

**Integración de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las  
representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de  
Bogotá**

**Gloria Natalia Moreno Sotelo**

**Facultad de Educación**

**Doctorado en Educación**

**Bogotá, 2025**

**Integración de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de Bogotá**

**Gloria Natalia Moreno Sotelo**

**Directora de Tesis Dra. Beatriz Helena Amador Lesmes**

**Línea de investigación: Educación, cultura y sociedad**

**Trabajo de grado para optar al título de Doctor en Educación**

**Bogotá, 2025**

## **Dedicatoria**

A mi abuelita Juanita

## **Agradecimientos**

A las y los participantes de esta investigación, gracias por su disposición, su tiempo y su amabilidad. Abrirme las puertas de sus experiencias hizo posible cada hallazgo y dio sentido a este trabajo.

A la Universidad Santo Tomás, por acogerme en el doctorado, brindarme un entorno académico exigente y humano, y ofrecer los recursos y espacios que hicieron viable este proyecto.

A la Doctora Beatriz Amador, por su generosidad en el conocimiento, su paciencia y su guía constante. Me permitió ser investigadora y tomar decisiones con autonomía; su gran visión fue un sostén en cada etapa del camino. Gracias por su dedicación y trabajo incansable.

A mi esposo, por su compañía incondicional, su apoyo en los días difíciles y el amor que me sostuvo cuando las fuerzas flaqueaban.

A mis hijos, por su amor, alegría que ilumina todo y por recordarme, con cada abrazo, el propósito profundo de este esfuerzo.

A mis padres y a mi hermano, por darme siempre lo mejor: su ejemplo, sus valores y la confianza que me impulsó a no rendirme.

A mis compañeros y hoy amigos del doctorado, por las conversaciones que abrieron horizontes, las lecturas compartidas, las risas a tiempo y la solidaridad que me enseñó a ser mejor persona e investigadora.

## CONTENIDO

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Resumen analítico: .....                                                                       | 1   |
| Introducción .....                                                                             | 4   |
| 1. Planteamiento del problema de investigación.....                                            | 12  |
| 1.1 Percepciones sociales de la ciencia y desafíos de la educación científica en Colombia..... | 18  |
| 1.2 La comprensión estudiantil de la ciencia como desafío para la alfabetización científica    | 25  |
| 1.3 Pregunta de investigación.....                                                             | 27  |
| 1.4 Objetivos .....                                                                            | 27  |
| 1.4.1 Objetivo general .....                                                                   | 27  |
| 1.4.2 Objetivos Específicos .....                                                              | 27  |
| 1.5 Justificación.....                                                                         | 28  |
| 2. Estado del arte .....                                                                       | 32  |
| 2.1 Procedimiento de Búsqueda de Información .....                                             | 33  |
| 2.2. Panorama de la literatura: tendencias, tensiones y vacíos.....                            | 44  |
| 2.2.1 Tendencias de investigación .....                                                        | 45  |
| 2.2.2 Enfoques emergentes.....                                                                 | 52  |
| 2.2.3 Vacíos de investigación.....                                                             | 54  |
| 2.2.4 Síntesis del estado del arte y categorías emergentes .....                               | 59  |
| 3. Marco Teórico .....                                                                         | 62  |
| 3.1 Construcción social del conocimiento científico y su articulación con NdC, AC y RS .....   | 63  |
| 3.2 Un punto de partida para pensar la ciencia .....                                           | 67  |
| 3.3 Representaciones sociales .....                                                            | 69  |
| 3.4 La ciencia resignificada en el sentido común .....                                         | 74  |
| 4. Marco conceptual .....                                                                      | 80  |
| 4.1 Naturaleza de la ciencia.....                                                              | 80  |
| 4.1.1 Visión de Consenso: .....                                                                | 82  |
| 4.1.2 Enfoque de semejanza familiar.....                                                       | 83  |
| 4.2 Alfabetización científica.....                                                             | 89  |
| 4.2.1 Visión I.....                                                                            | 91  |
| 4.2.2 Visión II .....                                                                          | 92  |
| 4.2.3 Visión III .....                                                                         | 93  |
| 5. Metodología: .....                                                                          | 96  |
| 5.1 Paradigma: interpretativo .....                                                            | 101 |
| 5.2 Enfoque: Cualitativo.....                                                                  | 104 |

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3 Método: Teoría Fundamentada.....                                                                                   | 106 |
| 5.4 Participantes .....                                                                                                | 110 |
| 5.5 Técnicas e instrumentos .....                                                                                      | 113 |
| 5.5.1 Fases de implementación.....                                                                                     | 115 |
| 5.6 Triangulación .....                                                                                                | 118 |
| 5.7 Consideraciones éticas .....                                                                                       | 119 |
| 6. Análisis de la Incorporación de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica .....                   | 122 |
| 6.1 Análisis Documental: Alfabetización científica .....                                                               | 123 |
| 6.1.1 Visión I.....                                                                                                    | 124 |
| 6.1.2 Visión II .....                                                                                                  | 127 |
| 6.2 Análisis Documental: Naturaleza de la ciencia.....                                                                 | 130 |
| 6.2.1 Naturaleza de la ciencia como sistema Cognitivo-epistémico .....                                                 | 132 |
| 6.2.2 Naturaleza de la ciencia como Sistema socio-institucional.....                                                   | 140 |
| 6.3 Percepciones Estudiantiles sobre la naturaleza de la ciencia .....                                                 | 147 |
| 6.3.1 Percepciones Estudiantiles sobre la naturaleza de la ciencia: La ciencia como sistema cognitivo epistémico ..... | 149 |
| 6.3.2 Percepciones Estudiantiles sobre la naturaleza de la ciencia: La ciencia como sistema socio-institucional .....  | 158 |
| 6.4 Discusión integrada .....                                                                                          | 165 |
| 7. Representaciones sociales de la naturaleza de las ciencias .....                                                    | 175 |
| 7.1 Proceso de investigación .....                                                                                     | 177 |
| 7.2 Objetivo de la ciencia .....                                                                                       | 183 |
| 7.3 Métodos y reglas metodológicas .....                                                                               | 188 |
| 7.4 Conocimiento científico .....                                                                                      | 192 |
| 7.5 Actividades profesionales.....                                                                                     | 196 |
| 7.6 Ethos científico.....                                                                                              | 200 |
| 7.7 Certificación social y difusión del conocimiento científico .....                                                  | 204 |
| 7.8 Valor social de la ciencia.....                                                                                    | 207 |
| 7.9 Discusión de hallazgos sobre las representaciones sociales de la NdC.....                                          | 211 |
| 8. Naturaleza de la ciencia y alfabetización científica: una propuesta a partir de las representaciones sociales.....  | 219 |
| 8.1 Articulación socio-epistémica de la ciencia escolar.....                                                           | 221 |
| 8.1.1 Mapa representacional.....                                                                                       | 222 |
| 8.1.2 Necesidades curriculares que emergen del mapa representacional .....                                             | 225 |
| 8.2 Ejes curriculares de articulación socio-epistémica .....                                                           | 226 |
| 8.2.1 Primer eje curricular: la ciencia como proceso .....                                                             | 227 |

|                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.2.2 Segundo eje curricular: competencias científicas para una alfabetización científica funcional .....                                                                                  | 228 |
| 8.2.3 Tercer eje: recontextualización curricular y mediación docente .....                                                                                                                 | 229 |
| 8.3 Propuesta curricular para incorporar la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá ..... | 233 |
| 8.3.1 Nivel macrocurricular: principios orientadores y finalidades formativas.....                                                                                                         | 233 |
| 8.3.2 Nivel mesocurricular: reorganización institucional del currículo y mediación docente .....                                                                                           | 235 |
| 8.4 Criterios de evaluación de la propuesta de articulación .....                                                                                                                          | 239 |
| 9. Conclusiones .....                                                                                                                                                                      | 241 |
| 9.1 Estado de la incorporación de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica de los estudiantes de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá.....                         | 242 |
| 9.1.1 Políticas Públicas.....                                                                                                                                                              | 242 |
| 9.1.2 Percepciones estudiantiles .....                                                                                                                                                     | 247 |
| 9.2 Representaciones sociales de los estudiantes .....                                                                                                                                     | 250 |
| 9.3 Elementos constitutivos de la propuesta para la integración curricular de la NdC en la AC.....                                                                                         | 254 |
| 10. Aportes, limitaciones y perspectivas .....                                                                                                                                             | 256 |
| 10.1 Aportes teóricos.....                                                                                                                                                                 | 256 |
| 10.2 Aportes metodológicos.....                                                                                                                                                            | 257 |
| 10.3 Aportes a la política pública: .....                                                                                                                                                  | 258 |
| 10.4 Aportes a la línea educación Cultura y sociedad. ....                                                                                                                                 | 259 |
| 10.5 Limitaciones de la investigación .....                                                                                                                                                | 260 |
| 10.6 Perspectivas.....                                                                                                                                                                     | 261 |
| Referencias Bibliográficas .....                                                                                                                                                           | 263 |
| Anexos .....                                                                                                                                                                               | 278 |
| Anexo 1. Cuestionario tipo Likert .....                                                                                                                                                    | 278 |
| Anexo 2. Cartas asociativas.....                                                                                                                                                           | 284 |
| Anexos 3. Lista de palabras para la elección por bloques sucesivos.....                                                                                                                    | 288 |
| Anexo 4: Carta Aprobación CEBIC .....                                                                                                                                                      | 296 |
| Anexo 5: Formato de consentimiento informado .....                                                                                                                                         | 297 |
| Anexo 6: Formato de asentimiento informado .....                                                                                                                                           | 300 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 <i>Ecuaciones de búsqueda y hallazgos por base de datos (2017-2025)- Etapa I</i> .....                              | 35  |
| Tabla 2. <i>Matriz prisma - Etapa I</i> .....                                                                               | 36  |
| Tabla 3. <i>Artículos seleccionados por base de datos para la etapa I</i> .....                                             | 37  |
| Tabla 4 <i>Países de Procedencia de los Artículos Consultados en la etapa I</i> .....                                       | 38  |
| Tabla 5 <i>Ecuaciones de búsqueda y hallazgos en Web of Science (2017–2025)- Etapa II</i> .....                             | 41  |
| Tabla 6 <i>Matriz prisma – Etapa II</i> .....                                                                               | 41  |
| Tabla 7. <i>Distribución de las publicaciones analizadas por país y región.</i> .....                                       | 43  |
| Tabla 8. <i>Artículos seleccionados por base de datos</i> .....                                                             | 44  |
| Tabla 9. <i>Resumen de las tres visiones de alfabetización científica</i> .....                                             | 95  |
| Tabla 10 <i>Matriz de vaciamiento</i> .....                                                                                 | 98  |
| Tabla 11 <i>Participantes por cada institución educativa de acuerdo al instrumento</i> .....                                | 113 |
| Tabla 12 <i>Resumen cuestionario aplicado a estudiantes de la localidad de Suba</i> .....                                   | 148 |
| Tabla 13 <i>La ciencia como sistema cognitivo-epistémico – Nivel de acuerdo o desacuerdo.</i> .....                         | 150 |
| Tabla 14 <i>La ciencia como sistema cognitivo – epistémico - frecuencia de ocurrencia.</i> .....                            | 151 |
| Tabla 15 <i>La ciencia como sistema socio -institucional - Nivel de acuerdo o desacuerdo.</i> .....                         | 160 |
| Tabla 16 <i>La ciencia como sistema socio -institucional – Frecuencia de ocurrencia.</i> .....                              | 161 |
| Tabla 17 <i>Índices de similitud para la subcategoría proceso de investigación.</i> .....                                   | 179 |
| Tabla 18 <i>Índices de similitud para la subcategoría objetivos de la ciencia</i> .....                                     | 187 |
| Tabla 19 <i>Índices de similitud para la subcategoría métodos y reglas metodológicas</i> .....                              | 189 |
| Tabla 20 <i>Índices de similitud para la subcategoría conocimiento científico</i> .....                                     | 194 |
| Tabla 21 <i>Índices de similitud para la subcategoría actividades profesionales de un(a) científico(a).</i><br>.....        | 197 |
| Tabla 22 <i>Índices de similitud para la subcategoría Ethos científico</i> .....                                            | 201 |
| Tabla 23 <i>Índices de similitud para la subcategoría certificación social y difusión del conocimiento científico</i> ..... | 205 |
| Tabla 24 <i>Índices de similitud para la subcategoría valor social de la ciencia.</i> .....                                 | 209 |
| Tabla 25 <i>Tabla de resumen de componentes</i> .....                                                                       | 237 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 <i>Puntaje histórico por género en pruebas Saber 11 en Ciencias Naturales (2020 -2024)</i> ...                                        | 22  |
| Figura 2 <i>Distribución porcentual de estudiantes por nivel socioeconómico y nivel de desempeño - Segunda aplicación 2024</i> .....           | 23  |
| Figura 3. <i>Porcentaje de artículos por base de datos en la etapa</i> .....                                                                   | 37  |
| Figura 4. <i>Distribución de las publicaciones analizadas por región</i> . ....                                                                | 44  |
| Figura 5 <i>Esquema de la naturaleza de la ciencia</i> .....                                                                                   | 88  |
| Figura 6 <i>Fases de la investigación</i> .....                                                                                                | 100 |
| Figura 7 <i>Estructura de la Teoría Fundamentada en relación con las representaciones Sociales</i> . .                                         | 109 |
| Figura 8 <i>Tendencia del promedio en puntaje Prueba Saber 11</i> . ....                                                                       | 110 |
| Figura 9 <i>Niveles de desempeño Prueba Saber 11 en Ciencias – Comparativo</i> .....                                                           | 111 |
| Figura 10 <i>Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-1 a CE-5)</i> .....                                                               | 154 |
| Figura 11 <i>Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-6 a CE-9)</i> .....                                                               | 156 |
| Figura 12 <i>Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-10 a CE-13)</i> .....                                                             | 156 |
| Figura 13 <i>Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-14 a CE-16)</i> .....                                                             | 157 |
| Figura 14 <i>Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-1 a SI-4)</i> .....                                                           | 162 |
| Figura 15 <i>Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-5 a SI-8)</i> .....                                                           | 162 |
| Figura 16 <i>Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-9 a SI-13)</i> .....                                                          | 163 |
| Figura 17 <i>Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-14 a SI-17)</i> .....                                                         | 163 |
| Figura 18 <i>Ejemplo de carta asociativa presentada por un de los participantes en la subcategoría de proceso de investigación</i> . ....      | 178 |
| Figura 19 <i>Nube de palabras subcategoría proceso de investigación</i> .....                                                                  | 178 |
| Figura 20 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría proceso de investigación</i> .                                        | 181 |
| Figura 21 <i>Nube de palabras subcategoría objetivos de la ciencia</i> .....                                                                   | 184 |
| Figura 22 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría objetivo de la ciencia</i> . ....                                     | 185 |
| Figura 23 <i>Nube de palabras subcategoría métodos y reglas metodológicas</i> .....                                                            | 189 |
| Figura 24 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría métodos y reglas metodológicas</i> .....                              | 191 |
| Figura 25 <i>Nube de palabras subcategoría conocimiento científico</i> .....                                                                   | 193 |
| Figura 26 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría conocimiento científico</i> ...                                       | 195 |
| Figura 27 <i>Nube de palabras subcategoría actividades profesionales de un(a) científico(a)</i> .....                                          | 196 |
| Figura 28 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría actividades profesionales de un(a) científico(a)</i> .....            | 199 |
| Figura 29 <i>Nube de palabras subcategoría Ethos científico</i> . ....                                                                         | 200 |
| Figura 30 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría ethos científico</i> .....                                            | 203 |
| Figura 31 <i>Nube de palabras subcategoría certificación social y difusión del conocimiento científico</i> .....                               | 205 |
| Figura 32 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría certificación social y difusión del conocimiento científico</i> ..... | 207 |
| Figura 33 <i>Nube de palabras subcategoría valor social de la ciencia</i> .....                                                                | 208 |
| Figura 34 <i>Estructura de la representación social para la subcategoría valor social de la ciencia</i> . ....                                 | 210 |
| Figura 35 <i>Propuesta de articulación socio-epistémica de la ciencia escolar (NdC–RS–AC)</i> .....                                            | 232 |

## **Integración de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de Bogotá**

### **Resumen analítico:**

La comprensión de la naturaleza de la ciencia (NdC) constituye un componente esencial de la alfabetización científica (AC) y de la formación ciudadana; sin embargo, su incorporación en las políticas educativas y en las prácticas pedagógicas del ciclo de educación media en Bogotá (Colombia) continúa siendo limitada, a pesar de que en este nivel muchos estudiantes tienen su último contacto con la educación formal en ciencias. Esta situación evidencia una limitada apropiación de la NdC, reflejada en los bajos resultados en pruebas estandarizadas, la escasa preferencia por las carreras científicas y la restringida apropiación social de los saberes científicos.

Frente a este panorama, la investigación se orientó por la pregunta: ¿Qué propuesta curricular surge para integrar la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica a partir de las representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de la ciudad de Bogotá? En coherencia, el objetivo general consistió en formular una propuesta curricular de integración de la NdC en la AC, derivada del análisis de las representaciones sociales del estudiantado de educación media, con el propósito de fortalecer el sentido formativo, cultural y ciudadano de la educación científica.

Metodológicamente, el estudio se inscribe en el paradigma interpretativo, con enfoque cualitativo, y emplea la Teoría Fundamentada como método, se desarrollaron las fases de codificación abierta, axial y selectiva, así como el microanálisis y la triangulación de técnicas e instrumentos –cuestionario tipo Likert, carta asociativa y bloques

jerarquizados –para identificar los contenidos y la estructura interna de las representaciones sociales.

Los resultados incluyen el análisis de las políticas públicas de educación en ciencias, que evidencia una incorporación fragmentaria e implícita de la NdC, y la caracterización de las representaciones sociales de los estudiantes, estructuradas por seis categorías estables y transversales a las dimensiones de la NdC exploradas. A partir de estos hallazgos, se construye una propuesta curricular de integración socio-epistémica, orientada a integrar la NdC con la AC a través de orientaciones en los niveles macro y mesocurricular.

**Palabras clave:** Naturaleza de la ciencia, representaciones sociales, alfabetización científica, educación media.

**Abstract:**

Understanding the Nature of Science (NOS) constitutes an essential component of Scientific Literacy (SL) and of citizenship education; however, its incorporation into educational policies and pedagogical practices in upper secondary education in Bogotá (Colombia) remains limited, despite the fact that for many students this level represents their final contact with formal science education. This situation reveals a weak appropriation of NOS, reflected in low performance on standardized tests, limited interest in pursuing scientific careers, and a restricted social appropriation of scientific knowledge.

In response to this scenario, the research was guided by the question: What curricular proposal emerges to integrate the Nature of Science into scientific literacy based on the social representations of upper secondary students in public schools in Bogotá?

Accordingly, the general objective was to formulate a curricular proposal for integrating NOS into SL, derived from the analysis of students' social representations, with the purpose of strengthening the formative, cultural, and civic dimensions of science education.

Methodologically, the study is framed within the interpretive paradigm, uses a qualitative approach, and employs Grounded Theory as its methodological strategy. The phases of open, axial, and selective coding were carried out, along with microanalysis and the triangulation of techniques and instruments –Likert-type questionnaire, associative card, and hierarchical blocks– to identify both the content and the internal structure of the social representations.

The findings include an analysis of public policies on science education, which reveals a fragmented and implicit incorporation of NOS, as well as the characterization of students' social representations, structured around six stable categories transversal to the NOS dimensions explored. Based on these results, a socio-epistemic curricular proposal is constructed, aimed at integrating NOS and SL through orientations situated at the macro and mesocurricular levels.

The results include an analysis of public policies on science education, which reveals a fragmented incorporation of NOS, and a characterization of students' social representations, composed of five stable elements transversal to the NOS categories explored. Based on these findings, the study formulates a socio-epistemic integration proposal that articulates NOS with SL, aimed at its inclusion in both educational policies and pedagogical practices in upper secondary education.

**Keywords:** Nature of science, social representations, scientific literacy, secondary education

## Introducción

La ciencia forma parte del desarrollo cultural de la humanidad (Holton, 2014); por esa razón hace parte integral de los sistemas educativos, pues representa una acumulación histórica de conocimientos fundamentales para comprender el mundo y a la propia humanidad. Sin embargo, a pesar de su importancia capital existen desafíos persistentes en la manera como la ciencia se integra y circula dentro de la cultura contemporánea, persiste una integración fragmentaria en su comprensión, valoración y apropiación social. En el contexto colombiano, esta situación se evidencia en indicadores como los bajos resultados en pruebas estandarizadas nacionales (Pruebas Saber) e internacionales (Programme for International Student Assessment – PISA); la escasa elección de carreras relacionadas con las ciencias por parte de los jóvenes al ingresar a la educación superior; y la limitada apropiación social del conocimiento científico. Este panorama resulta especialmente preocupante por tres razones: primero, para la mayoría de los ciudadanos que no optan por trayectorias en ciencias o afines, el último contacto formal con la ciencia ocurre durante la educación media; segundo, el desarrollo social y económico de cualquier país se halla estrechamente ligado al conocimiento científico y a la disponibilidad de una población capacitada científico-tecnológicamente (The Royal Society, 2024; Snow y Dibner, 2016); y, tercero, en un contexto tecno-científico marcado por el incesante flujo de información, en el que se presentan situaciones complejas a nivel ambiental, económico y político, se requieren posturas críticas e informadas –individuales y colectivas– para afrontar decisiones de carácter socio-científico.

En este sentido, la alfabetización científica (AC), reconocida como uno de los fines esenciales de la educación en ciencias (Kampourakis, 2016), no parece cumplir plenamente

su propósito, lo que tiene consecuencias en la vida cotidiana contemporánea, caracterizada por la necesidad de una formación científica que promueva posturas informadas, argumentadas y críticas por parte de los ciudadanos (Gómez, 2022). Tomar decisiones informadas implica mucho más que acceder a datos o información disponible; requiere evaluar la validez de las evidencias (Osborne, 2023), comprender los procesos mediante los cuales se produce el conocimiento científico y analizar sus implicaciones éticas, sociales y ambientales. En este marco, la AC debe habilitar a los individuos para fundamentar sus decisiones en ámbitos como la salud, el consumo responsable de materiales y energía, y las opciones de estilo de vida (OCDE, 2010; García-Carmona, 2021). Asimismo, una AC sólida permite discriminar fuentes y contenidos confiables en medio de la sobreabundancia informativa; su ausencia o debilidad, en cambio, se traduce en menores oportunidades de tomar decisiones sobre su propia vida y su contexto, así como en la exclusión de los debates públicos sobre temas socio-científicos y en la pérdida de capacidad participar de decisiones colectivas de interés ciudadano (Norambuena-Meléndez *et al.*, 2023; Snow y Dibner, 2016).

Si se considera una AC que no alcanza sus objetivos y la necesidad urgente de ciudadanos alfabetizados en ciencias, entonces la investigación en educación debe enfocarse en indagar sobre los motivos y circunstancias que subyacen a la escasa incorporación de la naturaleza de la ciencia (NdC) en la AC, cuya relevancia ha sido ampliamente documentada en la literatura académica (Cofré *et al.*, 2019). Según la UNESCO, la inclusión de la NdC en la educación científica permite que los estudiantes comprendan el conocimiento en contexto y tengan la posibilidad de tomar decisiones informadas (UNESCO, 2016).

Al respecto, esta investigación desarrolla una propuesta curricular de articulación socio-epistémica de la ciencia escolar, con base en el método de la teoría fundamentada, para develar la estructura de las RS de los estudiantes de EM en colegios oficiales de la ciudad de Bogotá, con respecto a las categorías que conforman los sistemas del modelo de semejanza familiar de la NdC. Así, sirviéndose de las RS como vehículo, se indagan las ideas, opiniones y creencias acerca de la NdC en el estudiantado, para conocer de primera mano, elementos y estructuras de pensamiento que permiten comprender la escasa incorporación de la NdC en la AC, con lo cual se configuran aportes que no solo profundizan en la comprensión del problema, sino que orientan el diseño de estrategias y criterios para favorecer su incorporación curricular de manera coherente y contextualizada.

Con el propósito de responder a la pregunta orientadora ¿Qué propuesta curricular surge para integrar la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica a partir de las representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de la ciudad de Bogotá?, en el desarrollo de la investigación se buscó identificar las RS de la NdC en el pensamiento estudiantil; con ello, profundizar en un concepto clave en la educación científica en la actualidad. La NdC abarca las lógicas del conocimiento científico, su producción y los procesos de investigación; además, vincula sus implicaciones éticas, políticas y sociales, articulándose estrechamente con la alfabetización científica funcional, otro de los grandes pilares de la formación científica en décadas recientes. En este contexto, las RS, ubicadas en la intersección entre ciencia y sociedad, permiten descifrar de fondo las ideas, creencias y concepciones, que constituyen el núcleo fundamental del contenido mental que guía las acciones de los sujetos bajo estudio.

Para dar cuenta de este proceso de investigación, en el primer capítulo se da un contexto de los indicadores sobre educación científica; ello permite ubicar la escasa apropiación de la NdC en la AC como base problémica. A partir de esto, se derivan el objetivo general y los específicos del estudio: en particular, el análisis de la política pública de educación científica, las RS estudiantiles sobre la NdC, y sus relaciones con la AC, aspectos que en conjunto sustentan la pertinencia de generar una propuesta de integración curricular.

En el segundo capítulo se presenta el estado del arte, a partir de la revisión sistemática del estado actual del conocimiento en el campo. Para ello se emplearon las bases de datos Web of Science, Scopus, Scielo, ScienceDirect, EBSCOhost y Dialnet, además del *Handbook of research on science education, Volume III*, recurso que ofrece una panorámica global y actual sobre la NdC en el ámbito educativo. El análisis del estado del arte, desarrollado en detalle en el Capítulo 5, se estructuró en dos fases: en la primera, se seleccionaron 68 artículos provenientes de diversas regiones que revelan las principales tendencias y vacíos en el campo, lo que permitió identificar los conceptos clave abordados en esta investigación; en la segunda fase, se realizó una búsqueda a partir de las palabras clave obtenidas en la primera etapa, a partir de lo cual se seleccionaron 13 artículos adicionales.

A partir de esa revisión se identificaron tres tendencias principales: la primera abarca estudios sobre percepciones, imágenes, creencias y estereotipos en educación científica; la segunda, reúne investigaciones que vinculan la educación científica con las discusiones sobre género, raza, etnia, identidad, diversidad, interseccionalidad, así como con enfoques coloniales y decoloniales; y la tercera, incluye estudios sobre alfabetización

científica, aprendizaje, enseñanza, didáctica y currículo en ciencias. Adicionalmente, se identifican como campos emergentes la historia de la ciencia y la relación entre NdC y epistemología, cuya presencia aún es limitada en la literatura analizada.

Posteriormente, en el capítulo tres se desarrolla el marco teórico que sustenta la investigación, situado en la epistemología del construccionismo social, que concibe la realidad como un entramado producido en la interacción, la comunicación y las experiencias compartidas (Berger y Luckmann, 2003); desde esta perspectiva, la relación de los estudiantes con la ciencia se entiende como socialmente mediada por su trayectoria escolar, familiar y comunitaria, así como por las disposiciones incorporadas en su *habitus* (Bourdieu, 1998). En este marco se articulan tres constructos centrales –naturaleza de la ciencia (NdC), alfabetización científica (AC) y representaciones sociales (RS)– para explicar cómo se configuran los significados que el estudiantado atribuye a la ciencia y cómo estos inciden en la limitada apropiación de la NdC en la AC. En este capítulo, la teoría de las RS constituye el andamiaje principal desde el cual se estructura el análisis, dando cuenta de su organización interna, sus procesos y sus funciones, y mostrando cómo estas representaciones, al entrelazar dimensiones cognitivas y socioculturales, orientan las prácticas y disposiciones de los estudiantes frente a la ciencia.

Sobre esta base, el cuarto capítulo desarrolla el marco conceptual que orienta la comprensión de la NdC y la AC como categorías centrales del estudio, precisando sus alcances y la manera en que se articulan para fundamentar el análisis de las representaciones estudiantiles y la formulación de la propuesta curricular. En la primera parte, se examinan la caracterización de la NdC como un componente estructural de la educación científica, retomando dos enfoques ampliamente reconocidos: la visión de

consenso, que presenta un conjunto de aspectos generales sobre el carácter empírico, tentativo, creativo y social de la ciencia; y el enfoque de semejanza familiar de Irzik y Nola, que concibe la ciencia como un entramado de similitudes entre disciplinas organizado en dos sistemas interrelacionados: el cognitivo-epistémico y el socio-institucional.

Posteriormente, se aborda el concepto de AC y sus tres visiones: la visión I, centrada en los productos y procesos internos de la ciencia; la visión II, orientada a la participación informada en situaciones con componente científico; y la visión III, que amplía el horizonte hacia una alfabetización crítica, ética y transformadora, vinculada con la justicia social y ambiental. La articulación entre las visiones de la AC y los enfoques de NdC configura el marco conceptual que guía esta investigación, al permitir identificar cómo los estudiantes significan la ciencia, reconocer qué dimensiones de la NdC están o no presentes en sus representaciones y delimitar los elementos teóricos necesarios para integrar la NdC en la AC desde una perspectiva socialmente situada.

Una vez establecidas estas estructuras teóricas y conceptuales, en el capítulo cinco se describe la metodología de la investigación, anclada en el paradigma interpretativo y enfoque cualitativo, coherente con el estudio de las RS, para sustentar que la teoría fundamentada constituye el método idóneo para acceder al núcleo representacional y, tras la saturación de datos, desarrollar una propuesta curricular que además de explicar la problemática, ofrezca aportes para la incorporación de la NdC en la AC. En este capítulo se caracterizan los participantes, justificando el muestreo teórico, y los criterios de inclusión, y se detallan, las técnicas empleadas –análisis documental, cuestionario, asociación libre, elecciones sucesivas por bloques– y los instrumentos seleccionados –matriz de análisis

documental, encuesta tipo Likert, carta asociativa, lista de palabras y software Atlas TI.24—; finalmente se presentan las implicaciones de la triangulación en este proceso investigativo.

Partiendo de los resultados obtenidos mediante esta metodología, el capítulo seis presenta los hallazgos correspondientes al primer objetivo específico: analizar cómo se incorpora la NdC en la AC de los estudiantes de colegios oficiales de Bogotá. En esta sección se examinan las relaciones entre la NdC y las visiones I, II y III de la AC, considerando tanto la política pública de educación científica vigente como las concepciones expresadas por el estudiantado en la encuesta aplicada. Asimismo, se desarrolla una discusión integrada que articula estos elementos y permite comprender el modo en que la NdC se incorpora —o no— en la AC, tanto desde los lineamientos institucionales como desde las representaciones del estudiantado.

En el capítulo siete se presentan los resultados correspondientes al segundo objetivo específico: caracterizar las representaciones sociales sobre la NdC en estudiantes de educación media de colegios oficiales de Bogotá. En esta sección se describen y analizan las RS del estudiantado en cada una de las ocho categorías que conforman los dos sistemas de la NdC según el modelo de semejanza familiar —el sistema cognitivo-epistémico y el sistema socio-institucional—. Allí se identifican los núcleos centrales de las estructuras representacionales, los elementos periféricos y las dimensiones que configuran cada representación, ofreciendo una caracterización detallada y analítica de su organización interna.

En esta línea argumental, el capítulo ocho desarrolla la propuesta curricular de articulación socio-epistémica a partir del análisis de las RS del estudiantado, la revisión de la política pública en educación científica y los procesos propios de la teoría fundamentada;

en él se presentan los elementos que sostienen la propuesta, derivados de las categorías emergentes, y se establece el propósito formativo que orienta la integración de la NdC en la AC. Asimismo, se estructuran los tres ejes que articulan la dimensión cognitivo-epistémica, socio-institucional y escolar del conocimiento científico, y se despliegan las orientaciones situadas a nivel macro y mesocurriculares.

En el capítulo nueve se presentan las conclusiones derivadas del proceso investigativo, organizadas en correspondencia con los objetivos específicos y orientadas a sintetizar los aportes teóricos, metodológicos y prácticos alcanzados. Estas conclusiones permiten comprender de manera integrada cómo se incorpora la NdC en la AC en el contexto escolar, cómo se configuran las representaciones sociales del estudiantado y de qué manera dichos elementos fundamentan la propuesta curricular derivada del estudio. Por su parte, el capítulo diez expone las principales limitaciones de la investigación y plantea perspectivas de investigación orientadas a explorar otros escenarios y actores educativos – como los contextos rural y urbano, los distintos ciclos escolares, la formación docente y las prácticas pedagógicas– con el fin de ampliar y profundizar la comprensión de la NdC y su incorporación en la AC.

## 1. Planteamiento del problema de investigación

La enseñanza tradicional de las ciencias en el contexto escolar se basa en presentar a los estudiantes contenidos y productos acabados de la ciencia, desde procedimientos experimentales, teóricos o matemáticos (Macedo, 2016). Sin embargo, esta concepción pedagógica ha sido revaluada a lo largo de las últimas décadas: actualmente se considera que la educación científica debe estar orientada a la formación ciudadana y a una comprensión más elaborada e integral de las ciencias (Tytler *et al.*, 2025); lo que se encuentra relacionado con la idea central y permanente de la alfabetización científica (AC): permitir que los graduados de la escuela secundaria tomen decisiones informadas sobre cuestiones personales y sociales vinculadas con la ciencia (DeBoer, 2000; Dauer *et al.*, 2025).

Este enfoque se encuentra reflejado en la política pública de países desarrollados, en donde según, Kostas Kampourakis (2016) se presenta la AC como una meta principal de la educación, sugiriendo que los futuros ciudadanos necesitan ser alfabetizados en ciencias, no solo para adquirir conocimientos científicos, sino también para comprender los desafíos que presenta la ciencia en la sociedad. De manera similar, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) manifiesta que la enseñanza de la ciencia en la escuela no tiene como propósito formar futuros científicos, sino brindar a la sociedad una alfabetización en ciencias (UNESCO, 2016); en esta línea, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) define la AC como la capacidad de todo ciudadano crítico y reflexivo para relacionarse con problemas e ideas científicas de manera informada y consciente (OCDE, 2017).

Para alcanzar la AC como uno de los propósitos fundamentales de la educación científica (Norambuena-Meléndez *et al.*, 2023), es esencial que incorpore NdC (Abd-El-Khalick y Lederman, 2023; Cofré *et al.*, 2019), ya que de otro modo, el conocimiento científico adquirido por los sujetos resulta descontextualizado, dificultando su uso en la toma de decisiones informadas sobre su propia vida y su contexto (UNESCO, 2016), lo que limita la comprensión del origen y desarrollo de este conocimiento. Cabe anotar que diversos autores afirman que la AC se logra cuando el público aprende sobre la ciencia y sobre la empresa científica (DeBoer, 2000; UNESCO, 2016).

