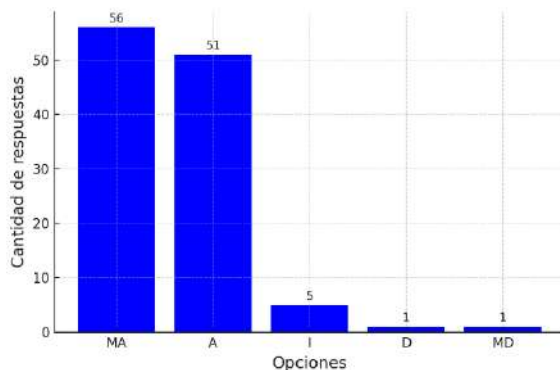
Gráfica 12. Pregunta 12, Nivel 12 - Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.



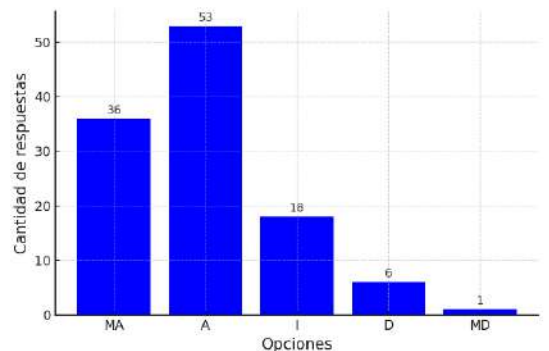
Gráfica 13. Pregunta 13, Nivel 12 - La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.



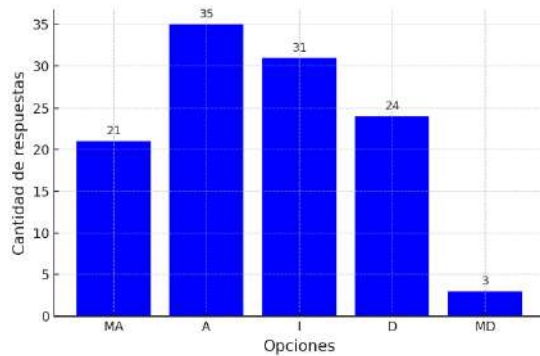
Gráfica 14. Pregunta 14, Nivel 12 - La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.



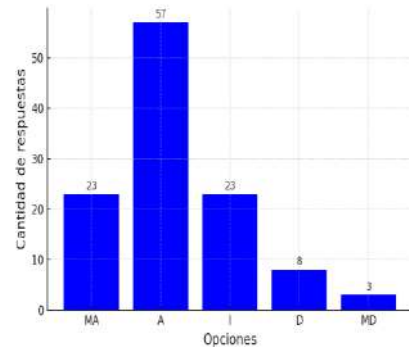
Gráfica 18. Pregunta 18, Nivel 12 - El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.



Gráfica 22. Pregunta 22, Nivel 12 - Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.



Gráfica 23. Pregunta 23, Nivel 12 - Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.



Gráfica 54. Pregunta 24, Nivel 12 – Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.

El análisis de la Categoría 1.1: Características del conocimiento científico, basado en las respuestas de estudiantes de duodécimo grado (Nivel 12) a los ítems 1, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 18, 22, 23 y 24, revela una comprensión predominantemente idealizada del conocimiento científico, con ciertas áreas de progreso hacia una visión más matizada y tentativa. En la Gráfica 1, que indaga si las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, el 87% (52 de 60, MA + A) acepta esta afirmación, lo que refleja una percepción rígida que asume la veracidad absoluta de las teorías, ignorando su carácter tentativo y falible (Lederman et al., 2002). Este patrón se refuerza en la Gráfica 24, donde el 88% (53 de 60, MA + A) considera que las teorías bien apoyadas en la observación no se revelan incorrectas en ciertos dominios, evidenciando una visión estática del conocimiento científico.

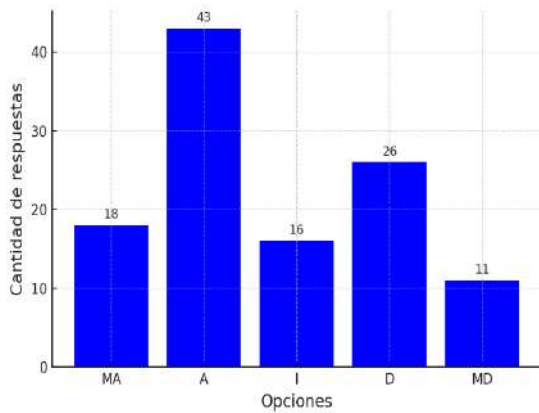
Sin embargo, algunas respuestas muestran un avance hacia concepciones más sofisticadas. En la Gráfica 4, que explora si el progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías cada vez más completas y verdaderas, el 78% (47 de 60, MA + A) está de acuerdo, pero el 22% (13 de 60, D + MD) discrepa, sugiriendo que un grupo minoritario comienza a cuestionar la idea de una verdad absoluta en la ciencia. De manera similar, la Gráfica 13 indica que el 85% (51 de 60, MA + A) cree que la ciencia no es segura, pero es progresiva y abierta a nuevas ideas, lo que

refleja una comprensión emergente de su carácter dinámico y revisable, un aspecto clave del conocimiento científico (Osborne et al., 2003). Este reconocimiento de la falibilidad también se observa en la Gráfica 6, donde el 60% (36 de 60, D + MD) rechaza que el conocimiento científico sea definitivo, mostrando un entendimiento de su naturaleza tentativa.

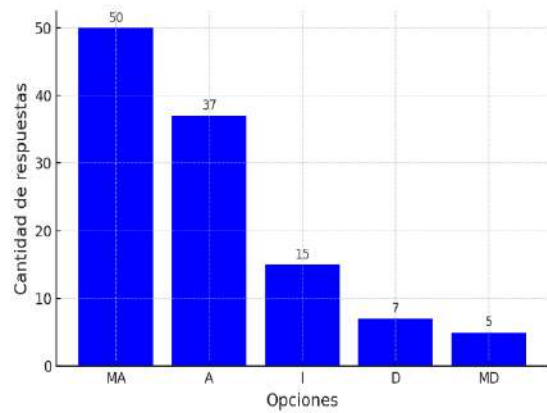
Por otro lado, las concepciones sobre la objetividad y el papel de las observaciones presentan contradicciones. En la Gráfica 5, el 85% (51 de 60, MA + A) considera que una característica de las teorías científicas es ser incorrectas si no concuerdan con el conocimiento, lo que refleja una visión rígida que subestima la posibilidad de revisar teorías ante nueva evidencia. En contraste, las Gráficas 8, 12 y 23, con un 70% (42 de 60), 82% (49 de 60) y 77% (46 de 60) de aceptación respectivamente, indican que los estudiantes reconocen que los resultados observacionales y experimentales implican presupuestos teóricos, lo que sugiere una comprensión de la interdependencia entre teoría y observación, un aspecto más alineado con las características del conocimiento científico (Lederman et al., 2002). Sin embargo, la Gráfica 14, con un 72% (43 de 60, MA + A) a favor de que la discordancia entre teorías y datos no puede ser considerada científica, contradice este avance, mostrando una resistencia a aceptar la falibilidad de las teorías.

Los estudiantes de Nivel 12 ven el conocimiento científico como una representación absoluta (Gráficas 1 y 24), subestimando su falibilidad (Gráficas 5 y 14). Sin embargo, reconocen su carácter tentativo (Gráficas 6 y 13) y la interdependencia teoría-observación (Gráficas 8, 12 y 23). Se sugiere usar casos históricos para discutir su naturaleza tentativa (Osborne et al., 2003). También se recomienda debatir la influencia teórica en observaciones para fomentar una visión crítica.

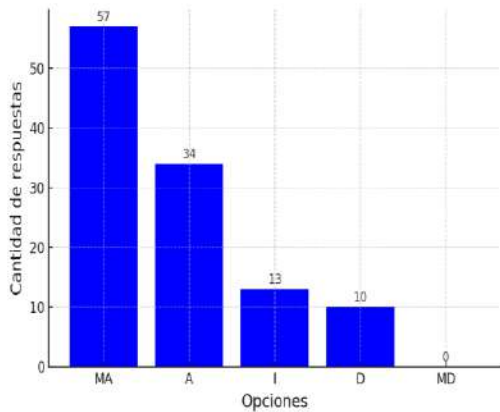
4.8.2. Categoría 1.2: Método científico



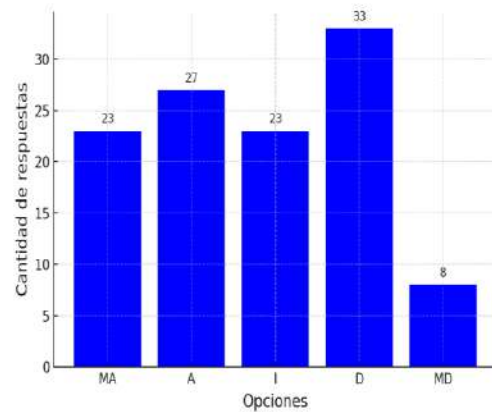
Gráfica 6. Pregunta 3, Nivel 12 – Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.



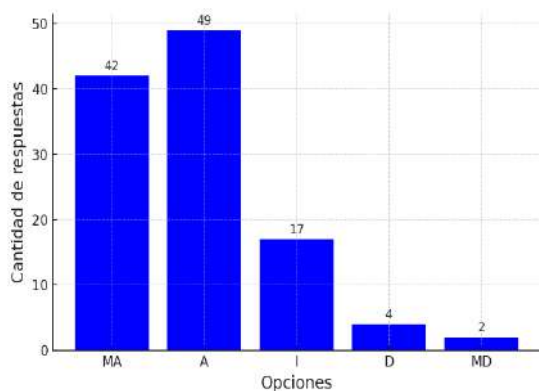
Gráfica 7. Pregunta 7, Nivel 12 – El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.



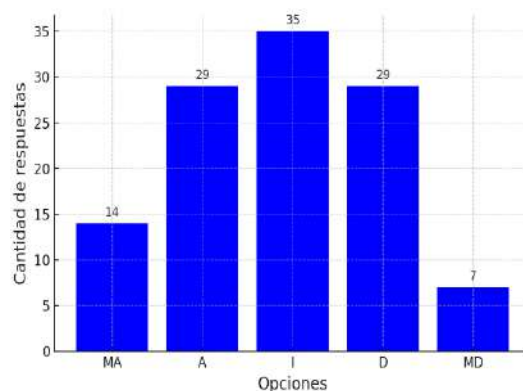
Gráfica 10. Pregunta 10, Nivel 12 - La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.



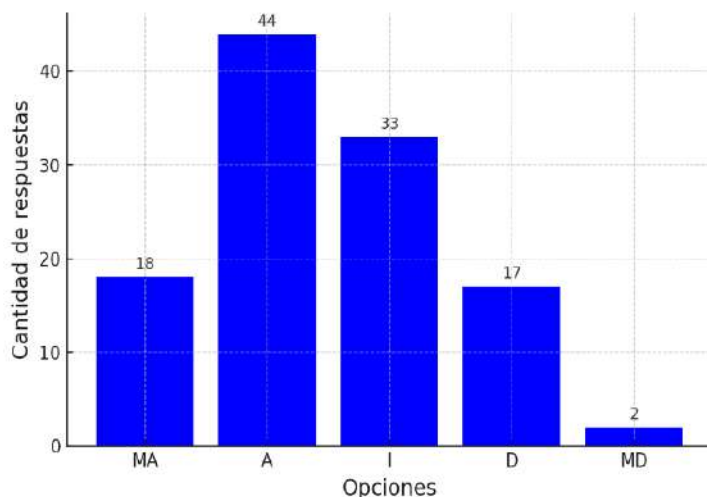
Gráfica 17. Pregunta 17, Nivel 12 - Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.



Gráfica 19. Pregunta 19, Nivel 12 - La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.



Gráfica 21. Pregunta 21, Nivel 12 - Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.



Gráfica 25. Pregunta 25, Nivel 12 - La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.

El análisis de la Categoría 1.2: Método científico, basado en las respuestas de estudiantes de duodécimo grado (Nivel 12) a los ítems 3, 7, 10, 17, 19, 21 y 25, revela una percepción predominantemente rígida y lineal del método científico, con una visión que subestima su carácter dinámico e iterativo. En la Gráfica 3, que indaga si el conocimiento científico emerge de observaciones y experimentos basados en ideas previas, el 82% (49 de 60, MA + A) acepta esta idea, lo que refleja

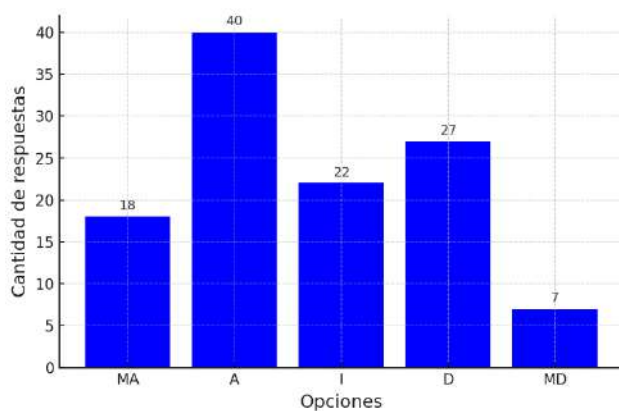
una comprensión adecuada de que el método científico se construye sobre conocimientos previos, un principio fundamental del proceso científico (Lederman et al., 2002). Sin embargo, la Gráfica 7, donde el 87% (52 de 60, MA + A) considera que el punto de partida para la construcción del conocimiento debe ser siempre la observación y experimentación, indica una visión rígida que prioriza un enfoque lineal, ignorando otras formas de generar conocimiento, como la modelización o la hipótesis teórica (McComas, 1998).

Esta percepción lineal se refuerza en varias gráficas. La Gráfica 10, con un 85% (51 de 60, MA + A) a favor de que la efectividad del trabajo científico depende del cumplimiento de las etapas establecidas por el método, sugiere una creencia en un proceso rígido y prescriptivo, subestimando la flexibilidad del método científico en la práctica real (Osborne et al., 2003). De manera similar, la Gráfica 25, donde el 75% (45 de 60, MA + A) afirma que la metodología científica solo admite ideas obtenidas a través de observación y experimentación, refleja una visión limitada que excluye otras aproximaciones, como el razonamiento teórico o la simulación, que son esenciales en la ciencia moderna (Schwarz et al., 2009). Además, la Gráfica 17, con un 67% (40 de 60, MA + A) de aceptación de que los científicos se equivocan por no aplicar adecuadamente el método, refuerza esta concepción mecanicista, atribuyendo los errores a una supuesta falta de rigor en el seguimiento de un proceso lineal.

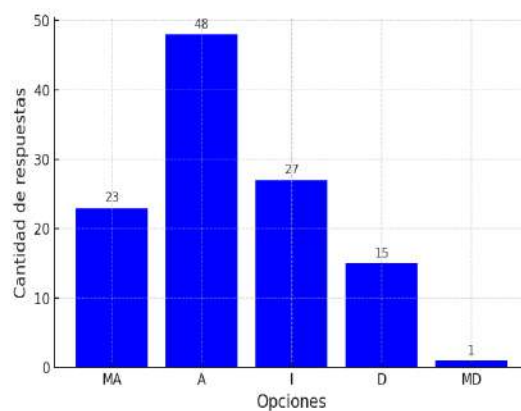
Sin embargo, hay indicios de una comprensión más matizada en algunos ítems. La Gráfica 19, donde el 82% (49 de 60, MA + A) acepta que la experimentación contribuye al avance de la ciencia en la mediación de juicios y teorías, muestra un reconocimiento de la interconexión entre observación, experimentación y teoría, un aspecto más alineado con la naturaleza iterativa del método científico (Windschitl et al., 2008). Asimismo, la Gráfica 21, con un 60% (36 de 60, MA + A) a favor de que la aplicación de un método científico puede conducir a resultados incorrectos, indica que algunos estudiantes comienzan a entender que el método no garantiza resultados infalibles, lo que refleja un avance hacia la aceptación de su carácter falible y dinámico.

En síntesis, los estudiantes de Nivel 12 presentan una visión predominantemente rígida del método científico, viéndolo como un proceso lineal y prescriptivo (Gráficas 7, 10, 17 y 25), lo que limita su comprensión de la naturaleza iterativa y flexible de la investigación científica. Aunque hay avances en reconocer la interdependencia entre observación, experimentación y teoría (Gráficas 19 y 21), estas concepciones erróneas sugieren la necesidad de intervenciones pedagógicas que enfatizen la diversidad de enfoques en la ciencia, como el uso de simulaciones o la generación de hipótesis teóricas, siguiendo estrategias como las propuestas por McComas (1998). Actividades que muestren la evolución histórica del método científico y su adaptabilidad podrían ayudar a los estudiantes a desarrollar una visión más realista y dinámica del proceso científico.

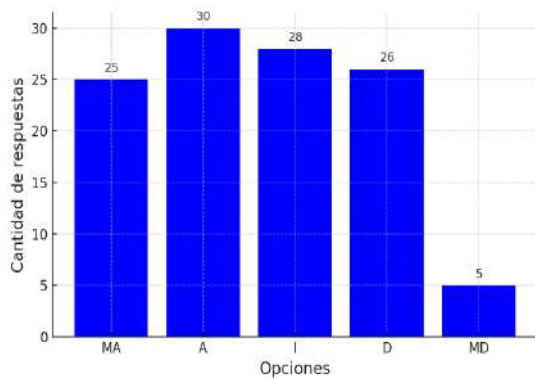
4.8.3. Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza



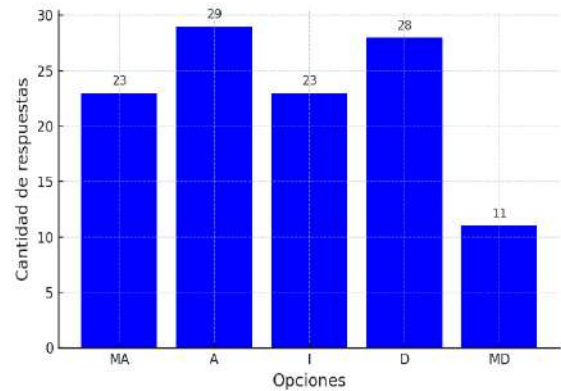
Gráfica 2. Pregunta 2, Nivel 12 - Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación



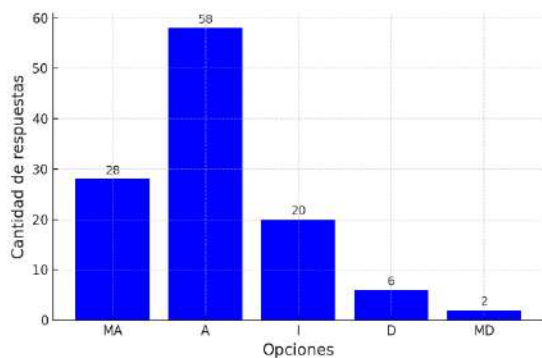
Gráfica 9. Pregunta 9, Nivel 12 - Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.



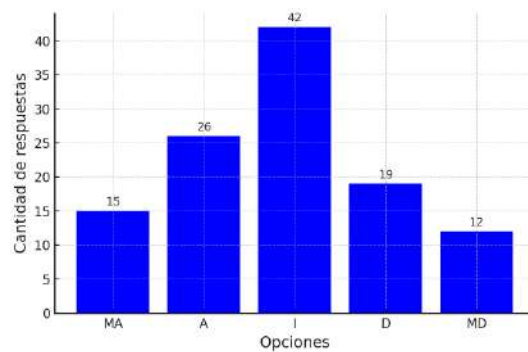
Gráfica 11. Pregunta 11, Nivel 12 - Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.



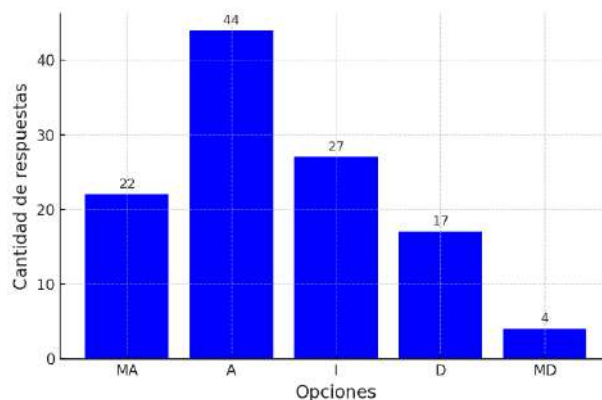
Gráfica 15. Pregunta 15, Nivel 12 – No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.



Gráfica 16. Pregunta 16, Nivel 12 - La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.



Gráfica 20. Pregunta 20, Nivel 12 – La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.



Gráfica 26. Pregunta 26, Nivel 12 - La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos.

El análisis de la Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza, basado en las respuestas de estudiantes de duodécimo grado (Nivel 12) a los ítems 2, 9, 11, 15, 16, 20 y 26, muestra una comprensión limitada de la ciencia como una actividad humana marcada por conflicto, subjetividad, intuición y creatividad, con una tendencia a idealizarla como un proceso objetivo y universal. En la Gráfica 2, que pregunta si una teoría debe demostrarse con observación y experimentación, el 73% (44 de 60, MA + A) está de acuerdo, lo que refleja una visión centrada en la verificación empírica, pero subestima la influencia de elementos subjetivos o intuitivos en la ciencia (Lederman et al., 2002). Esta tendencia se refuerza en la Gráfica 11, donde el 77% (46 de 60, MA + A) acepta que las leyes científicas son universales y aplicables en cualquier situación, ignorando su contexto histórico y cultural, lo que sugiere una percepción rígida del conocimiento científico.

Sin embargo, hay indicios de una comprensión más matizada en algunos ítems. La Gráfica 9, con un 62% (37 de 60, MA + A) a favor de que una característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado, muestra un reconocimiento inicial de la falibilidad humana en la ciencia, un aspecto alineado con su naturaleza dinámica (Osborne et al., 2003). De manera similar, la Gráfica 15, donde el 50% (30 de 60, MA + A) rechaza que las leyes científicas provengan de la especulación y la intuición, sugiere una apertura parcial a considerar la creatividad como parte del proceso científico, aunque el 50% restante indica ambigüedad. La Gráfica 16, con un 58% (35 de 60, MA + A) aceptando que la observación científica se realiza a partir de algún presupuesto teórico, refleja una comprensión de la influencia de ideas previas, un elemento subjetivo clave en la actividad científica (Schwarz et al., 2009).