En consecuencia, la enseñanza de la NdC tiene un papel fundamental en la formación de individuos y sociedades, ayudando a comprender y afrontar los desafíos actuales y futuros de orden social, económico, ambiental y tecnológico desde una postura crítica e informada (García-Carmona, 2021); particularmente, en el escenario postpandemia, se ha dado un reconocimiento internacional sobre la necesidad vital y estratégica de la AC para enfrentar dichos retos (Valladares, 2021). Así que, promover una educación científica de calidad es esencial para capacitar a las personas con habilidades y conocimientos para involucrarse en discusiones, tomar decisiones informadas y aportar a la búsqueda de soluciones a través de alternativas innovadoras que respeten el medio ambiente.

Comprender la ciencia y su naturaleza no sólo es una herramienta de conocimiento, sino que es una necesidad para abordar los desafíos globales de manera efectiva, ya que permite a los ciudadanos desenvolverse en un mundo cambiante utilizando una mirada crítica e innovadora. De hecho, el aprendizaje de las ciencias aporta múltiples formas de construir conocimiento y estrategias que pueden orientar a diversas sociedades y disciplinas

a nivel global en medio de los retos contemporáneos. Este llamado internacional se expresa en la urgencia de incrementar los recursos orientados a la investigación científica y el avance tecnológico; pues, más allá del desarrollo de la economía en países emergentes, proporcionan recursos y herramientas necesarios para abordar los desafíos globales relacionados con la economía, la sociedad y el medio ambiente (UNESCO, 2019).

Como consecuencia, la ciencia se ha convertido en un componente de las nuevas ciudadanías, por lo que debe formar parte de la cultura, y cada individuo, ya sea científico o no, debe estar capacitado para pensar críticamente, resolver problemas y ser creativo (Bellanca y Brandt, 2010) –llamadas habilidades del siglo XXI–. De este modo se contribuye a formar “una población científicamente preparada, que no sea simple espectadora pasiva de los problemas que imposibilitan mayores progresos hacia sociedades sostenibles, más justas y equitativas” (Macedo, 2016, p. 5), que aporte al desarrollo social y progreso de las naciones.

La distribución equitativa del conocimiento científico implica garantizar que la información y los recursos científicos sean accesibles para todos, sin considerar su procedencia, ubicación geográfica o nivel socioeconómico. Esta democratización no solo fomenta la inclusión, sino que también amplía la participación en la exploración de alternativas a los desafíos actuales, posibilitando que el público en general, incluso aquellos que no son especialistas, tomen decisiones informadas. Ser ciudadano implica, de manera creciente, un mayor grado de formación científica, por ello “hay un acuerdo básico acerca de la necesidad de que cada ciudadano debe poseer una cultura científica que le permita, por un lado, entender al mundo y a la sociedad en la cual está inmerso, y a la vez, interactuar con ellos” (Organización de las Naciones Unidas, 2006, p. 3)

Las contradicciones y los problemas a propósito de la educación científica también se expresan en las asimetrías relacionadas con la formación ciudadana, aún sigue pendiente el fortalecimiento y la ampliación de apuestas educativas que posibiliten la construcción de ciudadanías con capacidades, habilidades y competencias suficientes para tomar postura en medio de contextos convulsos, inequitativos y cambiantes; en este sentido, la AC a partir de la comprensión escolar de la NdC encuentra eco, ya que apunta a la formación integral de los estudiantes a partir de perspectivas renovadas de las ciencias naturales escolares. Esto puede entenderse como la necesidad de concebir la educación científica más allá de modelos tradicionales (Pérez, *et al.*, 2024), como una práctica cultural y social que promueve la apropiación crítica del conocimiento y la participación en la vida pública (Acevedo-Díaz, 2019; García-Carmona, 2021). Implica reconocer que la enseñanza de la ciencia debe integrar la reflexión sobre la NdC, dado que una formación integral involucra no solo aprender ciencia, sino también aprender como esta se construye, valida y relaciona con la sociedad; ello requiere que los estudiantes asuman que el conocimiento científico es una construcción humana, sujeta a revisión y vinculada con los desafíos sociales y éticos contemporáneos (Lederman y Abd-El-Khalick, 2023; Izquierdo-Aymerich, 2016).

En este sentido, fortalecer la AC desde la NdC significa propiciar un aprendizaje en el que los sujetos puedan relacionar la ciencia con su contexto, su cultura y las decisiones que enfrentan en la vida cotidiana, trascendiendo la transmisión de contenidos acabados para formar ciudadanos capaces de analizar información, argumentar con evidencia y participar en discusiones socio-científicas (Cofré *et al.*, 2019; Norambuena-Meléndez *et al.*, 2023). Esta comprensión renovada promueve una educación científica crítica, inclusiva y contextualizada, que contribuya a una integración más sólida entre las prácticas científicas

y los referentes culturales del estudiantado, frente al problema de la escasa apropiación de la NdC en la AC en los estudiantes de educación media en Bogotá.

En efecto, la formación ciudadana está íntimamente vinculada con la comprensión de la NdC, ya que permite a los sujetos interpretar su entorno, evaluar críticamente la información científica y tecnológica proveniente de diferentes fuentes; así un individuo con educación en ciencias debe estar en capacidad de “tomar decisiones informadas sobre cuestiones socio-científicas que tocan su existencia como, por ejemplo, los alimentos y los organismos genéticamente modificados, la salud, la sexualidad o el cambio climático global y sus consecuencias locales” (Izquierdo Aymerich *et al.*, 2016, p.11)

La AC que alcance amplios sectores sociales y territoriales, en perspectiva de formación ciudadana, aún está lejos de concretarse, lo cual representa un agudo problema de la relación entre la cultura científica de los ciudadanos y la naturaleza propia de las ciencias, especialmente en un contexto donde no se garantiza plenamente el acceso a derechos. En el sistema educativo colombiano esta dificultad se evidencia en varios indicadores. En primer lugar, solo un pequeño porcentaje de los egresados de educación secundaria aspiran a seguir carreras relacionadas con ciencias, lo que genera preocupación, ya que la mayoría de los ciudadanos no recibirán más instrucción formal que la ofrecida en el colegio. En segundo lugar, pocos ciudadanos muestran interés por la ciencia y sus políticas, lo que refuerza la preocupación señalada en el primer indicador. Finalmente, los estudiantes colombianos presentan bajo desempeño en pruebas estandarizadas, donde se confirman brechas de género y socioeconómicas; los resultados reflejan un desempeño consistentemente inferior de las mujeres en comparación con los hombres, así como una

dependencia entre el nivel socio económico y los resultados obtenidos (OCDE, 2019; Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [ICFES], 2024).

Los factores expuestos evidencian la necesidad de comprender cómo se está configurando la relación entre la NdC y la AC en el contexto escolar colombiano y en particular el bogotano, dado que esta articulación es esencial para formar ciudadanos capaces de interpretar críticamente los fenómenos científicos y sus implicaciones sociales (Cofré *et al.*, 2019; Normabuena-Meléndez *et al.*, 2023). Analizar la forma como la NdC aporta a la AC desde las RS de los estudiantes permite identificar los sentidos y significados que estos atribuyen a la ciencia, los cuales median su aprendizaje, su actitud frente al conocimiento científico y su participación como ciudadanos (Moscovici, 1961; Abric, 2001; Jodelet, 2008).

Esta perspectiva resulta clave, ya que no basta con incorporar la NdC de manera declarativa en el currículo; es necesario reconocer cómo los estudiantes la interpretan, la asimilan y la resignifican desde su experiencia social y cultural, pues las representaciones que poseen condicionan la apropiación de la ciencia y su relevancia en la vida cotidiana (Lederman y Abd-El-Khalick, 2023; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018). De este modo, el estudio busca hacer una propuesta curricular para superar la distancia entre la ciencia escolar y la ciencia socialmente vivida, contribuyendo a la construcción de una alfabetización científica crítica, situada y transformadora, que promueva una participación más informada y responsable en los debates contemporáneos sobre ciencia y tecnología (Izquierdo-Aymerich, 2016; García-Carmona, 2021; UNESCO, 2016).

## **1.1 Percepciones sociales de la ciencia y desafíos de la educación científica en Colombia**

Es alarmante observar que, a pesar de los múltiples llamados nacionales e internacionales para contribuir al progreso económico, social y ambiental por medio de la enseñanza de las ciencias, la juventud en Colombia demuestra un escaso interés en el aprendizaje de las ciencias básicas y las matemáticas, lo que se puede constatar con el bajo número de estudiantes que optan por estudiar carreras en esta área. De acuerdo con datos publicados en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) para el 2024, menos del 2% de los estudiantes universitarios que cursaban el primer semestre se enfocaron en estas áreas (SNIES, 2024). Este porcentaje es inferior a la media de inscripciones en naciones miembros de la OCDE, donde alcanzó el 6,24%, según declara el Departamento Nacional de Planeación (2021)

Además, la encuesta de percepción en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en Colombia, revela una relación ambivalente de la sociedad colombiana con la ciencia: aunque el 75% de los encuestados reconoce su relevancia, se mantiene un bajo nivel de participación en actividades científicas, ya que solo el 22% había asistido a eventos académicos y apenas el 19% había visitado museos de ciencia y tecnología (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2021). Asimismo, el DNP informa que “existe una baja inclusión de la ciudadanía en los procesos de desarrollo y divulgación del conocimiento científico y tecnológico, así como un bajo relacionamiento con actores de dichos procesos” (DNP, 2021, p. 40)

Aunque factores socioeconómicos y logísticos pueden incidir en estos indicadores – como el acceso, los costos o la disponibilidad de espacios–, tales resultados también

reflejan una comprensión limitada del valor epistemológico y social de la ciencia, asociada a la débil incorporación de la NdC en los procesos de formación cultural. Cuando la enseñanza científica se reduce a la transmisión de contenidos y procedimientos, y se omite la reflexión sobre cómo se produce, valida y comunica el conocimiento, se genera un desajuste entre ciencia y lo que se reproduce en la cultura de las personas (Holton, 2012; Pérez *et al.*, 2024); dicho desfase obstaculiza la apropiación social del conocimiento y contribuye al desinterés ciudadano. En consecuencia, la ausencia de una enseñanza explícita de la NdC puede considerarse un factor explicativo clave en la escasa vinculación de la sociedad con la ciencia.

La ambivalencia en la percepción del público hacia la ciencia no es nueva, dado que en 2005 se encontró que el 45% de los encuestados creía que el desarrollo científico y los avances tecnológicos representaban problemas para la humanidad y el medio ambiente (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2005). Este escenario dual refleja la imagen contradictoria de la ciencia, asociada tanto con progreso –tecnología, salud y el bienestar–, como con el cambio climático y los desastres ecológicos. Esta dualidad configura la percepción de que la ciencia puede provocar eventos fuera del control humano y generar crisis ambientales, pero al mismo tiempo se la concibe como una posible solución para enfrentar esos mismos problemas y superar los desafíos globales.

Este complejo panorama se ajusta a lo que Gerald Holton (2012) denomina *las falsas imágenes de la ciencia*, señalando que estas percepciones erróneas tienen su origen en la separación entre la cultura y la ciencia. Esto se debe, en parte, a una educación científica que privilegia la transmisión de resultados y teorías acabadas en lugar de la comprensión de los procesos, valores y métodos propios de la actividad científica –

contemplados mayoritariamente en la NdC—. Este autor subraya que la ciencia avanza constantemente ampliando la distancia entre su dominio y el ámbito cultural (Holton, 2012). Este distanciamiento perpetúa las percepciones equívocas sobre la ciencia, su naturaleza y el rol que cumple, conformando así una visión ambivalente y fragmentaria del conocimiento científico.

Dichas situaciones invitan a promover una mayor participación y compromiso social en relación con la ciencia y la tecnología en Colombia, así como mejorar la AC y la divulgación científica para construir una ciudadanía más informada y consciente de los desafíos y oportunidades que plantea el desarrollo científico y tecnológico. En consonancia con lo anterior, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) ha enunciado como su primer propósito “Crear una cultura basada en la generación, la apropiación, el uso y la divulgación del conocimiento, la investigación científica, la tecnología, la innovación y el aprendizaje permanentes” (Minciencias, 2025, párr. 1).

A las contradicciones en la percepción del público hacia la ciencia y el desinterés por la misma, se suma el bajo rendimiento de los jóvenes en edad escolar en pruebas estandarizadas como PISA y Saber 11. Estas pruebas coinciden en señalar que el rendimiento en ciencias de los estudiantes colombianos es bajo y que existen brechas significativas de género y nivel socioeconómico. Al respecto, el informe Colombia - Country Note de la OCDE (OCDE 2019) afirma que el país se situó en el penúltimo lugar entre los miembros de la OCDE en matemáticas y ciencias, ubicándose por debajo del promedio, tendencia que se mantiene en las pruebas realizadas en el 2022 (OCDE, 2023). El reporte también señala que la disparidad de desempeño entre estudiantes hombres y mujeres en estas dos áreas fue una de las más amplias a nivel internacional, con ventaja

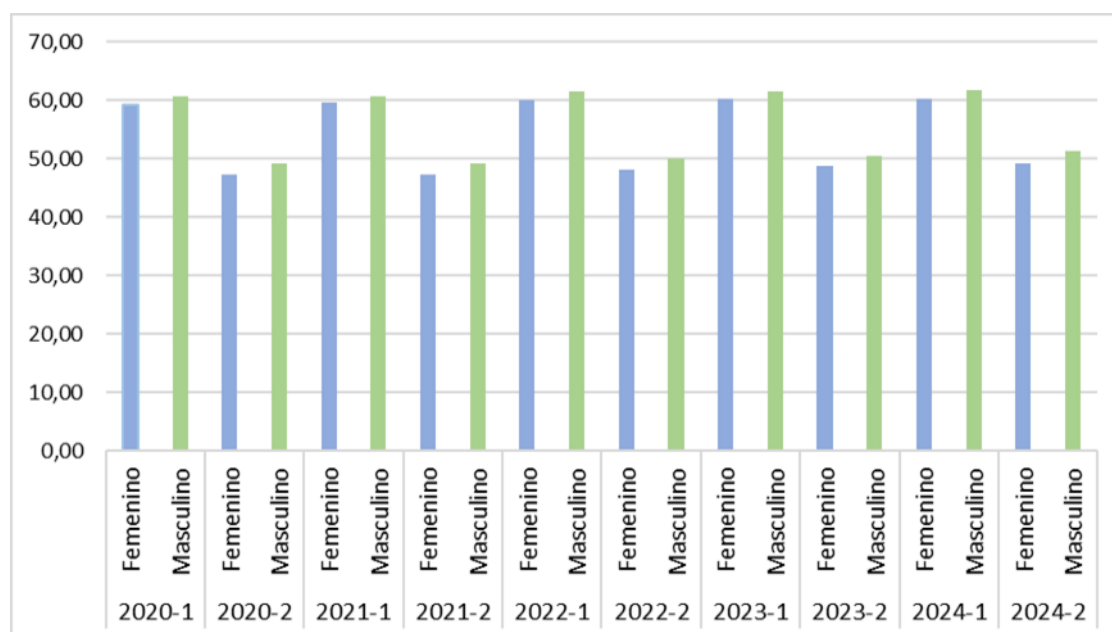
para los hombres (OCDE, 2019); asimismo, se identificó que en todos los países participantes en PISA, el nivel socioeconómico fue un componente decisivo en el rendimiento en matemáticas y ciencia.

Los resultados anteriores coinciden con las pruebas estandarizadas nacionales desarrolladas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación y aplicadas a los estudiantes que culminan la EM. En ellas se evidencia, en primer lugar, que el promedio histórico de los puntajes en Ciencias Naturales del género femenino está por debajo del masculino (ver Figura 1) (ICFES, 2025). En segundo lugar, que el nivel socioeconómico está relacionado directamente con el puntaje promedio en el examen Saber 11; para el segundo semestre de 2024, los resultados encontrados para ciencias evidenciaron diferencias significativas en los cuatro niveles socio económicos en que el ICFES clasifica a los estudiantes evaluados, como se refleja en la Figura 2 (ICFES, 2025); dichos niveles se determinan con base en información suministrada por los estudiantes y con la medición de variables como acceso a internet, nivel educativo de los padres, los bienes domésticos y el consumo de servicios (ICFES, 2025).

Si bien estos resultados pueden estar asociados a factores estructurales como el acceso a recursos, la calidad de la educación o las condiciones familiares, también reflejan una dimensión epistemológica del problema, vinculada a la ausencia de una enseñanza explícita de la NdC. En contextos donde la educación científica se limita a la transmisión de contenidos y no promueve la comprensión de la ciencia como una construcción humana, social y cultural, los estudiantes tienden a desarrollar representaciones estereotipadas de la ciencia y de quién puede participar en ella (García-Carmona, 2021; Acevedo-Díaz, 2019). Esta visión restringida contribuye a reproducir desigualdades de género y clase, pues

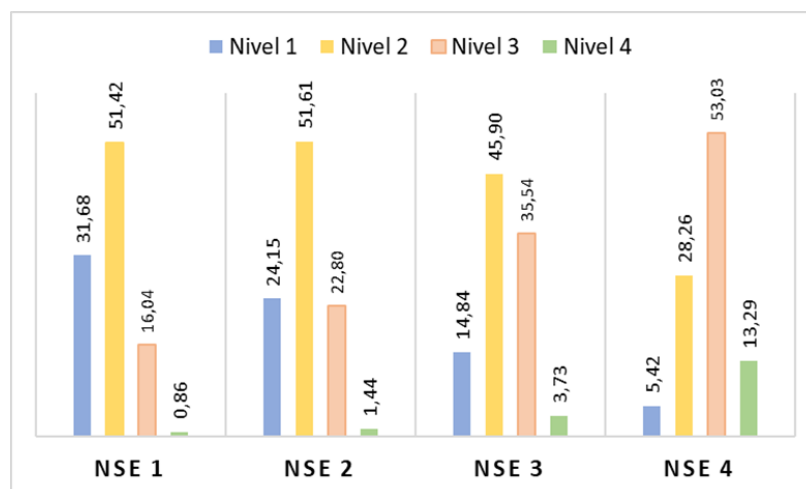
refuerza la idea de que la ciencia pertenece a grupos privilegiados o con habilidades excepcionales, en lugar de concebirla como una práctica colectiva, accesible y socialmente relevante (Cofré, García-Carmona y Franco-Mariscal, 2019; Rodríguez, 2024).

**Figura 1** *Puntaje histórico por género en pruebas Saber 11 en Ciencias Naturales (2020 - 2024).*



*Nota:* El Icfes utiliza 1 o 2 al final para identificar el periodo de aplicación en el año. El eje Y muestra el puntaje promedio (escala de 0 a 100), y el eje X presenta los resultados por género. Datos tomados del Repositorio de Datos Abiertos del Icfes. 04.Saber11. Adaptado de <https://bitly.ws/3f3YC>

**Figura 2** Distribución porcentual de estudiantes por nivel socioeconómico y nivel de desempeño - Segunda aplicación 2024.



*Nota:* El nivel socioeconómico en la prueba Saber se clasifica en una escala del uno al cuatro. Datos tomados de: Repositorio de Datos Abiertos del Icfes. 04.Saber11. Adaptado de <https://bitly.ws/3f3YC>

En consecuencia, la falta de integración de la NdC en la AC no solo limita el desarrollo en competencias cognitivas, sino que también perpetúa brechas de participación y reconocimiento (Gandolfi, 2024); incorporar la NdC desde una perspectiva crítica y social permitirá resignificar la enseñanza de las ciencias, haciéndola más inclusiva, equitativa y formadora de ciudadanía. Esta reflexión se vuelve aún más relevante en el contexto educativo de Bogotá, donde la diversidad social, económica y cultural configura un escenario complejo para la enseñanza de las ciencias.

En Bogotá, las aulas de los colegios públicos no son homogéneas ya que albergan una gran variedad de estudiantes con identidades, orígenes y experiencias que reflejan la diversidad de la sociedad. La secretaria de Educación del Distrito, a través del Sistema Multidimensional de Evaluación para la Calidad Educativa (SMECE) con fecha de corte al 3 de noviembre de 2025, reporta que existen 669404 estudiantes matriculados en colegios

distritales públicos, de los cuales el 72.8% pertenecen a los estratos 1 y 2. De estos, 98475 se encuentran inscritos en EM, con un 48.04% de población masculina y un 51.96% femenina; además, el informe SMECE destaca que junto a los grupos étnicos que se encuentran matriculados en colegios oficiales en educación media de Bogotá, correspondiente a 1958 estudiantes, se observa un aumento significativo de estudiantes extranjeros dentro del sistema educativo, siendo Venezuela el país que más reporta con 5059 estudiantes matriculados en educación media (Subsecretaría de Calidad y Pertinencia, Dirección de Evaluación de la Educación, Secretaría de Educación del Distrito, 2025).

Estos datos evidencian la pluralidad de las aulas en los colegios oficiales, reflejo directo de la sociedad contemporánea marcada por una diversidad que trasciende la heterogeneidad socioeconómica y de género, abarcando también aspectos étnicos y territoriales. Esta multiplicidad, si bien enriquece la experiencia educativa y promueve la inclusión, presenta desafíos para garantizar una equidad real en el acceso a la educación científica; en este sentido, fortalecer la AC desde la comprensión de la NdC se convierte en una necesidad, ya que posibilita reconocer la ciencia como parte de la cultura y una herramienta para la construcción de la ciudadanía.

Alcanzar una mayor equidad social y formar ciudadanos capaces de comprender y enfrentar los desafíos globales requiere fomentar una AC arraigada en la sociedad, que valore y promueva la cultura científica como parte esencial de la formación y la toma de decisiones informadas; esta aproximación no solo enriquecerá la educación, sino que también fortalecerá la capacidad colectiva para afrontar los retos científicos y tecnológicos.

En este contexto, resulta pertinente analizar cómo estas tensiones y desafíos sociales se reflejan en el ámbito escolar, particularmente en la forma en que los estudiantes de

educación media comprenden la ciencia y su relación con la cultura, la sociedad y el conocimiento cotidiano.

## **1.2 La comprensión estudiantil de la ciencia como desafío para la alfabetización científica**

En la sección anterior se expuso la problemática central en torno a la AC en el contexto colombiano, por lo que en este apartado se retoman sus implicaciones para profundizar en las condiciones que dificultan una formación científica sólida en educación media. Estas limitaciones se enmarcan en un escenario de transformaciones paradigmáticas e incertidumbres marcadas por la crisis ambiental, en una época caracterizada por la expansión digital, la sobreabundancia de información y los cambios acelerados en la producción de conocimiento (World Economic Forum, 2025). En conjunto, estas dinámicas configuran un panorama que exige repensar cómo se forma a los estudiantes para comprender, valorar y utilizar el conocimiento científico en su vida cotidiana

Estos factores se inscriben en una alfabetización científica que no ha logrado las metas asociadas a la formación ciudadana y a la democratización del conocimiento, especialmente en sectores históricamente excluidos y marginados, para quienes las deficiencias en este ámbito se correlacionan con la escasez de oportunidades (Valladares, 2021), así como con barreras para participar y tomar decisiones fundamentadas en argumentos respaldados por evidencia científica. Como ejemplo de estas tensiones en la AC en relación con la formación ciudadana, los estándares curriculares que buscan establecer orientaciones sobre educación científica mantienen separadas las ciencias naturales de los aprendizajes esperados en ciencias sociales; esta organización disciplinar

contribuye a una comprensión fragmentaria de la relación entre los saberes culturales e históricos y las formas de producción del conocimiento científico natural.

Como consecuencia, se demanda una visión renovada en la que la comprensión de las RS que los estudiantes construyen acerca de la NdC permita orientar la toma de decisiones pedagógicas, dado que conocer cómo los jóvenes piensan y significan la ciencia, posibilita ajustar estrategias de enseñanza y enfoques curriculares; ello favorece aprendizajes más significativos y promueve una relación más crítica y reflexiva con el conocimiento científico (García-Carmona, 2021). La visión tradicional de la enseñanza de la ciencia, centrada en la transmisión de conceptos acabados (Pérez Rodríguez *et al.*, 2024), debe dar paso a un conocimiento científico que se reconozca como parte de la empresa humana situada, vinculada con la cultura y la historia; de ese modo, se potenciarán habilidades y competencias ciudadanas que permitan al individuo discernir y tomar decisiones argumentadas frente a cuestiones socio-científicas de trascendencia en la actualidad.

Desde esta perspectiva, el propósito de la investigación consiste en generar una propuesta curricular a partir de los hallazgos obtenidos, que permitan comprender cómo potenciar los saberes vinculados a la NdC y orientarlos de manera pertinente en la AC. De este modo, el pensamiento del estudiante, sus creencias e ideas se convierten en una oportunidad clave para orientar el desarrollo de la alfabetización científica de la ciudadanía, al generar insumos teóricos coherentes y razonables que permitan a diversos sectores del sistema educativo intervenir de forma asertiva en los procesos de educación científica.

En consecuencia, es necesario incorporar explícitamente la NdC en la AC, considerando este proceso como un camino viable y prometedor para brindar

oportunidades, argumentos y nuevas perspectivas a las acciones, pensamientos e ideas de los sujetos sociales captados ahora como ciudadanos; quienes, dotados con estructuras de pensamiento científico, pueden beneficiarse del conocimiento generado por la ciencia en diversos roles –personas ajenas a la ciencia, interesadas en los campos científicos o formadas en disciplinas científicas—. Para ello, se deben reconocer las concepciones de los estudiantes de EM que han transitado los diferentes ciclos de formación escolar, identificando sus RS acerca de la NdC; desde allí se realiza un análisis a partir de las recurrencias y similitudes de pensamiento estudiantil, configurado y reconfigurado a través del *habitus* (Bourdieu, 1998), las experiencias cotidianas y el sentido común.

### **1.3 Pregunta de investigación**

¿Qué propuesta curricular surge para integrar la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica a partir de las representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de la ciudad de Bogotá?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Formular una propuesta curricular que integre la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Analizar cómo se incorpora la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica de los estudiantes de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá.

- Caracterizar las representaciones sociales de la naturaleza de la ciencia en estudiantes de educación media en colegios oficiales de la ciudad de Bogotá.
- Construir los elementos de una propuesta curricular que incorpore la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá.

## 1.5 Justificación

En la actualidad, diversos estudios advierten que la comprensión que los estudiantes tienen sobre la ciencia y su funcionamiento sigue siendo limitada y fragmentada, lo que se refleja en dificultades para relacionar los conocimientos científicos con su vida cotidiana y para interpretar críticamente los fenómenos que los rodean (Pérez, 2024; Valladares, 2021). Esta desconexión se expresa en concepciones que reducen la ciencia a un conjunto de conceptos aislados, procedimientos rígidos o respuestas correctas, lo que provoca que las teorías, los conceptos y los avances científicos sean percibidos como abstracciones lejanas, carentes de sentido para la vida diaria, lo que afecta de manera directa la motivación y la apropiación del conocimiento (García-Carmona, 2021; Kaur *et al.*, 2022). En consecuencia, la enseñanza de las ciencias tiende a reproducir visiones tradicionales centradas en prácticas transmisivas, en lugar de propiciar una comprensión crítica y culturalmente situada del conocimiento científico, necesaria para la formación ciudadana.

Este panorama adquiere especial relevancia en Colombia, donde para un amplio sector del estudiantado finalizar la EM implica también culminar su vínculo con la formación científica (Kaur *et al.*, 2022). Entonces, la falta de continuidad en espacios de formación y el acceso desigual a información científica confiable limitan la capacidad de los jóvenes para interpretar fenómenos contemporáneos, evaluar información disponible y

participar en decisiones informadas (Kaur *et al.*, 2022; OCDE, 2019). Estas condiciones contribuyen a una apropiación social débil de la ciencia, donde, a pesar de su reconocimiento social como motor del progreso, prevalece un bajo compromiso ciudadano frente a sus implicaciones éticas, políticas y culturales (DNP, 2021; Gandolfi, 2024).

Fortalecer la alfabetización científica requiere, por tanto, integrar de manera explícita la NdC en la educación, dado que esta ofrece marcos conceptuales y formativos para comprender cómo se construye, valida, comunica y transforma el conocimiento científico. En esta dirección, se reconoce la necesidad de una AC que habilite a las personas para enfrentar la desinformación, evaluar críticamente la evidencia y participar en debates públicos, propósito que también es declarado por Minciencias al priorizar la creación, difusión y apropiación social del conocimiento como sustento del desarrollo y la innovación (Minciencias, 2025).

Este tipo de planteamientos se entretajan con un llamado constitucional en Colombia, que aún no se ha consolidado, pero que busca garantizar los derechos de la ciudadanía. En el artículo 67 de la Constitución Política de Colombia se establece que “La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura” (Constitución Política de Colombia, 1991, p.29). Este reconocimiento de la educación en ciencias como un derecho para todos los ciudadanos, ha sido respaldado por distintos documentos y políticas actuales como el Plan Nacional Decenal de Educación (Ministerio de Educación Nacional, 2017), la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022 (Departamento Nacional de Planeación, 2021), la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031 (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022)

Además, Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales (MEN, 1998) y los Estándares Básicos en Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2006) refuerzan la importancia de que las personas desarrollen una comprensión profunda y crítica de su entorno a partir de los conocimientos y herramientas que proporcionan las ciencias (MEN, 2006).

En este marco, abordar la baja apropiación de la NdC en la AC se vuelve una necesidad formativa urgente. En una sociedad caracterizada por la abundancia de información y por la circulación masiva de contenidos no verificados, no basta con adquirir y enseñar conceptos científicos; siendo necesaria la construcción de criterios para interpretar, contrastar y argumentar frente a información diversa, propósito para el cual la NdC es fundamental (West y Bergstrom, 2021). Como señalan Cofré *et al.* (2019), enseñar NdC permite desarrollar comprensiones críticas sobre la ciencia como práctica humana, histórica y social; contribuyendo a una AC que habilita la participación informada en asuntos públicos.

Religar la cultura de los estudiantes de EM con los avances y conocimientos científicos, requiere comprender cómo significan la NdC. Las representaciones sociales (RS) constituyen un vehículo privilegiado para identificar estos significados, pues revelan cómo los jóvenes integran la ciencia en su experiencia cotidiana, cómo la dotan de sentido y qué imágenes, valores y expectativas se articulan en su pensamiento; además, estas permiten identificar barreras y potencialidades en la apropiación de la ciencia, visibilizando la influencia del entorno, de la experiencia escolar y del *habitus* en la formación de ideas (Bourdieu, 1998).

Comprender estas representaciones ofrece una base sólida para construir una propuesta curricular que fortalezca la AC y que contribuya a la formación ciudadana. Esto

implica promover habilidades argumentativas, pensamiento crítico y capacidades para tomar decisiones informadas frente a desafíos como la crisis ambiental, los dilemas éticos del desarrollo tecnológico o los problemas de salud pública (Osborne, 2023). Una AC crítica y funcional que incorpore la NdC

amplía también las oportunidades de elección profesional para los estudiantes de educación media, en la medida en que les permite reconocer trayectorias asociadas a las ciencias y comprender su relevancia social.

Finalmente es clave reconocer que, a pesar del bajo interés, desconocimiento de la producción y fundamentos de ciencia, esta ejerce gran influencia en las estructuras de pensamiento y acción que guían a diferentes sujetos y sociedades en la actualidad; no obstante, aún la ciencia tiene una percepción dual a nivel social: de una parte, se la asocia con la reiterada promesa sobre una educación que potencie la ciencia como eje del progreso económico, y de otra, el señalamiento a la ciencia como causante del acelerado desarrollo tecnológico y el innegable impacto socio-ambiental relacionado con la producción masiva y sin precedentes de artefactos para satisfacer necesidades creadas por el mercado. Dado que estos acontecimientos se hacen perceptibles en la experiencia cotidiana de las personas, es imprescindible fundamentar los argumentos de la ciudadanía a partir del vínculo entre la comprensión de la NdC, para fortalecer la AC, desde el entendimiento de las RS al respecto.

## 2. Estado del arte

Comprender el lugar que ocupa una investigación dentro del conocimiento existente exige revisar críticamente los aportes, enfoques y tensiones que configuran el campo de estudio. Desde esta perspectiva, el análisis de la literatura académica presentado en este capítulo se centra en examinar las RS de la ciencia en el contexto de la EM, mediante una revisión desarrollada en diferentes bases de datos; cuyo propósito fue sintetizar y examinar las investigaciones más relevantes producidas en el campo, con el fin de ofrecer una visión actualizada del tema. Para la búsqueda y la selección de documentos, se definió una ventana temporal que abarca desde el año 2017 hasta el año 2025, periodo que permitió acotar la producción reciente y pertinente relacionada con el objeto de estudio.

El rastreo bibliográfico permitió identificar y sintetizar las tendencias, campos emergentes, tensiones subyacentes y vacíos en la literatura, proporcionando una visión integral del estado actual de conocimiento en esta área, así como las posibles direcciones futuras de investigación. Para ello, se emplearon palabras clave y términos relacionados, además de criterios de selección para garantizar la pertinencia de las fuentes consultadas. En lo que sigue, se presenta una exposición detallada del proceso de búsqueda desarrollado sobre los antecedentes investigativos; se inicia con una descripción del método utilizado para el rastreo de información, resaltando las bases de datos consultadas, las ecuaciones de búsqueda y la distribución geográfica de los estudios identificados; posteriormente, se procede a analizar y discutir los hallazgos obtenidos, con el propósito de delinear las principales contribuciones y desafíos presentes en la literatura.

## **2.1 Procedimiento de búsqueda de información**

La elaboración del estado del arte se realizó en dos etapas: en la primera se hizo uso de las bases de datos académicas Scopus, Scielo, ScienceDirect, EBSCOhost y Dialnet, en las cuales se construyeron ecuaciones de búsqueda mediante el uso de operadores booleanos para rastrear las tendencias investigativas y vacíos existentes en torno a las representaciones sociales, percepciones e imágenes que poseen los estudiantes de educación media sobre la ciencia. Este rastreo inicial permitió seleccionar 68 artículos relacionados con el campo de interés de la investigación; a partir de ellos, y tras una revisión cuidadosa, se refinaron las categorías de búsqueda y ajustaron los conceptos fundamentales que orientaron la investigación propuesta, a saber: naturaleza de la ciencia (NdC), representaciones sociales (RS), alfabetización científica (AC) y educación media (EM).

Una vez identificados estos elementos, se llevó a cabo una segunda etapa de búsqueda para refinar el Estado del Arte en la base de datos Web of Science, reconocida por su alto prestigio y amplia influencia en la producción científica internacional; esta fase permitió fortalecer la conceptualización y la construcción de un marco teórico robusto.