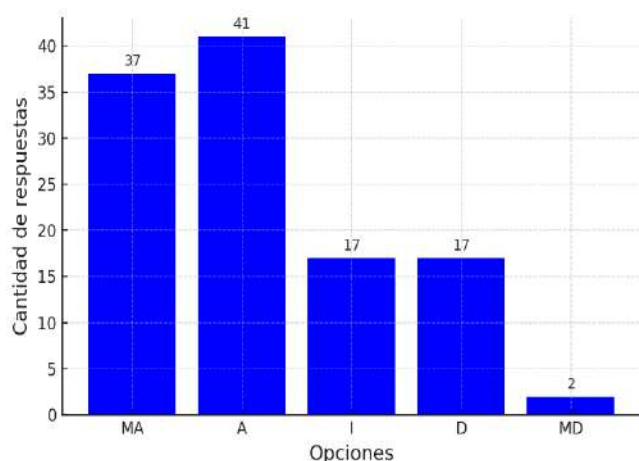
Las gráficas relacionadas con el conflicto y la discordancia entre científicos revelan una resistencia a aceptar la naturaleza humana de la ciencia. En la Gráfica 20, el 67% (40 de 60, MA + A) discrepa de que el conflicto de ideas entre científicos sea indeseable, lo que indica un rechazo a ver la ciencia como un proceso conflictivo, a pesar de que los desacuerdos son fundamentales para su avance (McComas, 1998). Asimismo, la Gráfica 26, con un 58% (35 de 60, MA + A) afirmando que la

objetividad y efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y la discordancia, sugiere un avance limitado hacia la aceptación de la diversidad de perspectivas, aunque el 42% restante refleja una visión más tradicional de la ciencia como un proceso unificado.

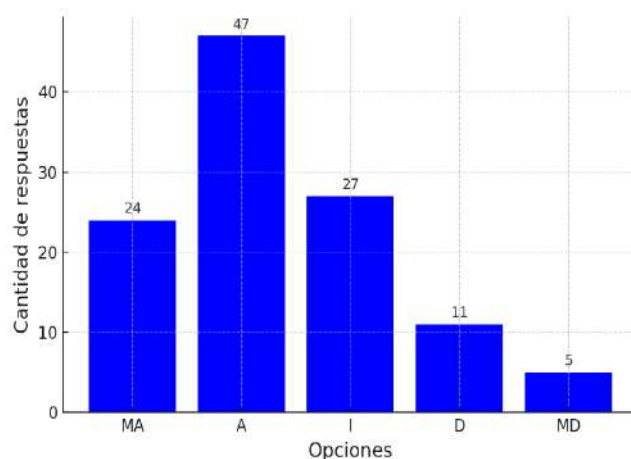
En síntesis, los estudiantes de Nivel 12 tienden a idealizar la ciencia como un proceso objetivo y universal (Gráficas 2 y 11), con poca consideración de su carácter subjetivo, intuitivo y conflictivo. Aunque hay avances en reconocer la falibilidad (Gráfica 9) y la influencia de presupuestos teóricos (Gráfica 16), la resistencia a aceptar el conflicto (Gráfica 20) y la ambigüedad sobre la creatividad (Gráfica 15) indican una comprensión parcial.

4.9. Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico

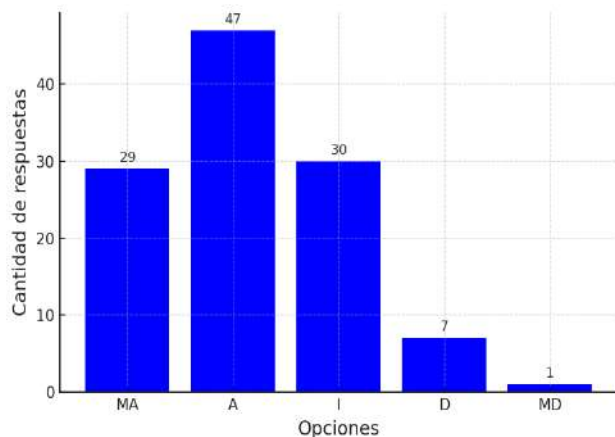
4.9.1. Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos



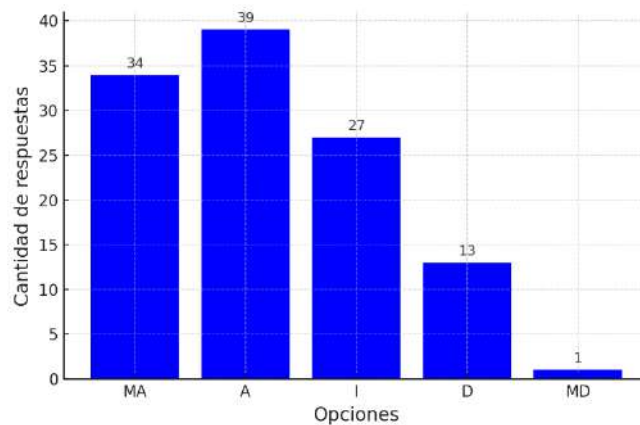
Gráfica 27. Pregunta 27, Nivel 12 - Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.



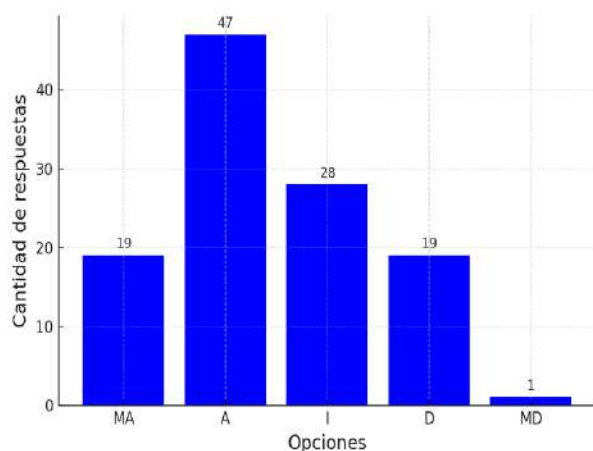
Gráfica 28. Pregunta 28, Nivel 12 - Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.



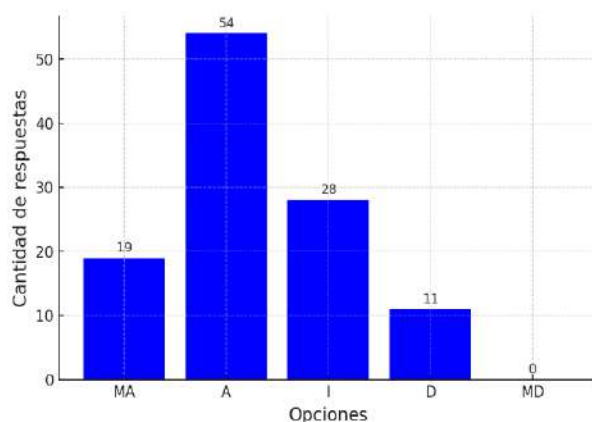
Gráfica 30. Pregunta 30, Nivel 12 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



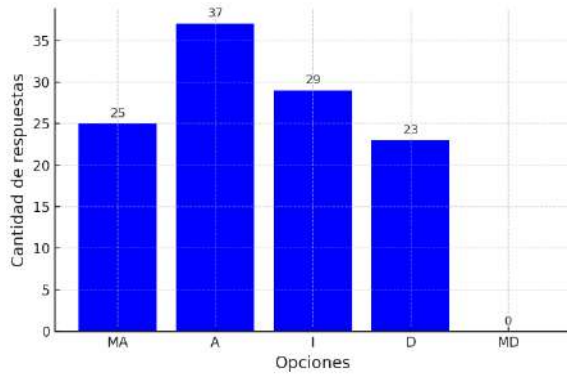
Gráfica 31. Pregunta 31, Nivel 12 - Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.



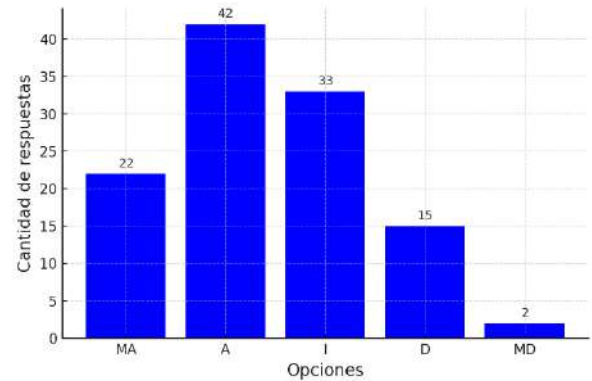
Gráfica 32. Pregunta 32, Nivel 12 - Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.



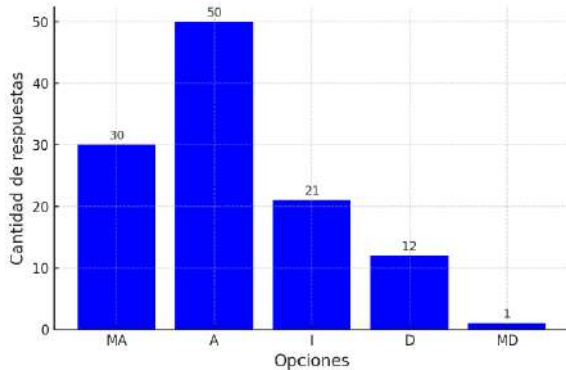
Gráfica 33. Pregunta 33, Nivel 12 - Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.



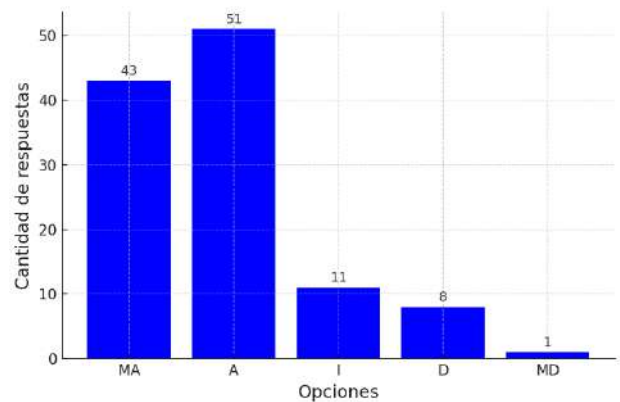
Gráfica 34. Pregunta 34, Nivel 12 - Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.



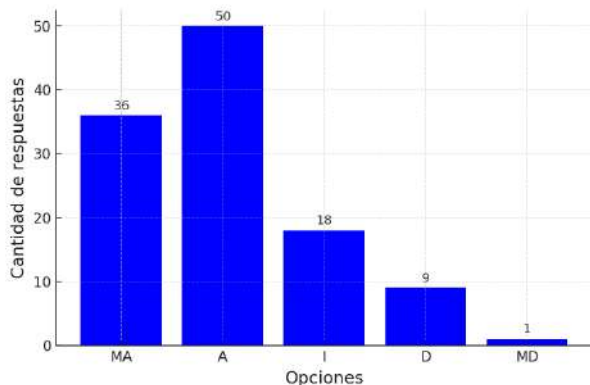
Gráfica 35. Pregunta 35, Nivel 12 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



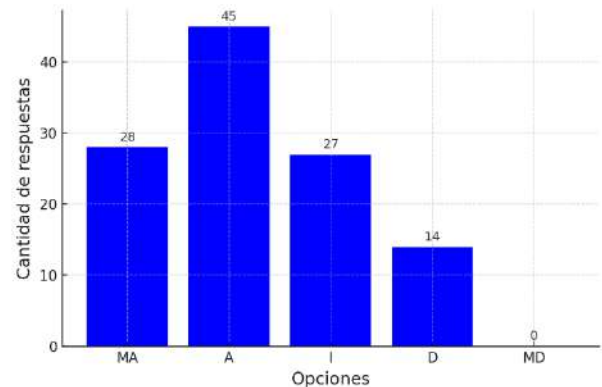
Gráfica 36. Pregunta 36, Nivel 12 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



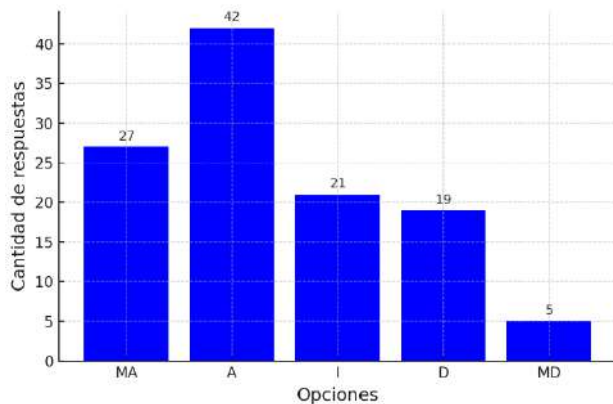
Gráfica 37. Pregunta 37, Nivel 12 - La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.



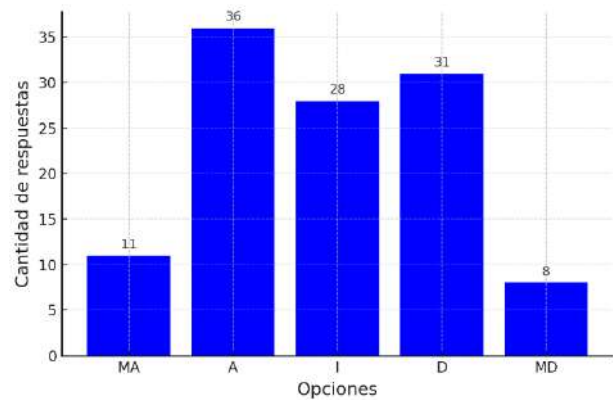
Gráfica 40. Pregunta 40, Nivel 12 - Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.



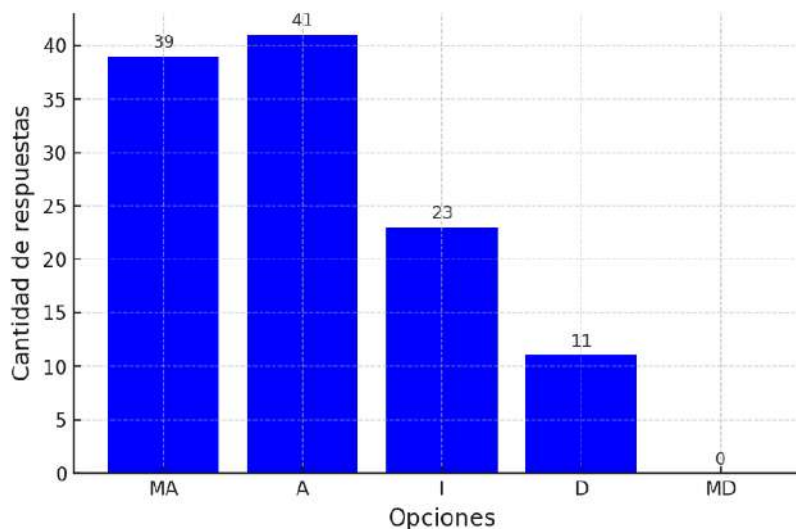
Gráfica 42. Pregunta 42, Nivel 12 - La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.



Gráfica 43. Pregunta 43, Nivel 12 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 46. Pregunta 46, Nivel 12 - No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.



Gráfica 48. Pregunta 48, Nivel 12 - Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.

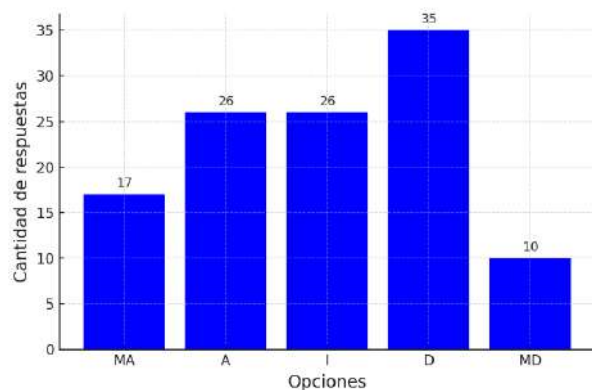
El análisis de la Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos, basado en las respuestas de estudiantes de duodécimo grado (Nivel 12) a los ítems 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 46 y 48, revela una mezcla de concepciones idealizadas y una comprensión emergente de los modelos como construcciones humanas simplificadas. En la Gráfica 27, el 78% (47 de 60, MA + A) acepta que una teoría debe estar en completo acuerdo con la observación y experimentación, reflejando una visión rígida que asume una representación perfecta de la realidad, contradiciendo el carácter tentativo de los modelos (Hestenes, 1992). Sin embargo, la Gráfica 30, con un 60% (36 de 60, D + MD) discrepando de que los científicos

incluyan todos los detalles en el modelado, indica un reconocimiento inicial de su naturaleza simplificada, alineado con el marco teórico.

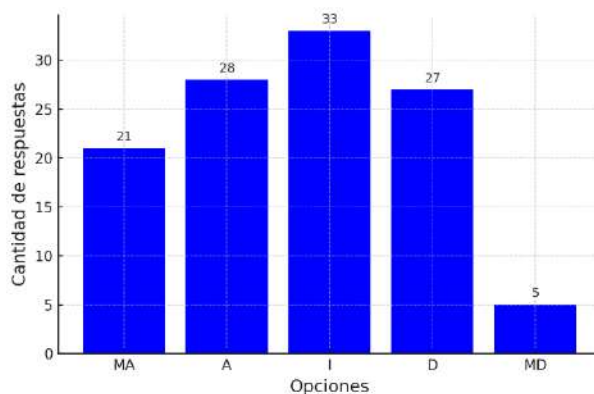
La comprensión de los modelos como construcciones humanas se observa en varias gráficas. En la Gráfica 31, el 62% (37 de 60, MA + A) acepta que los modelos se originan en la mente de quien los construye, y la Gráfica 32, con un 70% (42 de 60, MA + A) a favor de su rol mediador entre teoría y realidad, refuerza esta idea. La Gráfica 43, con un 68% (41 de 60, D + MD) rechazando que solo un modelo sea aceptable, y la Gráfica 46, con un 73% (44 de 60, D + MD) negando la exclusividad de un modelo por sistema, destacan una aceptación de su variabilidad. Además, la Gráfica 48, con un 78% (47 de 60, MA + A) aceptando que los modelos son teorías simplificadas para fines didácticos, muestra una comprensión sólida de su carácter aproximado.

Aun así, persisten concepciones erróneas. La Gráfica 42, donde el 57% (34 de 60, MA + A) cree que la semejanza entre sistema y modelo debe ser completa, refleja una visión idealizada, y la Gráfica 35, con un 50% (30 de 60, MA + A) a favor de descripciones fieles, indica ambigüedad. La capacidad predictiva, reconocida en la Gráfica 36 (85%, 51 de 60, MA + A), y su rol educativo en la Gráfica 37 (75%, 45 de 60, MA + A), son aceptados ampliamente, pero no contrarrestan del todo las ideas rígidas. Estos resultados sugieren que, aunque los estudiantes avanzan hacia una visión más matizada (Gráficas 30, 43, 46, 48), persisten idealizaciones (Gráficas 27, 42), lo que implica la necesidad de actividades pedagógicas que enfatizen la simplicidad y adaptabilidad de los modelos, como simulaciones propuestas por Schwarz et al. (2009), para consolidar una comprensión más alineada con la práctica científica.

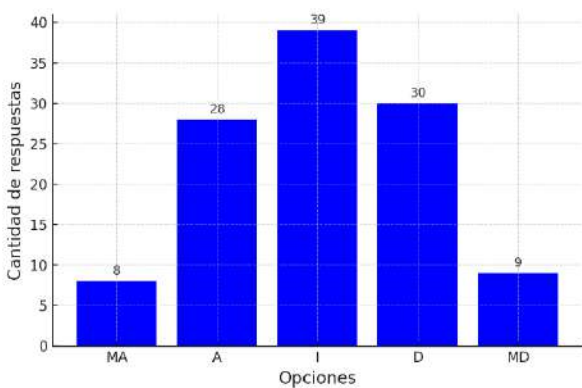
4.9.2. Categoría 2.2: Función de los modelos científicos



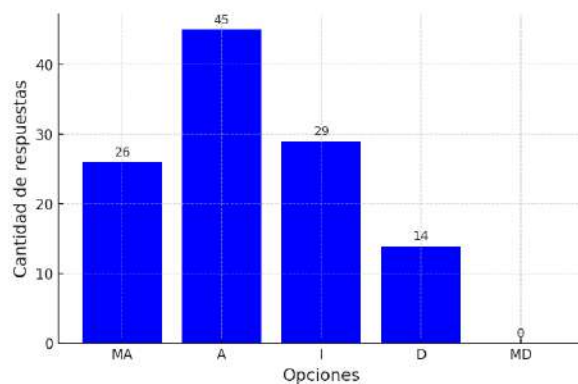
Gráfica 29. Pregunta 29, Nivel 12 - Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio.



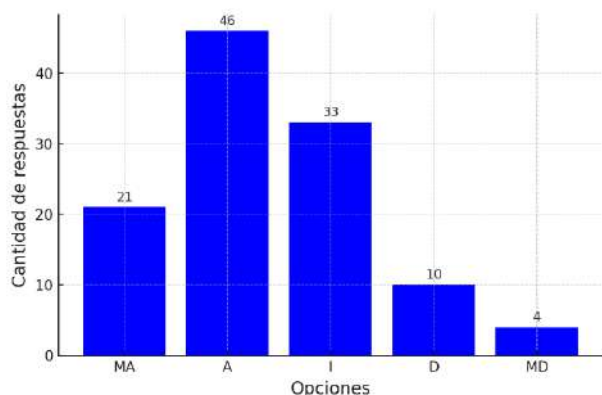
Gráfica 38. Pregunta 38, Nivel 12 - Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.



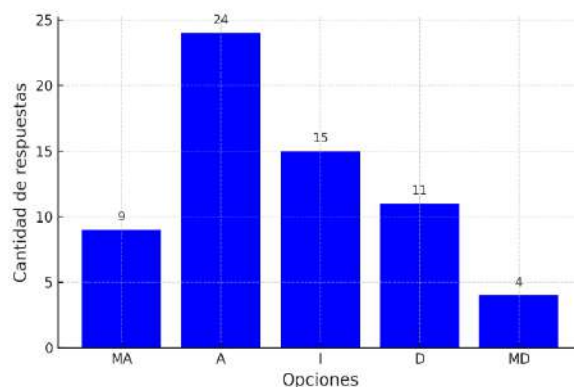
Gráfica 39. Pregunta 39, Nivel 12 - Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.



Gráfica 41. Pregunta 41, Nivel 12 - Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.



Gráfica 44. Pregunta 44, Nivel 12 - Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.



Gráfica 45. Pregunta 45, Nivel 12 - Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.

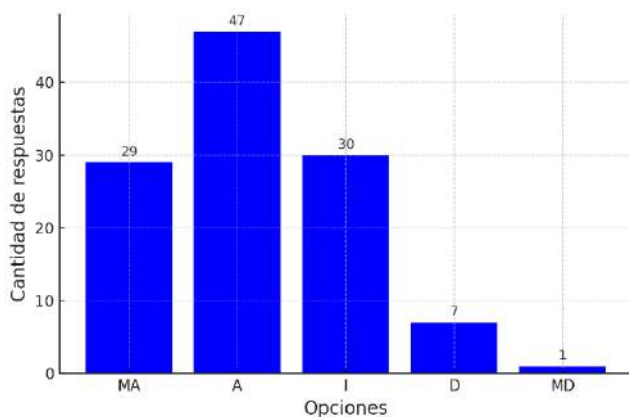
El análisis de la Categoría 2.2: Función de los modelos científicos, basado en las respuestas de estudiantes de duodécimo grado (Nivel 12) a los ítems 29, 38, 39, 41, 44 y 45, muestra una percepción limitada de los modelos, con un enfoque predominante en su función educativa y una comprensión parcial de su rol en la predicción e investigación. En la Gráfica 29, el 68% (41 de 60, MA + A) acepta que las teorías predicen correctamente los resultados experimentales, lo que refleja un reconocimiento de la capacidad predictiva de los modelos, aunque el 22% (13 de 60, D + MD) duda de esta función, sugiriendo cierta ambigüedad (Hestenes, 1992). Sin embargo, la Gráfica 38, con un 67% (40 de 60, MA + A) afirmando que algún modelo representa exactamente la realidad, indica una concepción errónea que idealiza los modelos como réplicas perfectas, ignorando su naturaleza simplificada (Schwarz et al., 2009).