### **Etapas inicial**

En la primera etapa de la elaboración del estado del arte se efectuó una búsqueda en las bases de datos académicas Scopus, Scielo, ScienceDirect, EBSCOhost y Dialnet; esta elección respondió a criterios que aseguran la calidad, relevancia y accesibilidad de las fuentes consultadas. En primer lugar, Scopus destaca por ser una de las bases de datos más completas y valoradas a nivel mundial, ya que ofrece acceso a una amplia gama de artículos revisados por pares y a revistas procedentes de múltiples regiones del mundo; además, es

reconocida por albergar publicaciones de alto impacto. ScienceDirect y EBSCOhost, por su parte, se caracterizan por mantener un estándar alto de calidad, lo que garantiza la confiabilidad de los estudios consultados. Finalmente, SciELO y Dialnet aportaron una mirada regional relevante, al concentrar producción científica de América Latina, España y Portugal, frecuentemente subrepresentada en otras bases, dando un enfoque regional que puede tener gran importancia a la hora de analizar las RS.

Se emplearon combinaciones de conceptos y operadores booleanos para configurar las ecuaciones de búsqueda iniciales, tal como se detalla en la Tabla 1, estos conceptos se fueron delimitando a partir de la construcción del problema de investigación; es decir, en la búsqueda de un objeto de indagación se fue definiendo un campo, donde se encontró necesario reconocer las representaciones, imágenes y percepciones de los estudiantes de EM a propósito de la ciencia. Se probaron ecuaciones que incluían creencias y estereotipos como (cultural beliefs AND "science" AND "student" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school" OR "middle")); sin embargo, se encontró que estas búsquedas no arrojaban producciones que aportaran a la comprensión del estado actual del problema de investigación. La búsqueda, en esta etapa, abarca publicaciones que van desde el año 2017 hasta el 2025, incluyendo artículos principalmente en inglés, español y portugués, dado que la producción académica encontrada estaba registrada principalmente en estos idiomas.

**Tabla 1** Ecuaciones de búsqueda y hallazgos por base de datos (2017-2025)- Etapa I

| <b>BASES DE DATOS</b>                                                                                       |               |               |                       |              |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------|--------------|----------------|
| <b>PALABRAS CLAVE</b>                                                                                       | <b>Scopus</b> | <b>Scielo</b> | <b>Science Direct</b> | <b>EBSCO</b> | <b>Dialnet</b> |
| "representations of science" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school")              | 3             | 7             | 0                     | 1            | 5              |
| "Science education" AND "social representation"                                                             | 15            | 0             | 0                     | 2            | 1              |
| "perception" AND "science" AND "student" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school")  | 17            | 1             | 0                     | 3            | 1              |
| "science image" AND "student" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school" OR "middle") | 5             | 4             | 3                     | 0            | 0              |

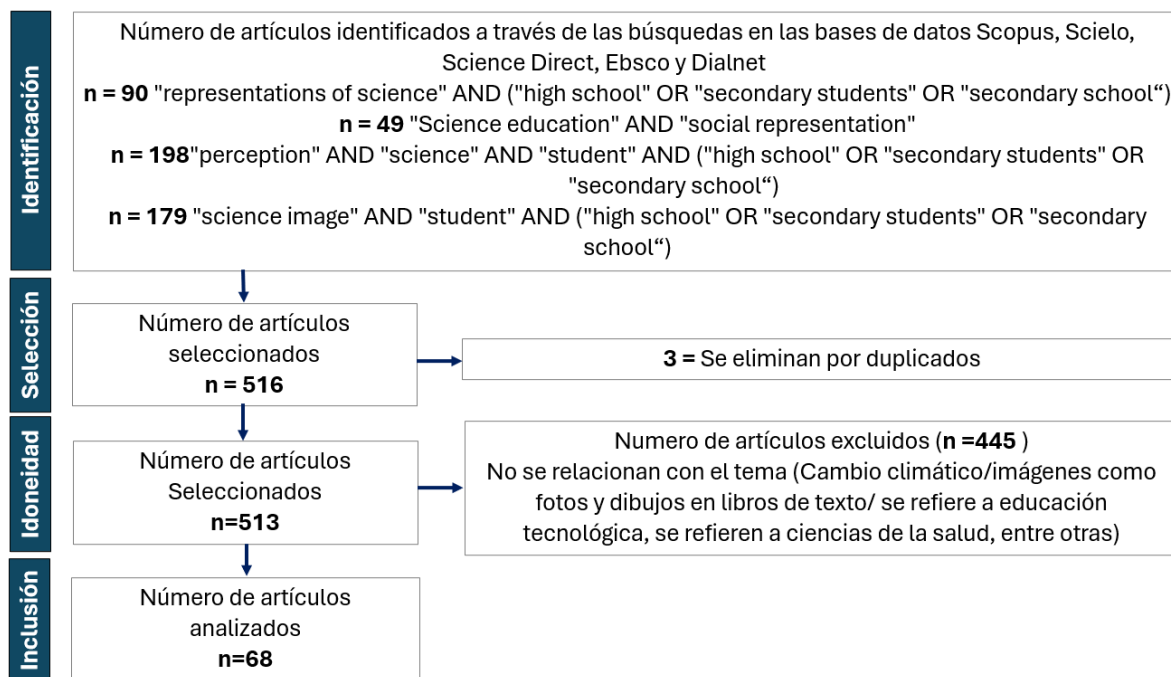
*Nota:* La tabla muestra las ecuaciones de búsqueda y las bases de datos consultadas en la primera etapa de búsqueda. Elaboración propia.

Durante la fase inicial se identificaron un total de 90 artículos usando la combinación "representations of science" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school"), 49 artículos asociados a "Science education" AND "social representation", 198 con la ecuación "perception" AND "science" AND "student" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school") y 179 con "science image" AND "student" AND "high school" OR ("secondary students" OR "secondary school"). Estas ecuaciones de búsqueda se diseñaron con el propósito de mapear la literatura existente, permitiendo identificar vacíos, tendencias y áreas de desarrollo en el estudio de las representaciones de la ciencia en estudiantes de secundaria, para así definir de manera sólida el estado de la cuestión. Para ampliar la cobertura de la búsqueda, se incorporaron términos relacionados, como "imágenes" y "percepciones" y sinónimos como "high school" OR "secondary students" OR "secondary school", con el fin de reunir una

amplia selección de trabajos en este dominio, proceso que permitió abarcar una variedad de investigaciones que abordan la representación de la ciencia desde diferentes ángulos, proporcionando una base sólida para la identificación de enfoques que aún requieren investigación.

La búsqueda inicial arrojó 516 artículos, para los cuales se hizo una selección para garantizar su pertinencia, relevancia y relación con la investigación planteada. Este proceso de depuración condujo a la identificación de 68 estudios que cumplen con los criterios de idoneidad establecidos y que, tras una revisión y análisis detallado, fueron incorporados al estado del arte. Los resultados de esta selección se presentan en la matriz Prisma (Tabla 2), la cual desglosa esta selección final y un panorama detallado de la clasificación de la literatura escogida para el estado del arte.

**Tabla 2.** *Matriz prisma - Etapa I*



*Nota:* Matriz prisma de criterios de inclusión y exclusión, para las ecuaciones de búsqueda de la primera etapa.

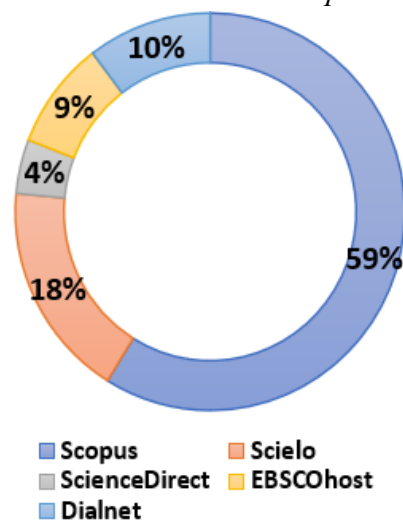
La disposición por base de datos de la producción investigativa recopilada en el estado del arte se muestra en la Tabla 3 y la Figura 3, donde se evidencia que Scopus constituye el mayor repositorio de investigaciones en este campo, con un 59% del corpus documental examinado, lo que denota su prominencia en la investigación académica global. Por su parte, Scielo contribuye con el 18%, posicionándose como un referente en la producción científica. Dialnet y EBSCOhost proporcionan el 10% y 9% respectivamente, de los artículos seleccionados, ofreciendo una perspectiva diversa del campo de estudio; por último, ScienceDirect, aunque contribuye en menor medida con un 4%, es una fuente valiosa por la calidad y el impacto de sus publicaciones.

**Tabla 3.** Artículos seleccionados por base de datos para la etapa I.

| Base de datos | Cantidad  | Porcentaje  |
|---------------|-----------|-------------|
| Scopus        | 40        | 59%         |
| Scielo        | 12        | 18%         |
| ScienceDirect | 3         | 4%          |
| EBSCOhost     | 6         | 9%          |
| Dialnet       | 7         | 10%         |
| <b>Total</b>  | <b>68</b> | <b>100%</b> |

**Nota:** Distribución de los artículos consultados por base de datos. Elaboración propia

**Figura 3.** Porcentaje de artículos por base de datos en la etapa



En el escenario global, como se detalla en la Tabla 4, Brasil lidera la producción en América Latina, además ejerce un papel significativo a nivel mundial, con 10 investigaciones individuales y dos colaboraciones con Estados Unidos; además, no solo se

destaca por la cantidad de estudios en este dominio, representando el 18% de la literatura analizada, sino que muestra un compromiso con el estudio de la enseñanza de las ciencias en educación secundaria, abordando tanto la perspectiva de los estudiantes como la de los educadores en formación y en ejercicio de su profesión. Dichas publicaciones abarcan desde posturas raciales, de género y diversidad cultural hasta el análisis del discurso, tanto en educación formal como informal.

**Tabla 4** *Países de Procedencia de los Artículos Consultados en la etapa I*

|         | PAIS          | N° de artículos |     |
|---------|---------------|-----------------|-----|
| AMÉRICA | LATINOAMERICA | Argentina       | 1   |
|         |               | Brasil          | 12  |
|         |               | Chile           | 2   |
|         |               | Colombia        | 2   |
|         |               | Cuba            | 1   |
|         |               | México          | 2   |
|         |               | Paraguay        | 1   |
|         |               | Perú            | 1   |
|         |               | Puerto Rico     | 1   |
|         | NA            | USA             | 11  |
|         |               |                 | 34% |
| ASIA    | Israel        | 1               | 13% |
|         | Corea del sur | 1               |     |
|         | Catar         | 1               |     |
|         | India         | 1               |     |
|         | Indonesia     | 3               |     |
|         | Nepal         | 1               |     |
|         | Omán          | 1               |     |
| EUROPA  | Alemania      | 1               | 35% |
|         | Belgica       | 1               |     |
|         | España        | 8               |     |
|         | Europa        | 2               |     |
|         | Italia        | 1               |     |
|         | Irlanda       | 1               |     |
|         | Noruega       | 2               |     |
|         | Polonia       | 1               |     |
|         | Portugal      | 2               |     |
|         | Reino Unido   | 3               |     |
|         | Suecia        | 2               |     |
|         |               |                 |     |
| AFRICA  | Sudafrica     | 1               | 1%  |

*Nota:* Artículos analizados por región y por país en la construcción de la primera etapa del estado de arte. Elaboración propia.

Después de Brasil, en el panorama académico internacional, Estados Unidos contribuye con 11 estudios, reafirmando su rol importante en este campo de investigación. De esta manera, el continente americano concentra el 50% del total de las publicaciones encontradas. En el ámbito latinoamericano, naciones como Argentina, Paraguay, Perú, Chile, Colombia, Cuba, México y Puerto Rico realizan aportes significativos que, en conjunto, representan el 16% de la producción investigativa. Estos estudios, constituyen un componente clave de un extenso cuerpo de investigación regional, que abordan entre otros aspectos, la revisión de las percepciones, imágenes y/o representaciones sociales; así como su influencia en la educación y la alfabetización científica.

En el contexto europeo, la investigación muestra una dinámica igualmente activa, con España al frente, aportando ocho estudios, lo que la posiciona como el núcleo de la actividad investigativa en la región, que en conjunto representa el 35% del total de la producción científica recopilada. Esta actividad se complementa con los aportes de Suecia, Noruega y Portugal, con dos estudios cada uno, y del Reino Unido, con tres investigaciones; además, se identificaron aportes unitarios de otros países europeos. En Asia, Indonesia lidera con tres estudios, mientras Israel, Nepal, India, Catar, Omán y Corea del Sur aportan cada uno con una investigación, de este modo la región en total aporta un 13% a la producción mundial. Finalmente, África, aunque con menor representación en el conjunto de datos, hace su aporte con un estudio desde Sudáfrica, resaltando la diversidad geográfica de la investigación.

## **Segunda etapa**

Los hallazgos obtenidos en la primera etapa del estado del arte permitieron refinar cuatro elementos fundamentales que orientan la presente investigación: Naturaleza de las

Ciencias, alfabetización científica, representaciones sociales y educación media. Estos conceptos clave se emplearon para estructurar una nueva búsqueda en la base de datos Web of Science (WoS), abarcando el período comprendido entre 2017 y 2025. La ecuación inicial de búsqueda –“nature of science” AND “social representations” AND “scientific literacy” AND (“high school” OR “secondary students” OR “secondary school”)–, integró las cuatro palabras clave y términos relacionados con educación media para asegurar una cobertura adecuada; sin embargo, esta búsqueda no arrojó resultados.

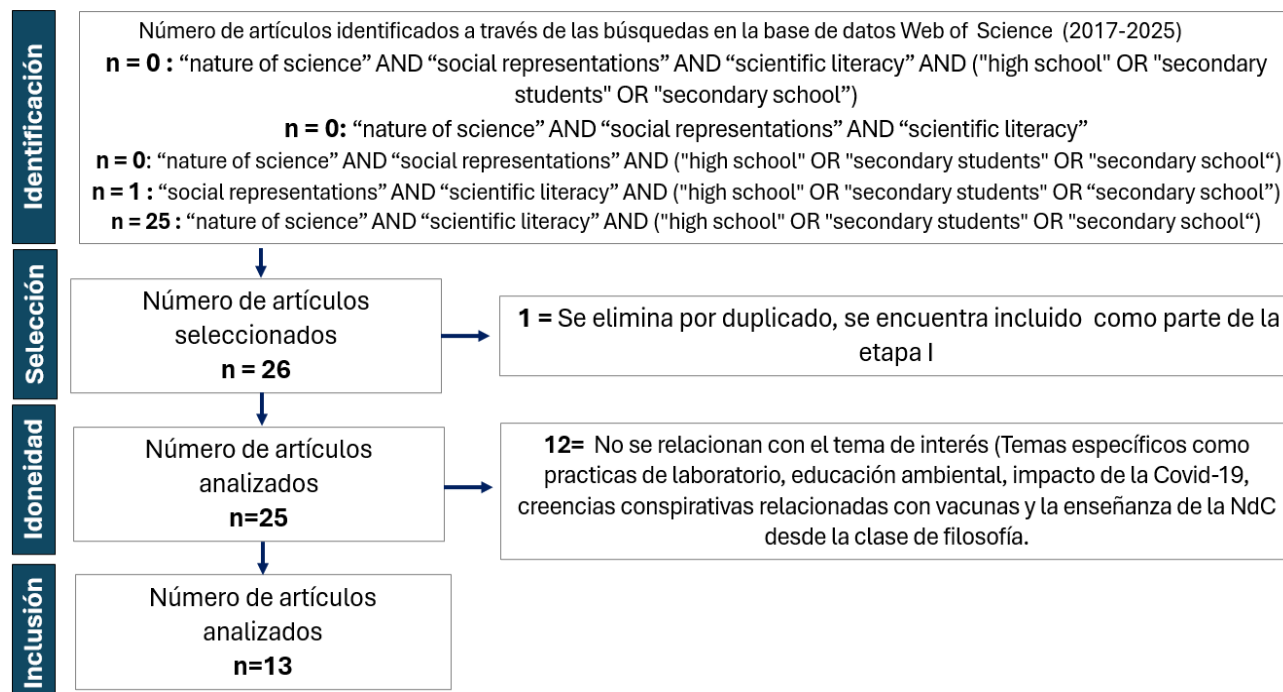
Para solventar la falta de hallazgos, se ajustaron combinaciones con tres de los cuatro elementos en diferentes configuraciones a partir de la ecuación general; estas combinaciones incluyeron: “nature of science” AND “social representations” AND “scientific literacy”, “nature of science” AND “social representations” AND (“high school” OR “secondary students” OR “secondary school”), “social representations” AND “scientific literacy” AND (“high school” OR “secondary students” OR “secondary school”) y “nature of science” AND “scientific literacy” AND (“high school” OR “secondary students” OR “secondary school”). Tal como se muestra en la Tabla 5, las tres primeras ecuaciones de búsqueda, al igual que la general, no arrojaron resultados, mientras que las dos últimas generaron un total de 26 registros, de los cuales se consideraron pertinentes 13.

Las investigaciones restantes, que no fueron tenidas en cuenta, abordaban temas específicos como prácticas de laboratorio o educación ambiental, así mismo, se excluyeron estudios que exploraban temáticas puntuales, tales como el impacto de la COVID 19, creencias conspirativas relacionadas con las vacunas y la enseñanza de NdC desde la clase de filosofía ya que abordaba la NdC desde perspectivas que no se ajustan al objetivos de investigación, según se especifica en la Matriz Prisma (Tabla 6).

**Tabla 5** Ecuaciones de búsqueda y hallazgos en Web of Science (2017–2025)- Etapa II

| PALABRAS CLAVE                                                                                                                               | Número de artículos encontrados en WoS |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| "nature of science" AND "social representations" AND "scientific literacy" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school") | 0                                      |
| "nature of science" AND "social representations" AND "scientific literacy"                                                                   | 0                                      |
| "nature of science" AND "social representations" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school")                           | 0                                      |
| "social representations" AND "scientific literacy" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school")                         | 1                                      |
| "nature of science" AND "scientific literacy" AND ("high school" OR "secondary students" OR "secondary school")                              | 25                                     |

*Nota:* La tabla muestra las ecuaciones de búsqueda y las bases de datos consultadas en la segunda etapa de elaboración del estado del arte. Elaboración propia.

**Tabla 6** Matriz prisma – Etapa II

*Nota:* Matriz prisma criterios de inclusión y exclusión para Web of Science para la segunda etapa de búsqueda.

Cerca del 70% de las investigaciones seleccionadas en esta etapa se concentran en el continente asiático; en donde Turquía y China contribuyen con tres investigaciones cada uno, Líbano con dos y Singapur con una; en el continente europeo, España es el único país representado, con dos estudios; mientras el continente africano participa con un estudio proveniente de Etiopía, al igual que América con una investigación desarrollada en Brasil.

En síntesis, la búsqueda realizada en WoS utilizando simultáneamente todas las palabras clave –NdC, AC, RS y EM–, no se encuentra ningún artículo, como se mencionó, lo que confirma los vacíos y tendencias detectados en la primera etapa. Asimismo, al incluir el componente de RS en la ecuación, solo una combinación de los términos clave arrojó un resultado, como se detalla en la Tabla 5. No obstante, al excluir el concepto de RS y limitar la búsqueda a NdC, AC y EM, emergen 25 investigaciones; lo que sugiere que las representaciones sociales constituyen un elemento novedoso dentro del campo de estudio que se pretende desarrollar.

### **Cierre de las revisiones**

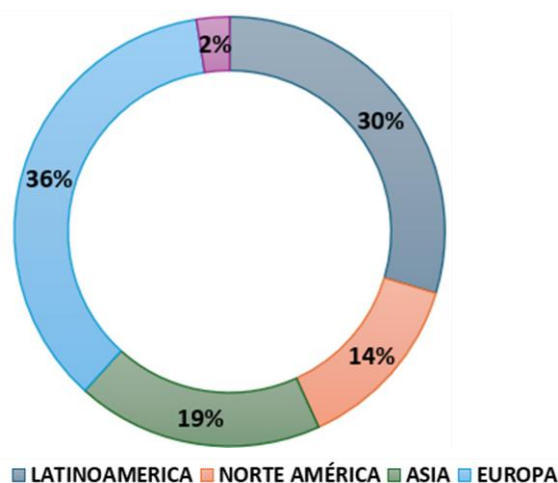
En síntesis, el estado del arte se concluye con la recopilación de 81 artículos procedentes de las diferentes regiones y países, según se visualiza en la Figura 4 y Tabla 8, lo cual ofrece una visión amplia y diversa de las contribuciones en el dominio de la educación en ciencias; América Latina y Europa presentan los mayores aportes con el 30% y 36% respectivamente, seguido de Asia con el 19% y Norteamérica 14% –particularmente Estados Unidos–, y por último África con el 2% (Tabla 8 y Figura 4). Por otro lado, también se observa una representación de diferentes bases de datos en la literatura revisada, siendo las más importantes por su aporte en presente estado del arte Scopus, Scielo y Web of Science (Tabla 7).

**Tabla 7.** Distribución de las publicaciones analizadas por país y región.

|         |               | PAIS          | N° de artículos |     |
|---------|---------------|---------------|-----------------|-----|
| AMÉRICA | LATINOAMERICA | Argentina     | 1               | 30% |
|         |               | Brasil        | 13              |     |
|         |               | Chile         | 2               |     |
|         |               | Colombia      | 2               |     |
|         |               | Cuba          | 1               |     |
|         |               | México        | 2               |     |
|         |               | Paraguay      | 1               |     |
|         |               | Perú          | 1               |     |
|         |               | Puerto Rico   | 1               |     |
|         | NA            | USA           | 11              | 14% |
| ASIA    |               | Catar         | 1               | 19% |
|         |               | Corea del sur | 1               |     |
|         |               | China         | 3               |     |
|         |               | Israel        | 1               |     |
|         |               | India         | 1               |     |
|         |               | Indonesia     | 3               |     |
|         |               | Libano        | 2               |     |
|         |               | Nepal         | 1               |     |
|         |               | Omán          | 1               |     |
|         |               | Singapur      | 1               |     |
| EUROPA  |               | Alemania      | 1               | 36% |
|         |               | Belgica       | 1               |     |
|         |               | España        | 10              |     |
|         |               | Europa        | 2               |     |
|         |               | Italia        | 1               |     |
|         |               | Irlanda       | 1               |     |
|         |               | Noruega       | 2               |     |
|         |               | Polonia       | 1               |     |
|         |               | Portugal      | 2               |     |
|         |               | Turquia       | 3               |     |
|         |               | Reino Unido   | 3               |     |
|         |               | Suecia        | 2               |     |
| ÁFRICA  |               | Etiopía       | 1               | 2%  |
|         |               | Sudafrica     | 1               |     |

*Nota:* Distribución de los artículos consultados por país y región al final de la elaboración de estado del arte. Elaboración propia

**Figura 4.** Distribución de las publicaciones analizadas por región.



**Tabla 8.** Artículos seleccionados por base de datos

| Base de datos  | Cantidad  | Porcentaje  |
|----------------|-----------|-------------|
| Scopus         | 40        | 49%         |
| Scielo         | 12        | 15%         |
| ScienceDirect  | 3         | 4%          |
| EBSCOhost      | 6         | 7%          |
| Dialnet        | 7         | 9%          |
| Web of Science | 13        | 16%         |
| <b>Total</b>   | <b>81</b> | <b>100%</b> |

*Nota:* Distribución de los artículos consultados por región y por base de datos al final de la elaboración de estado del arte. Elaboración propia

Además del análisis documental previamente descrito, se efectuó la revisión del *Handbook of research on science education, Volume III*. Este recurso permitió obtener una perspectiva global y actual del campo investigativo de la educación en ciencias, destacando los avances, debates, proyecciones y perspectivas en relación con la NdC; asimismo, constituyó un referente clave para identificar las tendencias emergentes y los enfoques innovadores que están configurando el panorama contemporáneo.

## 2.2. Panorama de la literatura: tendencias, tensiones y vacíos

Al revisar y analizar artículos de investigación encontrados en Web of Science, Scopus, Science Direct, Ebscohost y Dialnet que trataran sobre la relación entre RS, estudiantes de EM y ciencias, se identificaron las principales categorías de análisis, los países en los cuales se realizaron las investigaciones, las metodologías empleadas y población objeto de cada investigación. A continuación, se presentan las tendencias,

campos emergentes, tensiones y vacíos encontrados en estas indagaciones, con el fin de dar lugar a la investigación propuesta sobre las RS de la NdC en estudiantes de EM de la ciudad de Bogotá.

### **2.2.1 Tendencias de investigación**

En relación con las categorías de análisis en la primera etapa de indagación, las tendencias investigativas se ubican en tres ejes principales: el primero corresponde a los estudios sobre percepciones, imágenes, creencias y estereotipos en educación científica; el segundo eje reúne los trabajos que vinculan la educación científica con las discusiones específicas sobre género, raza, etnia, identidad, diversidad, interseccionalidad, junto a lo colonial y decolonial; en tercer lugar, las investigaciones sobre educación científica, que incluyen problemas sobre alfabetización científica, aprendizaje, enseñanza, didáctica y currículo.

Dentro de la tendencia mayoritaria se advierte un discurso dominante neopositivista en las ciencias naturales escolares, vinculado a cuerpos teóricos, objetos de estudio y prácticas científicas accesibles a un grupo específico de científicos (Sousa *et al.*, 2023). A dicho discurso se le asocian atributos como inteligencia, dedicación, compromiso, esfuerzo y una predisposición intrínseca hacia su campo de estudio (Fernández-Sánchez *et al.*, 2025), donde el conocimiento objetivo y verificable se obtiene mediante el método científico (Vargas-Ordóñez, 2019); lo anterior excluye de los estudios científicos a las ciencias sociales, las humanidades y los problemas sociales. Este fenómeno educativo tiene un correlato en el que el interés de los escolares por la actividad científica se reduce a medida que transitan la vida escolar (Kaur *et al.*, 2022), hecho reforzado por las imágenes reproducidas a través de los medios de comunicación (Petrucchi, D., 2017); y es que en

espacios informales y formales prevalecen estereotipos que asocian al científico con lo masculino, bajo la creencia de que esto refleja autoridad, poder y credibilidad (Anjos y Carvalho, 2020; Vernal-Vilicic y Valderrama, 2020), cuyo impacto en las vocaciones científicas se hace evidente, ya que se relega por género (Petrucci, 2017), origen, raza o etnia (Casillas-Martínez *et al.*, 2023), limitando las posibles identificaciones de los sujetos (Alaminoa y Aguilar, 2023) (CTIM).

En este contexto, las investigaciones realizadas mediante la herramienta de análisis de dibujo Draw-A-Scientist Test (DAST) permiten analizar las imágenes que los estudiantes tienen acerca del quehacer científico, encontrando que existe una imagen del científico predominantemente masculina, aunque las niñas suelen dibujar más científicas que los niños. Sin embargo, en la versión renovada de esta herramienta “Indirect Draw-a-Scientist Test” [INDAST] desarrollada para reducir sesgos, se sugiere que los estudiantes han comenzado a incorporar una imagen más amplia de los científicos y su quehacer incluyendo la importancia del trabajo en equipo y el uso de tecnología avanzada en la investigación (Bernard y Dudek, 2017). Estos resultados convergen con estudios más recientes basados en cuestionarios, en los cuales se constató que los estudiantes de secundaria obligatoria y bachillerato mantienen una imagen positiva de la ciencia, pero su conocimiento de referentes femeninos sigue siendo limitado y se centra en personajes históricos vinculados al currículo de Física y Química (Tierno *et al.*, 2025; Monserrat *et al.*, 2025). Ambos enfoques metodológicos, tanto dibujos como cuestionarios, coinciden en señalar la importancia de tomar acciones para promover una imagen más positiva de la ciencia y sus profesionales, sensibilizando a los estudiantes sobre la diversidad en carreras en CTIM y combatir los estereotipos aún existentes.

Comprendiendo que la percepción de los estudiantes sobre el pensamiento creativo en el aprendizaje de las ciencias varía según el contexto de procedencia –urbano o rural– y las diferencias de género –masculino o femenino–, particularmente en aspectos como la fluidez, la elaboración y la flexibilidad (Syafrial *et al.*, 2022); se hace necesario entonces intervenir en estas visiones, adecuando métodos, lenguajes y contenidos a los retos formativos actuales, promoviendo sujetos competentes en ciencias (Martín-García, 2020). Así mismo, se deben impulsar posturas en las que la lógica escolar como factor asociado a logros académicos medibles no menoscabe la motivación intrínseca de los estudiantes por las ciencias naturales y que al mismo tiempo reconozca la influencia del profesor para desarrollar aprendizajes (Han y Shim, 2023). Además, los estudios sobre educación CTIM sugieren que la autoeficacia percibida y la importancia que los estudiantes atribuyen a una disciplina influyen directamente en su orientación académica y en sus posibles elecciones futuras de carrera profesional (Zavala y Domínguez, 2018; Ahmed Mohamed *et al.*, 2025; Sellami *et al.*, 2025).

Por tanto, comprender y evaluar las percepciones de los estudiantes es crucial para mejorar los resultados de aprendizaje en ciencias naturales (Astalini *et al.*, 2019), lo que se relaciona con la existencia de espacios formales e informales donde se producen y reproducen imágenes sobre la ciencia, un ejercicio articulado con una comunicación científica que evite la segmentación, atraiga más jóvenes a la investigación científica y permita promover mayor contacto con el público joven (Magalhães y Ruão, 2018), por ejemplo, explorando la relación entre ciencias y creencias religiosas (Wolfs *et al.*, 2022). No obstante como afirma Osborne (2023), la investigación de NdC sigue centrándose

predominantemente en entornos educativos formales dejando un vacío en los ámbitos no formales que la investigación actual debe llenar.

La segunda tendencia en investigación abarca diferentes perspectivas de la educación científica en relación con la diversidad, la interseccionalidad y el poder. A partir de proyectos con enfoques teóricos feministas de la ciencia y la interseccionalidad, se destaca la importancia de integrar la equidad y la inclusión en la comunicación científica, para que esta no siga funcionando desde la desigualdad y la exclusión (Reznik *et al.*, 2023); sin embargo, esta también es una responsabilidad de los educadores científicos, quienes deben garantizar que los estudiantes se sientan respetados y valorados, independientemente de su raza o género (Rosa, 2018), de hecho, se evidencian deudas educativas con mujeres y estudiantes afrodescendientes expresadas en formas de subrepresentación en la ciencia que perpetúan estructuras de poder sexistas y racistas (Nissen y Van Dusen, 2020), esto aplica de manera similar para aquellos grupos sociales históricamente desfavorecidos, quienes tienen menos probabilidades de estudiar ciencias (Kumar y Sahoo, 2024), incluso, en algunos juguetes científicos se puede observar un proceso histórico que en ocasiones insiste en excluir a las mujeres (Braghini, 2022).

Aunque algunas investigaciones matizan la relación género y ciencia, se reconoce la importancia de mejorar aquellos conocimientos que probablemente condicionan la imagen que los estudiantes tienen de la ciencia y los científicos (Conde *et al.*, 2019); (Mulero y Alonso, 2020); de forma análoga, estudios sobre profesores en formación inicial sugieren la necesidad de adoptar modelos más sensibles respecto a temas de género, ya que se observó la ausencia de lenguaje inclusivo y falta de apertura de los educadores en formación acerca de las oportunidades para desarrollarse en carreras en el ámbito científico (Quintanilla-

Gatica *et al.*, 2023). En el nivel de primaria, se proponen alternativas formativas para mitigar los estereotipos de género, despertando vocaciones científicas en las niñas que permitan su identificación con la ciencia mediante la muestra de modelos realistas cercanos a ellas, recomendando abordajes transversales en los currículos, haciendo frente al sistema de valores y actitudes que transmiten (Mulero y Alonso, 2020) .

En el nivel de educación secundaria, se han publicado investigaciones en donde mujeres latinoamericanas ponen de relieve que, dentro de la diversidad de modelos a seguir, es importante contar con referentes latinos en los cursos y programas relacionados con CTIM (Sparks *et al.*, 2023). Otros estudios abordan las brechas de género en la participación en estas áreas, donde las mujeres muestran menor interés debido al vínculo entre su identidad de género y la percepción de sus habilidades, un problema complejo con orígenes históricos (Seebacher *et al.*, 2021; Kans, Claesson, 2022 y Arnaboldi *et al.*, 2025); además, se consideran las emociones académicas, concluyendo que las mujeres suelen experimentar mayor inseguridad y temor en situaciones relacionadas con las CTIM (Kans y Claesson, 2022); incluso, otro estudio sugiere que los hombres perciben las matemáticas como más fáciles si se les compara con las mujeres en el marco de la educación CTIM (Nix y Perez-Felkner, 2019).

Ahora, con respecto a jóvenes afrodescendientes, Tammie Visintainer recomienda ubicar esta perspectiva dentro de un contexto crítico, sociocultural y ecológico al explorar la elaboración identitaria de dichos estudiantes en la ciencia (Visintainer, 2020), cuestión que también se puede trasladar a la formación de una identidad CTIM por parte de mujeres jóvenes, cuyas experiencias y contexto escolar, familiar y social pueden impulsar o retraer el sentido de autoeficacia en estos campos (Kim *et al.*, 2018). En este sentido, se sostiene

que desde edades tempranas, factores contextuales y motivacionales, pueden influir de manera diferente en el compromiso asumido por niñas y niños con respecto a la ciencia y las matemáticas (Fredricks *et al.*, 2018). En otra propuesta, Diamond y Kislev (2021), se refieren a la discriminación anticipada que experimentan algunos estudiantes con las carreras científicas y tecnológicas, se evidencia que es posible fomentar un mayor interés en estos campos cuando se los concibe como parte de un espacio global, más allá de contextos locales-nacionales que promuevan dicha discriminación. Desde este ángulo, también se considera fundamental fomentar la equidad y la inclusión en campos CTIM, reconociendo las experiencias de diferentes grupos marginados (Martin y Fisher-Ari, 2021).

La tercera tendencia de investigación, que agrupa los trabajos sobre pedagogía, alfabetización y educación científica, evidencia que el enfoque tradicional no es crítico, inclusivo ni equitativo, caracterizado por una visión de la práctica científica alejada de las vivencias y preocupaciones estudiantiles y comunitarias, como se demuestra particularmente en el caso de jóvenes afrodescendientes y latinoamericanos expulsados del sistema educativo formal estadounidense (Peña, 2022). Como respuesta a estas tensiones se presentan diversas propuestas, por ejemplo, el enfoque ecopedagógico que implica cuestiones sociales y ambientales, al considerar que la destrucción de diversas culturas refleja la destrucción de la diversidad (Hecht, 2023). Por tanto, es posible desarrollar estrategias de enseñanza que vinculen lo que se conoce como conocimiento científico occidental, con las visiones de mundo que tienen los estudiantes, articulando sus sistemas de creencias con los conceptos científicos (Mavuru y Ramnarain, 2020).