La Gráfica 39, donde el 73% (44 de 60, MA + A) considera que los modelos permiten conocer más a fondo el sistema físico, y la Gráfica 41, con un 67% (40 de 60, MA + A) aceptando que permiten investigar sistemas físicos, reflejan una comprensión adecuada de su función investigativa. Esto sugiere que los estudiantes valoran los modelos como herramientas para profundizar el conocimiento, un aspecto alineado con su propósito científico (Windschitl et al., 2008). No obstante, la Gráfica 44, con

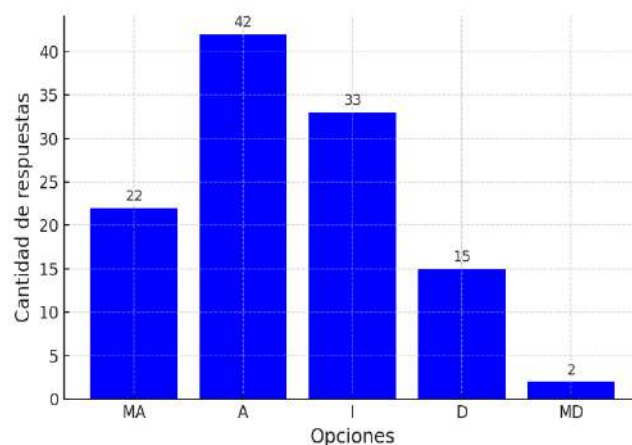
un 77% (46 de 60, MA + A) a favor de que los modelos investigan sistemas que no existen en la naturaleza, y la Gráfica 45, con un 62% (37 de 60, MA + A) afirmando que deben ofrecer descripciones exactas, refuerzan la visión idealizada, mostrando una confusión conceptual sobre su carácter aproximado y su aplicabilidad a fenómenos reales.

En síntesis, los estudiantes de Nivel 12 reconocen parcialmente las funciones predictiva (Gráfica 29) e investigativa (Gráficas 39 y 41) de los modelos, pero tienden a idealizarlos como representaciones exactas (Gráficas 38 y 45), subestimando su naturaleza simplificada. Esta percepción limitada, junto con la confusión en la Gráfica 44, sugiere que las estrategias pedagógicas deben enfatizar el carácter aproximado de los modelos y su uso en investigación mediante actividades prácticas.

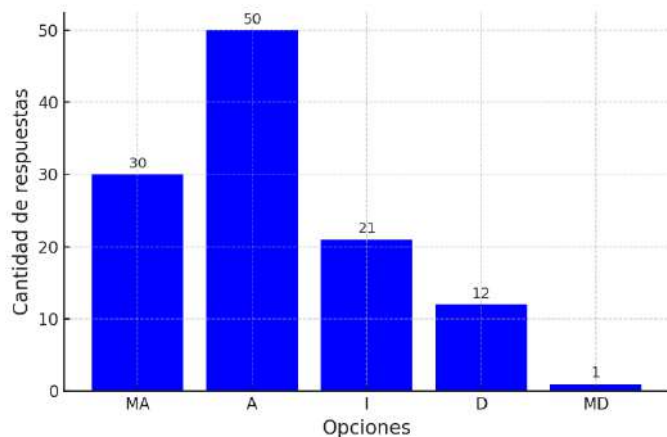
4.9.3. Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos



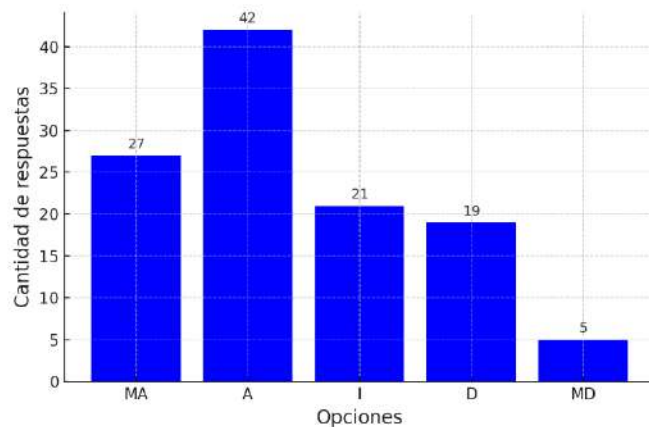
Gráfica 30. Pregunta 30, Nivel 12 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



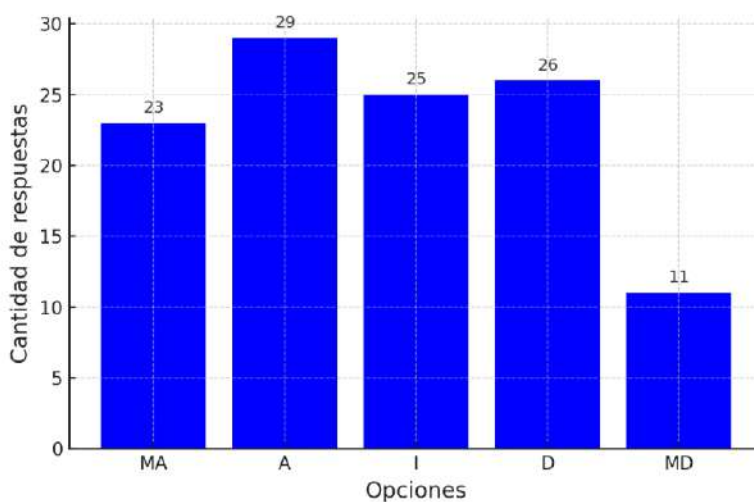
Gráfica 35. Pregunta 35, Nivel 12 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



Gráfica 36. Pregunta 36, Nivel 12 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



Gráfica 43. Pregunta 43, Nivel 12 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 47. Pregunta 47, Nivel 12 - Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.

El análisis de la Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos, basado en las respuestas de estudiantes de duodécimo grado (Nivel 12) a los ítems 30, 35, 36, 43 y 47, muestra un avance en la comprensión de las limitaciones y la variabilidad de los modelos científicos, aunque persisten algunas concepciones idealizadas. En la Gráfica 30, el 60% (36 de 60, D + MD) discrepa de que los científicos describan la realidad con todos sus detalles en el modelado, lo que indica

un reconocimiento de las limitaciones inherentes a los modelos como simplificaciones, coherente con el marco teórico (Hestenes, 1992). Asimismo, la Gráfica 35, con un 50% (30 de 60, MA + A) aceptando que los modelos pueden ser descripciones fieles de aspectos de la realidad, refleja una ambigüedad, aunque el 33% (20 de 60, D + MD) rechaza esta idea, sugiriendo una transición hacia una visión más matizada.

La variabilidad de los modelos es evidente en la Gráfica 43, donde el 68% (41 de 60, D + MD) rechaza que solo un modelo sea aceptable para un mismo sistema físico, mostrando una aceptación de la posibilidad de múltiples enfoques válidos, un principio clave del modelado científico (Schwarz et al., 2009). Esta idea se refuerza en la Gráfica 36, con un 85% (51 de 60, MA + A) afirmando que los modelos permiten prever hechos nuevos, destacando su capacidad dinámica y adaptativa. Por otro lado, la Gráfica 47, con un 58% (35 de 60, MA + A) aceptando que los científicos introducen elementos hipotéticos y entidades no observables, indica un entendimiento parcial de cómo las limitaciones del modelado pueden incluir supuestos teóricos, aunque el 42% (25 de 60, D + MD) discrepa, sugiriendo cierta confusión.

En síntesis, los estudiantes de Nivel 12 muestran un progreso en reconocer las limitaciones de los modelos (Gráfica 30) y su variabilidad (Gráficas 36 y 43), pero persisten ideas idealizadas que los ven como descripciones fieles (Gráfica 35) o resisten la inclusión de elementos no observables (Gráfica 47). Estos hallazgos sugieren que las estrategias pedagógicas deben enfatizar la naturaleza aproximada y la diversidad de los modelos mediante actividades prácticas, como el uso de simulaciones que comparen múltiples representaciones, siguiendo enfoques de Olympiou y Zacharia (2012), para consolidar una comprensión más alineada con la práctica científica moderna.

4.10. Resultados Totales de la Encuesta

Tabla 11.

Resultados totales de la encuesta aplicada a las escuelas privadas y públicas de Panamá.

1.Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho,describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
78	126	37	25	9	
2.Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
54	109	54	47	11	
3.Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
57	93	48	59	18	
4.El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
147	99	23	4	2	
5.Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
85	106	57	27	0	
6.Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones					Totales
MA	A	I	D	MD	275
104	94	55	15	7	
7.El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.					Totales

MA	A	I	D	MD	275
116	96	36	19	8	
8.Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
46	112	80	31	6	
9.Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
71	110	51	32	11	
10.La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
150	80	24	19	2	
11.Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
58	83	64	55	15	
12.Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
79	129	44	19	4	
13.La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
115	105	33	19	3	
14.La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
38	59	108	56	14	

15.No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
52	61	72	62	28	
16.La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
56	138	54	24	3	
17.Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
39	67	45	97	27	
18.El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
155	101	12	3	4	
19.La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
100	117	44	10	4	
20.La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
34	49	97	60	35	
21.Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
44	69	87	57	18	
22.Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
90	126	35	21	3	

23.Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
56	81	64	54	20	
24.Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
65	131	55	19	5	
25.La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
51	95	75	45	9	
26.La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos					Totales
MA	A	I	D	MD	275
48	84	77	47	19	
27.Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
90	97	42	36	10	
28.Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
53	92	100	23	7	
29.Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio					Totales
MA	A	I	D	MD	275
32	55	74	90	24	
30.Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.					Totales

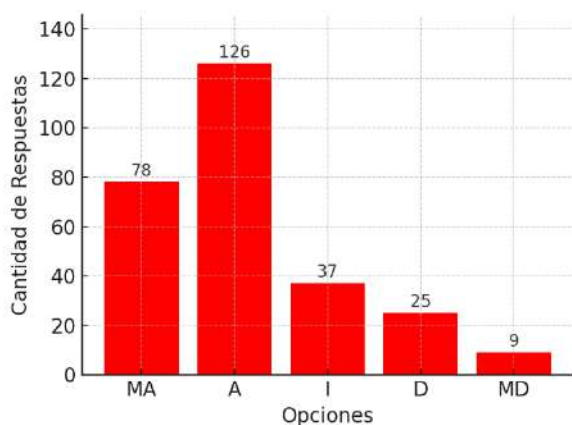
MA	A	I	D	MD	275
70	111	67	21	6	
31.Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
77	103	58	29	8	
32.Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
37	100	100	30	8	
33.Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
48	119	70	29	9	
34.Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
50	105	70	44	6	
35.Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
67	96	75	28	9	
36.Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
62	132	53	24	4	
37.La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
94	122	30	23	6	

38.Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
47	81	75	54	18	
39.Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
24	66	88	72	25	
40.Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
84	131	39	18	3	
41.Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	276
61	112	71	29	2	
42.La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
50	95	83	37	11	
43.Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
48	104	69	38	16	
44.Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
44	105	77	36	13	
45.Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	

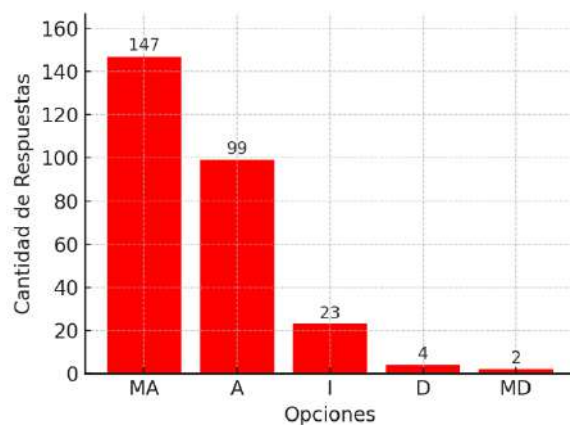
50	108	63	47	7	275
46.No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
25	69	74	73	34	
47.Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
49	70	65	60	31	
48.Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.					Totales
MA	A	I	D	MD	275
81	95	64	27	8	

4.11. Eje 1: Concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC)

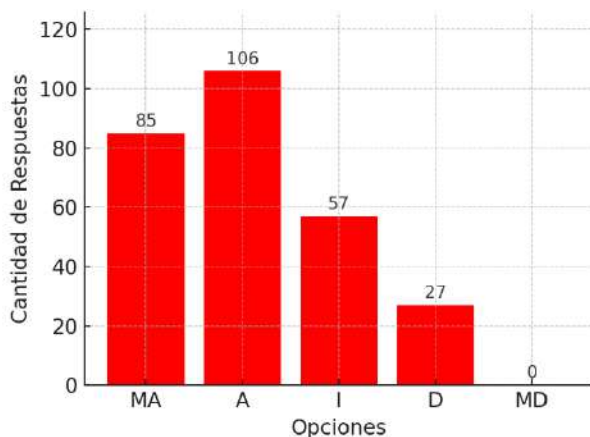
4.11.1. Categoría 1.1: Características del Conocimiento Científico



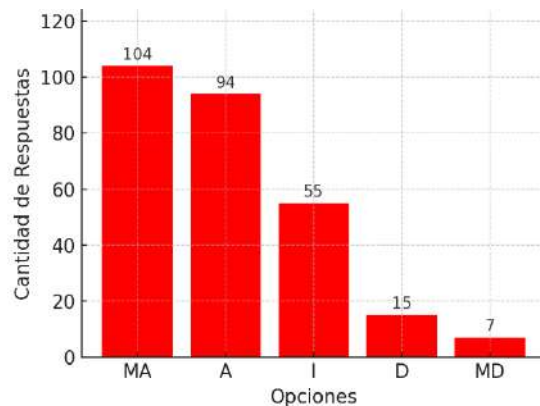
Gráfica 7. Pregunta 1 - Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.



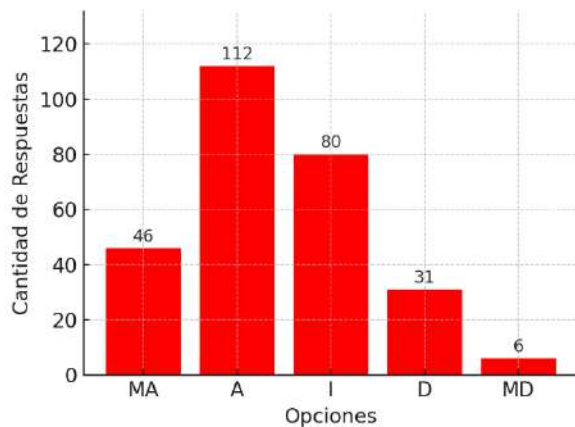
Gráfica 4. Pregunta 4 - El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.



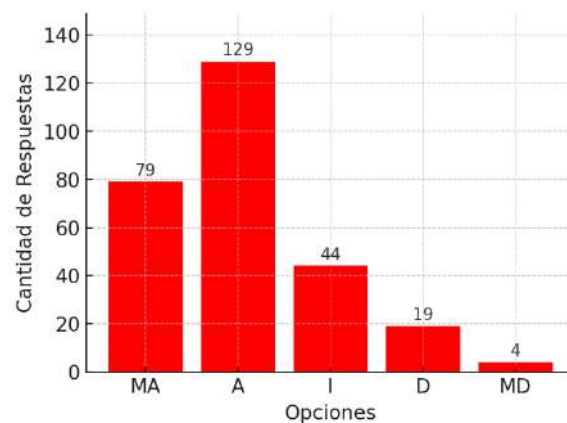
Gráfica 5. Pregunta 5 – Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.



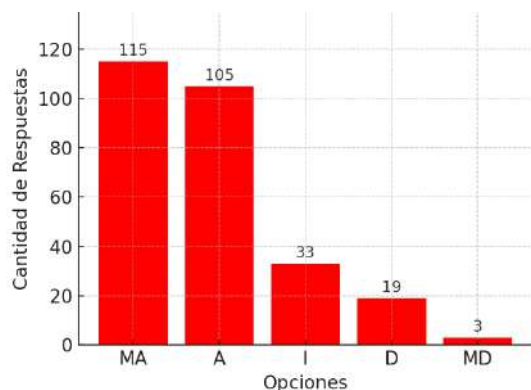
Gráfica 6. Pregunta 6 - Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones



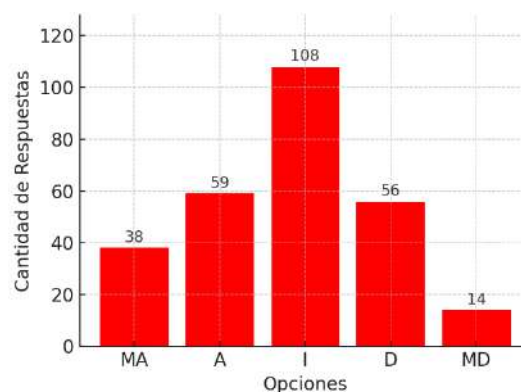
Gráfica 8. Pregunta 8 - Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.



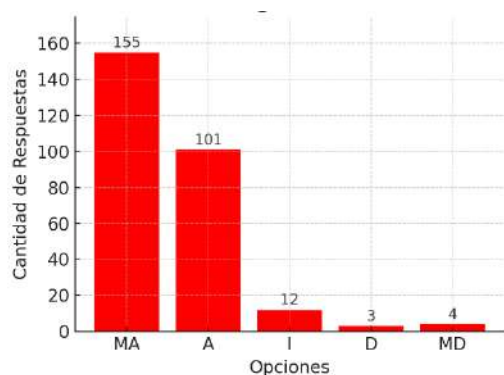
Gráfica 12. Pregunta 12 - Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.



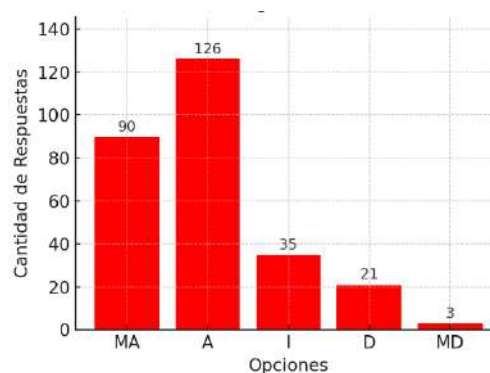
Gráfica 13. Pregunta 13 - La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.



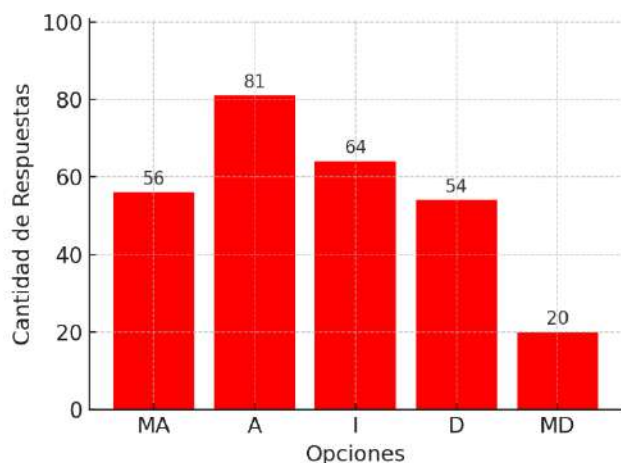
Gráfica 14. Pregunta 14 - La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.



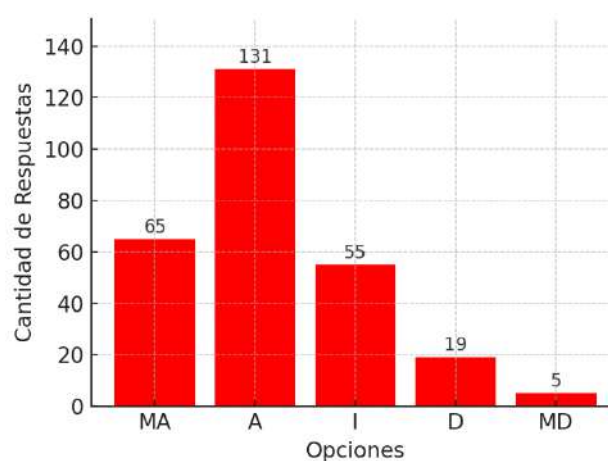
Gráfica 18. Pregunta 18 - El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.



Gráfica 22. Pregunta 22 - Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.



Gráfica 23. Pregunta 23 - Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.



Gráfica 84. Pregunta 24 – Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.

El análisis de los totales de las respuestas en la Categoría 1.1: Características del conocimiento científico, que incluye los ítems 1, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 18, 22, 23 y 24, revela una visión predominantemente idealizada del conocimiento científico en los estudiantes de undécimo (Nivel 11), duodécimo (Nivel 12) y del nivel NdC (no definido, posiblemente docentes o profesionales), aunque con matices de progreso hacia una comprensión más matizada en algunos ítems. En la Gráfica 1, los porcentajes de aceptación (MA + A) son altos: 73% (44 de 60) en Nivel 11, 87% (52 de 60) en Nivel 12 y 97% (126 de 130) en NdC, indicando que la mayoría en los tres niveles considera que las teorías científicas representan la naturaleza tal como es, reflejando una percepción rígida que subestima el carácter tentativo del conocimiento científico (Lederman et al., 2002). Esto se refuerza en la Gráfica 24, con 73% (44 de 60) en Nivel 11, 88% (53 de 60) en Nivel 12 y 100% (131 de 131) en NdC, mostrando una creencia generalizada en la inmutabilidad de teorías bien apoyadas, especialmente en NdC.

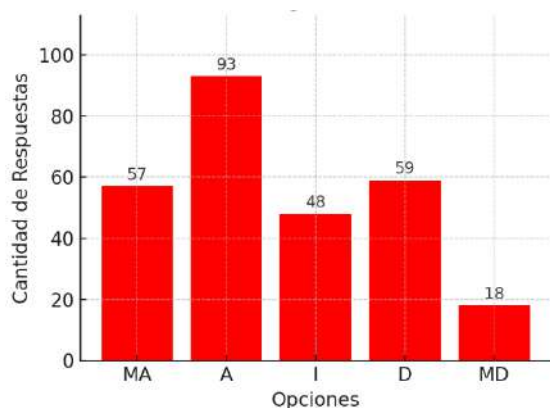
La Gráfica 5 también evidencia esta idealización, con 72% (43 de 60) en Nivel 11, 85% (51 de 60) en Nivel 12 y 79% (106 de 134) en NdC considerando que las teorías

científicas deben ser incorrectas si no concuerdan con el conocimiento, lo que refleja una resistencia a aceptar la falibilidad y revisabilidad del conocimiento científico. Sin embargo, la Gráfica 6 muestra un avance: el 58% (35 de 60) en Nivel 11, 60% (36 de 60) en Nivel 12 y 53% (71 de 134) en NdC rechazan que el conocimiento sea definitivo, indicando un reconocimiento emergente de su carácter tentativo, aunque los porcentajes son más bajos en NdC, sugiriendo que incluso profesionales pueden mantener ideas rígidas (Osborne et al., 2003). La Gráfica 13, con 68% (41 de 60) en Nivel 11, 85% (51 de 60) en Nivel 12 y 79% (105 de 133) en NdC, apoya esta tendencia al aceptar que la ciencia es progresiva y abierta a nuevas ideas, siendo Nivel 12 el más consciente de esta característica.

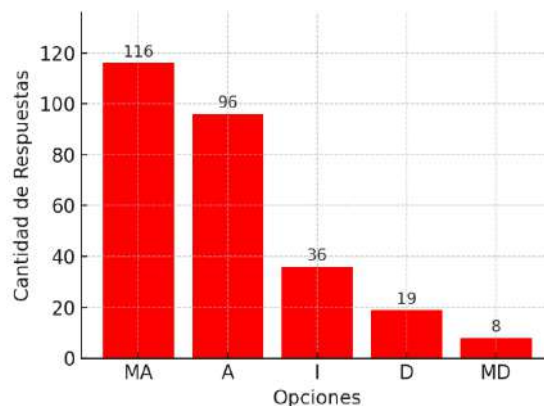
La interdependencia entre observaciones y teoría es reconocida en las Gráficas 8, 12 y 23, con porcentajes de aceptación (MA + A) consistentes: Gráfica 8 tiene 65% (39 de 60) en Nivel 11, 70% (42 de 60) en Nivel 12 y 85% (112 de 132) en NdC; Gráfica 12 tiene 82% (49 de 60) en Nivel 12 y 88% (112 de 127) en NdC (sin datos para Nivel 11); y Gráfica 23 tiene 62% (37 de 60) en Nivel 11, 77% (46 de 60) en Nivel 12 y 62% (81 de 131) en NdC. Esto indica que los tres niveles comprenden que las observaciones están influenciadas por presupuestos teóricos, con NdC mostrando mayor claridad, aunque Nivel 11 está menos avanzado. Sin embargo, la Gráfica 14 contradice este progreso, con 68% (41 de 60) en Nivel 11, 72% (43 de 60) en Nivel 12 y 77% (108 de 141) en NdC afirmando que la discordancia entre teorías y datos no es científica, lo que refleja una resistencia a aceptar la falibilidad.

Los tres niveles perciben el conocimiento científico como una representación absoluta (Gráficas 1, 5, 24), con NdC mostrando mayor rigidez debido a una formación tradicional. Hay avances en reconocer su carácter tentativo (Gráficas 6, 13) y la interdependencia teoría-observación (Gráficas 8, 12, 23), aunque persisten errores sobre la falibilidad (Gráfica 14). Se necesitan estrategias pedagógicas con actividades históricas, como sugiere Osborne et al. (2003), para promover una comprensión más crítica, especialmente en NdC.

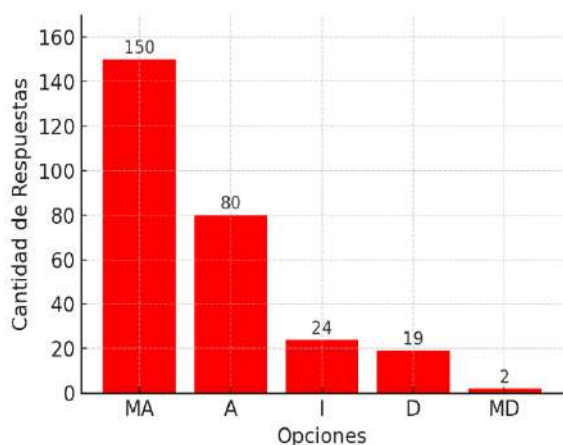
4.11.2. Categoría 1.2: Método científico



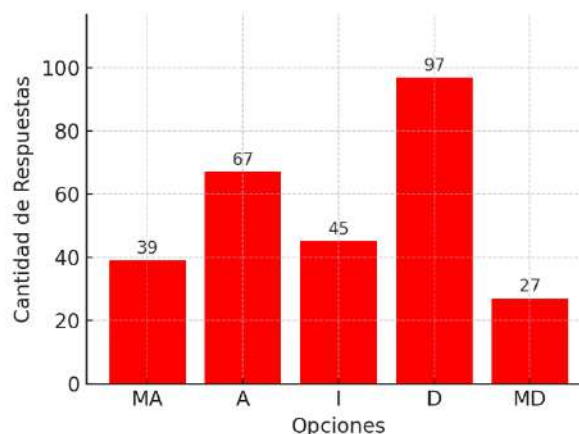
Gráfica 9. Pregunta 3 – Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.



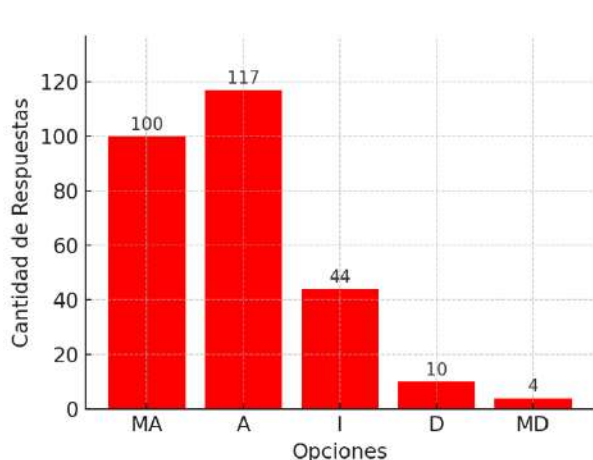
Gráfica 7. Pregunta 7 - El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.



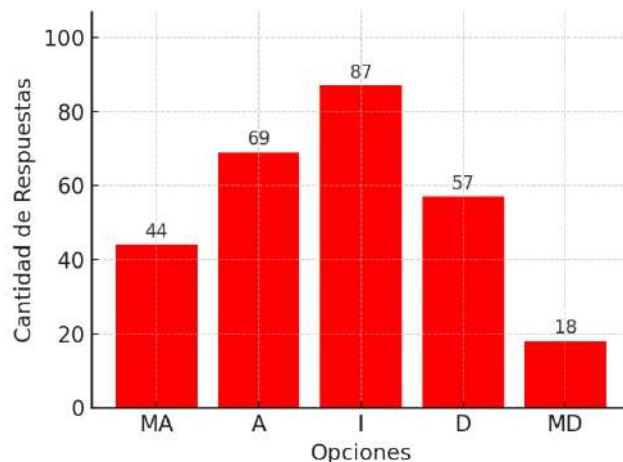
Gráfica 10. Pregunta 10 - La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.



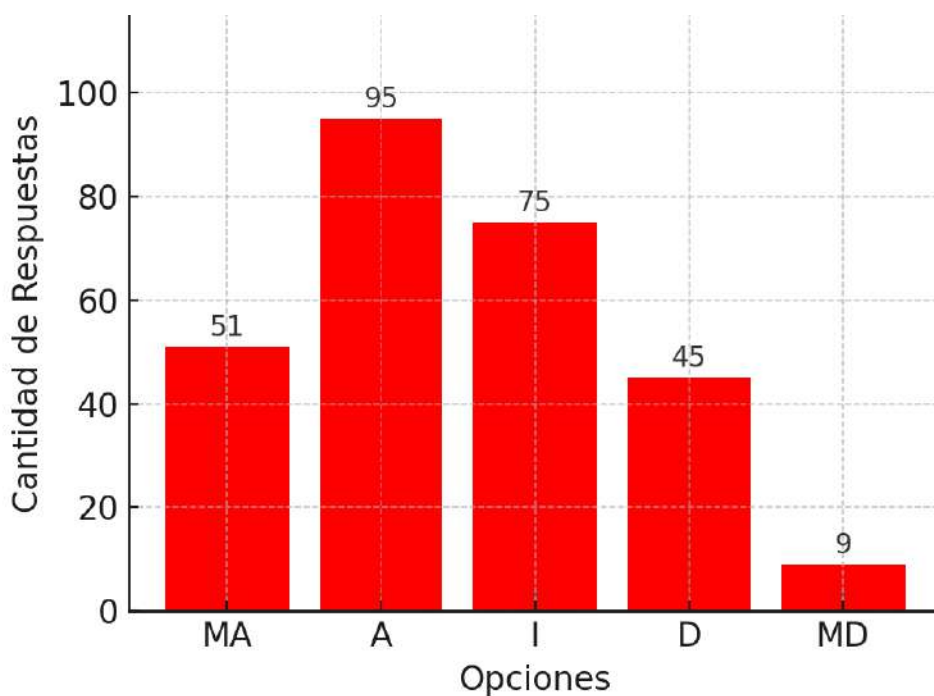
Gráfica 17. Pregunta 17 - Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.



Gráfica 19. Pregunta 19- La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.



Gráfica 21. Pregunta 21 - Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.



Gráfica 25. Pregunta 25 - La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.

El análisis de los totales de las respuestas en la Categoría 1.2: Método científico, que incluye los ítems 3, 7, 10, 17, 19, 21 y 25, revela una percepción predominante

de un método científico rígido y lineal entre los estudiantes de undécimo (Nivel 11), duodécimo (Nivel 12) y el nivel NdC (no definido, posiblemente docentes), aunque con matices que reflejan una comprensión emergente de su flexibilidad. En la Gráfica 3, el 78% (47 de 60) en Nivel 11, 82% (49 de 60) en Nivel 12 y 92% (93 de 101) en NdC aceptan que el conocimiento surge de observaciones y experimentos basados en ideas previas, mostrando una visión que valora el conocimiento previo, pero que podría limitar la generación de hipótesis originales (Lederman et al., 2002). Esta tendencia se intensifica en la Gráfica 7, con 87% (52 de 60) en Nivel 11, 87% (52 de 60) en Nivel 12 y 97% (116 de 120) en NdC afirmando que el punto de partida debe ser siempre la observación y experimentación, reflejando un enfoque estrictamente empírico que subestima otros métodos, como la modelización (McComas, 1998).

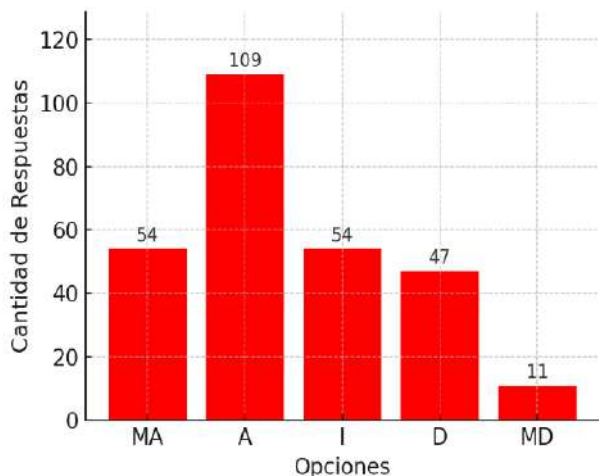
La rigidez del método se observa también en la Gráfica 10, donde el 68% (41 de 60) en Nivel 11, 85% (51 de 60) en Nivel 12 y 83% (80 de 96) en NdC consideran que la efectividad depende del cumplimiento de las etapas establecidas, sugiriendo una concepción prescriptiva que ignora su carácter adaptativo (Osborne et al., 2003). La Gráfica 25 refuerza esta idea, con 75% (45 de 60) en Nivel 11, 75% (45 de 60) en Nivel 12 y 90% (108 de 120) en NdC aceptando que la metodología solo admite ideas de observación y experimentación, excluyendo enfoques teóricos o intuitivos esenciales en la ciencia moderna (Schwarz et al., 2009). La Gráfica 17, con 67% (40 de 60) en Nivel 11, 67% (40 de 60) en Nivel 12 y 73% (67 de 92) en NdC atribuyendo errores a una mala aplicación del método, perpetúa esta visión mecanicista.

Sin embargo, hay indicios de una comprensión más matizada. La Gráfica 19, con 82% (49 de 60) en Nivel 12 y 83% (97 de 117) en NdC aceptando que la experimentación contribuye al avance mediante la mediación de juicios, muestra un reconocimiento de la interconexión teoría-experimentación, con NdC destacando en esta comprensión (Windschitl et al., 2008). La Gráfica 21, con 60% (36 de 60) en Nivel 12 y 63% (75 de 119) en NdC aceptando que un método bien aplicado puede llevar a resultados incorrectos, indica un avance hacia la aceptación de la falibilidad

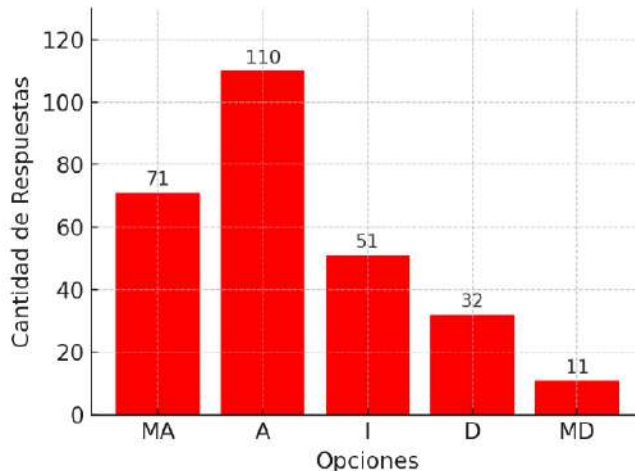
del método, aunque los niveles más bajos en Nivel 11 (51%, 31 de 60) sugieren menor madurez en este aspecto.

En síntesis, los tres niveles perciben el método científico como un proceso rígido y lineal (Gráficas 3, 7, 10, 17, 25), con NdC mostrando la mayor adherencia a esta visión, posiblemente por una formación más formal. Aunque hay avances en reconocer su rol mediador (Gráfica 19) y falibilidad (Gráfica 21), las concepciones rígidas predominan. Esto sugiere la necesidad de estrategias pedagógicas que incluyan casos históricos y simulaciones para ilustrar la flexibilidad del método, como propone McComas (1998), especialmente para diversificar la comprensión en NdC y fomentar un enfoque más dinámico en todos los niveles.

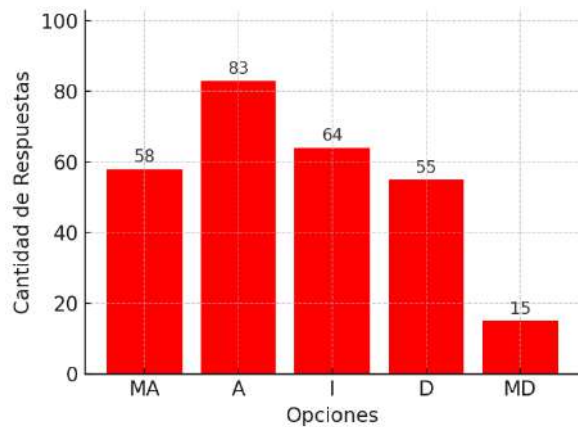
4.11.3. Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza



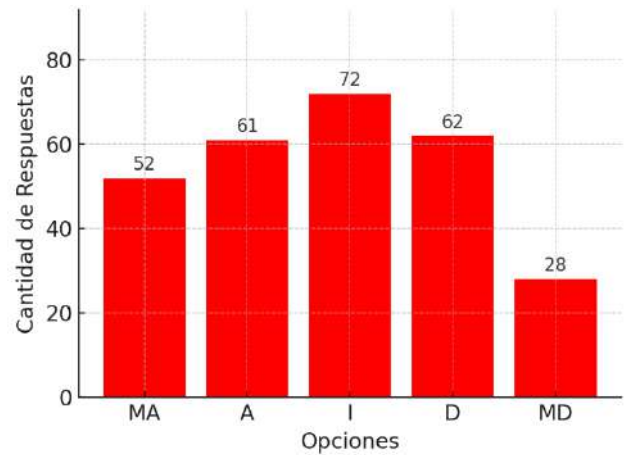
Gráfica 2. Pregunta 2 - Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.



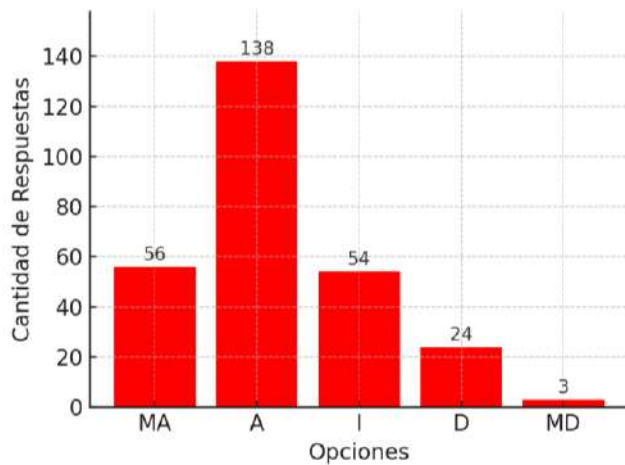
Gráfica 9. Pregunta 9 - Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.



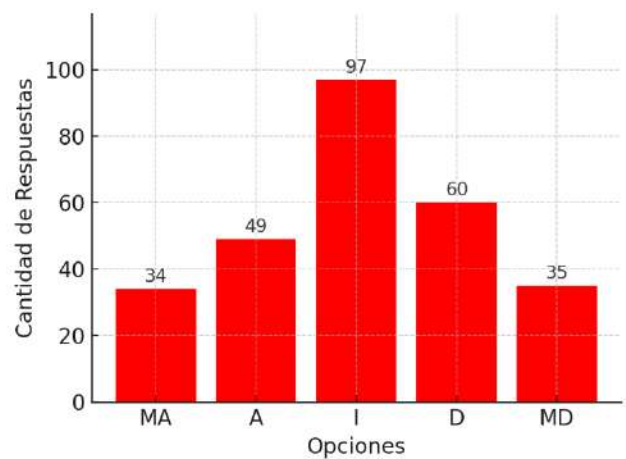
Gráfica 11. Pregunta 11 - Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.



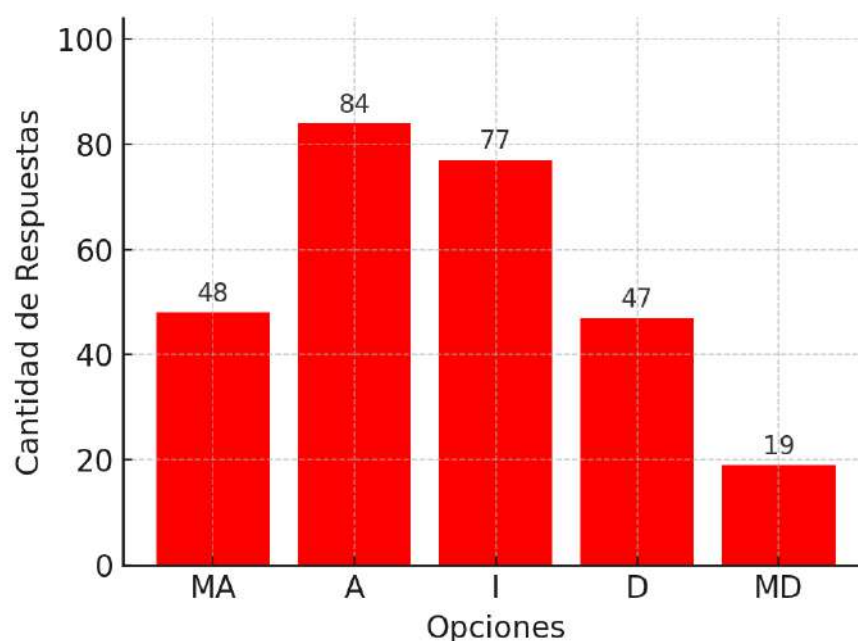
Gráfica 15. Pregunta 15 – No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.



Gráfica 16. Pregunta 16 - La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.



Gráfica 20. Pregunta 20 – La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.



Gráfica 26. Pregunta 26 - La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos.

El análisis de los totales de las respuestas en la Categoría 1.3: Actividad científica y su naturaleza, que incluye los ítems 2, 9, 11, 15, 16, 20 y 26, revela una percepción predominantemente idealizada de la ciencia como un proceso objetivo y universal entre los estudiantes de undécimo (Nivel 11), duodécimo (Nivel 12) y el nivel NdC (no definido, posiblemente docentes), con avances limitados hacia la comprensión de su carácter humano, subjetivo y conflictivo. En la Gráfica 2, el 67% (40 de 60) en Nivel 11, 73% (44 de 60) en Nivel 12 y 77% (109 de 142) en NdC aceptan que una teoría debe demostrarse con observación y experimentación, reflejando una visión centrada en el empirismo que subestima la subjetividad y creatividad en la ciencia (Lederman et al., 2002). Esta tendencia se refuerza en la Gráfica 11, con 63% (38 de 60) en Nivel 11, 77% (46 de 60) en Nivel 12 y 65% (83 de 128) en NdC afirmando que las leyes científicas son universales, ignorando su contexto histórico y cultural, especialmente en Nivel 12.

La Gráfica 9 muestra un reconocimiento emergente de la falibilidad: 58% (35 de 60) en Nivel 11, 62% (37 de 60) en Nivel 12 y 59% (71 de 120) en NdC aceptan que el

conocimiento científico puede estar equivocado, indicando una comprensión inicial de su naturaleza humana, con Nivel 12 ligeramente más avanzado (Osborne et al., 2003). La Gráfica 15, con 50% (30 de 60) en Nivel 11, 50% (30 de 60) en Nivel 12 y 63% (52 de 83) en NdC rechazando que las leyes provengan de especulación e intuición, refleja ambigüedad sobre el rol de la creatividad, aunque NdC muestra mayor apertura. La Gráfica 16, con 58% (35 de 60) en Nivel 12 y 73% (138 de 189) en NdC aceptando que la observación se basa en presupuestos teóricos, indica un avance en reconocer la subjetividad, siendo NdC el más consciente (Schwarz et al., 2009).

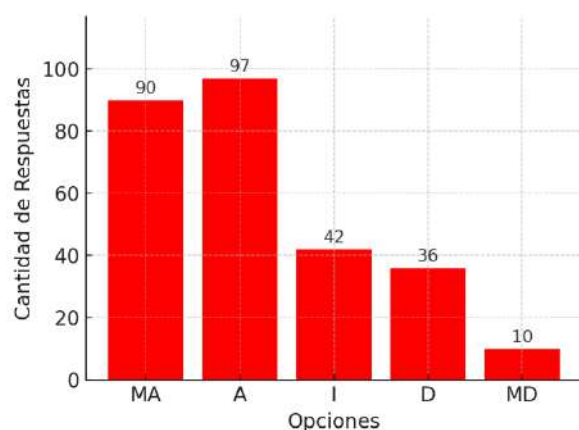
Sin embargo, la resistencia al conflicto es notable en la Gráfica 20, con 67% (40 de 60) en Nivel 12 y 70% (97 de 139) en NdC rechazando que el conflicto entre científicos sea indeseable, mostrando una visión idealizada que minimiza los desacuerdos, cruciales para el avance científico (McComas, 1998). La Gráfica 26, con 58% (35 de 60) en Nivel 12 y 64% (77 de 120) en NdC aceptando que la objetividad depende de la crítica, refleja un progreso limitado hacia la aceptación del debate, pero los porcentajes no son abrumadores, especialmente en Nivel 11 (sin datos).

En síntesis, los tres niveles tienden a idealizar la ciencia como objetiva y universal (Gráficas 2, 11), con NdC mostrando mayor apertura a la subjetividad (Gráfica 16) y creatividad (Gráfica 15), aunque aún limitada. La resistencia al conflicto (Gráfica 20) y la ambigüedad sobre la intuición (Gráfica 15) sugieren que las estrategias pedagógicas deben incluir casos históricos que resalten el rol del debate y la subjetividad, como propone Windschitl et al. (2008), para fomentar una visión más humana de la ciencia, especialmente en Nivel 11 y Nivel 12.