En la literatura reciente se destacan diversas propuestas orientadas a replantear la enseñanza de las ciencias desde enfoques más inclusivos, críticos y contextualizados. En

esta línea, Lindholm (2018) plantea que la curiosidad constituye un elemento esencial para promover el aprendizaje científico, al incentivar la exploración, el cuestionamiento y el asombro; no obstante, advierte que su desarrollo requiere equilibrar la enseñanza de modelos teóricos con experiencias significativas que mantengan el interés de los estudiantes. De manera complementaria, se proponen prácticas pedagógicas inclusivas en contextos escolares diversos, orientadas a reducir las brechas de rendimiento mediante currículos centrados en el sujeto que aprende, evaluaciones ajustadas a las necesidades estudiantiles y docentes empáticos y solidarios, capaces de responder a la diversidad y fomentar la participación de grupos históricamente subrepresentados en CTIM (Scogin *et al.*, 2018). Asimismo, Sæleset *et al.* (2022) destacan que la formación docente constituye un componente esencial en la calidad de la educación científica, pues requiere fortalecer procesos de activación cognitiva, prácticas de indagación y características discursivas que promueven el pensamiento crítico y la comprensión profunda de la ciencia

Es pertinente destacar los planteamientos y el esfuerzo de síntesis actualizado, alcanzado por Fouad Abd-El-Khalick y Norman Lederman, en el capítulo titulado “Research on teaching, learning and assessment of science” publicado en el *Handbook of research on science education*, los autores distinguen tres categorías fundamentales en las tendencias de investigaciones recientes: en primer lugar las indagaciones que buscan mejorar la comprensión de la NdC por parte de educandos y docentes; en segundo término, se destacan estudios de caracterización y evaluación de concepciones de NdC, en los cuales el marco fundamental continúa siendo el desarrollado por Abd-El-Khalick (2014), que proporciona ideas clave para la construcción de instrumentos y técnicas de la investigación. Por último, un espacio en el que crecen los trabajos relacionados con la influencia de las

representaciones de NdC en planes de estudio, estándares, recursos educativos, libros de texto y marcos para la educación científica (Abd-El-Khalick y Lederman, 2023).

### **2.2.2 Enfoques emergentes**

Luego de estas tendencias de investigación, se encuentra un segundo grupo de categorías centrales de análisis, que se pueden identificar como un campo emergente de estudio. Uno de sus ejes conceptuales está constituido por las RS de la ciencia y otro eje que aborda las emociones, sentimientos y actitudes como parte de la educación científica.

En relación con el primer eje, investigaciones como las de Rodríguez y Pietrocola sostienen que las representaciones sociales de la ciencia surgen o emergen de la interacción entre el alumnado y el saber impartido, mostrando que dichas construcciones se configuran en medio de las dinámicas sociales propias del aula (2020). Desde esta perspectiva, aprender ciencia implica comprender que el conocimiento científico se produce y circula socialmente, como parte de un esfuerzo colectivo por interpretar los fenómenos naturales y dotarlos de sentido dentro de contextos sociales específicos (Vittorazzi y Silva, 2020). Ahora bien, como parte de la construcción de las RS, se encuentran planteamientos relacionados con imágenes, opiniones, creencias y estereotipos sobre la ciencia, entre los cuales destacan el discurso científico dominante de las ciencias naturales que privilegia prácticas de laboratorio y enfoques experimentales que hacen parte de la ciencia hegemónica (Sousa *et al.*, 2023), lo cual puede conducir a una imagen distorsionada de la actividad científica, donde se presenta una sobrevaloración de la experimentación y la actividad individual del científico, dejando de lado aspectos sociales clave (Ventura, 2019).

A su vez, los análisis que incluyen perspectivas de género sostienen que entre los docentes también hay estereotipos científicos, los hombres tienden a tener representaciones

más discriminatorias y naturalizadas que niegan cuestiones de género, diferente a las mujeres, quienes muestran mayor comprensión y enfoque con relación a discusiones de género en la ciencia (Heerdt y Batista, 2017). Desde otra perspectiva, lo anterior puede evidenciarse también en el nivel de secundaria, pues los estudiantes masculinos mostraron mayor interés por materias CTIM, comparados con las estudiantes femeninas, lo cual repercutió en la selección de programas (Astalini *et al.*, 2019).

En el segundo eje, referido a categorías socioemocionales, una investigación con estudiantes afrodescendientes de secundaria explica cómo el contexto sociocultural y las experiencias interpersonales influyen en los autoconceptos y la motivación de los estudiantes frente a la ciencia, camino importante para entender sus RS (Kim *et al.*, 2021). Otra indagación, expresa que, aunque no se pueden generalizar sus resultados, en la educación primaria no hay mayor diferencia por género en las actitudes hacia la ciencia, pero se encontró que, si hay diferencias de actitud entre las escuelas rurales y las urbanas, siendo las primeras en las que los educandos tienen una percepción más favorable de la ciencia (Fernández y Solano, 2017). En este sentido, también se mostró que hay casos en los que la diferencia de preferencia por determinadas carreras se da según la naturaleza pública o privada de los centros educativos, donde los egresados de secundaria ubicados en el nivel universitario asocian el sector público con algunas asignaturas de humanidades, mientras que en el sector privado se asocian con asignaturas de matemáticas y ciencias (Restrepo *et al.*, 2017).

En el ámbito de la educación superior en tecnología, otra investigación concluyó que los estudiantes poseen una autoimagen disminuida frente a la actividad científica y la investigación desarrollada en las instituciones a las que pertenecen, lo que repercute en su

proceso formativo (Villarruel Fuentes, 2018). A su vez, se identificaron trabajos que proponen indicadores importantes para analizar las actitudes de los estudiantes, considerando las implicaciones sociales de la ciencia, la actitud hacia la investigación y el disfrute de las clases (Tanti *et al.*, 2020).

### **2.2.3 Vacíos de investigación**

Finalmente, en otro grupo de categorías centrales de análisis se identifican vacíos de investigación con respecto a las RS de la ciencia en educación media. Estos se refieren a la relación entre cultura y ciencia (4% de los artículos), historia de la ciencia (2% de los artículos) y naturaleza de la ciencia (2% de los artículos). Los trabajos continúan la invitación al diálogo intercultural en las aulas, insistiendo en que se debe tener en cuenta la representación cultural en los procesos de enseñanza, entendiendo a la ciencia como una forma, entre muchas, de actividad cultural (Robles-Piñeros *et al.*, 2017), esta idea se conecta con la necesidad de una educación multicultural que relacione las experiencias lingüísticas, sociales y culturales de los estudiantes con los contenidos científicos (Tilsen *et al.*, 2021). En la misma línea, investigaciones más recientes muestran que el género y otros factores socioculturales median significativamente en las preferencias profesionales en ciencia y tecnología, subrayando la urgencia de diseñar programas inclusivos que contrarresten estereotipos (Mansour, 2025).

Junto con la incorporación de perspectivas culturales para la enseñanza de las ciencias naturales, se reconoce que es imprescindible una formación científica de la ciudadanía que permita participar activamente en la toma de decisiones dentro de la sociedad del conocimiento (Caballero y Spinzi, 2017), esto plantea la necesidad de democratizar la educación científica y situarla en relación con los contextos sociales y

culturales de los aprendices. En este marco, la historia de la ciencia constituye un elemento esencial, aunque poco elaborado, pues solo un estudio la explora al interrogar a los estudiantes sobre su conocimiento al respecto y reflexionar sobre su papel en la formación de la conciencia científica (Gandolfi, 2021); de hecho, al considerar la NdC –dimensión que trasciende el enfoque meramente histórico de la ciencia–, García-Carmona y Acevedo-Díaz (2018) destacan la necesidad de comprender la ciencia como una práctica humana, social y cultural, y proponen un conjunto de principios pedagógicos que orientan su enseñanza desde una perspectiva crítica, reflexiva y situada, integrando la historia, la filosofía y la sociología en la experiencia educativa. En esta misma línea, el meta-análisis se evidencia que la enseñanza explícito-reflexiva favorece significativamente la comprensión de la NdC, consolidándose como una vía eficaz para fortalecer la alfabetización científica (Deng *et al.*, 2025); sin embargo, Dunlop y Veneu (2019) advierten que las controversias científicas, pese a su potencial para favorecer una comprensión más profunda de la NdC, aún se incorporan de manera limitada en los procesos de enseñanza de las ciencias.

. No obstante, diversos estudios evidencian limitaciones persistentes en la comprensión de la NdC por parte del profesorado, tanto en formación inicial como en ejercicio; esta situación contrasta con los avances mencionados y pone de relieve la necesidad de fortalecer la formación docente. En el caso de los futuros docentes, la investigación de Gizaw *et al.* (2024) revela concepciones poco informadas sobre aspectos fundamentales de la NdC, que pone de manifiesto la necesidad de revisar los planes de estudio para fortalecer la alfabetización científica y la confianza profesional de los futuros educadores. De manera complementaria, Chamon y Sordillo (2024), en un estudio

realizado con profesores en ejercicio, confirma estas limitaciones, aunque la mayoría de los docentes alcanza niveles aceptables de alfabetización científica, persisten vacíos conceptuales en torno a la NdC y una visión descontextualizada de la ciencia, concebida más como un cuerpo cerrado de conocimientos que como una práctica social y culturalmente situada. En conjunto, estas evidencias sugieren que las representaciones sociales de la ciencia que mantienen los docentes influyen directamente en la manera como la ciencia se enseña, contextualiza y valora en el aula, incidiendo a su vez en la construcción de significados científicos por parte de los estudiantes (Turpo-Gebera y Gonzales-Miñán, 2020).

En coherencia con las limitaciones en la formación del profesorado, otros estudios advierten que existe poca preparación en cultura científica, especialmente en lo relacionado con la historia y la epistemología de la ciencia, aspectos fundamentales para comprender la naturaleza del trabajo científico y su enseñanza (Alaminoa y Aguilar, 2023). Asimismo, se destaca la necesidad de fortalecer la identidad profesional de los docentes como agentes de producción de conocimiento, promoviendo el autorreconocimiento como científico –en particular de los docentes universitarios– y su papel mediador entre ciencia y sociedad, cuestión importante que aportaría al cierre de brechas entre la ciencia y el público (Oliveira y Vilas-Boas, 2022). Esta perspectiva contribuye a superar las representaciones estereotipadas del científico, visibilizando al docente-investigador desde su dimensión humana y profesional, comprometido con la construcción y la comunicación del saber (Brumovska *et al.*, 2022).

Por tanto, es posible plantear que, tanto para docentes como para estudiantes, es fundamental desarrollar un pensamiento crítico y analítico, que les permita familiarizarse y

emplear fuentes científicas, para acceder a información precisa y fundamentada, especialmente frente a las representaciones de ciencia que pululan en los medios de comunicación y tienden a generar desinformación en el público (Zorzo *et al.*, 2021).

A su vez, como parte de las posibilidades abiertas en el campo de investigación estructurado por la alfabetización científica, Jonathan Osborne (2023) discute en el capítulo dedicado a este tema en el *Handbook of research on science education*, tres visiones de alfabetización científica, diferenciado entre estar alfabetizado para un sujeto que se encuentra inmerso en el campo de la ciencia y estar alfabetizado como alguien ajeno a la ciencia. Además, explora la idea de que, en una sociedad compleja, los individuos dependen cada vez más del conocimiento y la experiencia de otros en diversos campos, resaltando la naturaleza colectiva de la alfabetización científica. Según esta tercera visión de la AC, ningún individuo puede poseer todo el conocimiento necesario para tomar decisiones informadas (Osborne, 2023).

En el mismo *Handbook*, se dedica un capítulo titulado “Research on teaching, learning and assessment of science”, en el cual se realiza un análisis exhaustivo de los estudios que abordan los procesos pedagógicos relacionados con la NdC, señalando vacíos importantes en la investigación en este campo, y resaltan que, a pesar del creciente número de publicaciones realizadas y el incremento adicional observado en los últimos ocho años, menos del 4% de la producción encontrada proviene de Canadá, África y Sudamérica. La escasez de investigaciones en estas regiones muestra un vacío significativo que la presente investigación busca abordar.

Además de los avances en la conceptualización, construcción y aclaraciones contextuales en torno al tema abordado, se observa que, en menor medida se realizan

investigaciones centradas en acciones o prácticas en relación con la NdC, abriendo espacios de indagación para estudios venideros. Se recomienda también extender la investigación sobre materiales y recursos que incluyan la NdC, asegurando que los hallazgos se transmitan a quienes diseñan políticas educativas y curriculares, así como a maestros, autores y editoriales, que influyen en la información que llega a las comunidades educativas, en un esfuerzo explícito por incluir la NdC en los objetivos de aprendizaje en diferentes niveles, ya que, tanto profesores como estudiantes carecen de una comprensión informada al respecto, lo cual se evidencia en problemáticas que impiden a los ciudadanos formas funcionales de alfabetización científica. Además, en términos metodológicos, se observa la necesidad de investigaciones adicionales con enfoques abiertos que analicen la relación entre la comprensión de la NdC por parte de estudiantes y otras variables como el nivel socio económico, sexo y niveles de grado.

Como resultado de la revisión realizada sobre la relación entre la NdC, AC y estudiantes de educación media, y con el propósito de identificar alternativas que favorezcan la integración de la NdC en la AC; se evidencia la ausencia de investigaciones que tengan en cuenta las RS sobre NdC en este nivel educativo. Asimismo, resulta necesario analizar y superar la tendencia a excluir de la enseñanza de las ciencias naturales a las ciencias sociales, humanidades y los problemas sociales contemporáneos, otorgando un lugar central a la comprensión y valoración de las percepciones estudiantiles. Avanzar en esta dirección permitiría fortalecer los aprendizajes en ciencias naturales y contribuir a una comprensión más integrada de las interrelaciones entre ciencia, sociedad y cultura.

La investigación propuesta se enmarca en los vacíos identificados en la literatura analizada en el presente estado del arte, donde se resalta la relevancia de comprender y

evaluar las percepciones de los estudiantes para mejorar los resultados de aprendizaje en ciencias naturales. Finalmente, esta investigación aborda un campo emergente poco explorado; ya que, aunque existen algunos estudios sobre RS en relación con la ciencia, no se encuentran investigaciones que aborden estudiantes de EM y menos en relación con un campo como el de la NdC, particularmente poco explorado en América Latina. Lo anterior subraya la relevancia y la novedad del presente proyecto de investigación.

#### **2.2.4 Síntesis del estado del arte y categorías emergentes**

Los hallazgos obtenidos en la primera fase del estado del arte permiten refinar cuatro aspectos fundamentales que orientan la investigación propuesta, a decir: naturaleza de la ciencia, alfabetización científica, representaciones sociales y educación media (EM). Por este motivo, los conceptos centrales se usaron para concretar una ecuación de búsqueda en WoS, procedimiento que confirma las tendencias y vacíos identificados previamente, pues, al emplear las palabras clave NdC, AC, RS y EM no se encuentra ningún artículo; en particular, la inclusión del término de RS resultó en la ausencia de resultados. Sin embargo, al excluir RS y proponer la búsqueda NdC, AF y EM emergen 20 investigaciones, de las cuales 10 se consideran pertinentes para incluir en el estado del arte. Esto sugiere que las RS constituyen un componente novedoso dentro de la indagación a desarrollar.

La principal tendencia identificada en esta nueva búsqueda está relacionada con la revisión de la NdC en los textos escolares. En el contexto chino se reportaron dos investigaciones: en la primera se encontró que los libros de física para la educación secundaria básica contienen escasas referencias a aspectos de la NdC, omitiendo por completo componentes esenciales (Li *et al.*, 2020); la segunda investigación evaluó 11 aspectos de la NdC en textos escolares de química de secundaria, hallando que la mayoría

de las representaciones eran informadas e implícitas (Zhu y Tang, 2023). Por otro lado, en Singapur, una revisión realizada a los libros de biología de grados noveno y décimo muestra una mejor representación de los aspectos de la NdC, en comparación con otros países como Estados Unidos; sin embargo, la predominancia de enunciados implícitos podría limitar la comprensión de los estudiantes, ya que los estudios sugieren que las declaraciones explícitas son más efectivas para enseñar NOS (Chua et al, 2018). Por su parte, los autores Suat Çelik y Özgür Karataş, basados en el análisis de cuatro libros de texto de química de noveno grado en Turquía, utilizando el Enfoque de Semejanza Familiar Reconceptualizado como marco de análisis, mostraron que si bien los libros de texto abordaban algunos aspectos NdC, la mayoría de las citas se relacionaban con la estructura cognitivo-epistémica de la ciencia, mientras que el aspecto socio-institucional estaba subrepresentado a pesar de las reformas curriculares (Çelik y Karataş, 2022). Esta situación es similar en España, donde se considera importante la NdC, pero su presencia en los libros escolares es mínima, con un escaso abordaje de la dimensión ciencia tecnología y sociedad; además, no concuerda con la imagen consensuada por investigadores en didáctica de la ciencia (Delgado y Aragón, 2024)

Además de las revisiones de libros de texto los artículos analizados también incluyen discusiones acerca de la enseñanza de la NdC desde diferentes perspectivas. En la región de Medio Oriente, en particular en el Líbano, se sugiere que integrar el pensamiento crítico en la enseñanza de la NdC y el análisis del rol de la cultura en la ciencia puede empoderar a los estudiantes para tomar decisiones informadas, desarrollar una mentalidad crítica y hacer que el aprendizaje de la NdC sea más auténtico (Yacoubian, 2020); sin embargo, otro estudio en el mismo país, revela inconsistencias en las opiniones de los

participantes sobre aspectos enfatizados de la NdC (Khishfe, 2017). En Turquía, observando otro ángulo de la discusión, se identifica que las percepciones de la NdC median de manera parcial el vínculo entre metacognición y la idea de autoeficacia científica en los estudiantes (Karaismailoglu *et al.*, 2025); asimismo, investigadores turcos lograron desarrollar un instrumento que consideran un test confiable y concreto que puede ser una herramienta útil para diagnosticar las opiniones de los estudiantes sobre NOS con fines formativos, facilitando la recolección de datos a gran escala. (Yalaki *et al.*, 2019). En contraste, España dista de este tipo de concepciones a propósito de la importancia de la NdC, ya que, un estudio demuestra que el nuevo currículo de Educación Secundaria Obligatoria no da mayor importancia en el marco de las pruebas PISA (García-Carmona, 2022)

En conclusión, la articulación entre los conceptos de NdC, AC y EM con las RS, se convierten en un escenario abierto que aporta nuevos elementos al espacio de investigación descrito, en este sentido, se considera como un campo prometedor, con objetos de estudio relevantes en áreas como la física, la química y las matemáticas (Freitas *et al.*, 2019), esto es, en sentido amplio una apuesta investigativa a través de distintas RS de la NdC como aporte a la educación científica.

### 3. Marco teórico

En la presente investigación la realidad se asume desde la epistemología construccionista, entendida como un entramado socialmente producido y que se configura mediante procesos de interacción, comunicación y experiencia compartida (Berger y Luckmann, 2003). Desde esta perspectiva, los significados son constituidos colectivamente por los sujetos a partir de sus trayectorias, condiciones sociales y esquemas de percepción, lo que implica reconocer que la relación de los estudiantes con la ciencia está mediada por su experiencia escolar, familiar, social y por las disposiciones incorporadas en su *habitus* (Bourdieu, 1998). En coherencia con esta postura, las representaciones sociales (RS) constituyen el constructo teórico que permite analizar cómo los estudiantes significan, interpretan y organizan su pensamiento en relación con la ciencia, en particular a la naturaleza de la ciencia (NdC).

Desde este ángulo, abordar el problema de la escasa incorporación de la NdC en la AC exige considerar que dicha brecha no puede explicarse únicamente como un déficit conceptual, sino como el resultado de procesos de construcción social que configuran formas específicas de comprender las ciencias en el contexto escolar. La NdC que circula en la escuela se encuentra mediada por esquemas culturales, creencias previas, discursos mediáticos, experiencias de vida y prácticas institucionales que influyen en la manera como los estudiantes interpretan lo que significa investigar, explicar o validar conocimiento científico. En consecuencia, analizar las RS permite comprender no solo qué piensan los estudiantes sobre la ciencia, sino cómo estos significados se articulan con dinámicas socioculturales más amplias que, en conjunto, explican la limitada apropiación de la NdC en la AC.

A continuación, el capítulo se desarrolla en cuatro apartados: el primero se dedica a mostrar las relaciones existentes entre la NdC, la AC y la mediación que hacen las RS como elementos estructurales del problema de investigación, bajo la epistemología del construccionismo social. Posteriormente se desarrolla un capítulo que aborda una perspectiva de la relación entre ciencia, cultura y sociedad. En seguida, se profundiza en las implicaciones teóricas de las RS. Finalmente, se aborda la forma como la ciencia es resignificada en el sentido común de los sujetos sociales.

### **3.1 Construcción social del conocimiento científico y su articulación con NdC, AC y RS**

El problema de la escasa apropiación de la NdC en la AC de los estudiantes de educación media del sector oficial en la ciudad de Bogotá se evidencia en varios indicadores: los bajos resultados en las pruebas estandarizadas, que reflejan dificultades en el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes; el reducido número de estudiantes que eligen carreras en ciencias como opción de profesionalización, expresión de una insuficiencia vocacional de los jóvenes alrededor de las ciencias; la tendencia generalizada a culminar su formación en ciencias con el término de la EM, con lo cual el contacto argumentado con problemas socio-científicos o la profesionalización en ciencias se ven limitados; y la baja participación ciudadana en asuntos relacionados con ciencias. Por tanto, estos elementos confirman la necesidad de orientar la investigación en educación científica a la comprensión de este complejo panorama, a partir de constructos teóricos que permitan ubicar el problema y explorar las posibilidades para responder a los retos impuestos por una escasa apropiación de la NdC en la AC.

Comprender la apropiación de la NdC implica analizar como estos conceptos se resignifican y configuran; es decir, cómo éstos hacen presencia en el pensamiento estudiantil. Para ello, es indispensable valerse de elaboraciones teóricas que permitan entender las ideas que los sujetos sociales tienen sobre las categorías que conforman la naturaleza de la ciencia. En este sentido, la teoría de las RS constituye un marco fundamental para conocer las ideas que hacen parte de la estructura de significado que organizan el pensamiento de los estudiantes, dado que las RS son elaboraciones mentales compartidas socialmente que orientan las experiencias de los individuos y se constituyen como guías para la acción (Moscovici, 1979).

Las RS se articulan con la perspectiva del construccionismo social en la medida en que ambas explican cómo, a través del lenguaje y la interacción social, los sujetos elaboran categorías, creencias y significados que dan forma a la realidad. Bajo esta epistemología, la ciencia se entiende como una construcción humana e histórica, mediante los cuales los productos sociales –como modelos, teorías, normas e instituciones científicas– se consolidan y retornan al individuo como realidades socialmente objetivadas.

La ciencia, como empresa humana, es representada de diversas maneras en la subjetividad de los individuos, dado que, las RS se ubican en la intersección entre ciencia y sociedad (Lacolla, 2005), orientando las interpretaciones de la realidad desde el sentido común. En el proceso de anclaje y objetivación que da lugar a la representación en el esquema cognitivo de los sujetos, se entrecruzan los procesos del construccionismo social que señalan la forma en la que la interacción entre lo objetivo y lo subjetivo permiten la construcción social de la realidad. Dicho proceso implica tres aspectos clave: la *externalización*, la *objetivación* y la *internalización* (Berger y Luckmann, 2003). La

externalización consiste en la proyección del pensamiento humano hacia un orden social institucionalizado que trasciende al individuo, pero lo influye en sus acciones cotidianas. Para que sea legítima socialmente la externalización debe atravesar un proceso de objetivación, a través del cual las intersubjetividades sociales, apoyadas en el lenguaje, fijan ciertas estructuras que están fuera de la individualidad y hacen parte de la organización social. De forma paradójica, lo que fue creación humana ahora externalizada, vuelve hacia el sujeto quien la introyecta y esta configura o reconfigura tanto sus procesos mentales como sus acciones en la vida cotidiana, “la relación entre el hombre, productor, y el mundo social, su producto, es y sigue siendo dialéctica. Vale decir, que el hombre (no aislado, por supuesto, sino en sus colectividades) y su mundo social interactúan” (Berger y Luckmann, 2003, p. 81),

De este modo, las RS y el construccionismo se articulan para explicar cómo los sujetos sociales, desde sus subjetividades, coinciden a través del lenguaje en las consideraciones de lo que hace parte de la realidad social más allá de interpretaciones internas a nivel individual. Indagar las RS de los estudiantes, permite construir una imagen de lo que en el pensamiento estudiantil –como internalización de lo social– es considerado científico, para comprender la distancia que hay entre su representación de la NdC, lo que en términos educativos se ha alcanzado en la AC, y desde esa base social de pensamiento proyectar estrategias que promuevan la apropiación de la NdC en la AC.

La NdC es un aparato conceptual proveniente del campo de la educación científica que entiende la ciencia como un andamiaje que articula los sistemas epistémico-cognitivo y socio-institucional (Irzik y Nola, 2014). Siguiendo la epistemología del construccionismo social, debido a que la ciencia es entendida como una empresa humana, un constructo

social, es importante religar los dos sistemas que conforman su naturaleza para potenciar la formación de los sujetos sociales a través de la educación, es decir, reconocer en el eje fundamental del amplio acervo de conocimientos producto del esfuerzo científico, tanto su esencia epistémica como su anclaje social, constructo social entendido como proyección institucional externalizada a través de un proceso de objetivación que incide en la forma como se internalizan diversas estructuras objetivadas en modelos, leyes, teorías, instituciones, acuerdos y procesos sociales.

Por su parte, la AC define los fines formativos de la educación científica a través de los múltiples conocimientos que ha desarrollado la ciencia. Dentro de los procesos teóricos de la AC, se han generado tres aportes sustantivos a la educación científica y ciudadana, se trata de tres visiones que en momentos determinados se han erguido como opciones viables para la educación en distintas sociedades, pero que se han visto criticadas, transformadas o complementadas por otras posturas. A decir, la visión I de la AC, orientada a la formación de sujetos dentro de las epistemes exclusivas de la ciencia, proyectando la preparación de futuros científicos (insiders) (Roberts, 2007); la visión II, caracterizada por la inclusión de aquellos sujetos que no participarán de la producción epistémica del conocimiento científico, pero se interesan y requieren puntos de vista informados y argumentados sobre asuntos socio-científicos (Roberts, 2007); finalmente, la visión III, en la cual se promueve una perspectiva crítica y transformadora de la sociedad desde una comprensión profunda de los cimientos socio-científicos (Osborne, 2021).

En este marco, emerge la necesidad de una articulación socio-epistémica de la NdC orientada a fortalecer la AC a través de la educación científica. Tal articulación se requiere porque hay tensiones sociales y culturales que expresan y limitan el potencial formativo de

la ciencia desde las instituciones escolares. La formación de una ciudadanía informada, con elementos de argumentación, capaz de realizar análisis de la realidad social a través de lentes conceptuales como los formulados en el amplio argot científico, es un objetivo central de la educación científica, que se ve empañado por su inevitable cruce con circunstancias y acontecimientos socio-culturales que permean los contextos socio-educativos. Para fundamentar teóricamente la relación establecida por el construccionismo social entre NdC-AC-RS, a continuación, se desarrolla una perspectiva de la ciencia en el entramado socio-cultural actual.

### **3.2 Un punto de partida para pensar la ciencia**

La ciencia, es una construcción social cuya forma actual se empieza a cimentar a partir del siglo XVI. Con la Revolución Científica y la era de los descubrimientos, asociada al imperialismo europeo, se da origen a nuevas ideas culturales sobre la función de las ciencias naturales y su valor para las sociedades (Wallerstein, 1996). De hecho, su contexto de surgimiento la relaciona directamente con el origen y establecimiento de las bases del capitalismo. Esto, se encuentra vinculado al concepto de progreso, entendido como la capacidad del esfuerzo humano por desarrollar innovaciones tecnocientíficas y económicas que ven en la naturaleza infinidad de recursos cuya explotación puede ser ilimitada, para suplir las necesidades que va generando el mercado a medida que se globaliza.

Dicha concepción de progreso, articulada con la ciencia, se suma a los innegables avances en sus instrumentos, prácticas, modos y técnicas que generan un mayor conocimiento y entendimiento de la realidad a través de teorías, leyes y modelos que rompen y se apartan del sentido común de los sujetos; estas construcciones suelen presentarse como cajas negras ante la sociedad (Latour, 1992), es decir, los sujetos sociales

conocen los productos científicos, pero no la lógica interna de su producción. Al mismo tiempo, ese saber retorna a la sociedad a través de elementos técnicos y científicos que procuran el bienestar humano –vacunas, medicinas, transporte, comunicación, avance en el conocimiento del universo, leyes que revolucionan la concepción del espacio-tiempo–, abriendo la mente a horizontes antes inimaginados y utópicos.

La ciencia genera fascinación tanto en expertos como extraños, en ella se depositan esperanzas de bienestar y progreso para las naciones, así como la responsabilidad de salvar a la humanidad de enfermedades y eventos catastróficos, como, pandemias y desastres naturales incontrolables. En contraste, también se le considera responsable de acontecimientos extremos que amenazan la existencia de las especies del planeta, entre ellas la humana, por ejemplo, el riesgo que conlleva el cambio climático o las armas nucleares. Por tanto, la ciencia tiene un carácter ambivalente producto de su desarrollo como empresa humana, es decir, se sustenta en diferentes momentos y lugares a través de una doble interpretación, primero, aquella que la ubica como la clave del desarrollo de la racionalidad humana expresada en innegables mejoras de las herramientas con que cuentan las sociedades para vivir mejor y conocer el mundo, sin duda, un campo dotado de esperanza y oportunidades para hacer frente a desafíos acuciantes y segundo, de forma paradójica, también se la cuestiona al ubicar sus avances como una amenaza para la sociedad y para el medio ambiente.

Las ambivalencias no terminan ahí. Si bien la ciencia contribuye significativamente a una amplia construcción de saberes y la comprensión del mundo, produciendo leyes generalizables y aplicables, se la presenta como neutral y desinteresada (Gandolfi, 2024), en donde el único objetivo del científico y su saber es la búsqueda de la verdad. Sin

embargo, se encuentra influenciada por su estrecha relación con la economía, el mercado, las empresas, el poder y la política (Matthews, 2017). Por tanto, los avances de las ciencias naturales no son neutrales, de hecho, como actividad social, se encuentran inmersas en tensiones que las ponen al servicio de diferentes sectores con intereses en juego, y esto se da en múltiples escalas: la academia, la investigación, la subvención económica, el empleo de científicos en empresas privadas o estatales, organismos supranacionales y organizaciones internacionales (Osborne, 2023).

Además, la ciencia que se presenta al mundo como progreso para todos y con el ideal de democratizar el conocimiento, históricamente ha excluido a mujeres, minorías étnicas y otros sectores oprimidos; tiende al eurocentrismo en sus discursos, el patriarcalismo y la raza blanca como legítimos portadores de su estudio, lo que la convierte en estereotipada (Avolio *et al.*, 2020). Estos rasgos se ven agudizados por problemas sociales relacionados con la raza, el origen, la etnia, el género, la orientación sexual y la clase; todos estos vinculados al enfoque interseccional (Kumar y Sahoo, 2024). Como consecuencia, las ciencias aparecen contrahechas, bifurcadas, complejas en su relación con el crisol social que les da origen y al que vuelven sus avances para ser filtrados en el sentido común y la experiencia de los sujetos en la vida cotidiana, experiencias que también implican exclusiones e injusticias.

### 3.3 Representaciones sociales

*Todo contribuye a hacer de la ciencia una parte integrante de nuestra visión de la vida cotidiana. La ciencia es inseparable de nuestra vida intelectual y nuestra vida cotidiana.*

—Moscovici y Hewstone, De la ciencia al sentido común

Las RS son elaboraciones mentales de sujetos y sociedades, que permiten adoptar ideas complejas y desconocidas tanto a escala individual como colectiva; de ahí que surjan, se transmitan y compartan a través de la interacción social y la comunicación. Estas formaciones generan imágenes, opiniones, creencias y actitudes que orientan las acciones y decisiones de los individuos en medio de realidades complejas, donde el pensamiento debe discernir a través de un caudal inextricable de información dando coherencia a la experiencia de las personas y a su identidad en diferentes momentos y contextos. Estas representaciones para Moscovici actúan como puentes que hacen familiar lo extraño (Moscovici, 1979). Además, son preparación para la acción, ya que son la forma en que individuos y grupos definen su postura frente a diversas situaciones y eventos de la vida diaria; es decir, influyen en las decisiones y comportamientos.

La teoría de las RS de Serge Moscovici (1979) tiene como antecedente las representaciones colectivas de Émile Durkheim, como destaca Denise Jodelet (1986). Durkheim propuso el término representación colectiva para diferenciar el pensamiento social del pensamiento individual, destacando sus características únicas (Moscovici, 1979). A mediados del siglo XX, Moscovici retoma este concepto ignorado durante mucho tiempo para estudiar la representación social del psicoanálisis, definiendo las RS como estructuras que confieren significados a los acontecimientos, sistemas complejos y dinámicos que construyen y dan sentido a la realidad, influyendo en las interacciones y comportamientos sociales; además, como una forma de conocimiento social y práctico que permiten interpretar, pensar e integrar eventos o fenómenos a la realidad orientando la experiencia de los sujetos (Moscovici, 1979).

Las RS no poseen un alcance universal, ya que se encuentran atravesadas por factores sociales, culturales e históricos del contexto en el que se producen. Es decir, son determinadas y moldeadas por las normas, valores, creencias y tradiciones del grupo social al que pertenecen los individuos. De este modo, las RS generan una relación dialógica con la realidad, ya que parten de esta para formarse, y a su vez, permiten entender y constituir la realidad. Además, para Moscovici, son sistemas complejos y dinámicos que evolucionan constantemente y permiten al individuo dar sentido e interpretar la realidad en la que se desenvuelve, de hecho para el autor las RS son un conjunto estructurado de “conocimientos y una de las actividades psíquicas gracias a las cuales los hombres hacen inteligible la realidad física y social, se integran en un grupo o en una relación cotidiana de intercambios, liberan los poderes de su imaginación” (Moscovici, 1979, p.18).