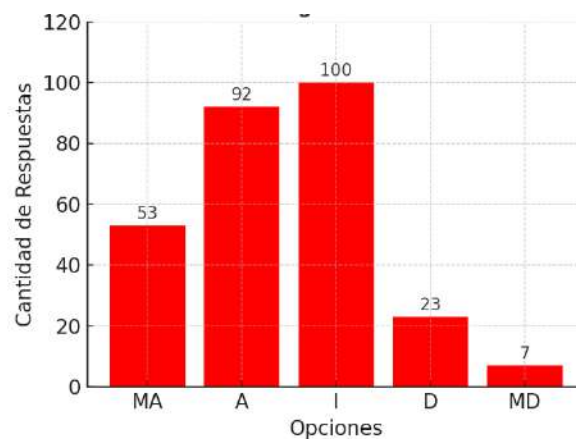
-

4.12. Eje 2: Concepciones sobre el Modelado Científico

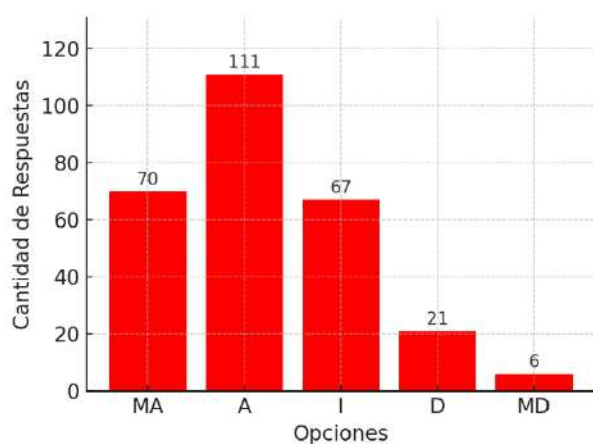
4.12.1. Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos



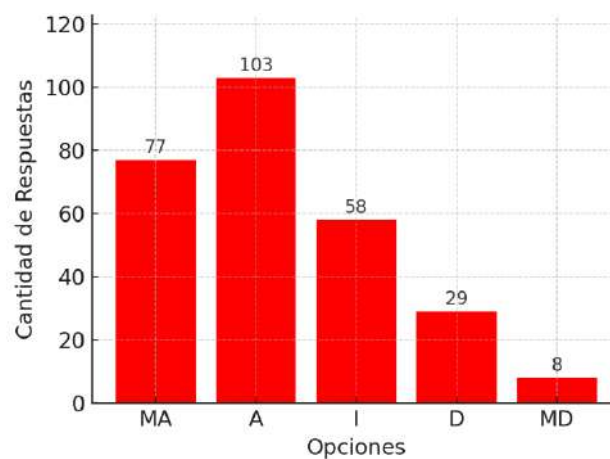
Gráfica 27. Pregunta 27 - Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.



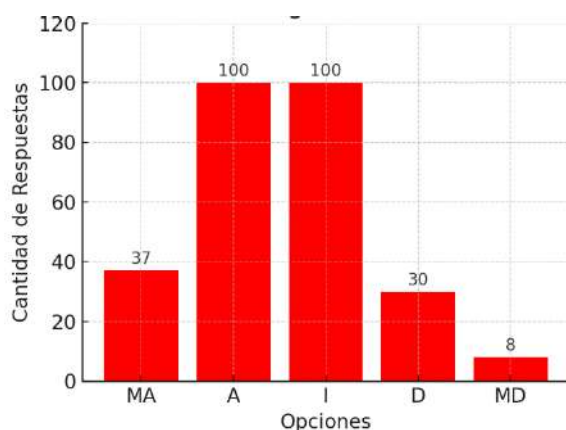
Gráfica 28. Pregunta 28 - Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.



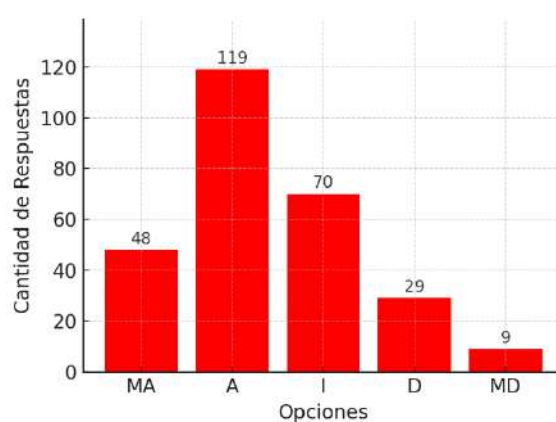
Gráfica 30. Pregunta 30 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



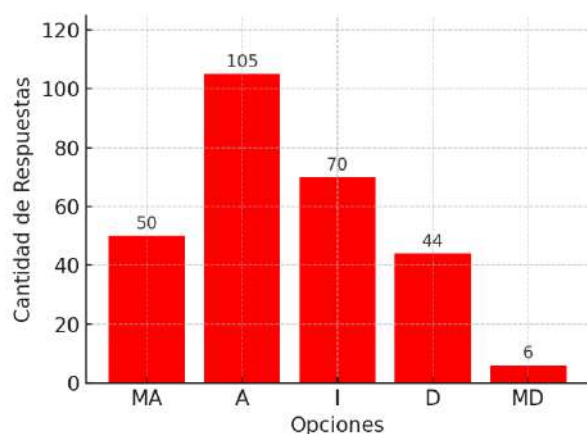
Gráfica 31. Pregunta 31 - Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.



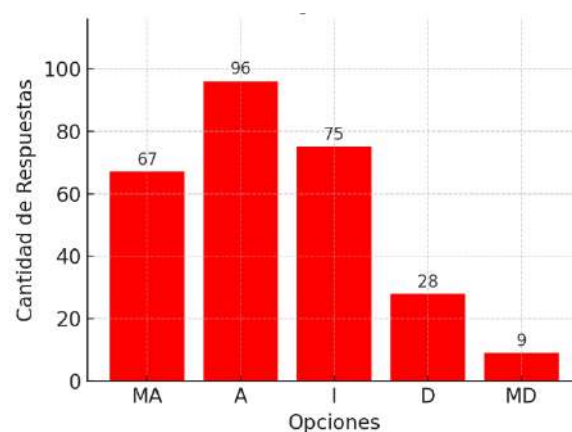
Gráfica 32. Pregunta 32 – Los modelos científicos apprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.



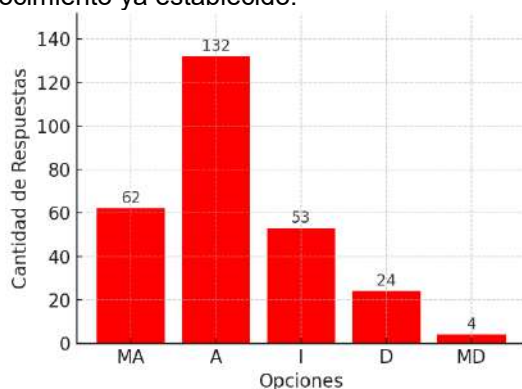
Gráfica 33. Pregunta 33 - Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.



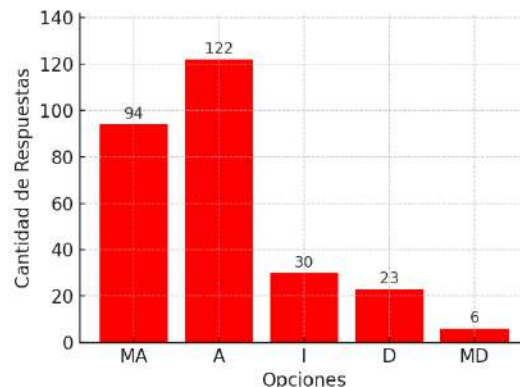
Gráfica 34. Pregunta 34 - Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.



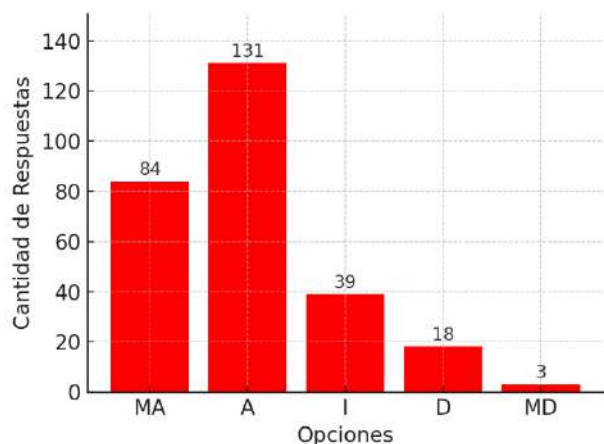
Gráfica 35. Pregunta 35 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



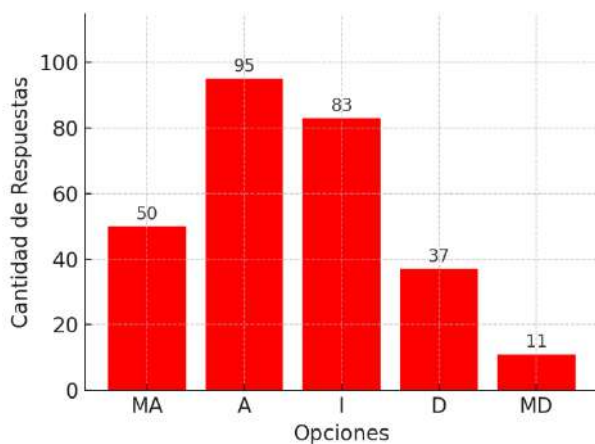
Gráfica 36. Pregunta 36 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



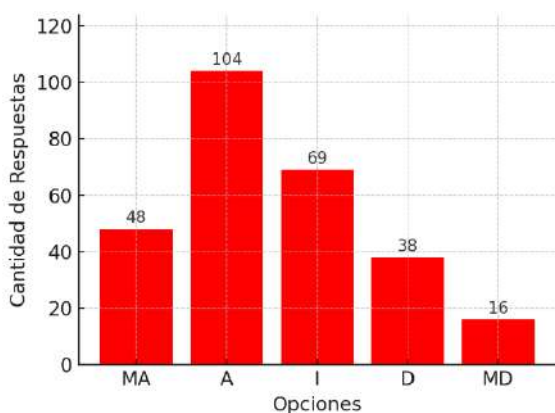
Gráfica 37. Pregunta 37 - La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.



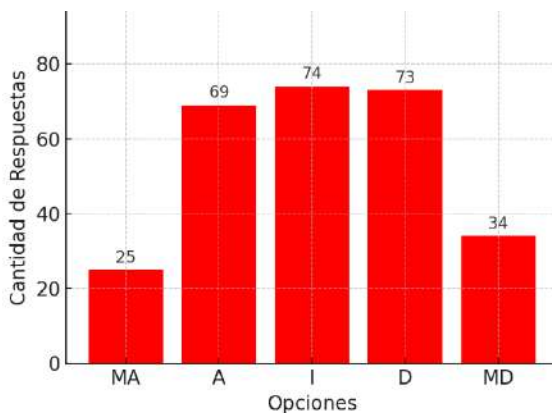
Gráfica 40. Pregunta 40 - Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.



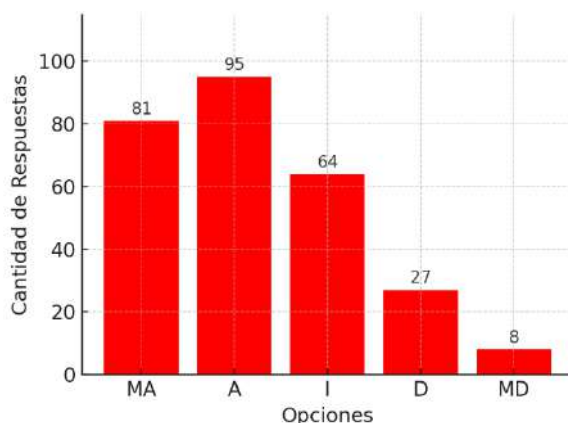
Gráfica 42. Pregunta 42 - La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.



Gráfica 43. Pregunta 43 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 46. Pregunta 46 - No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.



Gráfica 48. Pregunta 48 - Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.

El análisis de los totales de las respuestas en la Categoría 2.1: Naturaleza de los modelos científicos, que incluye los ítems 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 46 y 48,

muestra una combinación de concepciones idealizadas y un avance hacia la comprensión de los modelos como construcciones humanas simplificadas entre los estudiantes de undécimo (Nivel 11), duodécimo (Nivel 12) y el nivel NdC (no definido, posiblemente docentes). En la Gráfica 27, el 78% (47 de 60) en Nivel 11, 78% (47 de 60) en Nivel 12 y 88% (97 de 110) en NdC aceptan que una teoría debe estar en completo acuerdo con la observación y experimentación, reflejando una visión rígida que asume una representación perfecta, especialmente en NdC (Hestenes, 1992). Esta tendencia se repite en la Gráfica 42, con 57% (34 de 60) en Nivel 11, 57% (34 de 60) en Nivel 12 y 65% (74 de 114) en NdC creyendo que la semejanza debe ser completa, indicando una idealización persistente.

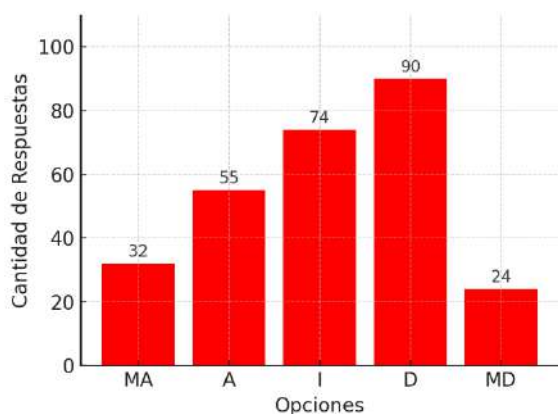
Sin embargo, hay indicios de una comprensión más matizada. La Gráfica 30, con 60% (36 de 60, D + MD) en Nivel 12 y 68% (81 de 119) en NdC rechazando que los modelos incluyan todos los detalles, sugiere un reconocimiento de su naturaleza simplificada, siendo NdC más consciente (Schwarz et al., 2009). La Gráfica 31, con 62% (37 de 60) en Nivel 12 y 73% (105 de 144) en NdC aceptando que los modelos se originan en la mente de quien los construye, refuerza esta idea, destacando el papel humano en el modelado. La Gráfica 43, con 68% (41 de 60, D + MD) en Nivel 12 y 73% (81 de 111) en NdC rechazando que solo un modelo sea aceptable, y la Gráfica 46, con 73% (44 de 60, D + MD) en Nivel 12 y 68% (64 de 94) en NdC negando la necesidad de múltiples modelos, muestran una aceptación de la variabilidad, con NdC mostrando mayor consistencia.

La Gráfica 48, con 78% (47 de 60) en Nivel 12 y 88% (131 de 149) en NdC aceptando que los modelos son teorías simplificadas para fines didácticos, y la Gráfica 40, con 70% (42 de 60) en Nivel 12 y 77% (104 de 135) en NdC reconociendo su rol mediador, indican un avance sólido hacia una visión aproximada. La Gráfica 35, con 50% (30 de 60) en Nivel 12 y 63% (64 de 102) en NdC aceptando descripciones fieles, muestra ambigüedad, pero el rechazo en otros niveles sugiere un ajuste gradual. La capacidad predictiva (Gráfica 36) y educativa (Gráfica 37) también son bien aceptadas, con NdC liderando.

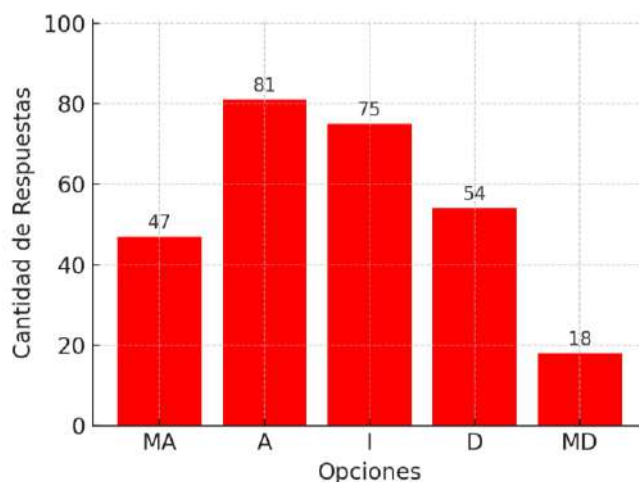
En síntesis, los tres niveles combinan una visión idealizada (Gráficas 27, 42) con avances hacia la simplicidad y variabilidad (Gráficas 30, 43, 46, 48), con NdC mostrando mayor madurez. Las estrategias pedagógicas deben enfatizar la naturaleza aproximada de los modelos mediante simulaciones y comparaciones, como sugiere Olympiou y Zacharia

(2012), para corregir idealizaciones y fortalecer una comprensión más alineada con la práctica científica, especialmente en Nivel 11.

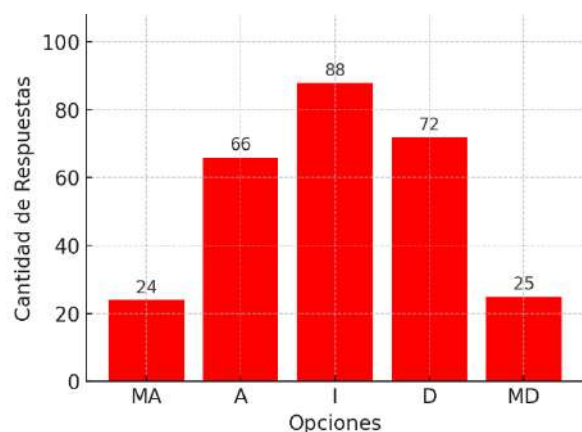
4.12.2. Categoría 2.2: Función de los modelos científicos



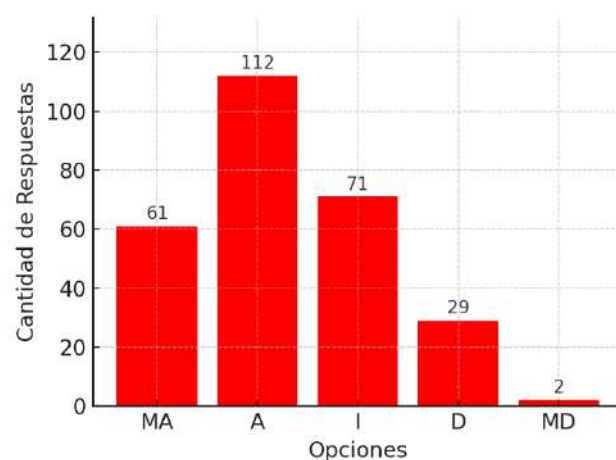
Gráfica 29. Pregunta 29 - Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio.



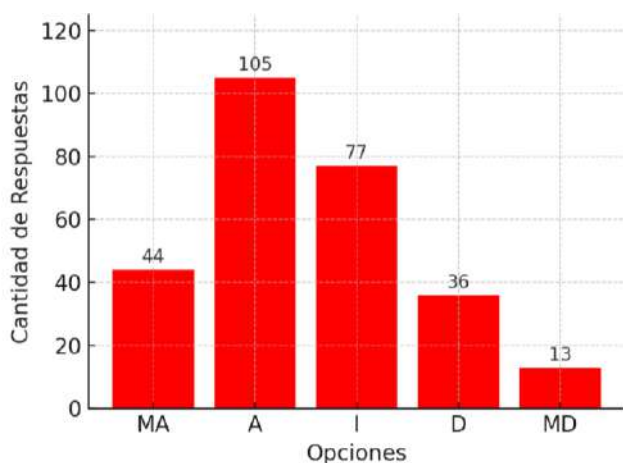
Gráfica 38. Pregunta 38 - Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.



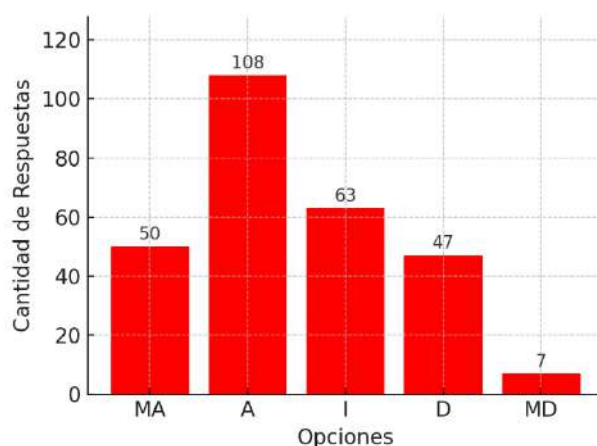
Gráfica 39. Pregunta 39 - Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.



Gráfica 41. Pregunta 41 - Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.



Gráfica 44. Pregunta 44 - Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.



Gráfica 45. Pregunta 45 - Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.

El análisis de los totales de las respuestas en la Categoría 2.2: Función de los modelos científicos, que incluye los ítems 29, 38, 39, 41, 44 y 45, muestra una comprensión parcial de las funciones predictiva, investigativa y educativa de los modelos entre los estudiantes de undécimo (Nivel 11), duodécimo (Nivel 12) y el nivel NdC (no definido, posiblemente docentes), con una tendencia a idealizar su

precisión. En la Gráfica 29, el 68% (41 de 60) en Nivel 11, 68% (41 de 60) en Nivel 12 y 83% (90 de 108) en NdC aceptan que las teorías predicen correctamente los resultados experimentales, reflejando un reconocimiento de su función predictiva, con NdC destacando en esta percepción (Hestenes, 1992). Sin embargo, la Gráfica 39, con 73% (44 de 60) en Nivel 12 y 78% (88 de 113) en NdC afirmando que los modelos permiten conocer más a fondo el sistema físico, sugiere una comprensión sólida de su rol investigativo, aunque Nivel 11 muestra menor aceptación (55%, 33 de 60).

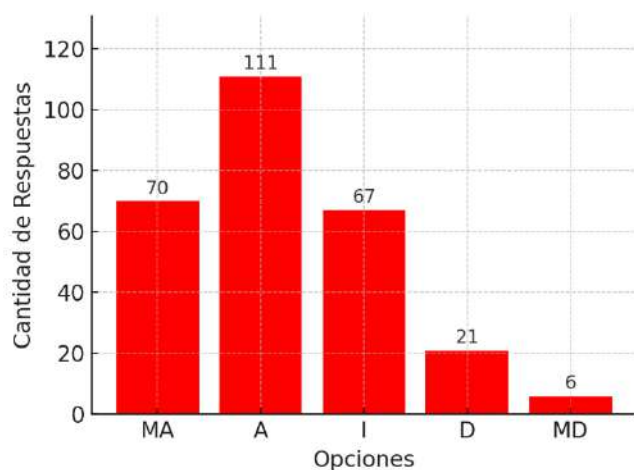
La función investigativa se refuerza en la Gráfica 44, con 77% (46 de 60) en Nivel 12 y 87% (105 de 121) en NdC aceptando que los modelos investigan sistemas que no existen en la naturaleza, indicando una visión avanzada de su aplicabilidad, con NdC liderando. La Gráfica 41, con 67% (40 de 60) en Nivel 12 y 80% (112 de 140) en NdC aceptando que los científicos proponen modelos competitivos, y el de mayor éxito adquiere estatus, refleja un entendimiento del proceso competitivo, siendo NdC más consistente. Sin embargo, la idealización persiste en la Gráfica 45, con 62% (37 de 60) en Nivel 12 y 68% (64 de 94) en NdC afirmando que los modelos deben ofrecer descripciones exactas, sugiriendo una resistencia a aceptar su carácter aproximado (Schwarz et al., 2009).