En otras palabras, las RS son indispensables para comprender la realidad social en la que se desarrollan los sujetos y comunidades. De hecho, la información recibida está sujeta a una transformación y evaluación para convertirse en conocimiento práctico. Según Serge Moscovici, los individuos buscan llenar las lagunas de conocimientos con prejuicios, ideas o creencias provenientes de otros campos, y en este intercambio y combinación de conocimientos se da lugar a un constante proceso de ramificación y proliferación de RS, en este sentido, Moscovici compara el proceso de conocimiento y construcción de las RS con el trabajo de un documentalista, quien recopila, recorta y combina textos en función de un código de clasificación sin juzgar su calidad o verdad. De manera similar cada individuo en su vida cotidiana actúa como un “sabio aficionado” (aclara Moscovici) resumiendo, recortando y clasificando la información que recibe de diversas fuentes; estos datos se

acoplan en una imagen coherente de lo real o se utilizan para entrar en un lenguaje que permite hablar de lo que todos hablan.

A partir de los planteamientos teóricos fundamentales de Moscovici surgen dos líneas teóricas complementarias: la estructural y la procesual (Bustamante y Lesta, 2022). La primera, concibe el aspecto constituido de las RS, esto es, su contenido o el producto de estas, como parte del aparato psíquico y cognitivo de los sujetos; entre las autoras más destacadas de esta línea se encuentra la psicóloga francesa Denise Jodelet quien entiende a las RS como “una forma de conocimiento específico, el saber de sentido común, cuyos contenidos manifiestan la operación de procesos generativos y funcionales socialmente caracterizados. En sentido más amplio, designa una forma de pensamiento social” (Jodelet, 1986, p. 474).

La línea procesual, por su parte, se alimenta del aspecto constituyente de las RS, haciendo énfasis en el análisis socio-cultural, allí donde se ubican las relaciones y las interacciones sociales, aquel proceso contextual que orienta y fundamenta RS localizadas. Entre los autores más influyentes de esta línea se encuentra el psicólogo francés Jean-Claude Abric, autor que explica la estructura de las RS señalando sus componentes, el núcleo central –que organiza la representación determinando su significado– y los elementos periféricos –son sus componentes más accesibles y concretos–. Para Abric, las RS son “una visión funcional del mundo que permite al individuo o al grupo conferir sentido a sus conductas y entender la realidad mediante su propio sistema de referencias y adaptar y definir de este modo un lugar para sí” (p. 13).

Así pues, a través de varias décadas, se genera un campo teórico de las RS caracterizado por la complementariedad de los esfuerzos investigativos, estos, a su vez,

consolidan ejes argumentativos esenciales. En este sentido, está claro que las RS provienen, de una parte, del contexto socio-económico y las contingencias histórico-culturales (Lacolla, 2005); y, de otra parte, de la experiencia personal de los individuos en interacción con el entorno social, a través de la comunicación y la cultura (Jodelet, 1986). Además, las RS tienen tres componentes fundamentales: la actitud, integrada por el aspecto afectivo que considera una posición carácter positivo o negativo frente al objeto estudiado; la información, que refleja la explicación como parte de la lógica representativa; y el campo de representación, que configura y articula los elementos que estructuran la RS desde su núcleo hasta los elementos periféricos (Araya, 2002; Ibáñez y Jiménez, 2001) que hacen parte del contenido de la representación, como se verá más adelante.

Ahora bien, la forma como los sujetos sociales usan las creencias, conceptos e ideas, para desarrollar imágenes que les permitan hacer más coherente su compleja y cambiante experiencia a través de las realidades sociales, tiene que ver con las funciones de las RS (Ibáñez y Jiménez, 2001), entre las que se destaca la de saber, que permite explicar la realidad y se refiere a la elaboración del sentido común; otra función es la identitaria, por la cual se define la identidad y se salvaguarda la especificidad de los grupos sociales, es decir, trata la constitución de la identidad social. La orientación, a su vez, conduce el comportamiento y la práctica de los individuos, por lo cual también se denomina guía para la acción, y se basa en expectativas y anticipaciones de los individuos. La función justificadora permite explicar *a posteriori* el porqué de una postura o un comportamiento, y suele utilizarse, por ejemplo, para justificar estereotipos sociales.

El estudio de las RS demuestra que estas tienen como contenido una serie de aspectos clave. Inicialmente la forma como se expresan a través de informaciones,

imágenes, opiniones, actitudes, creencias, normas, emociones y símbolos. También, se comprende que responden a mecanismos internos que fueron descritos por Moscovici (1985) como los procesos de objetivación y anclaje, que describen como lo social modifica un conocimiento para crear una representación. A través de la objetivación los saberes e ideas respecto a un objeto sufren transformaciones y adaptaciones para convertirse en su representación, convirtiendo conceptos abstractos en objetos concretos; este proceso tiene tres fases: construcción selectiva, esquematización y naturalización. Por su parte, el anclaje facilita que la información sobre un objeto se asimile dentro de una estructura de pensamiento, por esta vía, integra nuevas experiencias e ideas al marco existente.

Siguiendo el planteamiento anterior, como parte del contenido de las RS, se encuentran los elementos constitutivos, estos son jerarquizados por parte de los sujetos sociales, los cuales mantienen relaciones que definen tanto el significado como el lugar que ocupan en la estructura de pensamiento y conforman el Núcleo Central y los Elementos Periféricos. El primero es la parte esencial y más estable de la representación (Abric, 2001); contiene los valores, normas y creencias fundamentales que la definen, por ende, es crucial ya que confiere significado y estructura, organizando, estabilizando y cohesionando los diferentes componentes de la representación.

### **3.4 La ciencia resignificada en el sentido común**

Las sociedades del globo se estructuran en torno a la distribución desigual de saberes, discursos y aplicaciones de la ciencia, configurando de diferentes formas, medidas y usos un medio técnico, científico e informacional (Santos, 2000). En este contexto, los sujetos tramitan sus relaciones sociales e interactúan en diferentes escalas y condiciones, articulándose con artefactos técnicos que portan y tramitan ingentes cantidades de

información, gracias a los acelerados avances científicos. Los modos de vida, los sistemas industriales, la educación y las estructuras políticas permean y han sido permeadas por esta nueva lógica vital cifrada en el “ADN” cultural, en los arquetipos reeditados y adaptados, en las creencias y las ideologías, en las vidas cotidianas, en el *habitus* (Bourdieu, 1998), en las experiencias; en otros términos, la tecnosfera ha cruzado múltiples barreras para convertirse en parte integral e integrante de las culturas humanas.

Esto se debe a que los sistemas de objetos y acciones (Santos, 2000), están imbricados con las prácticas humanas, conformando una red simbiótica donde los artefactos técnicos no solo extienden las capacidades del sujeto, sino que también moldean sus formas de percepción, producción y relación. Los constructos técnicos y tecnológicos definen así buena parte de la cotidianidad contemporánea, tanto en los ámbitos productivos como en los espacios de ocio, formación y comunicación. De este modo, la tecnosfera, al integrarse en las tramas culturales y sociales, no solo posibilita nuevas formas de interacción y conocimiento, sino que también reproduce y amplifica tensiones preexistentes. Su inserción en la vida cotidiana introduce desequilibrios, exclusiones y distorsiones en torno al acceso, la comprensión y el uso del conocimiento científico, lo que conduce a problemáticas más amplias vinculadas con la formación ciudadana.

Y como parte de las culturas también se enraíza en sus tensiones, a decir, la desigualdad en el acceso a la información y a la formación; la incompreensión, banalización o prejuizgamiento de su funcionamiento; las trampas de la desinformación y los juegos mediáticos imbuidos de poder e intereses económicos y políticos. Este entramado termina influyendo en las nociones que guían las prácticas de los individuos en su cotidianidad, asumiendo posturas que los afectan de diferentes maneras. Por ende, también se trata de un

problema a propósito de la importancia del ejercicio de una ciudadanía formada e informada con base en concepciones más claras a partir de la comprensión que la ciencia y su naturaleza aportan a problemáticas de distinto orden.

Aunque hay gran cantidad de información disponible, tanto científica como no científica, esto no se traduce en una postura crítica, un verdadero acercamiento a la ciencia y su naturaleza, ni se integra a la formación ciudadana. Esto se debe a que las representaciones sociales de la ciencia que los jóvenes construyen en su vida cotidiana – mediadas por discursos mediáticos, experiencias familiares y prácticas escolares fragmentadas– suelen basarse en visiones descontextualizadas, idealizadas o utilitaristas del quehacer científico. Dichas concepciones, al no problematizar la naturaleza del conocimiento ni sus implicaciones éticas y sociales, obstaculizan la apropiación crítica de los saberes científicos y limitan el desarrollo de competencias que sustenten una ciudadanía informada y participativa.

La cuestión se agudiza al considerar que existe una escasa apropiación de la NdC en la AC, aspecto que además responde a estructuras culturales y sociales que tienden a reproducirse y perpetuar desigualdades simbólicas. En el ámbito escolar, dichas estructuras se manifiestan a través de mecanismos de reproducción social que condicionan las trayectorias formativas de los estudiantes. En este proceso, dos instituciones resultan decisivas: la escuela y la familia. Ambas, desde sus prácticas cotidianas, contribuyen a la configuración de un *habitus* (Bourdieu, 1998) que orienta las disposiciones de pensamiento y acción de los sujetos y que, al mismo tiempo, restringe las posibilidades de una apropiación crítica del conocimiento científico.

En las instituciones educativas oficiales donde miles de jóvenes bogotanos se forman, esta dinámica se traduce en una tendencia a la reproducción de sus condiciones actuales de vida, lo que restringe la movilidad social y, con ello, la posibilidad de acceder a los códigos culturales más amplios asociados al conocimiento científico. Los estudiantes, al estar enclavados, naturalizan las circunstancias de su existencia y asumen como propio un destino marcado por la distancia frente a los discursos universales de la ciencia, regidos por lo que Bernstein (1983) denomina códigos elaborados. Dichos códigos, cifrados también en las lógicas de las ciencias naturales, actúan como filtros simbólicos que refuerzan la desigualdad cultural y epistemológica en el aula.

La estructura social a través de la cual circula el *habitus* se conecta con los capitales económico, cultural, social y simbólico con los que cuentan los individuos o las comunidades, para definir ventajas, presiones, luchas y maneras de reproducir las clases y los espacios sociales. Sin embargo, resulta claro que el contenido codificado de estos capitales en el caso de los estudiantes de los colegios oficiales también se encuentra relacionado con situaciones de pobreza (García y Quiroz, 2011), con la búsqueda adolescente de identidad bajo presión interseccional, esto es, marcada según el género, el origen, las ideas racializadas y el tono preponderante del patriarcalismo en diversas comunidades. En este contexto, lo diverso y diferente se entrelaza con la injusticia y la exclusión.

Frente a esto, es fundamental cambiar de perspectiva para encontrar alternativas que vinculen a los estudiantes de manera más orgánica con el mundo de la ciencia. Se trata de retornar al núcleo que orienta los pensamientos y prácticas de los sujetos, y desde ahí, explorar lo que este revela a través de las RS, reconocer los elementos alrededor de la

naturaleza de la ciencia y las razones de su baja incorporación en la AC. Se propone, así, una mirada que indaga las representaciones estudiantiles más allá de conceptos aislados y comprende a la NdC como un proceso integral de desarrollo cognitivo. Esta búsqueda permite delinear alternativas y soluciones que integren aspectos de la cultura, el sentido común y la experiencia de los estudiantes.

El enfoque cultural diseñado a partir del principio de *habitus* enmarca y vincula las RS de la NdC con la estructura social. De allí que estas se conviertan en un medio para observar, analizar y comprender el fenómeno social descrito, ya que provienen, de una parte, de las condiciones sociales, económicas e históricas, así como del sistema de valores y creencias de una sociedad (Lacolla, 2005); y, por otra parte, de la experiencia personal de los individuos en interacción con el entorno social, a través de la comunicación y la cultura (Jodelet, 1986); es decir, son comprensibles en relación con el *habitus* y la estructura - estructurante descrita por Bourdieu (Bourdieu, 1998).

La política pública de educación en ciencias refleja, en parte, la baja incorporación de la NdC en la AC, expresada ahora en la división institucional y curricular entre las ciencias naturales y las ciencias sociales, estas últimas necesarias para contextualizar la ciencia en sus procesos históricos, sociales y culturales. Esta separación disciplinar ha limitado la comprensión integrada de los fenómenos y, en consecuencia, resulta fundamental retomar la NdC como eje articulador de una nueva perspectiva que trascienda lo meramente disciplinar; buscando encauzar esfuerzos que rompan barreras socioculturales y potencien aquellas condiciones que puedan movilizar a los estudiantes hacia escenarios dotados de posibilidad de decisión y oportunidad; es decir, una visión renovada que parte del estudiante y que otorga sentido al ejercicio-pedagógico. No se trata, por tanto, de un

ejercicio vertical o unidireccional en el que el “experto” define desde su saber lo que es correcto para el aprendizaje de amplios sectores sociales; por el contrario, se orienta desde el pensamiento de quienes constituyen el eje y base del proceso, los estudiantes, en diálogo sistémico con diferentes actores del sistema socioeducativo. Esta manera de proceder genera planteamientos teóricos clave que vinculan los hallazgos investigativos de este complejo fenómeno, permitiendo comprender cómo la NdC se incorpora en la AC de los estudiantes a partir de la caracterización que posibilitan las RS.

## 4. Marco conceptual

### 4.1 Naturaleza de la ciencia

La naturaleza de la ciencia (NdC) constituye un tema central en la educación científica de las últimas décadas, desencadenando debates acerca de su definición y la manera como se debe enseñar. Existe una clara distinción entre aprender ciencia y aprender sobre ciencia: el primero orientado a la adquisición de conceptos, teorías y procedimientos, y el segundo al entendimiento del modo en que dichos conocimientos se construyen, validan y contextualizan. Ambos componentes son diferentes, pero a la vez complementarios pues la AC no se reduce al dominio de contenidos, sino que requiere comprender cómo se produce el conocimiento científico y cuál es su papel en la sociedad (Abd-El-Khalick, 2014; Kampourakis, 2016; Cofré *et al.*, 2014). En consecuencia, la NdC se reconoce como un componente estructural de la AC, dado que permite a los estudiantes valorar el impacto del conocimiento científico en la sociedad y fortalezcan su ciudadanía democrática, al desarrollar la capacidad de tomar decisiones informadas (Irzik y Nola, 2014).

La esencia de la NdC abarca las características fundamentales de la actividad científica, que pueden definirse en términos de qué es la ciencia, cómo se hace y cómo cambia a lo largo del tiempo, así como cuáles son sus alcances y logros, rasgos que la configuran como una empresa humana dinámica y en constante revisión. Al respecto, Adúriz-Bravo (2001) enfatiza que la ciencia no constituye un cuerpo cerrado de verdades, sino una construcción histórica y socialmente situada, en la que las teorías y modelos son revisados, sustituidos o ampliados en función de nuevas evidencias y marcos interpretativos. De ese modo, la NdC incluye aspectos como el carácter empírico, la

tentatividad y falibilidad del conocimiento científico, la influencia de la cultura y el contexto histórico, la diferenciación entre observación e inferencia, la importancia de la creatividad y la imaginación en la formulación de teorías, y la naturaleza colectiva y social de la actividad científica. En concordancia, Lederman (2007) sintetiza estos aspectos al definir la NdC como el conjunto de atributos del conocimiento científico vinculados con su proceso de generación y validación, destacando los principios, valores y prácticas que sustentan la construcción y transformación del conocimiento científico.

William McComas (1998), uno de los precursores y teóricos de la NdC, la describe como un campo de conocimiento "híbrido" que integra elementos que provienen de la epistemología, historia, psicología y sociología de la ciencia, facilitando a los educadores la comprensión de cómo se entrecruzan las cuestiones clave de estas disciplinas en relación con los procesos pedagógicos, convirtiéndose en un marco esencial para guiar la representación precisa de la ciencia en el aula (McComas, 1998), la cual no pretende convencer y educar a través de verdades absolutas y acabadas producto del método científico, predicando un canon que predetermina las prácticas de los estudiantes. En su lugar “la naturaleza de la ciencia pretende crear en el estudiantado una imagen de ciencia dinámica y humana, que se aleje de la exposición de productos acabados (verdades científicas) y haga vislumbrar algo de la complejidad de la actividad científica.” (Izquierdo *et al.*, 2016, p.96). Esto en construcción y reconstrucción de preconcepciones erradas de los alumnos referentes a lo que es la ciencia, cómo se hace y qué puede lograr. Desde esta perspectiva, la NdC se apoya en enfoques históricos y filosóficos que dan sentido contextual a la ciencia y muestran cómo opera atravesada por diferentes dimensiones (política, económica, cultural).

#### 4.1.1 Visión de consenso

Diferentes autores y grupos de investigadores como Lederman (2007), McComas (2008), Osborne *et al.* (2003), Niaz (2009), entre otros, han desarrollado conjuntos de elementos que deben y pueden enseñarse eficazmente en contextos escolares, generalmente entre siete y diez, con el fin de promover una comprensión adecuada de la NdC y abordar las preconcepciones erróneas que tienen los estudiantes (Kampourakis, 2016). A estos elementos se les denomina como la visión de consenso o aspectos generales de la NdC, los cuales ofrecen una conceptualización ampliamente aceptada con un conjunto de características consideradas aspectos centrales para la enseñanza NdC (Matthews, 2017). que cumplen con condiciones como ofrecer accesibilidad para los estudiantes y profesores, contar con amplio acuerdo entre historiadores y filósofos, y proporcionar utilidad para los ciudadanos. Además, es esencial enfatizar que el alcance de esta conceptualización es abordar las ideas erróneas de los escolares sobre el funcionamiento de la ciencia y qué es el conocimiento científico (Cofré *et al.*, 2019).

En este escenario, una de las propuestas con mayor acogida es la de Norman Lederman (2007), quien identifica siete principios clave considerados apropiados para la ciencia escolar que incluyen: (1) el carácter tentativo o provisional del conocimiento científico, que destaca su naturaleza revisable y sujeta a cambios; (2) la distinción entre observaciones e inferencias, que subraya el papel interpretativo en la ciencia; (3) la diferenciación entre leyes y teorías, resaltando sus roles y alcances; (4) el carácter subjetivo del conocimiento científico, que reconoce la influencia de las perspectivas individuales; (5) la influencia de la cultura y la sociedad, que afecta las prioridades y prácticas científicas; (6) el papel de la imaginación y la creatividad en el desarrollo de teorías y modelos; y (7) la

naturaleza empírica de la ciencia, que se basa en la observación y experimentación como métodos de validación (Lederman, 2007). Estos aspectos orientan la enseñanza de la NdC, fomentando en los estudiantes una comprensión crítica del conocimiento científico y de los procesos mediante los cuales se construye y aplica en diversos contextos. Aunque estas listas de aspectos generales tienen críticos importantes, sus defensores señalan que no son exhaustivas, por el contrario, se encuentran abiertas a otros aspectos que los educadores consideren relevantes para incluir dentro de la educación de NdC.

En contraste con la amplia aceptación de esta visión de consenso, existen numerosos detractores que sostienen que la ciencia no puede quedar adecuadamente descrita por un conjunto de declaraciones fijas; además, argumentan que no es posible identificar un conjunto de características suficientes y necesarias para definir la ciencia (Irzik y Nola, 2014) y que muchas de las características comúnmente asociadas a la actividad científica también se encuentran en otras disciplinas o prácticas humanas, por lo que no son exclusivas de la ciencia (Dagher y Erduran, 2016). También advierten que la visión de consenso podría convertirse en una lista rígida que los estudiantes deben memorizar en lugar de comprender.

#### **4.1.2 Enfoque de semejanza familiar**

El enfoque de semejanza familiar surge como una alternativa a definiciones basadas en listas en listas fijas de características –como el visón de consenso de Norman Lederman (2007)– al considerar que estas reducen la complejidad de la ciencia a un inventario limitado de atributos (Kampourakis, 2016). Frente a ello el enfoque de semejanza familiar, desarrollado por (Irzik y Nola, 2014), propone una alternativa flexible que responde a la complejidad y diversidad inherente a la ciencia. Este enfoque reemplaza la búsqueda de

características universales o absolutas, por una visión que considera a la ciencia como una red de similitudes o conexiones entre distintas prácticas, propone que las diferentes disciplinas científicas comparten un conjunto de características, que se superponen y entrecruzan de forma similar a las características compartidas entre los miembros de una familia (Irzik y Nola, 2014).

Según este enfoque, no existe una propiedad única y necesaria que todas las ciencias compartan; más bien las distintas disciplinas presentan una serie de similitudes que, permiten reconocerlas como parte de un mismo conjunto sin exigir uniformidad total (Irzik & Nola, 2014).

El enfoque de semejanza familiar propone que la ciencia puede ser entendida como un sistema compuesto por dos categorías principales abiertas e interrelacionadas: sistema cognitivo-epistémico y sistema socio-institucional. Esta perspectiva permite un análisis holístico de la ciencia, reconociendo tanto sus aspectos internos de generación de conocimiento, como la influencia del contexto social en su desarrollo.

### **Sistema Cognitivo-Epistémico**

El primer gran sistema descrito por Irzik y Nola (2014) se enfoca en los mecanismos internos a través de los cuales se produce, valida y organiza el conocimiento científico. Desde esta perspectiva, la actividad científica se entiende como un proceso colectivo, sistemático y regulado, que opera mediante una serie de prácticas, valores y estructuras epistémicas compartidas por las diferentes disciplinas. Este sistema incluye cuatro subcategorías fundamentales.

- 1. Proceso de investigación:** Corresponde al conjunto de prácticas mediante las cuales los científicos formulan preguntas, diseñan estudios, recolectan datos, construyen explicaciones, elaboran hipótesis, modelan fenómenos y argumentan sus interpretaciones. Este proceso no sigue un método único o lineal, sino una pluralidad de enfoques metodológicos que varían según las disciplinas, pero que comparten estándares epistémicos como la coherencia, el control y la justificación racional de los resultados (Irzik & Nola, 2014; Kampourakis, 2016).
- 2. Objetivos y valores:** Incluye las metas que orientan la construcción del conocimiento científico —como la explicación, predicción, comprensión, sistematización y resolución de problemas— junto con los valores epistémicos que guían la evaluación de teorías y modelos. Entre estos valores se encuentran la consistencia interna, la adecuación empírica, la precisión, la simplicidad, la fecundidad y la coherencia con conocimientos establecidos. Estos valores no operan de manera uniforme en todas las disciplinas, pero sí constituyen un rasgo compartido de la práctica científica (Irzik & Nola, 2011)
- 3. Métodos y reglas metodológicas:** Se refiere a los criterios y procedimientos que regulan la investigación científica, tales como el uso de controles, la replicación cuando es posible, la transparencia en los procedimientos, la evaluación crítica de evidencias, la formulación de hipótesis contrastables y el principio de evitar explicaciones ad hoc. Estas reglas no constituyen un método universal, sino un conjunto flexible de prácticas normativas que permiten evaluar la fiabilidad y validez del conocimiento científico (Irzik & Nola, 2014).

- 4. Conocimiento:** Comprende los productos generados por la investigación científica: teorías, leyes, modelos, datos, clasificaciones, explicaciones, representaciones y principios. El enfoque de semejanza familiar enfatiza que las ciencias no solo difieren en los tipos de conocimiento que producen, sino también en la estructura, alcance y funciones de esos productos. Pese a estas variaciones, todas las disciplinas comparten la aspiración a producir conocimiento sistemático, justificado y abierto a revisión (Irzik & Nola, 2014; Kampourakis, 2016).

### **Sistema Socio-Institucional**

El segundo gran sistema formulado por Irzik y Nola (2011, 2014) reconoce que la ciencia no es una actividad aislada ni exclusivamente intelectual, sino una práctica social insertada en instituciones, comunidades, normas y valores que condicionan su producción y legitimación. El sistema socio-institucional permite comprender la ciencia como empresa humana situada, atravesada por dinámicas históricas, económicas, políticas y culturales. Este sistema incluye cuatro subcategorías interrelacionadas:

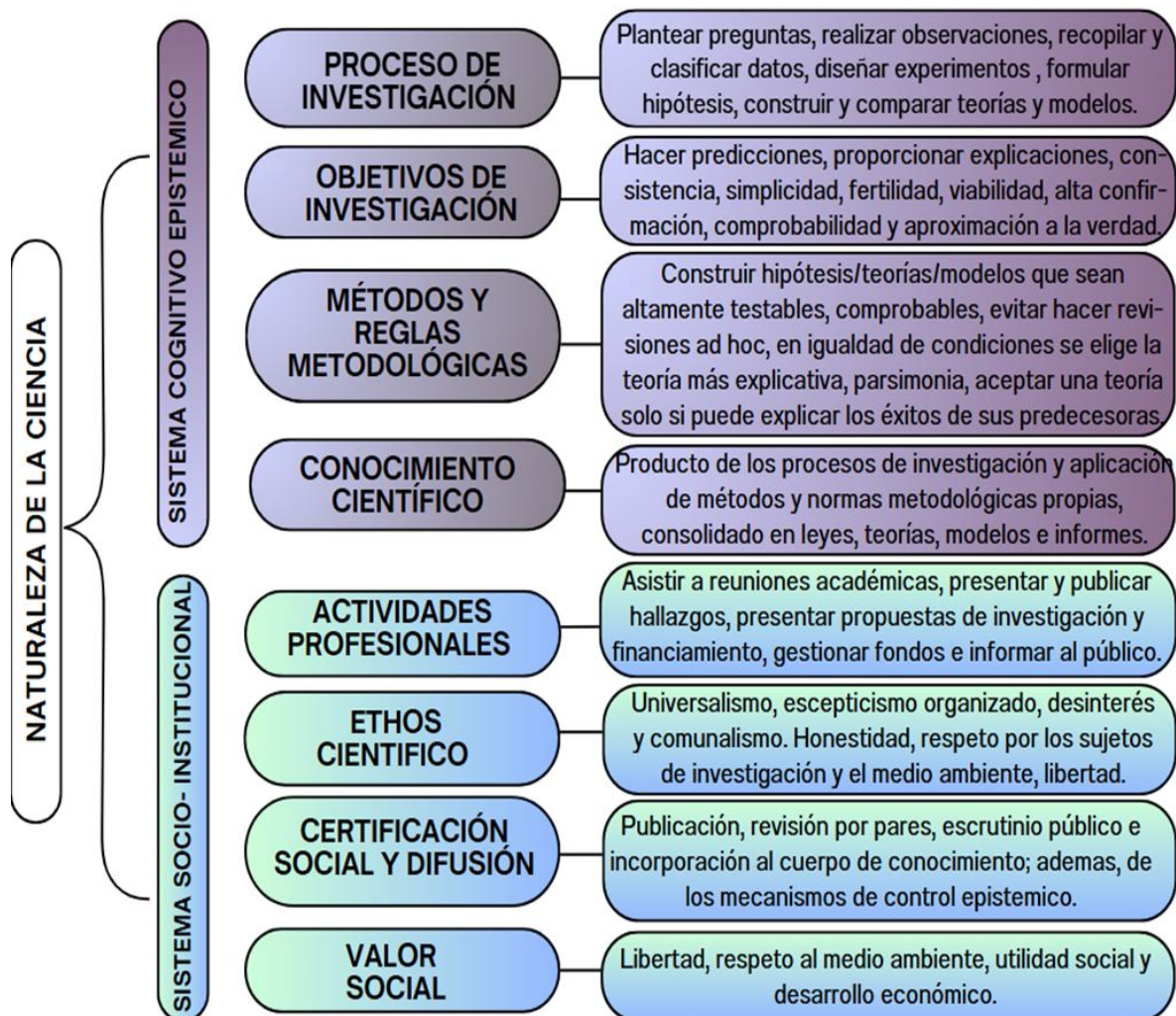
- 1. Actividades profesionales:** La ciencia implica una amplia gama de prácticas profesionales más allá del trabajo experimental, en estas se incluye, pero no está limitado a, solicitud y administración de financiamiento, gestión de recursos, escritura de artículos y reportes, entre otras. Estas actividades muestran que la ciencia es un trabajo colectivo y multifacético
- 2. Ethos:** El ethos científico agrupa los valores, normas y disposiciones éticas que regulan la conducta de la comunidad científica, es un sistema normativo que regula prácticas cotidianas de validación, comunicación y colaboración científica. Irzik y Nola (2014) retoman y actualizan elementos de la tradición

mertoniana y enfatizan que estos valores no son universales ni estáticos, sino que varían históricamente y entre disciplinas.

3. **Certificación social y difusión del conocimiento científico:** Esta subcategoría responde al proceso mediante el cual la comunidad científica examina, evalúa y legitima los nuevos conocimientos, entendiendo que la ciencia no es un logro individual, sino que el conocimiento se debe circular por una comunidad que lo valide y lo certifique.
4. **Valor social de la ciencia:** aluden al reconocimiento de la ciencia como actividad humana orientada —explícita o implícitamente— por metas sociales, éticas y culturales. Incluye valores como la libertad de investigación, la contribución al bienestar humano, el respeto al medio ambiente y la responsabilidad social.

La Figura 5 presenta una síntesis estructural de la *naturaleza de la ciencia* según el enfoque de *semejanza familiar* de Irzik y Nola (2010, 2014), organizando sus componentes en dos sistemas complementarios: el cognitivo-epistémico y el socio-institucional. La representación gráfica permite visualizar cómo los procesos, métodos, objetivos y productos del conocimiento científico se articulan con las prácticas profesionales, los valores, los mecanismos de certificación y el impacto social de la ciencia. Esta visión integrada facilita comprender la ciencia como una actividad humana compleja y contextualizada, ofreciendo un marco sólido para su enseñanza dentro de la alfabetización científica.

**Figura 5** Esquema de la naturaleza de la ciencia



*Nota:* El esquema recoge las dos macro categorías de la naturaleza de la ciencia –ciencia como sistema cognitivo-epistémico y ciencia como sistema socio-institucional– y sus respectivas subcategorías correspondientes adaptado de Kostas Kampourakis (2016) e Irzik y Nola (2014). Fuente: Elaboración propia

A pesar de que las dos visiones expuestas parecen ser mutuamente excluyentes, Kostas Kampourakis (2016) sugiere que ambas pueden complementarse: la visión de consenso puede servir como un excelente punto de partida para introducir y enseñar los conceptos básicos de la NdC, ya que ofrece una estructura clara y accesible para los estudiantes, permitiendo abordar concepciones generales sobre la NdC. A partir de esta base inicial, se puede incorporar el enfoque de semejanza familiar para explorar la diversidad y complejidad de las ciencias, permitiendo que los estudiantes comprendan cómo diferentes disciplinas y prácticas científicas comparten ciertos aspectos sin necesidad de que todos estén presentes en cada caso. De este modo, Kampourakis (2016) argumenta que la enseñanza de la NdC no se limita a una visión rígida o uniforme, sino que fomenta una comprensión flexible y profunda que evoluciona junto con el aprendizaje del estudiante, al integrar las características comunes de la ciencia con las variaciones y matices de cada campo científico.

## **4.2 Alfabetización científica**

Alrededor del concepto de alfabetización científica existen múltiples y variadas interpretaciones, se considera un término polisémico, abarcando una gran variedad de objetivos para los ciudadanos y la sociedad, con diferentes énfasis e interpretaciones (Norambuena-Meléndez *et al.*, 2023; Osborne, 2023). Independientemente de las diversas definiciones, una premisa central duradera de la AC ha sido permitir a los graduados de la escuela secundaria tomar decisiones fundamentadas sobre asuntos personales y sociales relacionados con la ciencia (DeBoer, 2000). Por tanto, existe un consenso acerca de que la AC es una meta de la educación en ciencias y que se requiere la NdC para desarrollar una visión completa y contextualizada del conocimiento científico (Bybee, 2015; Cofré *et al.*,

2019; UNESCO, 2016). De hecho, según organizaciones internacionales como la UNESCO, es fundamental que los estudiantes logren comprender la forma como se elabora el conocimiento científico, estableciendo sus posibles consecuencias y límites, aproximándose a un conocimiento contextualizado que les permita discernir de manera informada al momento de tomar decisiones relacionadas con aspectos socio-científicos (UNESCO, 2016).

El término alfabetización científica fue acuñado en la década de 1950, por diferentes autores; entre ellos se destaca Paul Hurd quien en 1958 la describió como una necesidad educativa para forjar una ciudadanía efectiva, y no un lujo intelectual para unos pocos elegidos (Hurd, 1958). Desde entonces, la AC ha tenido diversas conceptualizaciones y ha sido blanco de importantes críticas. En el escenario contemporáneo, la definición más influyente de AC, es posiblemente la utilizada por la OCDE para la evaluación en las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA), ya que este concepto se utiliza como base para la evaluación en más de 80 países (Lederman *et al.*, 2023); esta organización define la AC como “la capacidad de involucrarse con problemas relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como ciudadano reflexivo. Por lo tanto, una persona educada científicamente está dispuesta a participar en un discurso razonado sobre la ciencia y la tecnología”(OCDE, 2017, p. 15); tal concepción se aproxima a una visión de AC centrada en la participación ciudadana informada, aunque ha sido cuestionada por su sesgo tecnocrático y por privilegiar una racionalidad cercana a las políticas de rendición de cuentas y al enfoque de competencias medibles (Guerrero & Torres-Olave, 2022).

Distintos autores han propuesto comprender la AC a partir de visiones que expresan finalidades educativas y supuestos. Roberts (2007) formuló inicialmente las visiones I y II, estas visiones fueron retomadas y ampliadas por enfoques que plantean una tercera orientación, históricamente vinculada a estudios CTS y a perspectivas críticas de la educación en ciencias (Norambuena-Meléndez et al., 2021; Sjöström, 2025). En conjunto, estas propuestas permiten distinguir tres visiones fundamentales de la AC, según la postura y las finalidades que se asuman, así como la forma en que se concibe la relación entre ciencia y sociedad.

#### **4.2.1 Visión I**

Douglas Roberts define la visión I como aquella que se centra en el conocimiento conceptual de la ciencia, sus procesos internos y métodos (Roberts, 2007). Esta visión “se centra en la ciencia desde una perspectiva interna: sus productos como leyes y teorías, y sus procesos como hipótesis y experimentación. Aprendizaje de las ciencias para su posterior aplicación” (Guerrero y Torres-Olave, 2022, p.414) Se privilegia, por tanto, la estructura interna de la ciencia y su lógica metodológica, enfatizando la precisión conceptual, el control experimental y la explicación causal de los fenómenos naturales (Bybee, 2015).

Esta orientación ha estado fuertemente asociada a la formación de futuros científicos y al ideal de una ciencia objetiva, neutral y descontextualizada, centrada en el desarrollo de habilidades de razonamiento científico (Bybee, 2015; Norambuena-Meléndez et al., 2021; Sjöström, 2024).

#### 4.2.2 Visión II

Por otro lado, la visión II considera una AC que debe incluir la educación de todas las personas para tomar parte en conversaciones y discusiones políticas, abordando problemas cotidianos y globales relacionados con cuestiones científicas (Bybee, 2015; Norambuena-Meléndez et al., 2023). Aquí, el foco se desplaza desde el dominio de los contenidos disciplinares hacia la capacidad de utilizar el conocimiento científico en contextos de la vida diaria, en la toma de decisiones informadas y en la participación en debates socio-científicos. De este modo, la ciencia se concibe en relación con situaciones reales, tecnologías y problemáticas sociales, y no como un cuerpo abstracto de saberes. Para Jesper Sjöström, “la visión II se enfoca en la comprensión y utilización del conocimiento científico en la vida cotidiana y en contextos sociales” (2022, p.242).

Para Liliana Valladares esta perspectiva aborda la enseñanza y aprendizaje de la ciencia desde una mirada sociocultural, considerando que esta no es un contenido aislado; por el contrario, integra elementos del contexto y la cultura tales como emociones, valores y creencias (Valladares, 2021). Asimismo, a medida que los estudios de ciencia, tecnología y sociedad, y las teorías sociales sobre la ciencia en general se volvieron más complejos, las visiones de la AC también evolucionaron. Estas dos visiones, según la autora, reflejan un contraste: por un lado, la imagen positivista de la ciencia aislada de la sociedad, cuyas enseñanzas se centraban en alcanzar los conceptos canónicos (Visión-I); por otro lado, una visión post positivista, conectada con sociedad y cuyas prácticas educativas centra en el contexto tecnológico y social en el que se desarrolla la ciencia (Visión-II) (Valladares, 2021). Adicionalmente, Bybee sostiene que el diseño de las evaluaciones de ciencia en PISA, se basa en la visión II, ya que se caracterizan por contextualizar las preguntas y por

enfocarse en lo que un individuo competente necesita saber en la sociedad actual (Bybee, 2015).

#### **4.2.3 Visión III**

Finalmente, la tercera visión de AC se alinea con los desafíos del siglo XXI y con una orientación explícitamente transformadora de la educación científica. Diversos enfoques enfatizan la necesidad de que los estudiantes se comprometan con cuestiones del mundo real más allá de la educación científica tradicional, considerando la economía, la política, el conocimiento y los valores indígenas de la NdC.

Desde esta perspectiva, la visión III, la AC se concibe como una propiedad colectiva y no individual, a diferencia de las visiones previas, puesto que se busca transformar las relaciones humanas y, en consecuencia, los diferentes sistemas de injusticia, las brechas económicas, culturales y sociales. No se trata únicamente de contextualizar la ciencia o reflexionar sobre sus impactos, sino de reorientar la educación científica hacia una formación crítica, ética y política que fomente la agencia individual y colectiva de los ciudadanos, articulando el conocimiento científico con otros saberes y con luchas por la justicia social, ambiental y cognitiva (Sjöström y Eilks, 2018; Guerrero & Torres-Olave, 2022).

En términos conceptuales, Norambuena-Meléndez *et al.* (2021) destacan que la visión III expande el alcance de la AC desarrollada en la visión II y asume la ciencia escolar más allá de su contextualización social, incorporando una mayor implicación ciudadana y un compromiso con la transformación social. En una revisión reciente, Sjöström (2024) caracteriza la visión III como una concepción de la AC basada en saberes científicos amplios y en múltiples alfabetizaciones (incluida la digital), que permite

comprender la complejidad del mundo desde perspectivas pluralistas –interdisciplinares, críticas, histórico-filosófico-sociológicas, de interseccionalidad y de epistemologías indígenas– y que prepara para la acción “glocal” comprometida. En este sentido, la visión III añade una dimensión ética, sociopolítica, relacional y existencial tanto a la visión I como a la visión II, funcionando como un puente crítico que equilibra el énfasis disciplinar y el énfasis contextual, pero orientado ahora hacia la **transformación** (Sjöström, 2024).

Esta perspectiva ha sido retomada en el contexto latinoamericano por Guerrero y Torres-Olave (2022), quienes la vinculan con la justicia social y la participación democrática. En la misma línea, Pérez Rodríguez *et al.* (2024) destacan que avanzar hacia una auténtica cultura y alfabetización científica implica superar el enfoque de déficit e integrar dimensiones epistemológicas y socioculturales que fortalezcan la reflexión crítica sobre el papel de la ciencia en la sociedad. Es decir, la educación científica no debería limitarse a prácticas docentes centradas en la lectura y escritura de textos, sino orientarse a la formación de sujetos conscientes y comprometidos, capaces de comprender y actuar críticamente en el mundo, desarrollando procesos que les permitan reconocer los problemas sociales, ambientales y éticos asociados al quehacer científico y participar activamente en su transformación.

A continuación, se presenta la Tabla 9, que sintetiza las tres visiones de la alfabetización científica expuestas previamente, permitiendo visualizar de manera integrada las diferencias y alcances de cada perspectiva.

**Tabla 9.** *Resumen de las tres visiones de alfabetización científica*

| <b>VISIÓN</b>                           | <b>ORIENTADO A:</b>                                                                                | <b>FINALIDAD</b>                                                                                                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Visión I</b><br>(Roberts, 2007)      | <i>Insider</i> de la ciencia —<br>quien opera “dentro” de la<br>disciplina.                        | Comprensión y uso del<br>lenguaje, conceptos y<br>métodos propios de las<br>ciencias                                                    |
| <b>Visión II</b><br>(Roberts, 2007)     | <i>Externo</i> competente —<br>ciudadano que se enfrenta a<br>asuntos con componente<br>científico | Aplicar saberes<br>científicos a problemas<br>personales, sociales y<br>mediáticos; participar en<br>discusiones socio-<br>científicas. |
| <b>Visión III</b><br>(Osborne,<br>2021) | Comunidad<br>interdependiente de saberes;<br>sujeto crítico-transformador                          | Ciencia como empresa<br>colectiva y herramienta<br>de acción socioambiental;<br>justicia, sostenibilidad,<br>emancipación               |

*Nota:* Elaboración propia

## 5. Metodología

El presente capítulo expone detalladamente las decisiones metodológicas que orientaron la investigación, con el objetivo de entender las RS de la NdC de los estudiantes de Bogotá, y con ello, hacer una propuesta para incorporar la NdC en la AC en la educación media. El diseño de la investigación abarcó la elección del paradigma, enfoque, método, técnicas e instrumentos para la recolección de información y análisis de datos; con miras a responder a la pregunta de investigación.

El diseño metodológico, de carácter cualitativo, se estructuró a partir del método de la Teoría Fundamentada en la versión propuesta por Strauss y Corbin (2002), lo que permitió comprender y dotar de sentido los datos recogidos, con el fin de identificar los elementos constitutivos y estructurales que configuran las RS; ello posibilitó un análisis de las percepciones y significados atribuidos a la NdC en el ámbito educativo. En este sentido, la teoría fundamentada fue clave para encontrar el núcleo y los elementos periféricos que componen las RS de la NdC; mediante sus etapas de recopilación y análisis de datos, codificación abierta, axial y selectiva, saturación y construcción teórica. De este modo, se profundizó en las creencias, opiniones e ideas de los estudiantes como componentes interrelacionados de las representaciones sociales (RS). Si bien estos constructos forman parte de un mismo sistema de significados, cumplen funciones diferenciadas dentro de su estructura: las creencias reflejan elementos más estables y valorativos que conforman el núcleo central; mientras que las opiniones e ideas expresan componentes más flexibles, asociados a la experiencia cotidiana y al discurso contextual. Esta comprensión permitió delinear con claridad la estructura de la RS, en la que la conceptualización emergió a partir

de los datos, dando paso a la propuesta que articula las representaciones con la alfabetización científica.

Para desarrollar la investigación se asumió entonces el paradigma interpretativo con un enfoque cualitativo, postura que brindó la posibilidad de profundizar en los significados que los actores sociales, particularmente estudiantes de media, le otorgan a la NdC. Posteriormente, se empleó la teoría fundamentada para identificar categorías emergentes a partir de los datos encontrados mediante la aplicación de técnicas e instrumentos como: análisis documental, cuestionario tipo Likert, asociación libre y elecciones sucesivas por bloques; con el uso de Atlas.ti.24 como software para el análisis de los datos cualitativos.

La matriz de vaciamiento presentada en la Tabla 10 10, muestra la pregunta rectora de la investigación, objetivos, categorías de análisis, técnicas e instrumentos; de esta manera se puede verificar la coherencia metodológica y la pertinencia de cada componente.

**Tabla 10** Matriz de vaciamiento

| <p><b>Título de la investigación:</b><br/> <b><i>Integración de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de Bogotá</i></b></p> |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                  |                                                               |                                                                         |                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Metodología de investigación</b><br/> <b>Paradigma:</b> Interpretativo<br/> <b>Enfoque:</b> Cualitativo<br/> <b>Método:</b> Teoría Fundamentada</p>                                                                                     |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                  |                                                               |                                                                         |                                                                                                                                  |
| <b>Pregunta medular</b>                                                                                                                                                                                                                       | <b>Objetivo general</b>                                                                                                                                                               | <b>Objetivos específicos</b>                                                                                                                                     | <b>Categorías de análisis</b>                                 | <b>Técnicas</b>                                                         | <b>Instrumentos</b>                                                                                                              |
| <p><i>¿Qué propuesta surge para integrar la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica a partir de las representaciones sociales de estudiantes de educación media en colegios oficiales de</i></p>                             | <p>Formular una propuesta que integre la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá</p> | <p>Analizar cómo se incorpora la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica de los estudiantes de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá.</p>   | <p>Alfabetización científica<br/>Naturaleza de la ciencia</p> | <p>1. Revisión documental.<br/>2. Encuesta</p>                          | <p>1. Matriz de revisión de la política educativa.<br/><br/>2. Cuestionario tipo Likert<br/><br/>• Uso del software Atlas TI</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                       | <p>Caracterizar las Representaciones Sociales de la naturaleza de la ciencia en estudiantes de educación media en colegios oficiales de la ciudad de Bogotá.</p> | <p>Representaciones sociales<br/>Naturaleza de la ciencia</p> | <p>3. Asociación libre<br/><br/>4. Elecciones sucesivas por bloques</p> | <p>3. Carta asociativa<br/><br/>4. Listado de palabras para jerarquizar.<br/>• Uso del software Atlas TI</p>                     |

*la ciudad de  
Bogotá?*

Construir los elementos de una propuesta que incorpore la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá.

Alfabetización científica  
Naturaleza de la ciencia

5. Análisis de contenido

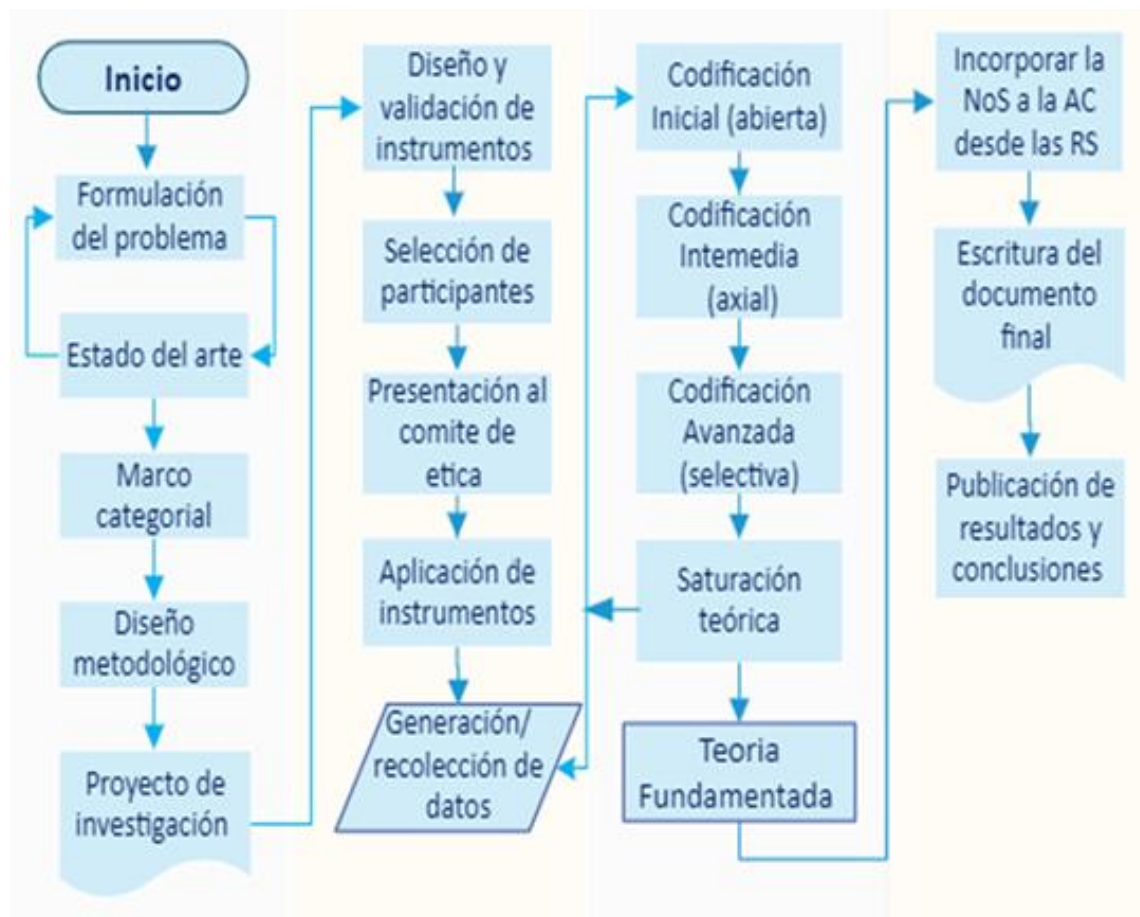
5. Análisis de contenido (codificación axial, abierta, selectiva y generación de teoría)

- Uso del software Atlas TI

*Nota:* Matriz de vaciamiento del proceso de investigación acorde a los protocolos para la investigación del Doctorado en Educación- USTA.

A partir de esta estructura, que contribuyó significativamente a la planificación y al desarrollo integral del estudio se elaboraron las cuatro fases mostradas en la Figura 6, las cuales mantienen correspondencia con el paradigma, enfoque y método que se apropiaron en el desarrollo de este estudio

**Figura 6** *Fases de la investigación*



*Nota:* Flujograma donde se muestran las actividades programadas en el desarrollo de la investigación. Elaboración propia.

En los apartados que siguen se presenta de manera detallada el paradigma investigativo, seguido del enfoque, posteriormente se describe el método seleccionado y su articulación con las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos, se

continúa con los criterios de elección de los participantes involucrados, y las finalmente se plantean las consideraciones éticas que guiaron el proceso investigativo. De este modo, el capítulo ofrece una visión integral y coherente de las decisiones metodológicas que respaldan el desarrollo y la validez del estudio.

### **5.1 Paradigma: interpretativo**

En la investigación educativa el paradigma se entiende como el marco filosófico, un lente conceptual, que guía la manera en la cual se concibe la realidad, se construye el conocimiento y la comprensión en torno a un fenómeno de interés; según Alfredo González Morales es “un modelo para situarse ante la realidad, interpretarla y darles solución a los problemas que en ella se presentan” (2003, p. 125). Para este autor dentro de paradigma debe existir coherencia e interdependencia entre los supuestos ontológicos, epistemológicos, y metodológicos, ya que son estos los que le dan una postura al investigador y una solidez en la consecución y análisis de los hallazgos. En este campo se reconocen tres paradigmas principales, a saber, el positivista, el interpretativo y el sociocrítico.

Para esta investigación se adoptó el paradigma interpretativo como marco orientador, con el propósito de comprender los significados y sentidos que los sujetos atribuyen a sus experiencias y a las situaciones que viven en relación con la ciencia, así como a las representaciones sociales que elaboran sobre la naturaleza de la ciencia y su vínculo con la alfabetización científica (Carr y Kemmis, 1998). Este paradigma destaca el papel de los contextos y reconoce que los significados se construyen a partir de las experiencias de los actores educativos, lo que implica asumir que la comprensión del fenómeno investigado se configura en la interacción entre el investigador y los

participantes. En consecuencia, se otorga un lugar central a las interpretaciones que emergen de esta relación y a la construcción compartida del sentido del objeto de estudio.

En consonancia, el interpretativismo en la investigación social educativa se fundamenta en la idea de que la realidad es construida socialmente y, por tanto, no es única ni independiente, se configura a partir de las interpretaciones sociales y subjetivas que los actores educativos elaboran a partir de sus experiencias y contextos (González-Monteagudo, 2001). En esta investigación, dicha concepción se materializa en la comprensión de RS que los estudiantes construyen sobre la NdC y su relación con la AC; es decir, son construcciones colectivas que reflejan cómo los sujetos interpretan, valoran y dotan de sentido su experiencia con la ciencia escolar. Así, la realidad analizada está modelada por factores culturales, históricos, económicos y educativos (Lincoln y Guba, 2000) y se compone de significados, intenciones y propósitos compartidos que emergen a través de la comprensión social.

A partir del enfoque interpretativo, el lenguaje se entiende como el medio a través del cual los sujetos construyen y comunican esas significaciones, posibilitando el acceso a las RS que sustentan su pensamiento sobre la NdC y la AC. De esta manera, las posturas, experiencias y discursos de los estudiantes permiten comprender cómo la ciencia escolar es apropiada, traducida y resignificada en su vida cotidiana, revelando la complejidad de los procesos socio-cognitivos que articulan conocimiento científico y sentido común.

Desde la perspectiva epistemológica, el paradigma interpretativo, entiende el papel del investigador de una manera no neutral y en constante intercambio con el fenómeno. Esto implica que el diseño metodológico, en particular, las técnicas e instrumentos, orienten la búsqueda de información y datos que permitan una visión coherente, amplia y más

precisa del contenido de las RS respecto a las categorías de la NdC. De otro lado, este paradigma reconoce la interacción dinámica entre el investigador y los participantes, superando la división entre el sujeto-objeto (González Monteagudo, 2001). En este sentido, dado que la realidad es una construcción social, es clave comprender que la relación entre el investigador y lo investigado se cruzan y correlacionan, ya que la imagen compartida de la realidad debe ser matizada y comprendida de forma clara a través de los momentos de codificación, las técnicas y los instrumentos vinculados a la teoría fundamentada, en particular al indagar sobre la configuración de la NdC en el pensamiento estudiantil, de hecho, se considera que los puntos de vista e ideas del investigador permean y se nutren con las ideas de los demás actores educativos que participan en la investigación. De esta forma, el conocimiento adquiere elementos constructivistas y experienciales que validan y encuentran distintos puntos y percepciones de la realidad compartida.

Para explorar las RS de la NdC entre los estudiantes de educación media en Bogotá, fue necesario adentrarse en el complejo entramado de significados, ideas y opiniones que tienen estos sujetos como actores sociales. En consecuencia, el paradigma interpretativo como principio desde el cual se abordó la investigación, buscó comprender los significados y sentidos que los sujetos tienen de las realidades y situaciones vividas (Carr y Kemmis, 1998). Este permitió develar los significados que los estudiantes de EM de la ciudad de Bogotá atribuyen a la NdC y su relación con la alfabetización científica, a partir de la caracterización de las RS, ya que asume que estas son construcciones sociales y colectivas, mediadas por los contextos y las significaciones que los sujetos y los colectivos le atribuyen. Los diferentes grupos crean significados compartidos en torno a ciertos fenómenos, en este caso la naturaleza de la ciencia (NdC).

Finalmente, la teoría fundamentada, al explorar las creencias, ideas y opiniones de los estudiantes, se alinea con los planteamientos del paradigma interpretativo (en su dimensión ontológica, epistemológica y metodológica), ya que no busca el conocimiento a partir de teorías generales o leyes preestablecidas sino que se basa en los constructos experienciales y mentales de los sujetos para revelar, elementos esenciales de su pensamiento; esto es, no parte de una pretensión investigativa vertical que indaga de forma objetiva y neutral las percepciones y concepciones de los estudiantes, al contrario, es un trabajo de base, que va de los sujetos de la investigación hacia la construcción de conceptos que a la larga contribuyen al constructo teórico del problema investigado, en otras palabras, no se trata de un modelo deductivo-inductivo, más bien recoge planteamientos inductivo-deductivos.

## **5.2 Enfoque: cualitativo**

Se asumió el enfoque cualitativo que en conjunto brinda la posibilidad de comprender fenómenos complejos dentro de su contexto natural; es decir, desde la perspectiva del propio sujeto. Tal como señalan Abero *et al.*, esta aproximación metodológica “se define por su interés en comprender (*verstehen*) la conducta humana desde el propio marco de referencia de quien actúa” (2015, p.101). Además, es particularmente valioso porque reconoce la importancia de las experiencias subjetivas e intersubjetivas, así como la observación de lo cotidiano y el empleo del razonamiento inductivo para dar respuestas al problema planteado. Para Flick “la investigación cualitativa se orienta a analizar casos concretos en su particularidad temporal y local, y a partir de las expresiones y actividades de las personas en sus contextos locales” (Flick, 2018, p. 27).

Este enfoque es apropiado para comprender los fenómenos desde la mirada de sus propios protagonistas; privilegiando la exploración de significados y creencias. En este sentido, la comprensión de las RS, situadas en la intersección entre ciencia y sociedad (Lacolla, 2005), exige interpretación y análisis de los elementos subjetivos arraigados en la esencia humana. Estos elementos –valores, creencias, prácticas– no solo guían a los sujetos a través de realidades complejas, sino que influyen en su percepción y entendimiento del mundo, facilitando la interacción y la construcción de significados compartidos, lo que frecuentemente se llama conocimiento del sentido común (Jodelet, 1986). Por consiguiente, el carácter subjetivo y constructivista de las representaciones sociales demanda un marco paradigmático que facilite la comprensión de las percepciones y experiencias de los estudiantes.

Por último, la naturaleza del problema a investigar y la necesidad de encontrar la estructura de las RS, constituida por el núcleo representacional y los elementos periféricos - que se buscan a través de esta investigación- exigen un acercamiento a los datos flexible e inductivo, donde a partir de la teoría fundamentada se pueda llegar de los datos hacia la construcción teórica, “es importante reconocer que esta teoría, de acuerdo con sus características, se encuentra inmersa dentro de lo que se conoce como investigación cualitativa” (Alarcón, Múnica y Montes, 2017, p. 238). Por tanto, los métodos y las técnicas implementadas permitieron identificar la estructura representacional de los estudiantes con respecto a cada una de las categorías que conforman los sistemas de la NdC, lo que constituye un acercamiento a la comprensión del pensamiento de los estudiantes en torno a la NdC y la relación con la alfabetización científica.

### 5.3 Método: teoría fundamentada

En el estudio de las RS, la Teoría Fundamentada (TF) se ha empleado como método de investigación (Restrepo-Ochoa, 2013), caracterizada por generar teoría inductiva que emerge del análisis estructurado y detallado de los datos cualitativos. Al respecto Strauss y Corbin la definen como aquella “teoría derivada de datos recopilados de manera sistemática y analizados por medio de un proceso de investigación” (Strauss y Corbin, 2002, p. 21). Asimismo, señalan que, al surgir de conceptos sustentados en datos proporcionados por los actores sociales, esta metodología posee una capacidad singular para ofrecer explicaciones coherentes con la realidad y, con ello, dar paso a nuevos conocimientos para comprenderla. En este proceso subyace, un entramado conceptual de categorías, subcategorías, propiedades y dimensiones que da cuenta del fenómeno estudiado.

Con miras a realizar aportes teóricos al campo de estudio, a partir del método de la teoría fundamentada, se llevó a cabo una codificación “línea por línea” de los datos al inicio del estudio, un proceso denominado “microanálisis” (Strauss y Corbin, 2002). Su utilidad consistió en encontrar las categorías iniciales que dieron paso a tres fases iterativas de análisis y codificación: abierta, axial y selectiva, mediante las cuales se identificaron similitudes y recurrencias; proceso que se dio de manera simultánea y en paralelo con la recolección de la información. De acuerdo con lo planteado por Anselm Strauss y Juliet Corbin (2002), la teoría fundamentada en esta investigación articuló la codificación del siguiente modo:

**Codificación abierta:** Constituyó la parte inicial de la codificación, a partir de la cual se obtuvieron las categorías preliminares a través del microanálisis de los datos obtenidos en las cartas asociativas y los bloques de elección sucesivos aplicados a los

estudiantes; cuya finalidad fue descubrir, nombrar y categorizar los fenómenos presentes, mediante la fragmentación, comparación y asignación de códigos a los datos. Se trató de un proceso en el que los datos se descompusieron para reconocer y caracterizar las categorías, junto con sus propiedades y dimensiones.

**Codificación axial:** Etapa en la cual se refinaron las categorías iniciales y se estableció su jerarquía para distinguir las principales de las subcategorías, así como las relaciones entre estas, dando paso a la conceptualización siguiendo las líneas de sus propiedades y dimensiones. En síntesis, consistió en relacionar y conectar categorías con subcategorías, su denominación de axial se debe a que la codificación ocurre alrededor del eje de una categoría encontrada en la fase anterior.

**Codificación selectiva:** Fase en la cual se integraron y refinaron la o las categorías principales, dando paso a la teoría fundamentada como un esquema teórico. Este proceso culminó en la *saturación teórica*, que es el momento en la construcción de las categorías en el cual no surgieron nuevas relaciones durante el análisis (Strauss y Corbin, 2002).

En particular, para estudiar de manera efectiva las RS de la NdC de los estudiantes de educación media, fue fundamental encontrar su estructura y organización intrínseca. Según Jean-Claude Abric “El análisis de una representación y la comprensión de su funcionamiento necesitan obligatoriamente de una doble identificación: la de su contenido y la de su estructura” (2001, p.18). El desafío radicó en descifrar el núcleo central y los elementos periféricos de las RS que los estudiantes tienen de la NdC. Por tanto, este proceso implicó tres apuestas de indagación que se acoplan y se cruzan.

Primero, fue necesaria una comprensión de las representaciones mismas: su contenido, significado y funcionamiento. En segundo lugar, resultó crucial diseñar y aplicar

instrumentos y técnicas apropiados que permitieron un acercamiento a las representaciones de manera eficaz. Por último, se procedió a recopilar, interpretar y analizar detalladamente los datos para identificar con precisión y claridad estas representaciones a través de la teoría fundamentada.

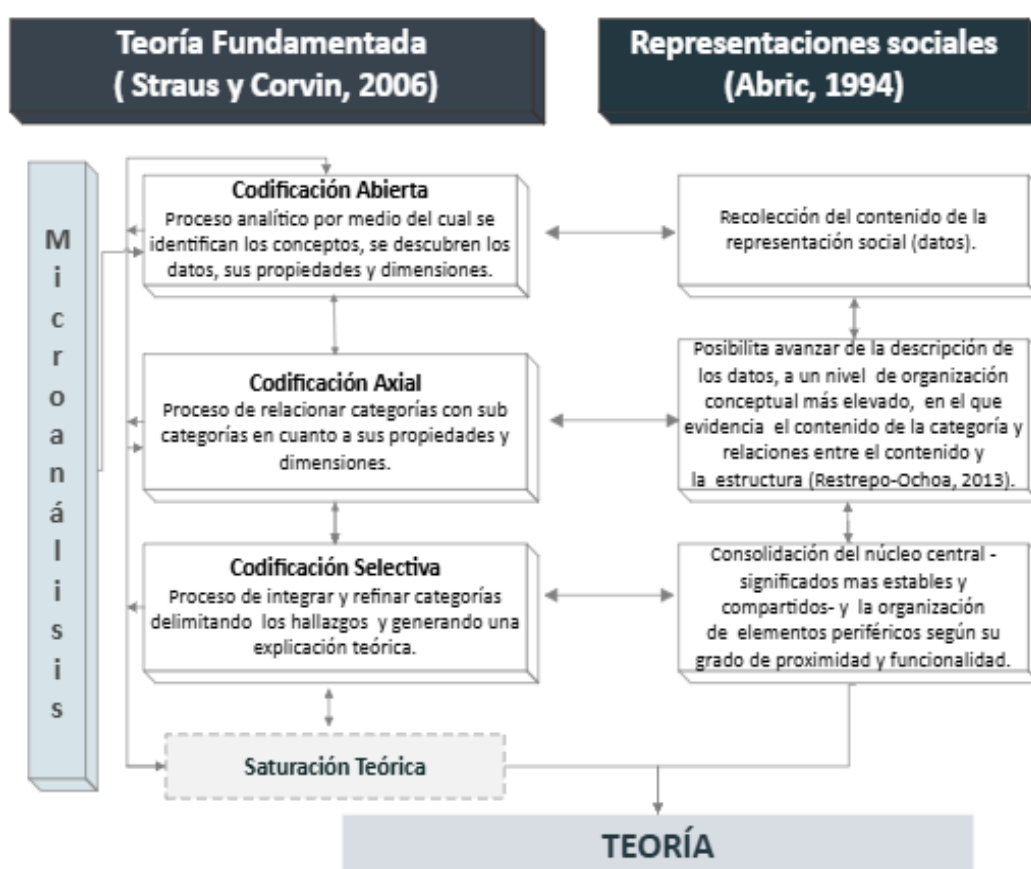
La finalidad del método empleado en esta investigación es construir una propuesta derivada de los datos obtenidos mediante cuestionarios, asociaciones libres y elecciones sucesivas por bloques, con el propósito de comprender cómo los estudiantes de educación media de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá conciben de manera intrínseca y espontánea la naturaleza de la ciencia, y de establecer vías para su incorporación en la AC. Además, se buscó explorar y teorizar cómo estos jóvenes perciben e integran a su cultura, valores, creencias y opiniones que de fondo se configuran a través de las RS. La pertinencia entonces, de la TF como método de investigación consiste en que es a partir de las ideas de los estudiantes (datos), que se encontraron los conceptos, similitudes y recurrencias, para integrar la NdC a la alfabetización científica. Tal como indican Strauss y Corbin “el valor de la metodología que entraremos a describir radica en su capacidad, no sólo de generar teoría, sino también de fundamentarla en los datos” (Strauss y Corbin, 2002).

Para establecer una relación de la teoría con los datos recabados por medio de la implementación de técnicas e instrumentos, se requirió aplicar las fases de codificación y análisis antes descritas, proceso que según Strauss y Corbin (2002) consiste en segmentar, conceptualizar e incorporar los datos a una teoría, lo cual se realizó desarrollando las fases sucesivas: codificación abierta, axial, selectiva y saturación teórica.

La estructura metodológica de la teoría fundamentada se articula de manera adecuada a la búsqueda y análisis de las RS, siguiendo los pasos de este método. A través

de codificaciones iterativas, mediante el microanálisis, se refinaron categorías centrales y sus satélites, es decir, aquellos aspectos que gravitan y expresan parte de dichas categorías, lo cual, desde una perspectiva más detenida, se asocia claramente con la posibilidad de encontrar los núcleos de la Representación y sus elementos periféricos, como se muestra en la Figura 67.

**Figura 7** Estructura de la Teoría Fundamentada en relación con las representaciones Sociales.

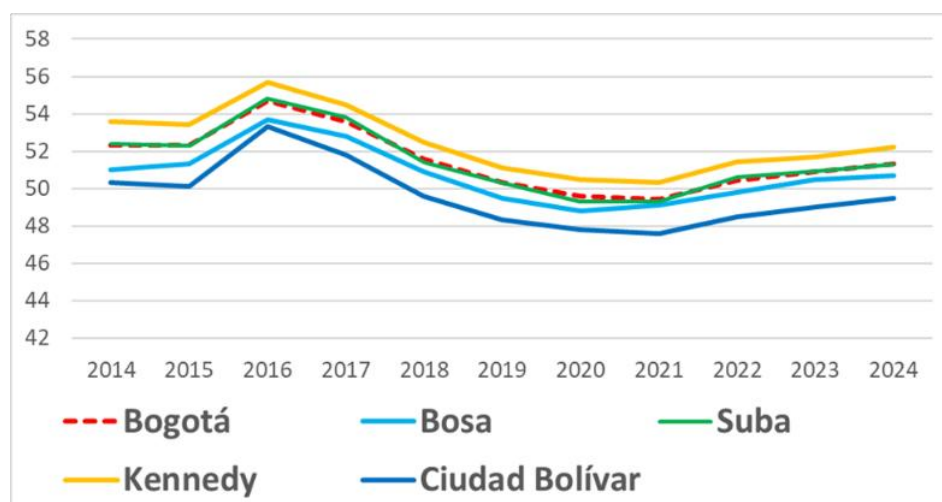


*Nota:* En el esquema se hace un paralelo entre las fases de la Teoría Fundamentada y las Representaciones Sociales, mostrando la relación entre el método y el establecimiento del contenido y la estructura de las RS en el proceso investigativo. Elaboración propia.

## 5.4 Participantes

En esta investigación los participantes seleccionados fueron estudiantes de los grados décimo y once de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá, se realizó una muestra deliberada, en concordancia con la Teoría Fundamentada (Chun Tie *et al.*, 2019); en particular, se tomaron estudiantes de tres colegios oficiales de la localidad de Suba, una de las zonas con mayor proporción de matrícula en EM en instituciones oficiales, con un total de 9874 estudiantes según reporta el Sistema Integrado de Matrícula (SIMAT, 2024) – 9.9% de la población total de Bogotá–. La elección de la localidad de Suba, dentro de las cuatro zonas con mayor matrícula de Bogotá –Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Suba– responde a que reporta los resultados en las pruebas saber 11 en ciencias naturales que más se aproximan al promedio de los colegios oficiales del Distrito, como se puede ver en la Figura 8, lo que asegura la representatividad de los datos.

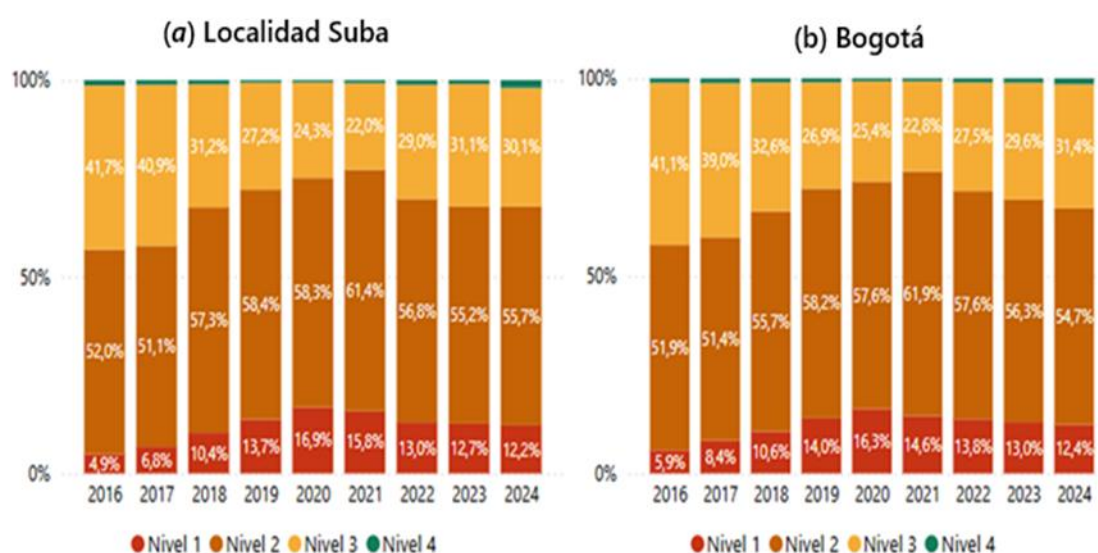
**Figura 8** *Tendencia del promedio en puntaje Prueba Saber 11.*



*Nota:* Promedio histórico del puntaje promedio en Ciencias Naturales (Prueba Saber 11) entre 2014 y 2024 para las localidades de Bosa, Suba, Kennedy y Ciudad Bolívar, en comparación con el promedio de Bogotá. Fuente: Elaboración propia.