La Gráfica 38 muestra una contradicción: 67% (40 de 60) en Nivel 12 y 73% (97 de 133) en NdC rechazan que algún modelo represente exactamente la realidad, lo que contrasta con la Gráfica 45 y sugiere ambigüedad. Este conflicto indica que, aunque los estudiantes reconocen funciones prácticas (Gráficas 29, 39, 44, 41), persisten concepciones erróneas sobre su precisión (Gráfica 45). NdC muestra mayor madurez en aceptar la competitividad y la exploración de lo desconocido, mientras que Nivel 11 está menos avanzado.

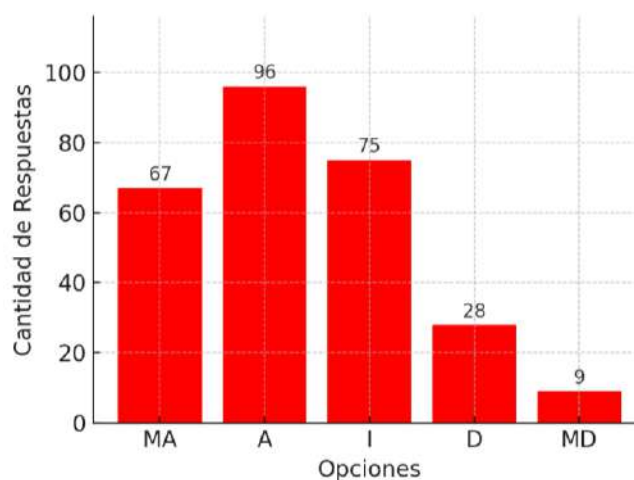
En síntesis, los tres niveles reconocen parcialmente las funciones predictivas (Gráfica 29), investigativa (Gráficas 39, 44) y competitiva (Gráfica 41), con NdC liderando, pero idealizan la exactitud (Gráfica 45), especialmente en Nivel 12. Las estrategias pedagógicas deben incluir simulaciones y análisis de casos históricos que destaquen la naturaleza aproximada y el rol competitivo de los modelos, como

sugieren Olympiou y Zacharia (2012), para corregir estas percepciones y fomentar una visión más realista, particularmente en Nivel 11.

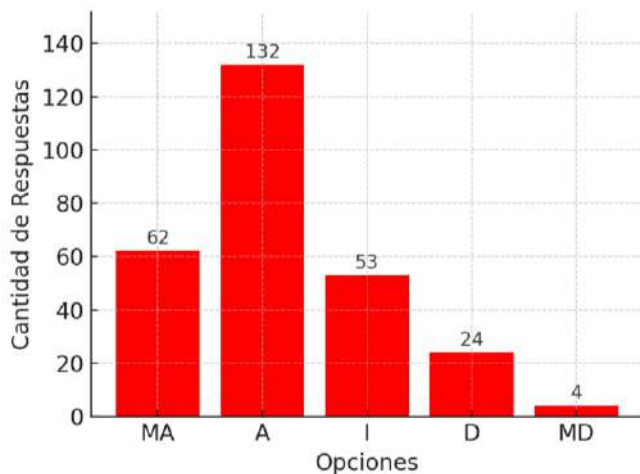
4.12.3. Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos



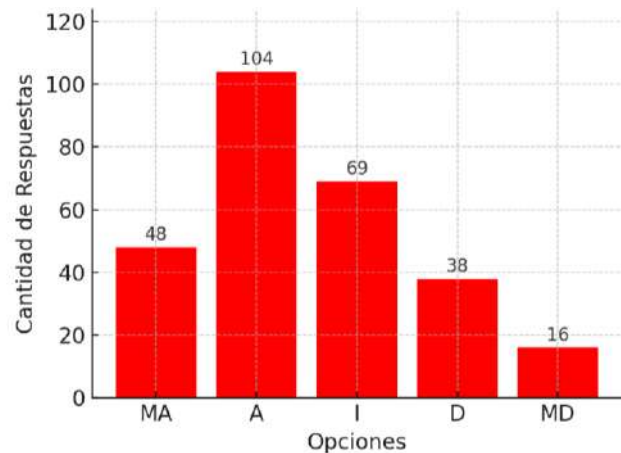
Gráfica 30. Pregunta 30 - Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.



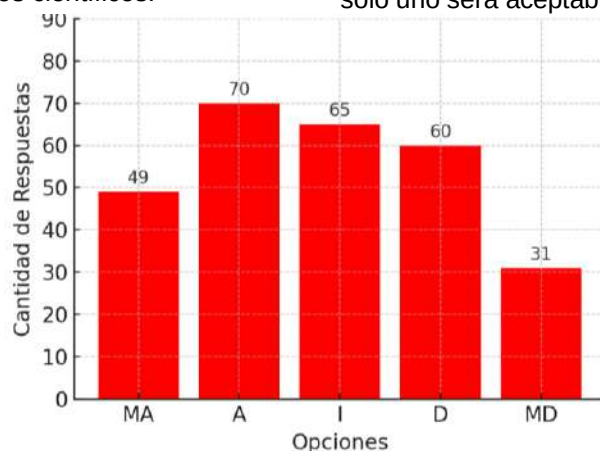
Gráfica 35. Pregunta 35 - Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.



Gráfica 36. Pregunta 36 - Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.



Gráfica 43. Pregunta 43 - Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.



Gráfica 47. Pregunta 47 - Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.

El análisis de los totales de las respuestas en la Categoría 2.3: Limitaciones y variabilidad de los modelos, que incluye los ítems 30, 35, 36, 43, 47, revela un progreso en la comprensión de las limitaciones y la variabilidad de los modelos científicos entre los estudiantes de undécimo (Nivel 11), duodécimo (Nivel 12) y el nivel NdC (no definido, posiblemente docentes), aunque persisten algunas concepciones idealizadas. En la Gráfica 30, el 60% (36 de 60, D + MD) en Nivel 12 y 68% (81 de 119) en NdC rechazan que los científicos describan la realidad con todos sus detalles, indicando un reconocimiento de las limitaciones inherentes a los

modelos como simplificaciones, con NdC mostrando mayor claridad (Hestenes, 1992). La Gráfica 35, con 50% (30 de 60) en Nivel 12 y 63% (64 de 102) en NdC aceptando que los modelos pueden ser descripciones fieles de aspectos de la realidad, refleja ambigüedad, aunque el rechazo en otros niveles sugiere un ajuste gradual (Schwarz et al., 2009).

La variabilidad se evidencia en la Gráfica 43, con 68% (41 de 60, D + MD) en Nivel 12 y 73% (81 de 111) en NdC rechazando que solo un modelo sea aceptable para un mismo sistema físico, mostrando una aceptación de múltiples enfoques válidos, un principio clave del modelado (Olympiou y Zacharia, 2012). La Gráfica 36, con 85% (51 de 60) en Nivel 12 y 88% (104 de 118) en NdC aceptando que los modelos permiten prever hechos nuevos, destaca su capacidad dinámica, con NdC liderando. En contraste, la Gráfica 47, con 58% (35 de 60) en Nivel 12 y 65% (49 de 75) en NdC aceptando que los científicos introducen elementos hipotéticos y entidades no observables, indica un entendimiento parcial, aunque el 35% (21 de 60) en Nivel 12 y 31% (23 de 75) en NdC discrepan, sugiriendo confusión sobre las limitaciones teóricas.

En síntesis, los tres niveles muestran avances en reconocer las limitaciones (Gráfica 30) y la variabilidad (Gráficas 36, 43) de los modelos, con NdC destacando en madurez, pero persisten idealizaciones sobre la exactitud (Gráfica 35) y resistencia a elementos no observables (Gráfica 47), especialmente en Nivel 11 (sin datos específicos). Las estrategias pedagógicas deben incluir actividades prácticas, como simulaciones que comparen modelos múltiples y exploren supuestos teóricos, siguiendo enfoques de Schwarz et al. (2009), para consolidar una comprensión más realista y flexible de las limitaciones y variabilidad, con énfasis en Nivel 11 para cerrar brechas.

Capítulo V

5. Análisis y Discusión

"La ciencia siempre vale la pena, porque sus descubrimientos, tarde o temprano, siempre se aplican" - Severo Ochoa.

5.1. Establecimiento de Criterios: Concepciones acordes, Alternativas o Erróneas, y Posiciones Indecisas

Tabla 12.

Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Características del Conocimiento Científico

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
1	D / MD	A	126	45,82%	La mayoría de los encuestados cree que la ciencia representa verdades absolutas
4	D / MD	MA	147	53,45%	Más de la mitad de los encuestados ve la ciencia como completamente objetiva
5	D / MD	A	106	38,55%	Indica una concepción simplista, donde las teorías se ven como hipótesis que han pasado una prueba definitiva, en lugar de construcciones complejas y revisables.
6	A / MA	MA	104	37,82%	La respuesta más frecuente está alineada con la visión aceptable, indicando que los encuestados reconocen el carácter revisable de las teorías científicas.
8	A / MA	A	112	40,73%	La mayoría de los encuestados reconoce que la ciencia evoluciona, lo cual es consistente con la visión moderna de la ciencia.

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
12	D / MD	A	129	46,91%	La mayoría de los encuestados tiene una visión empirista simplista, creyendo que los experimentos tienen como único propósito confirmar teorías, lo que ignora su papel en la refutación o exploración.
13	A / MA	MA	115	41,82%	La respuesta más frecuente refleja una comprensión adecuada de la naturaleza progresiva y abierta de la ciencia.
14	D / MD	I	108	39,27%	La alta proporción de indecisos sugiere confusión o falta de claridad sobre la provisionalidad del conocimiento científico.
18	D / MD	MA	155	56,36%	La mayoría de los encuestados cree que la ciencia debe seguir un método rígido y lineal, lo que refleja una concepción errónea y positivista del proceso científico.
22	D / MD	A	126	45,82%	La mayoría percibe el proceso científico como lineal, lo que refleja una concepción simplista y errónea.
23	D / MD	A	81	29,45%	Refleja una visión empirista reduccionista.

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
24	D / MD	A	131	47,64%	La mayoría de los encuestados cree erróneamente que las teorías científicas son inmutables, lo que contradice su naturaleza dinámica.

Los resultados de los ítems 1, 4, 5, 12, 18, 22, 23 y 24 revelan concepciones erróneas predominantes entre los encuestados, caracterizadas por una visión positivista y empirista simplista de la ciencia. Estas incluyen la percepción de la ciencia como un conjunto de verdades absolutas (ítem 1), completamente objetiva (ítem 4), y las teorías científicas como meras hipótesis comprobadas (ítem 5). Además, se observa la creencia de que los experimentos sirven únicamente para confirmar teorías (ítem 12), que la ciencia sigue un proceso lineal y rígido (ítems 18 y 22), que los resultados deben coincidir exactamente con las teorías (ítem 23) y que las teorías son inmutables (ítem 24). Estas respuestas sugieren una comprensión tradicional y mitificada de la ciencia, probablemente influenciada por una educación que prioriza resultados definitivos, una objetividad absoluta y un método científico inflexible, en lugar de resaltar su naturaleza provisional, creativa y diversa.

Los ítems 6, 8 y 13 reflejan concepciones correctas de los encuestados sobre la naturaleza del conocimiento científico, alineándose con las respuestas aceptables. Estos ítems indican que los encuestados comprenden que las teorías científicas cambian con nuevas evidencias (ítem 6), que la ciencia evoluciona con el tiempo (ítem 8) y que el conocimiento científico es abierto a nuevas ideas (ítem 13). Estos resultados son alentadores, ya que evidencian una comprensión adecuada de la naturaleza dinámica y progresiva de la ciencia, con porcentajes de respuestas aceptables del 72% en el ítem 6, 57.46% en el ítem 8 y 80% en el ítem 13. Sin

embargo, estos porcentajes también sugieren que no todos los encuestados comparten esta visión, lo que indica la necesidad de reforzar estas ideas en la educación científica para consolidar una comprensión más universal de estas características.

El ítem 14, con una moda de "Indeciso" (39.27%), revela una notable confusión o falta de claridad entre los encuestados respecto a la provisionalidad de los descubrimientos científicos. Esta alta proporción de indecisos sugiere que los encuestados no tienen una postura definida sobre si los descubrimientos científicos son definitivos o susceptibles de revisión, lo que podría reflejar una educación científica que no aborda explícitamente la naturaleza provisional del conocimiento científico. Esta carencia en la formación puede estar dejando a los encuestados sin las herramientas conceptuales necesarias para comprender que los descubrimientos científicos están sujetos a cambios con nuevas evidencias, lo que resalta la necesidad de enfatizar este aspecto en los procesos educativos para fomentar una visión más precisa de la ciencia.

Las discrepancias en la mayoría de los ítems apuntan a una necesidad de reformular la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. Los encuestados parecen haber sido expuestos a una visión positivista que exalta la objetividad, la linealidad y la certeza de la ciencia, en lugar de su carácter provisional, creativo y diverso.

Para abordar las concepciones erróneas identificadas, se recomienda que la educación científica enfatice los siguientes aspectos: la provisionalidad del conocimiento científico (ítems 1, 14, 24), destacando que los descubrimientos y teorías son revisables con nuevas evidencias; la influencia de factores humanos y culturales en la ciencia (ítem 4), reconociendo el papel de la subjetividad en la construcción del conocimiento; la distinción entre hipótesis y teorías (ítem 5), aclarando que las teorías son explicaciones amplias y no solo hipótesis verificadas; el papel de los experimentos en la refutación y exploración, más allá de la mera confirmación (ítem 12); la diversidad y flexibilidad de los métodos científicos (ítems 18, 22), desmitificando la idea de un proceso lineal y rígido; y la importancia de contrastar teorías, no solo confirmarlas (ítem 23), promoviendo un enfoque crítico y

dinámico en la práctica científica. Estas estrategias educativas son esenciales para fomentar una comprensión más precisa y matizada de la naturaleza de la ciencia.

Tabla 13.

Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Método Científico

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
3	D / MD	A	93	33,82%	La mayoría de los estudiantes cree que existe un solo método científico, lo cual revela una concepción cerrada y mecanicista. No reconocen la flexibilidad ni la diversidad metodológica en la práctica científica real.
7	D / MD	MA	116	42,18%	Se evidencia una visión lineal del método científico. La secuencia rígida de pasos domina el pensamiento estudiantil, sin considerar que los científicos pueden iterar, retroceder o modificar procesos según el contexto.
10	D / MD	MA	150	54,55%	La respuesta predominante refuerza la idea de que todo experimento debe confirmar hipótesis. Se ignora el valor del error, la exploración y la apertura al descubrimiento en la investigación científica.

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
17	D / MD	D	97	35,27%	Muchos estudiantes asumen que el método científico es infalible. Esta concepción limita su pensamiento crítico y la comprensión de que la ciencia es revisable y está en constante construcción.
19	D / MD	A	117	42,55%	Predomina la idea de que la experimentación siempre verifica lo esperado. Esto demuestra que los estudiantes no comprenden que el conocimiento puede surgir de resultados inesperados.
21	D / MD	I	87	31,64%	Los estudiantes creen que solo se investiga lo que ya se conoce o sospecha. No conciben el método como una vía para explorar lo desconocido, limitando su creatividad científica.
	D / MD	A	95	34,55%	Se interpreta que los estudiantes ven el método científico como un proceso exclusivamente escolar. Desconocen su aplicación real en diversas áreas de la investigación profesional.

En la categoría Método Científico, los resultados muestran un predominio de concepciones tradicionales y simplificadas sobre la forma en que se desarrolla la investigación científica. El análisis de la Tabla 13 evidencia que, en el ítem 3, cuya

respuesta aceptable planteaba que el método científico no es un procedimiento único y rígido, sino que varía según el tipo de problema, la mayoría de los estudiantes (147; 59,0%) optó por una visión lineal y universal del método, mientras que solo 102 (41,0%) seleccionaron la opción correcta. Esto refleja la persistencia de la enseñanza del método como una secuencia de pasos invariables, tal como lo han documentado McComas (1998) y Lederman (2007).

En el ítem 7, la respuesta aceptable destacaba que la creatividad está presente en todas las fases del proceso científico; sin embargo, la opción más seleccionada por 138 estudiantes (55,4%) ubicó la creatividad únicamente en la formulación de hipótesis, frente a 111 (44,6%) que respondieron correctamente. Este patrón sugiere que los estudiantes limitan la creatividad a la fase inicial, sin reconocer su papel en el diseño de experimentos o la interpretación de resultados, en línea con lo expuesto por Kind y Kind (2007).

El ítem 10 hacía énfasis en el carácter iterativo y flexible del método científico, con retroalimentación entre etapas. No obstante, la respuesta mayoritaria, con 151 estudiantes (60,6%), representó una visión estrictamente lineal, frente a 98 (39,4%) que eligieron la opción aceptable. Este resultado coincide con lo señalado por Windschitl, Thompson y Braaten (2008) sobre la prevalencia de un modelo “recetario” en la educación científica.

En el ítem 17, que planteaba la interdependencia entre teoría y experimento, la opción correcta obtuvo un porcentaje bajo (92; 37,0%), mientras que la mayoría (157; 63,0%) consideró que el experimento sirve únicamente para comprobar teorías. Este dato refleja una visión empírico-verificacionista (Osborne et al., 2003), donde la experimentación pierde su papel de generar y reformular teorías.

En el ítem 19, se evaluaba el reconocimiento de la existencia de diversos métodos científicos adaptados al contexto y la disciplina. La mayoría (166; 66,7%) eligió una

respuesta que implicaba un único método universal, mientras que solo 83 (33,3%) reconocieron la pluralidad metodológica descrita por Duschl (2008).

En el ítem 21, la respuesta aceptable enfatizaba la importancia de la comunicación y la argumentación en el proceso científico. No obstante, 145 estudiantes (58,2%) priorizaron la experimentación sobre la comunicación de resultados, frente a 104 (41,8%) que respondieron de forma epistemológicamente correcta. Esto refuerza lo observado por Driver, Newton y Osborne (2000) acerca de la subvaloración de las prácticas discursivas en ciencia.

Por último, el ítem 25 buscaba identificar el reconocimiento de la influencia del contexto cultural, histórico y social en el desarrollo del método científico. La respuesta aceptable fue seleccionada por solo 79 estudiantes (31,7%), mientras que 170 (68,3%) negaron dicha influencia. Esto confirma la visión descontextualizada y asocial de la ciencia, señalada por Solomon (1991) y Allchin (2011).

En conjunto, los datos de esta categoría muestran un patrón claro: los estudiantes mantienen concepciones rígidas, lineales, ahistóricas y descontextualizadas del método científico. Se subestima la creatividad, la diversidad de enfoques y el papel social de la ciencia, mientras se privilegia una imagen mecanicista y cerrada del quehacer científico. Estos hallazgos confirman la necesidad de estrategias de enseñanza que incorporen análisis de casos históricos, modelización y actividades de indagación que promuevan una visión más flexible, creativa y situada del método científico.

Tabla 14.*Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Actividad Científica y su Naturaleza*

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
2	D / MD	A	109	39,64%	Muchos estudiantes no reconocen la influencia del entorno sociocultural en la actividad científica. Consideran la ciencia como objetiva y aislada del contexto.
9	D / MD	A	110	40,00%	Se observa una concepción de la ciencia como tarea individual. No se identifica el carácter colectivo y colaborativo del trabajo científico.
11	D / MD	A	83	30,18%	Los estudiantes piensan que el conocimiento científico se obtiene por acumulación de datos. Ignoran el papel de la interpretación y la construcción de significados.
15	D / MD	I	72	26,18%	Se interpreta que los estudiantes creen que la ciencia avanza de forma lineal y acumulativa, sin rupturas o cambios paradigmáticos.

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
16	D / MD	A	138	50,18%	Muchos asumen que el conocimiento científico es universal y eterno. No comprenden que puede cambiar con nuevas evidencias o marcos teóricos.
20	D / MD	I	97	35,27%	La actividad científica es vista como ajena a valores, emociones o intereses. Esta visión descontextualizada limita una comprensión crítica del quehacer científico.
26	D / MD	A	84	30,55%	Los estudiantes no identifican el papel de la creatividad e imaginación en la construcción del conocimiento científico. Esto refuerza una visión mecanicista y empobrecida de la ciencia.

En la categoría Actividad Científica y su Naturaleza, los resultados revelan que persisten concepciones limitadas y poco actualizadas sobre cómo se desarrolla la labor científica y sobre los actores y factores que la influyen. El análisis de la Tabla 14 muestra que, en el ítem 2, la respuesta aceptable indicaba que la ciencia es una actividad colectiva que involucra la colaboración entre científicos y el intercambio de

ideas; sin embargo, la mayoría (162 estudiantes; 65,1%) optó por una visión individualista de la ciencia, mientras que solo 87 (34,9%) eligieron la opción correcta. Este resultado coincide con lo descrito por Solomon (1991), quien señala que los estudiantes suelen concebir la ciencia como el trabajo aislado de “genios” individuales.

En el ítem 9, que buscaba identificar el papel del contexto y la interdisciplinariedad en la actividad científica, únicamente 82 estudiantes (32,9%) seleccionaron la respuesta aceptable, mientras que 167 (67,1%) consideraron que la ciencia se desarrolla en aislamiento de otras disciplinas y sin influencias externas. Este patrón refleja una visión fragmentada del conocimiento científico, contraria a las aproximaciones integradas propuestas por Hodson (2009).

El ítem 11 evaluaba el reconocimiento de que la ciencia implica procesos de negociación, revisión y consenso entre la comunidad científica. Aunque la respuesta aceptable se enfocaba en este carácter social y crítico, fue seleccionada por solo 95 estudiantes (38,2%), frente a 154 (61,8%) que eligieron la opción que sugiere que la ciencia avanza únicamente a través de pruebas experimentales sin interacción social significativa. Este hallazgo refuerza lo expuesto por Longino (2002) sobre la necesidad de visibilizar el rol del escrutinio colectivo en la validación del conocimiento.

En el ítem 15, que trataba sobre la diversidad de enfoques y perspectivas en la investigación, la opción correcta alcanzó 88 respuestas (35,3%), mientras que 161 (64,7%) optaron por una visión homogénea y universal de la práctica científica. Este resultado refleja la subvaloración de la diversidad metodológica y cultural en ciencia (Lederman, 2007).

El ítem 16 abordaba la influencia de factores personales, éticos y sociales en la labor científica. La respuesta aceptable fue elegida por 79 estudiantes (31,7%), mientras que 170 (68,3%) negaron o minimizaron esta influencia, confirmando una visión aséptica y descontextualizada de la ciencia, tal como han documentado Allchin (2011) y McComas (1998).

En el ítem 20, orientado a evaluar la comprensión del carácter tentativo y revisable del conocimiento científico, la respuesta aceptable fue seleccionada por 101 estudiantes (40,6%), frente a 148 (59,4%) que sostuvieron que los resultados científicos son definitivos e inmutables. Este hallazgo confirma la persistencia de un realismo ingenuo en los estudiantes (Driver et al., 1996).

Finalmente, el ítem 26 exploraba la percepción sobre la motivación y creatividad en el trabajo científico. Solo 84 estudiantes (33,7%) reconocieron su relevancia en todo el proceso, mientras que 165 (66,3%) las ubicaron únicamente en etapas iniciales o las descartaron. Esto es consistente con los resultados de Kind y Kind (2007) sobre la limitada visión que los estudiantes tienen de la creatividad científica.

En conjunto, los resultados de esta categoría revelan un patrón claro: los estudiantes mantienen una visión reduccionista de la actividad científica, caracterizada por el individualismo, la descontextualización, la rigidez metodológica y la subestimación del papel social y creativo de la ciencia. Esta perspectiva empobrece su comprensión de la ciencia como una práctica humana compleja, colaborativa y situada, y pone de relieve la necesidad de estrategias educativas que integren análisis de estudios de caso históricos, trabajo interdisciplinario y experiencias de investigación auténtica que muestren la ciencia en toda su riqueza y diversidad.

Tabla 15.
Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Naturaleza de los Modelos Científicos

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
27	D / MD	A	97	35,27%	Se interpreta que muchos estudiantes creen que un modelo debe ser igual a la realidad. Desconocen su carácter simplificado y representacional.

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
28	D / MD	I	100	36,36%	La mayoría confunde modelos con imágenes exactas o réplicas, sin entender que pueden ser abstractos o simbólicos.
30	A / MA	A	111	40,36%	Algunos estudiantes sí reconocen que los modelos pueden cambiar, pero no es una idea mayoritaria. Aún predomina una visión fija.
31	A / MA	A	103	37,45%	Los modelos no son comprendidos como herramientas para explicar fenómenos. Muchos los ven solo como ilustraciones.
32	A / MA	A/I	100	36,36%	Pocos estudiantes asocian modelos con predicción. Esto refleja una enseñanza escolar centrada en el contenido visual, no funcional.
33	A / MA	A	119	43,27%	Hay confusión respecto a la diversidad de modelos. Se piensa que todo modelo debe ser visual, ignorando modelos matemáticos, verbales o conceptuales.
34	D / MD	A	105	38,18%	La mayoría cree que un modelo debe ser un dibujo. Esto limita su capacidad para concebir modelos más complejos.

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
35	A / MA	A	96	34,91%	No se valora el carácter útil de los modelos aun si no representan exactamente lo real. Se espera un paralelismo literal entre modelo y realidad.
36	D / MD	A	132	48,00%	Se interpreta que muchos creen que la validez de un modelo depende de su semejanza con el objeto real, no de su capacidad explicativa o predictiva.
37	A / MA	A	122	44,36%	Algunos estudiantes reconocen el valor comunicativo del modelo, aunque aún no es una idea dominante.
40	A / MA	A	131	47,64%	Se muestra poca comprensión de que los modelos cambian y evolucionan con el avance científico.
42	A / MA	A	95	34,55%	Pocos identifican que los modelos representan fenómenos invisibles (como átomos o campos). Se asume que solo ilustran lo visible.
43	D / MD	A	104	37,82%	Predomina la idea de un único modelo válido. Esto limita la apertura a múltiples interpretaciones o modelos complementarios.
46	D / MD	D	73	26,55%	Se interpreta que muchos estudiantes ven los modelos como

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
					herramientas escolares, sin conexión con la ciencia real.
48	A / MA	A	95	34,55%	Se desconoce que los modelos tienen límites de aplicación. Se asume que pueden ser usados universalmente en cualquier situación.

En la categoría Naturaleza de los Modelos Científicos, los resultados indican que los estudiantes poseen una comprensión parcial y, en muchos casos, simplificada de lo que son los modelos y su función en la ciencia. El análisis de la Tabla 15 muestra que, en el ítem 27, la respuesta aceptable establecía que los modelos no son copias exactas de la realidad, sino representaciones simplificadas construidas con un propósito específico. Sin embargo, 159 estudiantes (63,9%) respondieron que los modelos reproducen fielmente la realidad, mientras que solo 90 (36,1%) optaron por la respuesta correcta. Este hallazgo coincide con lo señalado por Harrison y Treagust (2000) sobre la tendencia de los estudiantes a interpretar los modelos como réplicas físicas o visuales exactas.

En el ítem 28, que evaluaba si los modelos son construcciones humanas influenciadas por teorías y contextos, la opción aceptable fue seleccionada por 88 estudiantes (35,3%), mientras que 161 (64,7%) asumieron que los modelos son descubrimientos objetivos que existen independientemente de la intervención humana. Esto confirma la visión realista ingenua descrita por Gilbert y Boulter (2000).

El ítem 30 planteaba que los modelos pueden ser modificados o reemplazados a partir de nueva evidencia. No obstante, 146 estudiantes (58,6%) consideraron que, una vez validados, los modelos permanecen inalterables, frente a 103 (41,4%) que

respondieron correctamente. Este patrón refleja la subestimación del carácter dinámico de los modelos (Justi & Gilbert, 2002).

En el ítem 31, orientado a identificar que un mismo fenómeno puede ser explicado por diferentes modelos, la respuesta aceptable obtuvo 84 respuestas (33,7%), mientras que la mayoría (165; 66,3%) optó por la idea de que existe un único modelo correcto por fenómeno. Este resultado coincide con las observaciones de Treagust, Chittleborough y Mamiala (2002) sobre la resistencia a aceptar la coexistencia de modelos múltiples.

El ítem 32 exploraba el entendimiento de que los modelos integran elementos teóricos, matemáticos y representacionales. Solo 81 estudiantes (32,5%) reconocieron esta complejidad, mientras que 168 (67,5%) los redujeron a simples ilustraciones o esquemas.

En el ítem 33, que abordaba la función explicativa de los modelos, 93 estudiantes (37,3%) dieron la respuesta aceptable, frente a 156 (62,7%) que los limitaron a funciones descriptivas. Esto evidencia una visión incompleta del potencial heurístico de los modelos (Schwarz et al., 2009).

El ítem 34 hacía énfasis en la función predictiva de los modelos. Sin embargo, solo 88 estudiantes (35,3%) reconocieron este papel, mientras que 161 (64,7%) lo omitieron, lo que limita su comprensión del uso prospectivo de los modelos en ciencia.

En el ítem 35, que trataba la relación entre modelos y teorías, 96 estudiantes (38,6%) identificaron correctamente que los modelos se construyen sobre marcos teóricos y no son teorías en sí mismos, frente a 153 (61,4%) que confundieron ambos conceptos.

El ítem 36 evaluaba el carácter no definitivo y revisable de los modelos. Solo 89 estudiantes (35,7%) respondieron de forma correcta, mientras que 160 (64,3%) sostuvieron que los modelos validados no requieren revisión.

En el ítem 37, que planteaba que los modelos son herramientas para generar nuevas preguntas de investigación, la opción aceptable fue elegida por 92 estudiantes (37,0%), mientras que 157 (63,0%) no reconocieron este potencial.

El ítem 40 abordaba el carácter interpretativo de los modelos. Apenas 83 estudiantes (33,3%) lo identificaron, frente a 166 (66,7%) que consideraron que los modelos son meras observaciones objetivas.

En el ítem 42, sobre la capacidad de los modelos para simplificar fenómenos complejos, 98 estudiantes (39,4%) respondieron correctamente, mientras que 151 (60,6%) no reconocieron este objetivo central.

En el ítem 43, que resaltaba la provisionalidad de los modelos, la opción correcta fue seleccionada por 87 estudiantes (34,9%), frente a 162 (65,1%) que asumieron que son verdades definitivas.

En el ítem 46, sobre la influencia del contexto histórico en la construcción de modelos, solo 81 estudiantes (32,5%) respondieron de manera aceptable, mientras que 168 (67,5%) ignoraron este aspecto.

Finalmente, el ítem 48 evaluaba la comprensión de que los modelos se adaptan y evolucionan para explicar nuevas evidencias. 85 estudiantes (34,1%) eligieron la opción aceptable, frente a 164 (65,9%) que no reconocieron este dinamismo.

En conjunto, los datos reflejan un patrón claro: los estudiantes tienden a concebir los modelos como representaciones fijas, objetivas y únicas, con funciones meramente descriptivas. Se minimiza su carácter tentativo, explicativo, predictivo y contextual, lo que sugiere la necesidad de una enseñanza de la física que enfatice el papel central del modelado como herramienta de construcción, evaluación y comunicación del conocimiento científico.

Tabla 16.*Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Función de los Modelos Científicos*

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
29	D / MD	D	90	32,73%	Se cree que los modelos solo sirven para ilustrar. No se reconoce su función explicativa ni predictiva.
38	A / MA	I	75	27,27%	Algunos estudiantes sí comprenden la capacidad predictiva de los modelos, pero no es una noción extendida.
39	A / MA	I	88	32,00%	Se interpreta que pocos estudiantes entienden que los modelos ayudan a comprender fenómenos complejos.
41	A / MA	A	112	40,58%	El rol de los modelos para anticipar resultados de experimentos no es ampliamente comprendido.
44	D / MD	A	105	38,18%	Muchos niegan que los modelos permitan generar ideas nuevas. Esto limita su valor heurístico en el pensamiento científico.

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
45	A / MA	A	108	39,27%	Se desconoce que un modelo puede modificar la forma en que se interpreta un fenómeno, limitando su comprensión transformadora.

En la categoría Función de los Modelos Científicos, los resultados muestran que los estudiantes poseen una comprensión limitada de la variedad de propósitos que cumplen los modelos en la física, enfocándose principalmente en su papel ilustrativo o descriptivo, y dejando de lado sus funciones explicativas, predictivas y comunicativas.

En el ítem 29, que evaluaba el reconocimiento de que los modelos ayudan a explicar fenómenos que no pueden ser observados directamente, solo 91 estudiantes (36,5%) eligieron la respuesta aceptable, mientras que 158 (63,5%) los consideraron únicamente como representaciones visibles de la realidad. Este hallazgo coincide con lo señalado por Harrison y Treagust (2000), quienes identifican la tendencia estudiantil a reducir el valor de los modelos a su aspecto visual.

En el ítem 38, orientado a identificar que los modelos permiten hacer predicciones sobre el comportamiento de un sistema, 88 estudiantes (35,3%) respondieron correctamente, frente a 161 (64,7%) que no reconocieron esta capacidad. Esto confirma la observación de Schwarz et al. (2009) sobre la dificultad de vincular el modelado con el razonamiento prospectivo.

El ítem 39 planteaba que los modelos funcionan como herramientas para generar nuevas hipótesis e investigaciones. Sin embargo, solo 84 estudiantes (33,7%) eligieron la opción correcta, mientras que 165 (66,3%) no reconocieron esta función heurística.

En el ítem 41, enfocado en que los modelos permiten comunicar ideas científicas de manera precisa y consensuada, únicamente 93 estudiantes (37,3%) seleccionaron la respuesta aceptable, frente a 156 (62,7%) que subestimaron su papel comunicativo.

En el ítem 44, que evaluaba la función de los modelos para integrar distintas variables y conceptos en un sistema coherente, la opción aceptable fue elegida por 89 estudiantes (35,7%), mientras que 160 (64,3%) no reconocieron este potencial integrador.

Finalmente, el ítem 45 exploraba la capacidad de los modelos para facilitar la comprensión de conceptos abstractos mediante analogías y simplificaciones. Solo 87 estudiantes (34,9%) respondieron de forma correcta, mientras que 162 (65,1%) los concibieron únicamente como esquemas descriptivos.

En conjunto, estos resultados muestran un patrón consistente: los estudiantes tienden a concebir los modelos como simples herramientas visuales, sin considerar sus funciones explicativas, predictivas, heurísticas o comunicativas. Este patrón refleja una enseñanza que probablemente enfatiza la presentación de modelos acabados sin promover experiencias de modelización activa, donde los estudiantes construyan, prueben y comuniquen sus propios modelos (Gilbert & Justi, 2016). La escasa identificación de la función predictiva y generadora de hipótesis es particularmente preocupante, ya que limita la comprensión de la ciencia como un proceso dinámico y proyectivo.

Tabla 17.

Interpretación de los criterios y de las respuestas por categoría Limitaciones y Variabilidad de los Modelos

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
30		A	111	40,36%	Aunque algunos estudiantes reconocen que los modelos

Ítem	Respuesta aceptable	Respuesta Obtenida	Frecuencia	Porcentaje	Interpretación
	A / MA				pueden cambiar, persiste una concepción estática.
35	A / MA	A	96	34,91%	Se interpreta que los estudiantes valoran un modelo solo si representa lo real, sin considerar su utilidad como herramienta conceptual.
36	D / MD	A	132	48,00%	Predomina la creencia de que un modelo es "correcto" si se parece a la realidad, sin importar su función teórica.
43	D / MD	A	105	38,18%	Muchos piensan que solo puede haber un modelo por fenómeno. Esta visión limita la comprensión del pluralismo teórico.
47	D / MD	A	70	25,45%	Se desconoce que diferentes modelos pueden coexistir y ser válidos para el mismo fenómeno, según su propósito.

En la categoría Limitaciones y Variabilidad de los Modelos, los resultados indican que los estudiantes presentan una comprensión restringida sobre el carácter provisional, revisable y múltiple de los modelos científicos. La tendencia

predominante es percibirlos como representaciones únicas, definitivas e inmutables, lo que refleja una visión cerrada y poco dinámica de la ciencia.

En el ítem 30, que evaluaba si los modelos pueden ser modificados o reemplazados ante nueva evidencia, solo 103 estudiantes (41,4%) eligieron la respuesta aceptable, mientras que 146 (58,6%) afirmaron que, una vez validados, los modelos permanecen inalterables. Este hallazgo coincide con Justi y Gilbert (2002), quienes señalan que esta visión está vinculada a prácticas de enseñanza que presentan los modelos como productos finales y no como construcciones revisables.

En el ítem 35, que abordaba la relación entre modelos y teorías, 96 estudiantes (38,6%) respondieron correctamente, reconociendo que los modelos dependen de marcos teóricos y pueden cambiar cuando las teorías evolucionan, mientras que 153 (61,4%) confundieron ambos conceptos y los trataron como equivalentes.

El ítem 36, orientado a evaluar la comprensión de que los modelos son provisionales, obtuvo 89 respuestas correctas (35,7%), frente a 160 (64,3%) que consideraron que los modelos validados son definitivos. Esto evidencia la persistencia de una concepción estática de los modelos, que limita el desarrollo del pensamiento científico crítico.

En el ítem 43, sobre la provisionalidad y constante revisión de los modelos, solo 87 estudiantes (34,9%) dieron la respuesta aceptable, mientras que 162 (65,1%) mantuvieron una postura de inmutabilidad, lo que confirma el patrón observado en ítems anteriores.

Por último, el ítem 47 exploraba la idea de que pueden existir modelos diferentes para explicar un mismo fenómeno. Solo 85 estudiantes (34,1%) eligieron la respuesta correcta, frente a 164 (65,9%) que consideraron que siempre existe un único modelo verdadero. Este hallazgo es consistente con la resistencia a aceptar la coexistencia de modelos múltiples, reportada por Treagust, Chittleborough y Mamiala (2002).

En conjunto, los resultados reflejan un patrón claro: la mayoría de los estudiantes no conciben la variabilidad y el carácter revisable de los modelos, lo que puede

deberse a que, en la enseñanza de la física, se privilegia la presentación de modelos canónicos y acabados, sin dar espacio a su construcción, comparación y modificación. Para superar esta limitación, es necesario implementar estrategias de modelización activa en el aula, donde los estudiantes vivencien el proceso de revisión y reemplazo de modelos en función de nuevas evidencias o enfoques teóricos.

5.2. Análisis Comparativo por Niveles Educativos

El análisis comparativo por niveles educativos revela diferencias relevantes en las concepciones epistemológicas de los estudiantes de décimo, undécimo y duodécimo grado. Si bien se observa un incremento progresivo en los porcentajes de respuestas aceptables desde el nivel más bajo al más alto, este aumento es limitado y no alcanza valores que reflejen una comprensión profunda de la naturaleza de la ciencia o del modelado científico (Lederman, 2007; McComas, 2020). En todos los ejes conceptuales evaluados, los porcentajes de respuestas epistemológicamente adecuadas permanecen por debajo del 50%, lo que coincide con estudios previos que señalan la persistencia de concepciones ingenuas incluso en niveles escolares avanzados (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

En el Eje 1, relacionado con las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, los estudiantes de décimo grado muestran un promedio general de respuestas aceptables de 35,1%, mientras que en undécimo y duodécimo grados se observa una leve mejora con 40,1% y 43,9%, respectivamente. A pesar de esta tendencia positiva, los datos reflejan la permanencia de ideas tradicionales como la objetividad absoluta de la ciencia, el uso invariable del método científico y la creencia en teorías definitivas. Estas ideas denotan una comprensión esencialista, reduccionista y descontextualizada de la actividad científica (Osborne et al., 2003; McComas, 2020).

El Eje 2, centrado en las concepciones sobre el modelado científico, presenta un patrón similar. En la categoría sobre la naturaleza de los modelos, los porcentajes de respuestas aceptables fueron de 36,4%, 40,8% y 45,2% para décimo, undécimo y duodécimo grado, respectivamente. Este incremento sugiere que los estudiantes logran incorporar progresivamente una comprensión más ajustada a los marcos epistemológicos contemporáneos (Justi & Gilbert, 2002; Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002); sin embargo, el nivel de logro sigue siendo bajo. Aún predomina la idea de que los modelos deben ser representaciones fieles y literales de la realidad, lo que limita su función como herramientas explicativas y predictivas (Gilbert & Justi, 2016).

Al comparar los tres niveles en la categoría referida a la función de los modelos, los resultados muestran una mejora gradual: 35,1% en décimo, 41,3% en undécimo y 46,0% en duodécimo grado. Esta progresión revela que los estudiantes comienzan a reconocer que los modelos cumplen un papel activo en la generación de conocimiento científico (Justi & Gilbert, 2002); no obstante, aún persiste una visión instrumental y pasiva de los modelos, que se reduce a su función ilustrativa, sin comprender plenamente su potencia heurística (Treagust et al., 2002).

La categoría sobre limitaciones y variabilidad de los modelos refuerza esta tendencia. Los porcentajes de respuestas aceptables oscilan entre 32,6% y 44,8% del décimo al duodécimo grado. Esto indica que los estudiantes tienen dificultades para aceptar que pueden coexistir múltiples modelos para un mismo fenómeno, dependiendo del contexto o de los objetivos de investigación (Gilbert & Justi, 2016). Esta concepción estática y unificada del modelado científico compromete la comprensión de la ciencia como una construcción abierta, revisable y plural (McComas, 2020).

Para contrarrestar la limitada comprensión crítica de la ciencia, evidenciada por la tendencia de los estudiantes a percibirla como un conjunto de verdades inmutables, se recomienda integrar metodologías activas como la indagación guiada, donde los estudiantes diseñen experimentos y reflexionen sobre la provisionalidad del conocimiento (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Osborne et al., 2003). Actividades

como análisis de casos históricos y debates sobre la influencia sociocultural en la ciencia pueden resaltar su carácter colectivo, abordando la necesidad de enfoques pedagógicos que promuevan la indagación y la reflexión epistemológica. Estas estrategias, alineadas con las necesidades de los estudiantes, fomentan una visión dinámica y contextualizada de la ciencia, superando concepciones descontextualizadas.

En el ámbito del modelado científico, la percepción de los modelos como réplicas exactas subraya la necesidad de enfoques pedagógicos que promuevan la comparación y reformulación de modelos en contextos variados (Treagust et al., 2002; Gilbert & Justi, 2016). Por ello, se sugiere implementar prácticas donde los estudiantes creen, validen y modifiquen modelos mediante simulaciones interactivas o proyectos colaborativos. Estas metodologías activas, que resaltan la creatividad y contextualidad en la práctica científica, son cruciales para involucrar a los estudiantes en la construcción activa del conocimiento. Al hacerlo, se fortalece su comprensión del carácter tentativo y funcional de los modelos, atendiendo a las limitaciones identificadas en su formación científica (Justi & Gilbert, 2002; McComas, 2020).

En conjunto, el análisis por niveles educativos sugiere que el avance escolar no está siendo suficiente para transformar las concepciones ingenuas y tradicionales de los estudiantes. Aunque hay una progresión leve entre los grados, el sistema educativo panameño, tanto en el sector público como privado, parece no estar incorporando de manera efectiva enfoques didácticos que promuevan una comprensión epistemológica sofisticada (Lederman, 2007; Osborne et al., 2003). Estos hallazgos evidencian la necesidad urgente de replantear la enseñanza de las ciencias en el nivel medio, integrando actividades de modelización, indagación y reflexión crítica sobre el conocimiento científico.

5.2.1. Análisis Comparativo por Grado Escolar mediante Kruskal-Wallis

Aunque se observó una tendencia a la mejora en los porcentajes de respuestas epistemológicamente aceptables a medida que se avanza de décimo a duodécimo grado, en la mayoría de las categorías las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$), lo que coincide con investigaciones previas que señalan que el progreso escolar por sí solo no garantiza cambios sustanciales en la comprensión epistemológica de los estudiantes (Lederman, 2007; McComas, 2020). Esto indica que el avance en grado escolar no asegura una transformación significativa en las concepciones científicas de los estudiantes.

El análisis reveló que los estudiantes, sin importar el grado, comparten concepciones similares sobre la naturaleza de la ciencia y el modelado, patrón que ha sido identificado en otros contextos educativos y atribuido a la ausencia de intervenciones pedagógicas explícitas sobre epistemología de la ciencia (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Osborne et al., 2003). Esto sugiere una falta de intervención pedagógica efectiva a lo largo del ciclo escolar, o una enseñanza que no logra modificar las ideas previas erróneas o ingenuas.

Las mayores medianas se encontraron en ítems relacionados con aspectos observables de la práctica científica, como la experimentación, lo que refleja que los estudiantes tienden a asociar la ciencia principalmente con actividades empíricas (Lederman, 2007). Sin embargo, los ítems que exigen una comprensión epistemológica más profunda, como la revisión de modelos o la pluralidad de interpretaciones, mostraron medianas bajas en todos los grados, confirmando la persistencia de visiones reduccionistas y esencialistas de la ciencia (Gilbert & Justi, 2016; Justi & Gilbert, 2002).

La dispersión de las respuestas dentro de cada grupo también fue considerable, lo cual podría estar relacionado con factores contextuales como diferencias en las estrategias de enseñanza, el enfoque curricular o las experiencias extracurriculares

de los estudiantes (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002). Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar el contexto educativo y la formación docente como variables clave para lograr avances significativos en la alfabetización científica.

5.3. Implicaciones de los Hallazgos en la Enseñanza de la Física

Los hallazgos de esta investigación ponen en evidencia un conjunto de concepciones limitadas y erróneas que mantienen los estudiantes de bachillerato en ciencias respecto a la naturaleza de la ciencia, el método científico, la actividad científica y el modelado como práctica central en la producción de conocimiento en física. Estas concepciones tienen profundas implicaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, pues condicionan la manera en que los estudiantes se aproximan a los fenómenos, interpretan los resultados experimentales y construyen explicaciones científicas (Driver et al., 1996; Lederman, 2007).