Considerando que existen cuatro niveles de desempeño definidos por el ICFES para la prueba Saber 11, la cual clasifica cualitativamente a los estudiantes según sus habilidades y conocimientos en ciencias naturales (ICFES, 2022), la localidad de Suba muestra una distribución por niveles muy similar a la de Bogotá (véase **Figura 9**). Asimismo, la distribución por género y estrato socioeconómico guarda correspondencia con la general para la ciudad. Esta semejanza permite que los datos obtenidos reflejen las características y condiciones del conjunto de estudiantes de media en colegios oficiales de Bogotá, lo que respalda la extrapolación de hallazgos a nivel distrital.

**Figura 9** Niveles de desempeño Prueba Saber 11 en Ciencias – Comparativo



*Nota:* Comparación de los niveles de desempeño en Ciencias Naturales entre la localidad de Suba y el promedio de Bogotá (b). Los porcentajes reflejan la distribución de estudiantes en cada nivel de desempeño. Tomado de: <https://smece.educacionbogota.edu.co/tableros-smece>

Las instituciones educativas distritales seleccionadas para aplicar los instrumentos son: Colegio Alberto Lleras Camargo (jornada mañana y tarde), Colegio Nueva Colombia

(jornada única) y Colegio El Salitre-Suba (jornada tarde); con un total aproximado de 850 estudiantes en las tres instituciones. Considerando que la teoría fundamentada requiere un análisis detallado, el ajuste del número de participantes iniciales es una manera de optimizar recursos; además, teniendo en cuenta que posterior a la obtención de los datos iniciales con la selección deliberada, se inició una selección teórica para llenar vacíos, aclarar dudas, sintetizar, hacer más abstractas y generales las categorías encontradas en primera instancia. Esta estrategia permitió identificar las recurrencias que dieron paso a la conformación de la teoría.

Como parte de la primera fase se aplicó una encuesta cerrada con escala de Likert a los estudiantes de media de los colegios participantes, quienes intervinieron voluntariamente tras completar los formatos de consentimiento y asentimiento informados para los menores de edad. Además, en la misma sesión se trabajó la carta asociativa y, por último, en otro momento con aproximadamente 10% de los participantes iniciales (alrededor de 65 estudiantes) se realizó la lección sucesiva por bloques.

La Tabla 11, recoge el número de participantes para cada técnicas e instrumento por institución. La diferencia que se evidencia entre el número de estudiantes que respondieron la encuesta y los que desarrollaron las cartas asociativas obedece a que algunas de estas últimas se descartaron porque la información proporcionada estaba incompleta y no permitía restaurar el sentido de las expresiones espontáneas vinculadas al contenido de la representación.

**Tabla 11** *Participantes por cada institución educativa de acuerdo al instrumento*

| Institución educativa         | Número de participantes por técnica |                                     |                                                   |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                               | Cuestionario (Encuesta)             | Asociación libre (Carta asociativa) | Bloques de selección sucesiva (Lista de palabras) |
| Alberto Lleras Camargo IED JT | 185                                 | 131                                 | 17                                                |
| Alberto Lleras Camargo IED JM | 123                                 | 120                                 | 20                                                |
| Nueva Colombia IED            | 250                                 | 192                                 | 17                                                |
| Colegio el Salitre de Suba    | 124                                 | 99                                  | 13                                                |
| <b>Total</b>                  | 682                                 | 542                                 | 67                                                |

*Nota:* La tabla presenta la relación de participantes por institución educativa, discriminando para cada instrumento. Fuente: elaboración propia.

Por último, se analizaron los datos mediante las codificaciones descritas en la teoría fundamentada hasta cuando no emergieron nuevas propiedades, dimensiones o relaciones durante el análisis –saturación teórica–. Lo cual permitió asegurar que los datos recolectados son representativos y suficientes para desarrollar una comprensión robusta y detallada de las RS de la NdC entre los estudiantes de EM.

## 5.5 Técnicas e instrumentos

Como parte del diseño metodológico para alcanzar los objetivos propuestos, las técnicas e instrumentos empleados para recabar información apuntaron a responder los tres objetivos específicos que articulados daban cuenta del objetivo general; esto es, analizar la incorporación de la NdC en la AC desde documentos de política pública, identificar las RS de los estudiantes sobre la NdC y realizar una propuesta desde estos hallazgos a la AC en

educación media. Para ello, fue necesaria una triangulación que, por un lado, diera cuenta de las RS –en su contenido y estructura– y por otro permitieran generar teoría fundamentada a partir de los datos recogidos hasta llegar a una saturación teórica.

Así, las técnicas y los instrumentos llamados a encontrar la estructura de la representación se orientaron, en un primer momento, hacia los elementos que configuran su contenido, pues permitieron identificar los códigos utilizados por los individuos en su interpretación de la NdC y, con ello, obtener datos clave que permitieron la exploración de las representaciones hasta encontrar su núcleo central. En esta línea, mediante la codificación y categorización, la TF elucidó la compleja red de significados a través de los que se interpreta la realidad social; de este modo, posibilita identificar tanto el contenido como la estructura de la representación (Bustamante y Lesta, 2022).

En este escenario, los datos obtenidos, dada su complejidad, precisaban una traducción teórica pertinente, para expresar de manera coherente los hallazgos a nivel del núcleo central y el sistema periférico de las RS de la NdC entre los estudiantes. La teoría fundamentada se destaca como un método apropiado “cuando el investigador se propone generar modelos teóricos, lineamientos teóricos, sistemas teóricos y teorías entre otros derivados de datos primarios que emergen de la realidad contextualizada y vivenciada por los actores sociales, mediante procesos analíticos” (Finol y Vera, 2020). En consonancia, fue posible generar una propuesta, en donde las codificaciones (abierta, axial y selectiva) permitieron discernir, organizar y estructurar el constructo teórico y hallazgos del proceso (Strauss y Corbin, 2002), vislumbrando caminos que vincularon las RS sobre la NdC de los estudiantes con el objetivo de fortalecer su AC.

### 5.5.1 Fases de implementación

Así planteada la investigación, se desarrollaron cuatro fases en la consecución de los objetivos planteados:

**Fase 1:** Se efectuó un análisis documental de los Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales (MEN, 1998) y los Estándares Básicos en Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2006) mediante una matriz que incluyó las tres visiones de la AC y las categorías de la NdC, según el modelo de semejanza familiar. Esta revisión permitió analizar qué tan cerca o lejos, qué tan alineada o desalineada se encuentra la política pública con respecto a las categorías de análisis mencionadas; en otras palabras, establecer aquellos elementos convergentes y divergentes entre las políticas tratadas y el marco conceptual desarrollado. Además, se incluyó la percepción de los estudiantes en el análisis de la incorporación de dichas categorías, con el fin de trazar líneas de coherencia o incoherencia entre los planteamientos de la política pública, la NdC y las ideas de los estudiantes, esto se realizó con base en un cuestionario, que se concretó en una encuesta tipo Likert, la cual dio cuenta del nivel de acuerdo o desacuerdo y la frecuencia –de “siempre” a “nunca”–, en 33 afirmaciones para hacer una aproximación a la incorporación por parte de los estudiantes de las categorías de la NdC (Ver anexo 1). Este cuestionario se aplicó en físico a 640 estudiantes de los grados décimo y once en los tres colegios definidos para la investigación, como se mostrará en detalle en la siguiente sección.

**Fase 2:** De acuerdo con el marco conceptual adoptado, la codificación en la Teoría Fundamentada se debía desarrollar en paralelo y de forma cruzada con la búsqueda de las RS; por ello, la exploración inició con los datos arrojados por el cuestionario administrado en la fase anterior. Este es considerado por Jean-Claude Abric como “la técnica más

utilizada en el estudio de las representaciones, [cuyo éxito] parece poder explicarse por diversas razones: al contrario de la entrevista, el cuestionario permite introducir los aspectos cuantitativos fundamentales en el aspecto social de una representación” (2001, p.56). La información recolectada y analizada hizo posible objetivar y comparar las percepciones de los estudiantes con relación a las dos categorías principales de la naturaleza de la ciencia –la ciencia como sistema cognitivo epistémico y la ciencia como sistema socio-institucional– permitiendo clasificar y codificar las respuestas para identificar de manera preliminar los vacíos y estructuras subyacentes de los estudiantes.

El análisis de las respuestas obtenidas en el cuestionario complementó la técnica de asociación libre, aplicada a través de cartas asociativas a partir de un término inductor para cada una de las ocho subcategorías de la NdC, según la perspectiva de semejanza familiar propuesta por Izik y Nola (véase Figura 18), Este instrumento permitió identificar el contenido de las RS, pues “las ventajas del método son numerosas: necesita poco tiempo y esfuerzo por parte del sujeto [...] y, sobre todo, identificar lazos significativos entre los elementos del corpus” (Abric, 2001, p.63).

Al igual que la encuesta, este instrumento se implementó en formato físico a 640 estudiantes de las tres instituciones, quienes estuvieron dispuestos a participar de manera voluntaria y habían diligenciado el consentimiento y asentimiento informados. La información recopilada se sistematizó y, luego, se organizó con apoyo del software Atlas TI.24, lo que permitió examinar la frecuencia de palabras asociadas a cada categoría y hacer una primera aproximación a los elementos que podrían ser periféricos y nucleares en las RS estudiadas, es decir, su contenido. Posteriormente, los datos se analizaron alternando las codificaciones propias de la Teoría fundamentada.

**Fase 3.** A partir de las palabras con mayor frecuencia identificadas en las cartas asociativas, se consolidó un listado jerarquizado de veinte términos para cada una de las categorías de la NdC. Sobre esta base se aplicó la técnica denominada por Jean-Claude Abric como elecciones sucesivas por bloques (Anexo 3), la cual contó con aproximadamente el 10% de los estudiantes que habían intervenido en las fases previas. Cada estudiante eligió, entre las veinte palabras iniciales, las cuatro que consideraba más afines a la categoría de la naturaleza de la ciencia asignada (valor de +2) y las cuatro menos afines (valor -2). Con las doce palabras restantes se repitió el procedimiento: seleccionar las cuatro con mayor y menor correspondencia (asignando valor de +1 y -1 respectivamente); por último a las cuatro palabras restantes, que no fueron escogidas, se les asignó una puntuación de cero, tal como lo describe Abric (2021), quien además, complementa señalando que esta asociación permite “estudiar a la vez las relaciones de similitud y antagonismo o exclusión” (p.68) y permite calcular índices necesarios para el estudio de las representaciones.

Este momento correspondió a la codificación axial y selectiva que permitió refinar las categorías hasta alcanzar una imagen de la estructura y el contenido de cada una de las RS (núcleo y elementos periféricos) sobre los aspectos constitutivos de la NdC. Al reconocer estas fases de codificación como paralelas y cruzadas con las estrategias para indagar las RS, se establece que el proceso fue iterativo hasta llegar a la saturación de los datos.

**Fase 4:** Finalmente, una vez establecidas las Representaciones Sociales de los estudiantes de EM sobre la NdC, en cuanto a su contenido y su estructura (núcleo central y

elementos periféricos); así como la comprensión de los aspectos centrales de la NdC en términos de política pública y para los estudiantes, se contó con los fundamentos estructurales para dar sentido conceptual a la propuesta curricular que integró las RS de la NdC en la AC (Strauss y Corbin, 2002).

## 5.6 Triangulación

En virtud de que la investigación tiene como pilar desentrañar las RS de la naturaleza de la ciencia, se hizo necesario implementar técnicas e instrumentos que dieran cuenta de la riqueza de este fenómeno. Para lograrlo, esta investigación se valió de estrategias de triangulación dentro del mismo método, que para Teresa Alzás y Luis Casa “consiste en analizar los datos utilizando un solo método, pero seleccionando diversas técnicas de recogida de información enmarcadas dentro de la línea estratégica de dicho método.” (2017, p. 405). Esta triangulación permitió ahondar en las creencias, ideas y valores de los estudiantes hasta dar con las RS sobre ocho categorías clave de la NdC desde el modelo de semejanza familiar, ya que, al profundizar en esta indagación es posible observar la estructura nuclear y los elementos constitutivos de la estructura representacional, aquello que da sentido a las ideas expresadas a través de creencias y valores.

La combinación de la encuesta en escala Likert, la asociación libre mediante carta asociativa y los bloques sucesivos jerarquizados aporta una riqueza analítica que se alinea con la lógica comparativa constante de la Teoría Fundamentada, dado que permite contrastar de manera sistemática los significados atribuidos por los participantes con las propiedades emergentes de las categorías en desarrollo. En efecto, la escala Likert ofrece tendencias de consenso o disenso que orientan el muestreo teórico, posibilitando refinar

propiedades y dimensiones durante la codificación axial; la asociación libre, por su parte, capta el discurso espontáneo que nutre la codificación abierta; mientras que los bloques sucesivos revelan la jerarquía núcleo-periferia esencial para la integración selectiva de categorías (Strauss y Corbin, 2002). Al interrelacionar estos tres flujos de datos dentro del proceso inductivo, el investigador dispone de información tanto cualitativa como cuantitativa –derivada de las respuestas a la escala Likert, de las expresiones verbales obtenidas en las cartas asociativas y de las jerarquías conceptuales emergentes de los bloques sucesivos– que permite comparar, contrastar y saturar categorías hasta elaborar una propuesta emergente robusta y derivada de los datos.

Desde la perspectiva de las RS, cada técnica aporta a un nivel diferente del constructo: la asociación libre identifica el contenido semántico primario, los bloques sucesivos ordenan estructuralmente ese contenido y la Likert cuantifica la intensidad y estabilidad del acuerdo grupal (Abric, 2001). Su convergencia configura una triangulación intramétodo que “refuerza la validez y fiabilidad de los datos obtenidos.” (Alzás y Casa García, 2017, p. 406)., pues permite corroborar hallazgos por vías analíticas independientes y mitigar los sesgos inherentes a una única técnica (Flick, 2018). En consecuencia, la articulación de estos procedimientos no solo potencia la validez interna de la investigación, sino que también ofrece una imagen más completa y matizada de cómo el estudiantado construye sentido sobre la NdC dentro de su práctica escolar.

## **5.7 Consideraciones éticas**

Para alcanzar el objetivo de caracterizar las RS de la naturaleza de la ciencia en estudiantes de EM en colegios oficiales de Bogotá, fue fundamental desarrollar una metodología cuyas técnicas, instrumentos y análisis de datos protejan la integridad,

dignidad, emocionalidad y privacidad de los estudiantes que fueron parte del estudio; estos principios éticos garantizan tanto el respeto por los sujetos como la probidad en el proceso de indagación. Para ello, se tuvieron en cuenta las normas bioéticas reconocidas a nivel nacional e internacional cuando se trata de investigaciones que involucren seres humanos, afín de asegurar un adecuado tratamiento de datos de los participantes.

Entre las normativas internacionales que guiaron esta investigación, se incluye la Declaración Universal de Derechos Humanos, que reconoce los derechos y libertades fundamentales de todas las personas sin distinción de raza, color, sexo, idioma, religión u otra condición; la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO (2005), que además de asegurar que el desarrollo científico y tecnológico beneficie a la humanidad sin violar los derechos humanos, aborda el consentimiento informado como principio ético fundamental; y la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (1964), revisada en 2013, que orienta en el respeto a los sujetos de investigación, el consentimiento informado y la minimización de riesgos, asegurando la transparencia y honestidad en la divulgación de los resultados. A nivel nacional, se tendrá en cuenta la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, que establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud y define los niveles de riesgo para estudios con seres humanos; en este contexto, el presente proyecto se clasificó como de riesgo mínimo, dado que se limita al uso de encuestas, asociación libre y elecciones sucesivas por bloques, sin intervención directa que afecte la salud física o emocional de los estudiantes.

Para asegurar el cumplimiento de estas normativas, el procedimiento incluyó la explicación detallada a los estudiantes y sus familias mediante circulares informativas,

avaladas por las instituciones educativas participantes. Esta comunicación incorporó los objetivos, características, implicaciones, así como el manejo de datos según lo establecido por la Ley 1581 de 2012, la cual regula el uso de datos personales bajo principios de finalidad, libertad, veracidad, calidad, transparencia y confidencialidad. Además, se aplicó el Decreto 1377 de 2013 respecto a la Autorización para el Tratamiento de Datos y los Derechos de los Titulares. Se precisó que los datos recopilados serían utilizados exclusivamente con fines académicos, bajo la custodia exclusiva de la investigadora y al concluir la investigación, se procedería a la destrucción de los materiales físicos recolectados.

Finalmente, esta investigación se enmarcó en los principios éticos definidos por la Asociación Americana de Psicología (APA) y respeto a las normas éticas establecidas por el Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica (CEBIC) de la Universidad Santo Tomas quienes revisaron y aprobaron los instrumentos utilizados en el desarrollo de esta investigación como consta en el (Anexo 4), asimismo, avalo los formatos de consentimiento y asentimiento informados (Anexo 5 y 6).

## **6. Análisis de la incorporación de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica**

Este capítulo aborda el objetivo de analizar cómo se incorpora la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica de los estudiantes de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá, mediante dos enfoques complementarios. En primer lugar, se presenta un análisis documental de las políticas públicas que orientan la enseñanza de las ciencias naturales en Colombia, expresadas esencialmente en los Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCCN) (MEN, 1998) y en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (EBCN) (MEN, 2004). Con ello se busca determinar la visión de AC y la manera en que se incluye la NdC desde el marco de la semejanza familiar propuesto por Irzik y Nola (2014) para las dos categorías: ciencia como sistema cognitivo-epistémico (CE) y ciencia como sistema socio-institucional (SI). En segundo lugar, se exponen los resultados de la encuesta tipo Likert, que se diseñó y validó para explorar las percepciones de los estudiantes de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá alrededor de la NdC en las dos categorías mencionadas. Por último, se hace una discusión de los resultados en los dos enfoques.

En Colombia los LCCN tienen como objetivo dar un marco filosófico, epistemológico y general, que orienta los planes curriculares en las instituciones educativas en educación preescolar, básica y media. Los EBCN retoman desde competencias y metas específicas en el aula los alcances que los estudiantes deben lograr al finalizar cada nivel. Por tanto, el análisis de estas políticas públicas es fundamental, ya que no solo determinan contenidos y competencias que deben desarrollarse en el aula, sino que son referentes normativos que modelan la concepción de ciencia transmitida a los ciudadanos. En el análisis de estas políticas públicas se detalla la visión de AC considerada, en virtud de que

esto permite reconocer lo que se espera de los estudiantes al finalizar la EM, propósitos del área a largo plazo y como se va a configurar el pensamiento científico. Así mismo, se caracteriza la NdC a partir de las dos categorías principales y sus respectivas subcategorías, lo que sirve de lente para identificar la presencia, énfasis u omisión que los documentos oficiales confieren a los diferentes aspectos que sostienen a la ciencia como una institución social de tanto valor.

Posteriormente, se discuten las percepciones de los estudiantes de EM con relación a la NdC, a partir de los resultados de la encuesta tipo Likert con treinta y tres preguntas que relacionan aspectos de la ciencia como sistema cognitivo epistémico (CE) y socio-institucional (SI). Esta evaluación es importante por dos razones: primero permite contrastar la intención normativa de las políticas con la percepción real de los estudiantes y segundo complementa el análisis documental con un panorama cuantitativo que permite ver la manera en que los estudiantes internalizan la NdC. Finalmente, se realiza una discusión que integra la normativa y los hallazgos del cuestionario.

### **6.1 Análisis documental: alfabetización científica**

La alfabetización científica, reconocida como uno de los propósitos fundamentales de la enseñanza de las ciencias, admite diversas interpretaciones y metas para los educandos y ciudadanos. Para realizar el análisis documental en los LCCN y EBCN se consideraron tres visiones generales sobre la AC, resumidas en la Tabla 1. En la primera visión se considera que se está formando estudiantes entendidos como futuros científicos, donde se deben reproducir las prácticas, habilidades y conocimientos específicos, una educación dirigida a formar sujetos dentro de la ciencia, *insiders*. La segunda visión está orientada a la formación de ciudadanos competentes para comprender y tener posturas

sobre problemas socio-científicos, entendida desde el enfoque funcional, en este caso se habla de outsiders. La tercera visión de la AC lleva la formación más allá, a lo comunitario, a un tejido de saberes con base en sujetos críticos y transformadores.

A continuación, se desarrolla un análisis que relaciona la perspectiva teórica de cada una de las tres visiones de la AC con los planteamientos de los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, con el propósito de establecer los postulados sobre AC que, desde el macrocurrículo, orientan la educación científica para los ciudadanos colombianos y se mantienen vigentes. Para tal fin, se elaboró una matriz de análisis que cruza las tres visiones de la AC –descritas en el marco conceptual– con los hallazgos extraídos de los documentos oficiales, a partir de unidades de sentido vinculadas con propósitos formativos, enfoques pedagógicos y concepciones de ciencia. Este procedimiento permitió identificar la correspondencia de cada visión con los énfasis del currículo y evidenciar sus limitaciones o ausencias. De manera complementaria, se aplicó el mismo procedimiento analítico para las ocho categorías de la NdC propuestas por Irzik y Nola definidas en el marco conceptual. En conjunto, ambas matrices posibilitaron una lectura sistemática y comparativa de los documentos.

### **6.1.1 Visión I**

La visión I de la AC permea los documentos de política pública educativa estudiados, es decir, los Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales y los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales. La formación de futuros científicos requiere el desarrollo de habilidades propias de alguien que hace ciencia, esto incluye estrategias de experimentación sumadas a procesos que potencien el razonamiento lógico,

para lo cual es fundamental el uso de información científica, junto con la capacidad de argumentar de forma oral y escrita.

Desde luego, en esta concepción educativa es esencial que el estudiantado comprenda las lógicas internas de producción del conocimiento científico –tanto sus procesos como sus productos–, lo que implica reproducir los métodos propios del quehacer científico, es decir, el método científico (Valladares, 2021). En esta línea, se hace referencia a tres posturas específicas: el empirismo, el modelo inductivo-deductivo y la explicación causal. Para desarrollarlos, se plantea que los estudiantes participen en experiencias de aprendizaje que reproduzcan las dinámicas propias de la investigación científica; así, a partir de sus experiencias se busca que los procesos de pensamiento reproduzcan los de la ciencia. Esto puede concretarse por dos vías: la primera es la *inducción*, en la cual se parte de experiencias u observaciones particulares que conducen a la explicación de fenómenos, conceptos o problemas; la segunda es la *deducción*, que se centra en comprender relaciones causales vinculadas a estructuras de conocimiento más amplias como leyes, teorías, o modelos. De este modo se trazan ejes procedimentales que preparan a futuros profesionales para desempeñarse en diversos campos científicos.

Ahora, para lograr dicho desempeño resulta esencial manejar los códigos propios de la comunicación científica; por tanto, la comprensión de los métodos y procedimientos esta correlacionado con el aprendizaje y el uso apropiado del lenguaje científico. Este, el lenguaje, incluye las lógicas de la matemática y trasciende para interactuar con los códigos intrínsecos de la investigación y difusión del conocimiento; supone el manejo del llamado “lenguaje duro” de las ciencias, en contraste con el “lenguaje blando” propio del sentido común y la cotidianidad.

El lenguaje duro, inscrito en la lógica del *insider*, tiende a excluir los saberes del sentido común que son más valorados desde la segunda visión de la AC; así mismo, y en línea con primera visión, los documentos de política pública establecen un conocimiento científico general y básico, fundamental para todo el estudiantado al finalizar su paso por la escuela hasta el grado undécimo. Este principio sugiere que, en la EM, los estudiantes deben aproximarse conceptualmente a modelos teóricos más robustos como la conservación de la energía, la estructura atómica o la evolución. Esta comprensión de la estructura teórica de la ciencia a partir de productos acabados se traduce en contenidos curriculares, reproduciendo el conocimiento científico terminado: “estos contenidos básicos son los que se espera que todo estudiante colombiano conozca al terminar su educación básica y media. En consecuencia, ellos son la base para todo programa de evaluación” (MEN, 1998, p.77)

En este marco resulta pertinente mencionar la relación entre maestro, estudiante y conocimiento. La política pública estudiada articula los contenidos, los procesos de pensamiento y acción, y la evaluación; por tanto, los bloques de contenidos, temáticas y ejes sugeridos en los LCCN y en los EBCN pueden vincularse con un mecanismo de evaluación unificada para los estudiantes, esto es, mediante pruebas estandarizadas. En cuanto al maestro, la lectura detenida de los documentos permite plantear que el docente se considera un gestor del conocimiento o un mediador, siempre y cuando el eje de los procesos de enseñanza sean los contenidos; por ende, su margen de acción queda vinculado a las formas de enseñar, responsabilidad que también se otorga a las editoriales.

A la luz de las relaciones planteadas entre productos científicos, contenidos y el vínculo maestro-estudiante con el conocimiento, se abre espacio para precisar la disposición organizativa del conocimiento en los documentos: en educación básica se

promueve un posible acercamiento multidisciplinar e interdisciplinar, considerando el manejo de los conocimientos propios de las ciencias naturales, como vía para concretar las acciones de pensamiento de los estudiantes en los EBCN, mediante los entornos vivo, físico y las competencias para comprender las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

En el mismo documento, en educación media se evidencia el cambio a una formación con énfasis disciplinar, cuando los entornos vivo y físico se refieren específicamente a procesos biológicos, químicos y físicos. En este sentido, se observan rasgos de la primera visión de la AC, pues se plantea delimitar conceptualmente las ciencias básicas a través del uso de lenguajes propios de cada disciplina, perfilando la elección de un estudiante como posible futuro científico dado que está cursando el ciclo de EM. Al mismo tiempo, se busca materializar la idea según la cual un ciudadano informado puede adoptar posturas funcionales en su desempeño social, aplicables en sus experiencias y acciones cotidianas si cuenta con herramientas a partir de la AC que haga de los contextos que habita espacios significativos desde perspectivas socio-científicas (Valladares, 2021); esto ubicaría a estos sujetos en el campo de la segunda visión de la AC, aquella que hace parte de la integralidad de los ciudadanos entendidos como externos a la ciencia, los *outsiders* según la NdC. En esta línea, los documentos públicos plantean la necesidad de una educación para sujetos integrales que tengan una sólida formación científica que aporte a sus proyectos personales.

### **6.1.2 Visión II**

Sobre la visión II de la AC, las orientaciones educativas se enmarcan en un medio amplio conformado por las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y naturaleza. Desde esta perspectiva, los sistemas sociales se hallan en el entramado de las interacciones

entre ciencia y tecnología, por tanto, la formación de la ciudadanía pasa, necesariamente, por el entendimiento de estas interacciones que influyen en el desempeño y las acciones de los sujetos sociales. En esta compleja red es necesario que los estudiantes establezcan análisis del vínculo entre recursos naturales, los avances tecnológicos, el sistema económico y el impacto de estas lógicas en el medio ambiente desde una mirada crítica. Por ende, las herramientas con las que puedan contar las ciudadanías informadas, especialmente cuando se concibe el mundo como un espacio con alto impacto de la ciencia y la tecnología (caracterizadas por procesos intensos y acelerados), son fundamentales para el desarrollo personal en diferentes ámbitos que van del laboral al ambiental.

En este sentido, la política educativa concurre al llamado de la formación de una AC funcional, que entiende la importancia de pasar de los enunciados y la comprensión de aspectos tecno-científicos a las prácticas de los sujetos, estas acciones deben dar solución a diferentes problemas, sea a nivel local, regional o nacional, lo cual se expresa en la posibilidad de encontrar aplicaciones a la ciencia en contexto (elemento propio de la visión II). La educación, desde esta forma particular de entender lo contextual, implica que la formación de los estudiantes pasa por una adaptación curricular que debe alinear las políticas nacionales y las necesidades del estudiante, este proceso genera una tensión entre la autonomía escolar (las instituciones educativas pueden establecer su Proyecto Educativo Institucional) y la alineación macro (políticas nacionales) y mesocurricular (planes de estudio de cada institución escolar).

De modo que la AC funcional, en su cruce con la finalidad de la enseñanza de las ciencias en los documentos de política educativa, tiene como consecuencia una línea formativa impregnada de la visión II, en la cual la utilidad del conocimiento científico para el estudiante consiste en que logre entender el mundo que vive. Este logro pasa por el

desarrollo del pensamiento científico que permitirá comprender problemas sociales acuciantes, situaciones de la vida diaria y los beneficios del desarrollo de un medio tecnológico. En síntesis, se estructura una perspectiva de formación integral que incluye el entendimiento de elementos básicos de la ciencia, la relación con la tecnología, la preparación competitiva para el trabajo y un vínculo más consciente con el medio ambiente (naturaleza) en términos de sostenibilidad.

El proceso de enseñanza y aprendizaje centra la relación con el conocimiento científico en los estudiantes, es un objetivo principal el desarrollo de su pensamiento científico, partiendo de sus preconcepciones (con lo cual se ubican preceptos del aprendizaje significativo), un proceso a través del cual elaboren un constructo propio y contextual que les permita dialogar con la ciencia y la sociedad desde la pluralidad de posturas expuestas sobre la visión II de la AC.

La realización personal incluida en la formación integral sostenida en los documentos de política pública educativa analizados proyecta un esfuerzo social en el que sea posible orientar la educación científica por el desarrollo humano; en esta línea, “las normas y documentos oficiales del Ministerio de Educación propenden por el desarrollo integral humano en sus distintas dimensiones y potencialidades [...] en concordancia con lo establecido en el artículo 5º de la Ley 115 de 1994” (MEN, 1998, p. 26). Aquí el saber (ser, actuar, decidir y hacer) se convierte en oportunidad para la formación en competencias fundamentales en contextos cambiantes. Este camino considera que la ciencia es para la ciudadanía, un ejercicio que además se articula con la búsqueda de una sociedad más justa que aporte al desarrollo de cada sujeto social, en términos de formación científica, incluyendo aspectos laborales y éticos. Quizá en este punto se abra una oportunidad para la Visión III de la AC, abordada de manera tangencial en los documentos de política pública

analizados; una visión orientada al desarrollo del pensamiento crítico por medio de la argumentación científica, que busca aportar a la transformación social y a la emancipación, a partir de un ejercicio ético y ciudadano que permita vislumbrar aportes que cambien, desde perspectivas críticas, la relación ciencia-sociedad y las posturas políticas asociadas, entre otras, a la ecojusticia. Así pues, queda abierta la pregunta sobre el porqué de la exigua inclusión de la Visión III en las orientaciones públicas sobre educación científica en Colombia.

Una vez establecidas las características de las visiones sobre la alfabetización científica desde los documentos oficiales en Colombia sobre educación científica, es importante dar paso al análisis de la forma como se incluye la naturaleza de la ciencia en estos documentos, por tanto, a continuación, se abordan las ocho categorías del modelo de semejanza familiar en la estructura de la política estudiada.

## **6.2 Análisis documental: naturaleza de la ciencia**

Analizar la NdC en los documentos curriculares permite comprender cómo se concibe, desde la política educativa, la formación científica del ciudadano y su relación con la AC. Incluir la NdC como un elemento estructural de la educación en ciencias es indispensable para lograr una AC sólida, ya que comprender qué es la ciencia, cómo se construye y cuáles son sus alcances posibilita en el estudiante —en proceso de formación ciudadana— adoptar una postura crítica e informada frente a los problemas sociales, medioambientales, económicos, éticos y políticos que atraviesan la sociedad contemporánea. Al igual que otras normativas curriculares alrededor del mundo, los LCCN en Colombia, reconocen la importancia de la NdC en la formación del pensamiento científico, este documento de política pública incluye una sección dedicada a este aspecto y

aborda diferentes elementos de esta en su estructura. Capturar la naturaleza de la ciencia no es tarea sencilla, ya que la ciencia engloba múltiples dimensiones y diversas características que la definen, y mucho menos en la escuela cargada de contenidos y elementos programáticos que debe alcanzar.

El análisis documental que sigue busca evidenciar de qué manera se incluye la NdC en los Lineamientos Curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (MEN, 1998) y en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2004). Para ello se tomó como referencia la conceptualización de semejanza familiar propuesta por Gürol Irzik y Robert Nola (2014), la cual desagrega la NdC en dos grandes categorías: la ciencia como sistema cognitivo-epistémico y la ciencia como sistema socio-institucional, junto con sus respectivas subcategorías, las cuales se desglosan en la Figura 5.

Este enfoque entiende a la ciencia en primer término como sistema cognitivo-epistémico que abarca la lógica interna de la investigación, los objetivos y valores –para qué se hace ciencia–, sus métodos y reglas metodológicas –cómo se produce y justifica el conocimiento– y el conocimiento científico –producto de la práctica científica–. Asimismo, la ciencia se considera un sistema socio institucional ya que comprende que la práctica científica no ocurre de manera aislada, sino dentro de un entramado cultural, social, histórico y económico que la condiciona y a su vez se ve transformado y moldeado por los avances que produce. En esta dimensión se incluyen las actividades profesionales –cuál es el quehacer del científico–, el ethos científico –qué comportamientos se esperan y qué normas regulan el comportamiento de la comunidad investigadora–, certificación social y difusión del conocimiento científico –cómo adquiere legitimidad el conocimiento– y, por último, los valores sociales de la ciencia, la función e impacto de la actividad científica sobre la sociedad.

## **6.2.1 Naturaleza de la ciencia como sistema cognitivo-epistémico**

### **6.2.1.1 Proceso de investigación:**

En el proceso de investigación se integran aspectos del método científico escolar (Adúriz-Bravo, 2005) con las experiencias y saberes previos de los estudiantes, el cual implica el planteamiento de preguntas, observaciones, formulación de hipótesis, experimentación, recolección de datos, la construcción de teorías y modelos (Irzik y Nola, 2014). Tanto los Estándares básicos (MEN, 2004) como los Lineamientos en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (MEN, 1998) sitúan los procesos de investigación y experimentación en el centro del pensamiento científico, ya que es la manera en que el educando se puede acercar a hacer ciencia en primera persona; es decir, como estos pueden reproducir la forma en que los científicos llegan al conocimiento y comprender que el mundo es ordenable de manera sistemática (entendible, comprensible, inteligible).