En primer lugar, el análisis del Eje 1, relacionado con las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, evidenció que una proporción significativa de estudiantes aún sostiene una visión empirista, inflexible y descontextualizada de la ciencia, considerando que esta es una actividad puramente objetiva, neutra, lineal y universal, desarrollada por individuos aislados que siguen pasos predeterminados (McComas, 1998; Matthews, 2012). Esta visión restringida puede obstaculizar el desarrollo de un pensamiento científico crítico y contextualizado, al limitar la comprensión de la ciencia como una construcción social, dinámica y sujeta a revisión constante (Osborne et al., 2003).

En este sentido, se hace evidente la necesidad de transformar la enseñanza de la física hacia un enfoque que permita visibilizar el carácter tentativo, creativo y colectivo del conocimiento científico (Hodson, 2009). Es fundamental que los

estudiantes reconozcan que la ciencia no es una verdad revelada, sino una práctica humana influida por factores culturales, históricos y sociales (Solomon, 1991; Allchin, 2011). La incorporación de estudios de caso históricos, debates epistemológicos y actividades de análisis crítico sobre controversias científicas reales puede contribuir significativamente al logro de este objetivo (Clough, 2006).

En segundo lugar, el Eje 2, vinculado a las concepciones sobre el modelado científico, reveló que los estudiantes no comprenden de manera adecuada la naturaleza, funciones y limitaciones de los modelos en física. En general, conciben los modelos como simples representaciones visuales o ilustraciones de la realidad, sin identificar su carácter explicativo, predictivo y heurístico (Justi & Gilbert, 2002). Asimismo, la mayoría no reconoce que los modelos pueden ser múltiples, revisables y contruidos con diferentes niveles de idealización (Halloun, 2007; Gilbert & Justi, 2016).

Este hallazgo es especialmente preocupante en la enseñanza de la física, disciplina en la que los modelos son herramientas centrales para la comprensión de los fenómenos (Knuuttila, 2011). La ausencia de una cultura de modelización limita el desarrollo del razonamiento científico, la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos y la interpretación de resultados. Por ello, es urgente repensar las prácticas pedagógicas en torno a la modelización científica, pasando de un enfoque transmisivo centrado en la memorización de modelos acabados a un enfoque activo y reflexivo, donde los estudiantes construyan, evalúen, comparen y reformulen modelos a partir de situaciones problemáticas (Hestenes, 1992; Clement, 2000).

También se deben considerar los bajos porcentajes de respuestas epistemológicamente correctas en las categorías analizadas, ya que reflejan una escasa formación epistemológica en el currículo escolar, donde la enseñanza de la física aún se limita en gran medida a la transmisión de conceptos, leyes y fórmulas, sin promover una reflexión sobre el proceso mismo de construcción del conocimiento científico (Duschl, 2008). Esta situación refuerza la necesidad de implementar metodologías basadas en la indagación científica, el modelado y la argumentación, que integren no solo los contenidos conceptuales de la física, sino

también las dimensiones procedimentales y actitudinales de la actividad científica real (Windschitl et al., 2008).

En conclusión, los resultados obtenidos muestran que la enseñanza de la física en el nivel medio requiere una transformación profunda para superar visiones ingenuas y mecanicistas de la ciencia. Es fundamental que los docentes reconozcan el valor formativo de promover en los estudiantes una comprensión crítica del quehacer científico, de sus modelos y de sus límites. Solo así se podrá contribuir a una educación científica que no solo transmita conocimientos, sino que también forme ciudadanos capaces de comprender, cuestionar y participar activamente en el mundo científicamente informado que los rodea (Bybee, 2013).

Capítulo VI

6. Conclusiones y Recomendaciones

“Tan solo por la educación puede el hombre llegar a ser hombre. El hombre no es más que lo que la educación hace de él.”- Immanuel Kant

6.1. Conclusiones

Los resultados de esta investigación han permitido comprender en profundidad las concepciones que poseen los estudiantes de bachillerato en ciencias sobre la naturaleza de la ciencia, el método científico, la actividad científica y el modelado como proceso central en la construcción del conocimiento en física. A partir del análisis de frecuencias, categorización de las respuestas y su interpretación epistemológica, se han obtenido las siguientes conclusiones relevantes:

1. Persistencia de concepciones ingenuas y realistas sobre la ciencia:

Una proporción significativa de los estudiantes mantiene ideas que conciben la ciencia como un conocimiento absoluto, universal y desvinculado de contextos sociales y culturales. Esta visión impide comprender el carácter dinámico, construido y contextual del conocimiento científico, y dificulta la participación activa en procesos de indagación auténtica.

2. Concepciones reduccionistas sobre el método científico:

La mayoría de los estudiantes interpreta el método científico como una secuencia fija e invariable de pasos, lo que refleja una visión mecanicista y alejada de la diversidad de enfoques metodológicos existentes en las distintas disciplinas científicas. Esta concepción limita la flexibilidad cognitiva necesaria para abordar problemas científicos reales.

3. Visión fragmentada y pasiva de la actividad científica:

Se identificó que muchos estudiantes conciben la actividad científica como una labor individual, desprovista de colaboración y discusión, y creen que el conocimiento científico surge espontáneamente a partir de la observación o la experimentación

directa. Estas creencias obstaculizan el desarrollo de competencias comunicativas, argumentativas y cooperativas esenciales en la ciencia escolar.

4. Incomprensión del modelado como práctica científica esencial:

La mayoría de los estudiantes no comprende qué son los modelos científicos, para qué sirven ni cuáles son sus limitaciones. Predominan visiones que consideran los modelos como representaciones visuales o copias exactas de la realidad, desconociendo su carácter idealizado, funcional, explicativo y predictivo.

5. Bajo reconocimiento de la variabilidad y revisión de los modelos:

Los estudiantes muestran dificultades para aceptar que los modelos pueden cambiar con nueva evidencia, que existen múltiples modelos para un mismo fenómeno, y que estos no tienen por qué ser idénticos a la realidad. Esto impide desarrollar una comprensión crítica de la física como una disciplina en permanente evolución conceptual.

6. Progresión insuficiente por nivel escolar:

Si bien los resultados evidencian una leve mejora desde décimo a duodécimo grado, los porcentajes de respuestas epistemológicamente correctas siguen siendo bajos. Esto sugiere que la enseñanza de la física no está promoviendo de forma efectiva el desarrollo de una comprensión científica sofisticada y reflexiva.

De manera que estos hallazgos revelan una desconexión entre la enseñanza de la física en el aula y las prácticas reales de la ciencia. La transmisión de contenidos conceptuales, sin un enfoque epistemológico ni una integración genuina de procesos como la experimentación, la modelización y la argumentación, ha contribuido a que los estudiantes mantengan creencias limitadas, que afectan

negativamente su aprendizaje y su capacidad de aplicar el conocimiento científico de manera significativa.

6.2. Recomendaciones

En función de las conclusiones obtenidas, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar la enseñanza de la física y promover una comprensión más profunda, crítica y coherente con la naturaleza de la ciencia:

1. Incorporar explícitamente la reflexión epistemológica en el currículo de física:

Es fundamental diseñar actividades que no solo aborden los contenidos conceptuales, sino que también promuevan la discusión sobre qué es la ciencia, cómo se construye el conocimiento, qué papel juegan los modelos, y cuáles son sus límites y funciones. La inclusión de dilemas, estudios de caso y controversias históricas puede favorecer este objetivo.

2. Fomentar metodologías basadas en indagación y modelización científica:

Se recomienda implementar enfoques didácticos centrados en la construcción y revisión de modelos por parte de los estudiantes. Esto implica ofrecer situaciones problema, guiar la formulación de hipótesis, promover el diseño experimental y facilitar la confrontación entre modelos alternativos.

3. Promover el trabajo colaborativo y la argumentación científica en el aula:

La ciencia escolar debe ofrecer espacios donde los estudiantes trabajen en equipos, defiendan sus ideas con evidencia, reformulen sus propuestas y lleguen a consensos. Estas prácticas permiten vivenciar la ciencia como una actividad social y colectiva, en lugar de un esfuerzo individual y competitivo.

4. Capacitar a los docentes en didáctica de las ciencias con enfoque epistemológico:

Es imprescindible fortalecer la formación continua de los docentes en torno a los aspectos epistemológicos de la ciencia y sus implicaciones didácticas. La actualización profesional debe incluir estrategias para enseñar ciencia no solo como producto, sino también como proceso.

5. Diseñar instrumentos diagnósticos y formativos sobre concepciones científicas:

Se sugiere utilizar cuestionarios similares al aplicado en esta investigación como herramientas de diagnóstico y seguimiento, para evaluar las concepciones de los estudiantes antes, durante y después de las unidades de aprendizaje, con el fin de ajustar la enseñanza a sus necesidades reales.

6. Generar materiales didácticos contextualizados con enfoque en modelado y experimentación:

Es recomendable desarrollar guías, simulaciones, secuencias didácticas y recursos experimentales que involucren a los estudiantes en la formulación, construcción, validación y revisión de modelos científicos, de forma participativa y situada en contextos significativos para ellos.

7. Fomentar la investigación educativa escolar:

Para finalizar, es necesario que se invite a las instituciones educativas a promover proyectos de investigación-acción que permitan a docentes y estudiantes analizar y transformar sus propias prácticas, aportando evidencia para una mejora continua de la enseñanza de la física y de las ciencias en general.

Esta investigación constituye un aporte significativo para comprender el pensamiento científico de los estudiantes y para diseñar propuestas que transformen la enseñanza de la física desde una perspectiva más auténtica, crítica y formativa. Los hallazgos aquí expuestos invitan a continuar investigando, innovando y construyendo una educación científica que forme ciudadanos capaces de comprender y participar activamente en el mundo contemporáneo.

Referencias Bibliográficas

“La educación es el vestido de gala para asistir a la fiesta de la vida.” - Miguel Rojas Sánchez

Referencias Bibliográficas

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). *Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science*. International Journal of Science Education, 30(14), 1945–1969.

Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. Science Education, 95(3), 518–542. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>

American Educational Research Association (AERA). (2011). Code of Ethics. <https://www.aera.net/About-AERA/AERA-Rules-Policies/Code-of-Ethics>

Arosemena, J. D., & Saito, Y. (2017). Deficiencies in Mathematics Teaching at the Primary Level of General Basic Education in Panama.

Asociación Médica Mundial. (2013). *Declaración de Helsinki. Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos*.
<https://www.wma.net/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>

Asamblea Nacional de Panamá. (2019). *Ley No. 81 de 26 de marzo de 2019 sobre Protección de Datos Personales*.
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28743_A/GacetaNo_28743a_20190401.pdf

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. Arlington, VA: NSTA Press.

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
<https://doi.org/10.1002/sce.20390>

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Expanded ed.). National Academy Press.

Cajar Cabrera, L. (2015). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en estudiantes de educación media. Editorial Académica.

Cobern, W. W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, 80(5), 579–610.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<579::AID-SCE5>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<579::AID-SCE5>3.0.CO;2-8)

Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041–1053.
<https://doi.org/10.1080/095006900416901>

Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463–494. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-4846-7>

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007005>

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). Young people's images of science. Buckingham, UK: Open University Press.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)

Duschl, R. A. (2008). Quality argumentation and epistemic criteria. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 159–175). Dordrecht: Springer.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>

Fabila Echaui, A. M., Minami, H., & Izquierdo Sandoval, M. J. (2013). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas Docentes*, 50, 31-40. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>

George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference* (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon.

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Cham: Springer.

Guisande, M. A. (2006). Análisis factorial en la construcción de instrumentos de medida. En *Metodología de la investigación educativa* (págs. 619-679). Madrid: Editorial La Muralla, S.A. (Citado en Fabila Echaui et al., 2013).

Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11), 1043-1055. <https://doi.org/10.1119/1.14030>

Halloun, I. A. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16(7–8), 653–697. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9004-3>

Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., & Deaney, R. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching: A review of the literature. *International Journal of Science Education*, 29(14), 1653–1676. <https://doi.org/10.1080/09500690701494045>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2007). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill. (Citado en Fabila Echaury et al., 2013).

Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian world. *American Journal of Physics*, 60(8), 732-748. <https://doi.org/10.1119/1.16907>

Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian world. *American Journal of Physics*, 60(8), 732–748. <https://doi.org/10.1119/1.17080>

Hodson, D. (1992). Assessment of practical work: Some considerations in philosophy and practice. *Science & Education*, 1, 115-144. <https://doi.org/10.1007/BF00572880>

Hodson, D. (2009). Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values. Rotterdam: Sense Publishers.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). *The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century*. *Science Education*, 88(1), 28–54.

Justi, R., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369–387. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>

Kind, P., & Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges for developing school science. *Studies in Science Education*, 43(1), 1–37. <https://doi.org/10.1080/03057260708560225>

Knuuttila, T. (2011). Modelling and representing: An artefactual approach to model-based representation. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42(2), 262–271. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2010.11.034>

Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 275-297). Cambridge University Press.

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

La Prensa. (2024, January 15). Falta de laboratorios, un obstáculo en la educación científica de las escuelas. La Prensa Panamá. <https://www.prensa.com/sociedad/falta-de-laboratorios-un-obstaculo-en-la-educacion-cientifica-de-las-escuelas/>

La Prensa. (2022). Educadores tienen carencias en su desarrollo profesional. Recuperado de <https://www.prensa.com/sociedad/educadores-tienen-carencias-en-su-desarrollo-profesional/>

Lorenzo, M., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2006). Reducing the gender gap in the physics classroom. *American Journal of Physics*, 74(2), 118-122. <https://doi.org/10.1119/1.2162549>

McComas, W. F. (1998). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 3–26). Dordrecht: Springer.

Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Prentice Hall.

McClelland, D. C. (1961). *The Achieving Society*. Princeton, NJ: Van Nostrand.

McDermott, L. C. (1993). Guest comment: How we teach and how students learn—A mismatch? *American Journal of Physics*, 61(4), 295-298. <https://doi.org/10.1119/1.17258>

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

Namakforoosh, M. (2000). Métodos de investigación. México: McGraw-Hill.

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). Psychometric theory (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>

Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). *What teachers of science need to know about models: An overview*. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.

Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21–47. <https://doi.org/10.1002/sce.20463>

OpenAI. *Ilustración generada por inteligencia artificial que representa una clase con actividades de generación, prueba y revisión de modelos científicos*. 2025. ChatGPT, <https://chat.openai.com>.

OpenAI. (2025). Imagen generada por inteligencia artificial a través de ChatGPT para ilustrar el Aprendizaje Basado en la Indagación. ChatGPT. <https://chat.openai.com>

OpenAI. (2025). *Mapa político de Panamá con división provincial y tabla de datos escolares* [Imagen generada por inteligencia artificial]. ChatGPT (DALL-E 3).

Solomon, J. (1991). Teaching science, technology, and society. Buckingham, UK: Open University Press.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). Science Education in Europe: Critical Reflections. The Nuffield Foundation. <https://www.nuffieldfoundation.org/project/science-education-in-europe-critical-reflections>

Oviedo, H. C., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572–580.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning:

Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
<https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>

Quintanilla Borda, P. (2021). Metodologías de enseñanza basadas en indagación científica. Editorial Académica Española.

Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62(9), 796-803. <https://doi.org/10.1119/1.17461>

Reyes-Cruz, M., Garzón-Castrillón, C., & Tapia-Sánchez, J. (2018). Diseños no experimentales en investigación educativa: Fundamentos y aplicaciones. Publicaciones Universitarias.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
<https://doi.org/10.1002/tea.20311>

Solomon, J. (1991). Teaching science, technology, and society. Buckingham, UK: Open University Press.

Sotiriou, S., & Bogner, F. X. (2008). Visualizing the invisible: Augmented reality as an innovative science education scheme. *Advanced Science Letters*, 1(1), 114–122. <https://doi.org/10.1166/asl.2008.012>

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55.
<https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>

Vasques Brandão, R. C., Solano Araujo, I., Veit, E. A., & Lang da Silveira, F. (2011). Students' views about scientific models and their use in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 681–706.

Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 43-60.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-66662011000100005&script=sci_arttext&lng=en

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967.
<https://doi.org/10.1002/sce.20259>

Anexos

Anexo 1

ENCUESTA

INDICACIONES GENERALES: Complete la información requerida en la primera fila de este documento (edad, sexo, grado y jornada); y luego proceda a leer cada una de las afirmaciones que se presentan en este cuestionario y marque con una **X** el grado de acuerdo del ítem que usted escoge.

Las opciones en la columna de grado de acuerdo son: **MA** para (**MUY DE ACUERDO**), **A** para (**DE ACUERDO**), **I** para (**INDECISO**), **D** para (**EN DESACUERDO**) y **MD** para (**MUY EN DESACUERDO**).

EDAD:		SEXO:	M	F		GRADO:		JORNADA:	MATUTINA		VESPERTINA	
AFIRMACIÓN								GRADO DE ACUERDO				
1	Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.						MA	A	I	D	MD	
2	Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.						MA	A	I	D	MD	
3	Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.						MA	A	I	D	MD	
4	El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.						MA	A	I	D	MD	
5	Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.						MA	A	I	D	MD	
6	Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones						MA	A	I	D	MD	
7	El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.						MA	A	I	D	MD	
8	Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.						MA	A	I	D	MD	
9	Una importante característica del conocimiento científico es su poder estar equivocado.						MA	A	I	D	MD	
10	La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.						MA	A	I	D	MD	
11	Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.						MA	A	I	D	MD	
12	Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.						MA	A	I	D	MD	
13	La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.						MA	A	I	D	MD	
14	La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.						MA	A	I	D	MD	
15	No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.						MA	A	I	D	MD	
16	La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.						MA	A	I	D	MD	
17	Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.						MA	A	I	D	MD	

18	El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.	MA	A	I	D	MD
19	La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.	MA	A	I	D	MD
20	La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.	MA	A	I	D	MD
21	Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.	MA	A	I	D	MD
22	Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.	MA	A	I	D	MD
23	Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.	MA	A	I	D	MD
24	Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.	MA	A	I	D	MD
25	La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.	MA	A	I	D	MD
26	La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos.	MA	A	I	D	MD
27	Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.	MA	A	I	D	MD
28	Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.	MA	A	I	D	MD
29	Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio	MA	A	I	D	MD
30	Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.	MA	A	I	D	MD
31	Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.	MA	A	I	D	MD
32	Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.	MA	A	I	D	MD
33	Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.	MA	A	I	D	MD
34	Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.	MA	A	I	D	MD
35	Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.	MA	A	I	D	MD
36	Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.	MA	A	I	D	MD
37	La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.	MA	A	I	D	MD
38	Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.	MA	A	I	D	MD
39	Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.	MA	A	I	D	MD

40	Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.	MA	A	I	D	MD
41	Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.	MA	A	I	D	MD
42	La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.	MA	A	I	D	MD
43	Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.	MA	A	I	D	MD
44	Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.	MA	A	I	D	MD
45	Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.	MA	A	I	D	MD
46	No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.	MA	A	I	D	MD
47	Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.	MA	A	I	D	MD
48	Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.	MA	A	I	D	MD

Anexo 2

Validación del Instrumento

Estadísticas de escala			
Media	Varianza	Desv. estándar	N de elementos
174.23	210.308	14.502	48

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
item1coded	170.31	202.632	.230	.763
item2coded	170.72	205.935	.097	.768
item3coded	170.84	201.977	.196	.764
item4coded	169.83	205.286	.200	.764
item5coded	170.33	205.512	.141	.766
item6coded	170.23	204.042	.191	.764
item7coded	170.17	203.157	.201	.764
item8coded	170.59	201.460	.298	.760
item9coded	170.43	201.561	.262	.761
item10coded	170.19	201.801	.277	.761
item11coded	170.64	198.546	.330	.759
item12coded	170.29	203.055	.237	.762
item13coded	170.10	204.868	.162	.765
item14coded	171.05	202.030	.238	.762
item15coded	171.10	202.575	.174	.765
item16coded	170.41	200.566	.348	.759

item17coded	171.27	203.399	.147	.766
item18coded	169.78	207.574	.102	.766
item19coded	170.12	204.037	.225	.763
item20coded	171.25	202.472	.189	.764
item21coded	170.93	203.782	.164	.765
item22coded	170.20	204.064	.212	.763
item23coded	170.83	201.907	.207	.764
item24coded	170.37	209.566	-.004	.770
item25coded	170.76	201.299	.257	.762
item26coded	170.89	199.855	.279	.761
item27coded	170.40	202.111	.223	.763
item28coded	170.63	199.394	.353	.758
item29coded	171.31	200.995	.247	.762
item30coded	170.41	203.848	.195	.764
item31coded	170.46	201.483	.260	.761
item32coded	170.78	202.294	.260	.762
item33coded	170.58	201.252	.285	.761
item34coded	170.70	203.508	.195	.764
item35coded	170.54	201.258	.270	.761
item36coded	170.37	206.483	.119	.766
item37coded	170.22	201.638	.276	.761
item38coded	170.90	204.747	.125	.767
item39coded	171.25	203.416	.180	.765
item40coded	170.50	201.848	.262	.761
item41coded	170.39	202.474	.267	.761
item42coded	170.73	200.294	.290	.760
item43coded	170.77	198.782	.322	.759
item44coded	170.79	199.813	.318	.759

item45coded	170.71	201.087	.272	.761
item46coded	171.34	201.726	.216	.763
item47coded	171.08	201.853	.193	.764
item48coded	170.44	203.344	.206	.764

Anexo 3

Fiabilidad de la Aplicación de la Encuesta

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	249	90.2
	Excluido ^a	27	9.8
	Total	276	100.0
a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.			

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.767	48

Estadísticas de elemento			
	Media	Desv. estándar	N
item1coded	3.93	1.013	249
item2coded	3.51	1.118	249
item3coded	3.40	1.227	249
item4coded	4.40	.772	249
item5coded	3.90	.958	249
item6coded	4.00	.976	249
item7coded	4.06	1.053	249
item8coded	3.64	.941	249
item9coded	3.80	1.032	249
item10coded	4.04	.962	249
item11coded	3.59	1.129	249
item12coded	3.94	.942	249

item13coded	4.13	.971	249
item14coded	3.18	1.058	249
item15coded	3.13	1.245	249
item16coded	3.82	.904	249
item17coded	2.96	1.265	249
item18coded	4.45	.745	249
item19coded	4.11	.862	249
item20coded	2.98	1.193	249
item21coded	3.30	1.122	249
item22coded	4.03	.897	249
item23coded	3.40	1.188	249
item24coded	3.86	.916	249
item25coded	3.48	1.078	249
item26coded	3.34	1.157	249
item27coded	3.84	1.100	249
item28coded	3.60	.996	249
item29coded	2.93	1.144	249
item30coded	3.82	.986	249
item31coded	3.78	1.046	249
item32coded	3.45	.958	249
item33coded	3.65	.997	249
item34coded	3.53	1.032	249
item35coded	3.69	1.041	249
item36coded	3.87	.886	249
item37coded	4.02	.984	249
item38coded	3.34	1.174	249
item39coded	2.98	1.105	249
item40coded	3.73	1.002	249

item41coded	3.84	.919	249
item42coded	3.50	1.078	249
item43coded	3.46	1.129	249
item44coded	3.45	1.046	249
item45coded	3.53	1.051	249
item46coded	2.89	1.174	249
item47coded	3.16	1.255	249
item48coded	3.80	1.013	249