En particular los EBCN, destacan estas habilidades clave para explorar hechos y fenómenos, las cuales se complejizan progresivamente a lo largo de la escolaridad, pasando de específicas y concretas en los primeros grados a más teóricas y abstractas en EM. Asimismo, se valoran actitudes importantes en este componente como lo son la curiosidad, la imaginación y la discusión con otros, invitando a vivenciar procesos de búsqueda, indagación y soluciones hasta llegar a la elaboración de modelos propios.

Por su parte, los LCCN abordan los procesos asociados a la investigación desde una perspectiva constructivista en donde la experimentación y el laboratorio están ligados a conceptos como preconcepción, experiencia, observación, construcción, creatividad,

sorpreza y causalidades. Además, de incorporar los elementos ya señalados en los EBCN, en este documento por su vocación se adopta una mirada epistemológica del proceso de investigación, se valora la pregunta y el error, no solo en la construcción de la ciencia a lo largo de su historia –permitiendo reformulaciones y búsqueda de nuevos caminos–, sino en el entorno escolar: “la forma como el conocimiento se construye en una comunidad científica nos evoca la forma como un individuo construye el suyo” (MEN, 1998, p.18). Desde la óptica pedagógica de los LCCN, el rol del maestro consiste en acompañar el proceso de aprendizaje generando desequilibrio cognitivo para impulsar la curiosidad, la imaginación y el espíritu crítico que los estimule a aproximarse a los fenómenos naturales a partir de un interés propio.

En síntesis, ambos documentos coinciden en la centralidad de las preguntas, observación, experimentación e hipótesis como parte de la indagación; en los EBCN se detalla la progresión de estas habilidades a través de los grados, mientras que en los LCCN se ofrece un fundamento pedagógico y epistemológico más profundo sobre su rol en la construcción del conocimiento y la estimulación de la curiosidad científica. Ambos documentos concuerdan con los planteamientos de la NdC desde el enfoque de semejanza familiar, puesto que integran aspectos del método científico con las experiencias y saberes previos de los estudiantes, esto es, no parte de ideas positivistas rígidas, sino que comprende el proceso de investigación como un fenómeno adaptable, cambiante y contingente.

#### **6.2.1.2 Objetivos y valores de la ciencia:**

En la NdC, las fronteras entre objetivos y valores resultan difusas, cuestión relevante al analizar los documentos de política educativa pública en Colombia. Los

Lineamientos, por ejemplo, promueven una actitud crítica que posibilite cuestionar las teorías, las cuales, a su vez, deben contar con sustento empírico. Al respecto, se infiere que la crítica es la base para comparar explicaciones, y aquí conviene precisar que en la NdC un valor, como podría interpretarse la crítica, no se entiende desde una perspectiva axiológica, sino como un valor epistemológico (criterios de evaluación) que ayuda a materializar los fines de la ciencia, conocimiento, a través de sus modelos, leyes y teorías. Así, aunque la crítica no figure de forma explícita en la definición de esta categoría, ella posibilita la confrontación entre teorías; esta capacidad de contraste representa, en última instancia, el rasgo valorativo central de la ciencia. En consonancia, los LCCN subrayan que toda teoría debe apoyarse en lo observable, de modo que sus afirmaciones se acerquen a la verdad.

Entre los objetivos científicos se encuentra la *capacidad predictiva* de sus teorías o modelos explicativos. En los LCCN este objetivo se reconoce de forma general y, en los EBCN, adquiere un carácter más concreto, aunque con orientación a logros amplios, como aproximarse a modelos explicativos para predecir fenómenos del Universo o proponer modelos para predecir resultados de experimentos. No obstante, los documentos analizados no asocian explícitamente la predicción con lo novedoso, esto es, que al momento de la predicción se anticipe un fenómeno desconocido, aun cuando esta aspiración, aparentemente difícil de lograr, forma parte de la lógica científica. Ello no quiere decir que la política pública mencionada no incluya este aspecto, al contrario, se presentan atisbos sobre el tema, ya que, la ciencia también busca resolver problemas y satisfacer necesidades humanas, aquí la ciencia contiene la doble y difusa significación de esta categoría en la NdC: valora su utilidad (materialización de modelos o teorías) y respeta la originalidad (novedad) de las ideas para responder a dichas necesidades.

Otro objetivo clave de la ciencia es la *explicación* que se menciona de forma explícita en los Estándares Básicos, donde el estudiante debe formular y sustentar posibles explicaciones a los fenómenos. Sin embargo, la explicación naturalista, aquella según la cual un fenómeno natural se explica en términos de otros fenómenos naturales no se encuentra presente, aunque se podría inferir de algunos elementos como el estudio de problemas a través de las interconexiones de nodos en la ciencia, aunque desde allí continúa siendo abstracto la inclusión de este objetivo, o el desarrollo de la capacidad argumentativa por parte de los estudiantes, donde sigue siendo opaca la relación. Es interesante la sugerencia y los caminos posibles abiertos a través de los entornos propuestos en los documentos de política pública (entorno vivo, entorno físico, ciencia, tecnología y sociedad), como oportunidades para establecer la explicación naturalista.

#### **6.2.1.3 Métodos y reglas metodológicas:**

Desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia, esta categoría integra dos componentes articulados: el método y las reglas metodológicas. La mayoría de los conceptos relativos al método descritos por la NdC no se expresan de forma explícita en los documentos de política pública educativa colombiana –LCCN y EBCN–, sino que hace alusión a ellos de manera implícita. Se identifica la presencia del método deductivo que invita a generar dinámicas pedagógicas en las que los estudiantes lleguen a inferir ciertas hipótesis a partir de modelos y teorías explicativas establecidas en el corpus de la ciencia (MEN, 2004), esto de la mano de procedimientos inductivos que recogen y aceptan como significativa la experiencia y el entorno del estudiante, desde allí parten observaciones que les son propias hasta considerar explicaciones más generales. En cuanto al modelo hipotético-deductivo, si hay referencias claras y explícitas, considerándolo un proceso

donde los análisis y las comparaciones son importantes para los estudiantes, configurando una capacidad esencial que deben desarrollar. En vía contraria, el razonamiento abductivo—entendido como la posibilidad de explorar diversas explicaciones para dar cuenta de un fenómeno observado—aparece con menos frecuencia, de hecho, no se encuentran referencias concretas, dentro de los documentos analizados.

Desde el marco de la NdC, las reglas metodológicas que garantizan rigor, objetividad y validez del conocimiento científico, se fundamentan en la elaboración de teorías simples con la capacidad de recoger avances previos, teniendo en cuenta el planteamiento de hipótesis y la posibilidad de contrastar los hallazgos a través de la experimentación. Los modelos resultantes y sus explicaciones, por ende, deben ser comprobables al ser sometidos a diferentes formas de evaluación. Así planteada, la NdC no pretende reconfigurar los cimientos metodológicos de la ciencia, al contrario, busca aclararlos y articularlos de forma adecuada con la educación científica.

En este sentido, los documentos de política pública educativa en Colombia analizados se ajustan en gran medida a la categoría descrita —métodos y reglas metodológicas—. Comprenden, por ejemplo, la trascendencia de alcanzar mayor capacidad de generalización en las teorías científicas, las cuales deben incluir un poder explicativo más amplio si se las comparan con modelos anteriores, esto es entender la empresa científica como un esfuerzo humano inacabado, ascendiendo ladrillo a ladrillo a través de una arquitectura transgeneracional de conocimiento, una empresa construida a través de la historia. Yendo más allá, en el trasfondo de este constructo, la ciencia se entiende como una red compuesta por nodos que están integrados por ideas y conceptos cuya elaboración requirió (y requiere) observaciones cuidadosas aunadas a ejercicios de pensamiento disciplinados tomados y expresados de forma organizada.

En las vetas de esta empresa científica se entrelaza una cualidad que, aunque pocas veces se asocia directamente con la ciencia, resulta esencial para su avance: el pensamiento crítico. Este no solo implica una disposición reflexiva frente al conocimiento, sino que se manifiesta en la práctica de la crítica, entendida como la capacidad de examinar, cuestionar y someter a revisión constante los fundamentos de una teoría. Dicha actitud crítica es clave para el establecimiento –siempre provisional y sujeto al cambio paradigmático– de un cuerpo de conocimiento capaz de modelar la realidad. Los documentos guía tratados no escatiman esfuerzos en indicar que esta capacidad es central y debe ser formada junto a los estudiantes. Allí, la lógica y el razonamiento son útiles para develar ideas sin sustento empírico, haciendo de la rigurosidad del método científico un camino fértil en la formación argumentada del pensamiento crítico. Entonces, toma otro cariz la relación de los sujetos educativos (maestros y estudiantes) con la ciencia, pasan de ser receptores de productos (contenidos) acabados a ser entendidos como científicos e investigadores, teniendo como principales aliados al método y al entorno habitado, cuyas observaciones estén sujetas al análisis riguroso, al aprendizaje adecuado de la recolección de datos y al tratamiento pertinente de la información obtenida.

Esta imagen coherente avanza a través de los documentos de política pública, al abrir la puerta a la inducción desde las perspectivas y experiencias de los estudiantes y cruzarlas con las posibilidades de la deducción a partir de modelos establecidos, junto a la inclusión de perspectivas que permiten establecer hipótesis a ser contrastadas por diferentes vías de laboratorio, experimentales o de observación. Esta posibilidad puede generar ambientes donde los estudiantes comprenden que el método no es una tabula rasa para aplicar, en cualquier caso, problema o fenómeno analizado, sino que la experiencia enseña que la actividad científica cotidiana implica variaciones y búsqueda de estrategias para

alcanzar objetivos de investigación. Esto conlleva a entender las reglas metodológicas como “imperativos hipotéticos” (no categóricos), donde el estudiante a partir de las múltiples opciones ofrecidas pueda ir y venir de una a otra regla en función del alcance de un objetivo de investigación o aprendizaje (en este caso).

En síntesis, los LCCN y EBCN incorporan en gran medida los elementos de los métodos y reglas metodológicas que la literatura sobre la NdC reconoce como distintivos de la investigación científica. No obstante, es importante aclarar que en su mayoría se encuentran incluidos de manera implícita y se debe hacer una lectura cuidadosa, muchas veces entre líneas para identificarlos; además, ciertos principios como la simplicidad – preferencia por teorías más simples–, aceptar una teoría solo si puede explicar todos los éxitos de sus predecesoras y evitar hacer revisiones ad hoc (Irzik y Nola, 2011), no se encuentran enunciados en los documentos. Si bien en las políticas hay mención a esta categoría de la ciencia como sistema cognitivo epistémico, la ausencia de algunas características y la presencia subyacente de otras puede ser un obstáculo para la efectiva incorporación en los colegios de Bogotá.

#### **6.2.1.4 Conocimiento**

Desde la perspectiva de la NdC el conocimiento se integra en los LCCN y los EBCN, en donde se presenta como un conjunto de saberes y productos, fruto de la aplicación de métodos, reglas metodológicas, materializados en leyes, teorías y modelos, cuyo objetivo es comprender fenómenos de la realidad y ser lo más general posible. Este producto de la actividad científica, conocimiento científico, se distingue del común y del tecnológico por su intención teórica, su lenguaje preciso, empíricamente fundamentado; por tanto, el “conocimiento común es sometido a la disciplina y el rigor propios de los

científicos [...]. Esta disciplina, o como la hemos llamado, método de construcción, le da al conocimiento científico ciertas propiedades que lo diferencian” (MEN, 1998, p.11).

En estos referentes nacionales se contempla el conocimiento científico como una construcción humana de carácter social, histórica, situada, cultural y provisional. Se subraya que teorías, modelos y leyes no son verdades absolutas, sino explicaciones sujetas a revisión; enfatizando la falibilidad y la naturaleza evolutiva de la ciencia, recordando que el conocimiento vigente hoy puede convertirse mañana en meras referencias históricas. Este saber se expresa mediante un lenguaje característico, que en los LCCN se denomina “lenguaje duro” y en los EBCN se hace progresivo a través de los grados. Asimismo, se reconoce que el conocimiento científico no es la única vía legítima para comprender el mundo, sino una entre diversas formas de aproximarse a la realidad.

En los documentos se alienta a los estudiantes a generalizar a partir de preguntas y problemas, observaciones, experimentos, poner a prueba sus hipótesis para llegar a productos como modelos, informes, relaciones de causalidad interpretadas como leyes, integrándose a la construcción del conocimiento científico; en este sentido, los Lineamientos en Ciencias señalan que un estudiante habrá “desarrollado su capacidad investigativa cuando es capaz de plantear preguntas y transformarlas en problemas científicos (...) imaginar respuestas mediante hipótesis sustentadas, diseñar y montar experimentos (...) confirmar sus teorías, falsearlas (...) y confrontarlas con las teorías científicas actuales.” (MEN, 1998, p.93). Sin embargo, el marco normativo resulta ambivalente: por un lado, afirma que la enseñanza de las ciencias naturales y la educación ambiental se deben orientar desde la construcción del conocimiento científico – privilegiando la creatividad sobre la memorización de productos terminados–; por otro,

establece “un listado de conocimientos científicos básicos que todo estudiante colombiano debe poseer al finalizar la educación básica y media” (MEN,1994, p.78 ), los cuales sirven de base para el desarrollo de procesos de pensamiento y constituyen un referente de evaluación.

Más allá del carácter constructivista de la propuesta pedagógica, en donde las preguntas y los problemas orientan la producción de conocimiento y permiten que los estudiantes comprendan la lógica del saber científico y sus productos, se establece la exigencia de que todo estudiante alcance el mismo conjunto de contenidos, lo que genera una tensión entre la diversidad de trayectorias de aprendizaje y la uniformidad de resultados evaluados al finalizar el ciclo de educación media. En otras palabras, mientras la política pública promueve un aprendizaje basado en las experiencias y constructos de los estudiantes, al mismo tiempo evalúa mediante instrumentos masivos y de forma estandarizada conceptos preestablecidos, esto se evidencia en la prueba de ciencias naturales para el Examen Saber 11°, donde el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, plantea en sus guías instructivas (ICFES, 2025) una serie de procesos y contenidos, vinculados a componentes y competencias que serán evaluados a todos los estudiantes que están en proceso de finalización de la EM.

## **6.2.2 Naturaleza de la ciencia como sistema socio-institucional**

### **6.2.2.1 Actividades profesionales**

Los Estándares en Ciencias Naturales y Lineamientos curriculares se preocupan porque en las instituciones educativas se reproduzca el ambiente propio de las comunidades científicas mediante la promoción de competencias, habilidades y actitudes afines a estas

prácticas en el contexto educativo. No obstante, la imagen profesional del científico que ofrecen es limitada, ya que aparece de forma fragmentaria e implícita o, en otros casos, ausente. Aunque, ambos documentos enfatizan la necesidad de comunicar los hallazgos, someterlos a la crítica y favorecer el intercambio de ideas, solo en los LCCN –a diferencia de los EBCN– se hace referencia a los espacios concretos en donde esto ocurre (seminarios, simposios, foros, revistas, congresos, reuniones académicas), ninguno explicita los mecanismos que garantizan la validez del conocimiento difundido.

En los documentos analizados omiten referencias a aspectos fundamentales del ejercicio profesional que le otorgan contexto social al quehacer científico como la búsqueda de fondos y financiamiento, la elaboración y gestión de proyectos, asesorías a entidades estatales y privadas, y la responsabilidad de informar al público sobre asuntos de interés. Al excluir estas dimensiones, se restringe la posibilidad de que los estudiantes reconozcan la ciencia como una actividad profesional compleja –más allá de la investigación– y, sobre todo, de que asuman una postura crítica y responsable frente a las interacciones entre conocimiento, sociedad y poder económico lo que permite que los estudiantes puedan reconocer y actuar en consecuencia como ciudadanos informados.

#### **6.2.2.2 Ethos**

Según la NdC, las actitudes y comportamientos de un sujeto dentro de la ciencia entendida como institución social, están mediadas por un conjunto de normas compartidas que la comunidad científica espera que los investigadores demuestren; sin embargo, en la revisión de los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental (MEN, 1998) y los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2004) estas no se exponen como un conjunto integrado de principios o comportamiento

éticos en la ciencia (universalismo, escepticismo organizado, desinterés, comunalismo, respeto por el medio ambiente y los sujetos de investigación, honestidad intelectual, etc.), por el contrario, las referencias aparecen dispersas, muchas veces implícitas, mientras otros aspectos no se mencionan.

Entre las normas recogidas se encuentran referencias directas a la formación y desarrollo de competencias en los estudiantes en posturas críticas, poner a prueba conjeturas, apertura a la refutación, escrutinio empírico, estrategias que promueven la duda razonable, el contraste sistemático y otras posturas que son parte del escepticismo organizado –concepto de la NdC, entendido como aquellas formas lógicas y empíricas que permiten someter las afirmaciones científicas a diversos razonamientos y diferentes tipos de metodologías—. También se incluye el universalismo al considerar diversos puntos de vista sobre el mismo problema y el respeto por el medio ambiente, valor que se encuentra fuertemente desarrollado, se evidencian aportes a la relación ética entre ciencia, medio ambiente, tecnología y sociedad, mencionando valores como el respeto y la responsabilidad; por último, particularmente en los EBCN en ciencias se incluye la honestidad intelectual y la veracidad en el registro de datos.

Otros valores de la NdC son tratados de manera tangencial o indirecta. El comunalismo, la apertura y el desinterés se aluden en competencias comunicativas e investigativas cuando se exhorta a compartir ideas, datos, hallazgos y procedimientos, a rectificar cuando la evidencia lo exija, mostrando flexibilidad para modificar posiciones, y a la necesidad de sustentar conclusiones en evidencia. Sin embargo, en los documentos no se discuten los conflictos de interés ni los sesgos derivados de la financiación; de modo que, estos principios quedan esbozados entre líneas y su tratamiento en el aula depende del criterio del profesor. Por último, reglas fundamentales de la práctica y que los científicos

deben asumir, como el respeto a sujetos de investigación y la libertad (Irzik y Nola, 2014) no se abordan en el marco normativo.

A partir de los análisis realizados, es posible afirmar que los LCCN y los EBCN se encuentran a “medio camino” frente al planteamiento abierto, claro y concreto de ideas y acciones que permitan a los estudiantes comprender que la empresa científica implica el “ethos” como parte de la ciencia entendida como institución social. El análisis realizado, deja entrever la confusión entre los objetivos y valores de la ciencia (categoría 2) y el “ethos” científico, es decir, entre valores y actitudes que hacen parte del ejercicio científico a nivel interno (como institución social) y hacia la sociedad. Aunque aparecen menciones formativas para estudiantes como ciudadanos informados que respetan, en particular, el medio ambiente y comprenden algunas relaciones con la ciencia y la tecnología; la categoría también implica otro tipo de concepciones y conceptos que no se abordan de forma explícita (universalismo, desinterés, libertad, respeto a los sujetos de investigación, entre otros).

#### **6.2.2.3 Certificación social y difusión del conocimiento científico**

Los Lineamientos Curriculares en ciencias naturales y Educación Ambiental (MEN, 1998) y los Estándares Básicos en Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2004) coinciden en la necesidad de formar un pensamiento científico consciente que el conocimiento es un producto social y no un logro individual, con unos mecanismos propios de certificación y difusión del conocimiento. Por tanto, en estos documentos se promueve la inclusión de aprendizajes que permitan al estudiantado reconocer que una explicación se integra al corpus de la ciencia solo cuando se ha producido, difundido y validado por una

comunidad especializada; la misma, que se comunica con un lenguaje técnico, preciso y de alcance universal propio que distingue el lenguaje cotidiano del saber disciplinar.

En particular los LCCN acuden a la importancia de la crítica, escrutinio, refutación y revisión por pares en la construcción del conocimiento científico, se afirma que “quien no está dispuesto a someter sus teorías a la crítica, indudablemente no puede mantenerse dentro de una comunidad científica” (1994, p.16), recalcando la necesidad que este conocimiento –producto social y legado cultural– debe ser avalado por dicha comunidad especializada y el cual se difunde a través de libros, revistas, seminarios, simposios y congresos. Aunque, el documento subraya que ningún resultado queda fuera del escrutinio colectivo, omite los mecanismos de esa vigilancia (comités editoriales, evaluadores anónimos, entre otros).

Los EBCN abordan esta dimensión mediante el desarrollo de habilidades y actitudes de comunicación, pensamiento crítico, apertura mental, disposición para tolerar el escepticismo de los pares y la capacidad de relacionar sus hallazgos con el conocimiento preexistente; promoviendo el desarrollo de prácticas en las se recrean, al menos en parte, la atmosfera de las comunidades científicas. Se insta a los estudiantes a compartir y confrontar sus hallazgos, someterlos a la crítica de sus compañeros, debatirlos y contrastarlos con la misma evidencia, empleando el lenguaje propio de la ciencia: “comunico el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas, ecuaciones aritméticas y algebraicas” (MEN, 2004, p.22).

Conviene, en este punto, mencionar que tanto en los Lineamientos como en los estándares se excluye por completo la validación del conocimiento científico desde la perspectiva ciudadana. En la vida cotidiana, cuando las personas se encuentran con información –por ejemplo, en internet– en su mayoría suelen carecer de criterios y

mecanismos para valorar su fiabilidad y validez. La omisión de esta forma de validación en los documentos oficiales genera un vacío que contribuye a la desinformación y el flujo permanente de datos que como regla general no es posible cuestionar y es aceptado; además, permite que los individuos se encuentren sujetos a manipulaciones y expuestos a narrativas pseudocientíficas (Osborne y Pimentel, 2023). En un contexto donde el acceso e intercambio de información se da de manera permanente y proveniente de múltiples fuentes, es imprescindible que el currículo escolar incluya herramientas de análisis crítico que permitan al estudiantado evaluar fuentes, contrastar evidencias y distinguir entre discursos científicos y afirmaciones infundadas.

#### **6.2.2.4 Valores sociales de la ciencia**

Según los argumentos de la NdC, los valores sociales de la ciencia se distinguen claramente de sus objetivos, de sus valores internos pertenecientes al sistema cognitivo-epistémico y del ethos propio de la comunidad científica. Estos valores sociales se refieren a tres elementos fundamentales: la libertad, el respeto por el medio ambiente y la utilidad social de la ciencia, los cuales se incluyen de manera explícita y concreta en los documentos de política pública educativa analizados.

Dado que para diferentes sectores sociales los avances científicos se relacionan con impactos negativos sobre el medio ambiente, en los LCCN se reconoce este aspecto, señalando que la ciencia ha generado efectos que amenazan la naturaleza; pero que va más allá, para conectar con la vida y la justicia social. Por tanto, se considera fundamental formar una ciudadanía capaz de comprender la necesidad de construir mejores relaciones entre ciencia, naturaleza, tecnología y sociedad. En este marco, los documentos impulsan respeto por la naturaleza e implementan la educación ambiental como el espacio desde el

cual se cimienta en el proceso de concienciación y construcción de compromisos con el medio ambiente frente a graves problemas como el cambio climático. Dicha educación ambiental también busca promover en los estudiantes responsabilidad, cuidado y comprensión de la naturaleza a partir de la comprensión del entorno. Para lograrlo, en términos pedagógicos, se promueven principios como la curiosidad, flexibilidad, crítica y apertura mental en los estudiantes. Desde esta perspectiva, se incluye la libertad mencionada en la NdC, sin la cual los procesos de investigación científica quedarían limitados por intereses ajenos a las lógicas científicas.

Desde otro ángulo, la legitimidad social de la ciencia se encuentra estrechamente relacionada con su utilidad social, con la posibilidad de generar beneficios para la humanidad. Esta exigencia es conocida en la política sobre educación científica en la cual se manifiesta la importancia de la ciencia en el desarrollo humano, el mejoramiento de la calidad de vida, la salud y el desarrollo económico, lo cual tiene como contexto las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Estos vínculos deben ser comprendidos y orientados en favor del mejoramiento de las condiciones de vida de los individuos y de las comunidades. En los EBCN se reconoce que los descubrimientos científicos tienen aportes prácticos a la vida de la humanidad a través de la medicina, la agricultura y la tecnología.

La educación científica, dotada de valores sociales, busca generar habilidades en los estudiantes para comprender problemas y asumir responsabilidades como miembros de la sociedad, siendo conscientes de las implicaciones éticas y sociales de la ciencia, de hecho, en los LCCN se establece una orientación para la interacción armónica entre ciencia, tecnología y sociedad a través de los valores “STAR”: solidaridad, tolerancia, autonomía y

responsabilidad (MEN, 1998; p.43). Adicionalmente, se abre paso a los análisis sobre las amenazas que podrían derivarse de los desarrollos científicos. En esta línea, también se comprende que la ética y la política influyen en la ciencia y en la toma de decisiones establecidas en estos marcos sociales. De este modo, la categoría valores sociales se establece claramente en los documentos de política pública educativa dentro del sistema socio–institucional de la NdC.

### **6.3 Percepciones estudiantiles sobre la naturaleza de la ciencia**

En esta sección se expone y analizan los resultados obtenidos mediante la aplicación del cuestionario tipo Likert –anexo 1–, instrumento diseñado, validado y aplicado para indagar las percepciones estudiantiles sobre aspectos fundamentales de NdC, que, según la literatura especializada, los estudiantes deberían conocer al finalizar el bachillerato (Kampourakis, 2016). Si bien, a lo largo de esta investigación se ha puesto énfasis en la visión de semejanza familiar de Gürol Irzik y Robert Nola (2011 y 2014) para la NdC, desde la cual se realizó el análisis de la política pública presentada en las secciones anteriores, para desarrollar y simplificar el cuestionario tipo Likert, se retomó la visión de consenso sobre la NdC propuesta por Norman Lederman (2007), debido a que aborda siete elementos centrales y concretos que deberían enseñarse en la escuela y sobre los cuales existe suficiente acuerdo (Matthews, 2017), permitiendo incorporar ítems claros y operativos que recogen ideas centrales de la NdC en el marco escolar. No obstante, para mantener coherencia con la perspectiva de semejanza familiar en el análisis y construcción del instrumento se conservaron las dos grandes dimensiones de la semejanza familiar, la ciencia como sistema cognitivo-epistémico y la ciencia como sistema socio-institucional. Además, es pertinente aclarar que, aunque no se incluyeron todos los elementos

contemplados en la semejanza familiar, los aspectos de la visión de consenso que se incorporaron en la encuesta están recogidos dentro de esta perspectiva. De esta manera, el instrumento no solo integra los consensos académicos sobre la NdC, sino que los articula con el marco teórico más amplio empleado en la investigación y con las realidades discursivas del contexto escolar bogotano.

Desde la teoría aquí considerada, existen siete elementos de la visión de consenso: distinción entre observación e inferencia, teorías y leyes son diferentes formas del conocimiento científico, naturaleza creativa e imaginativa del conocimiento científico, carácter subjetivo del conocimiento científico, influencia de la cultura y la sociedad, naturaleza empírica de la ciencia y la naturaleza provisional del conocimiento científico. A través de la encuesta se analizan todos ellos para comprender las percepciones de la NdC. Este instrumento consta de 33 afirmaciones, cada una de las cuales se respondió en una escala de 5 niveles; 17 ítems se respondieron por grado de acuerdo o desacuerdo – Totalmente de acuerdo (TA), de acuerdo (DA), Neutral (N), en desacuerdo (ED) y Totalmente en desacuerdo (TED)– y 16 por frecuencia de ocurrencia –Siempre (S), casi siempre (CS), a veces (A), casi nunca (CN) y nunca (N)– como se muestra en la Tabla 12. Además, para evaluar la consistencia de las respuestas algunos enunciados se formularon en afirmativo y otros en negativo; además, antes de la aplicación final, se realizó una prueba piloto con 76 estudiantes de características similares a las de la muestra, con el propósito de verificar la claridad de los enunciados.

**Tabla 12** *Resumen cuestionario aplicado a estudiantes de la localidad de Suba*

| Características       |    | Valor |
|-----------------------|----|-------|
| Número Total de Ítems | 33 |       |

| <b>Características</b>                   | <b>Valor</b>                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Distribución por dimensión</b>        | 16 ítems –Ciencia como sistema cognitivo-epistémico (CE)–<br>17 ítems –Ciencia como sistema socio-institucional (SI)–                                          |
| <b>Tipo de escala Likert</b>             | 17 ítems –Totalmente de acuerdo, De acuerdo, Neutral, En desacuerdo, Totalmente en desacuerdo–<br>16 ítems –Siempre, Casi siempre, A veces, Casi nunca, Nunca– |
| <b>Tamaño de la muestra</b>              | 682                                                                                                                                                            |
| <b>Instituciones participantes (IED)</b> | Colegio Alberto Lleras Camargo JM, Colegio Alberto Lleras Camargo JT, Colegio Nueva Colombia, Colegio El Salitre Suba JT                                       |
| <b>Grados</b>                            | Educación media (10° y 11°)                                                                                                                                    |

*Nota:* La tabla sintetiza las características esenciales del cuestionario utilizado para estimar la incorporación de la naturaleza de la ciencia. Fuente: Elaboración propia.

### **6.3.1 Percepciones estudiantiles sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia como sistema cognitivo-epistémico**

Para comprender como los estudiantes comprenden la NdC en la Tabla 13 y en la Tabla 14 se recogen los ítems evaluados y expone la distribución porcentual de cada uno para la categoría de la ciencia como sistema cognitivo-epistémico. En la Tabla 13 se resumen las afirmaciones evaluadas con la escala de acuerdo-desacuerdo y en la Tabla 14 los ítems formulados en términos de frecuencia de ocurrencia, junto con una breve explicación de los hallazgos.

**Tabla 13** *La ciencia como sistema cognitivo-epistémico – Nivel de acuerdo o desacuerdo.*

| <b>Afirmación evaluada.</b>                                                                                                                     | <b>% de acuerdo</b>               | <b>Lectura respecto a la naturaleza de la ciencia (NdC)</b>                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CE-1</b> Dos científicos observando el mismo fenómeno pueden llegar a conclusiones distintas.                                                | 90%TDA/ DA                        | Los estudiantes en su mayoría reconocen la naturaleza interpretativa de la ciencia, reconociendo que la evidencia admite múltiples conclusiones.                                                                      |
| <b>CE-2</b> Diferentes teorías científicas pueden explicar las mismas observaciones de manera válida.                                           | 66% TDA/DA<br>28% N               | Reconocen la legitimidad de explicaciones alternativas, entendiendo la posibilidad de modelos rivales coherentes con los datos. No obstante, existe 28% no tiene postura o reconoce no saber de tema.                 |
| <b>CE-3</b> Las nuevas teorías siempre complementan las anteriores y nunca las contradicen.                                                     | 50% N<br>22% TDA/DA<br>28% TED/ED | Los resultados permiten entrever que existe duda en que la ciencia admita revoluciones y contradicciones paradigmáticas lo que denota una limitada visión histórica de los modelos y teorías rebatidos en la ciencia. |
| <b>CE-4</b> La ciencia proporciona explicaciones provisionales sobre el mundo natural que están sujetas a revisión continua.                    | 68% TDA/DA<br>29% N               | Los jóvenes comprenden la provisionalidad del conocimiento científico; no obstante, hay un porcentaje importante de neutralidad lo que puede señalar confusión.                                                       |
| <b>CE-5</b> Las teorías científicas que se aceptan hoy en día pueden cambiar o ser reemplazadas si se encuentra nueva evidencia.                | 75% TDA/DA<br>20% N               | Se reconoce la tentatividad del conocimiento científico. La neutralidad frente a la afirmación sigue siendo alta.                                                                                                     |
| <b>CE-6</b> Las leyes científicas son absolutas y nunca cambian, mientras que las teorías pueden modificarse con nueva evidencia.               | 59% TDA/DA<br>28% N               | Los resultados revelan una deficiencia en la comprensión de la relación entre ley y teoría científicas, mostrando una que las teorías se entienden más como conjeturas que conocimiento sistemático.                  |
| <b>CE-7</b> Las leyes y las teorías científicas son formas diferentes de conocimiento, pero se complementan para explicar y describir el mundo. | 80% TDA/DA<br>17% N               | Se entiende la complementariedad de las leyes y las teorías como productos del conocimiento científico.                                                                                                               |

| Afirmación evaluada.                                                                                                     | % de acuerdo                       | Lectura respecto a la naturaleza de la ciencia (NdC)                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CE-8</b> Las teorías científicas son enunciados que no han sido probados, mientras que las leyes son hechos probados. | 40% TDA/DA<br>41% N                | No se ha comprendido que las teorías son explicaciones robustas y no afirmaciones sin sustento empírico. además, existe una incertidumbre o falta de conocimiento para la mayoría de los encuestados. |
| <b>CE-9</b> Las teorías científicas se aceptan si son lógicas y coherentes, aunque no haya evidencia.                    | 22% TDA/DA<br>39% N<br>39% TED/ ED | Persiste una comprensión limitada acerca de las teorías científicas, las cuales se entienden como presunciones sin necesidad de ser respaldados por evidencia.                                        |

**Tabla 14** *La ciencia como sistema cognitivo – epistémico - frecuencia de ocurrencia.*

| Afirmación evaluada.                                                                                                                                                                                  | % de frecuencia    | Lectura respecto a la naturaleza de la ciencia (NdC)                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CE-10</b> Los resultados que se obtienen de un experimento (mediciones, observaciones y otros datos) se interpretan de la misma manera por todos los científicos.                                  | 3.1% S             | Una pequeña fracción considera que se debe llegar siempre resultados idénticos, en contraste la mayoría admite flexibilidad ante la posibilidad llegar a las conclusiones diferentes. |
| <b>CE-11</b> La evidencia experimental es esencial para validar cualquier teoría científica.                                                                                                          | 78% S/ CS 18% N    | Se entiende la centralidad de la validación empírica.                                                                                                                                 |
| <b>CE-12</b> Para que una teoría científica sea aceptada, debe ser respaldada por evidencia empírica y sometida a un proceso de validación riguroso, como la revisión por pares (por otros expertos). | 78% S/ CS<br>17% A | Manifiesta la comprensión de necesidad de la prueba empírica y validación por la comunidad científica.                                                                                |
| <b>CE-13</b> Para determinar si una teoría o hallazgo científico es correcto, es suficiente                                                                                                           | 16% S              | Se le otorga a la certeza de los investigadores la posibilidad de validar un hallazgo, omitiendo o dando la misma ponderación que a la evidencia. Se                                  |

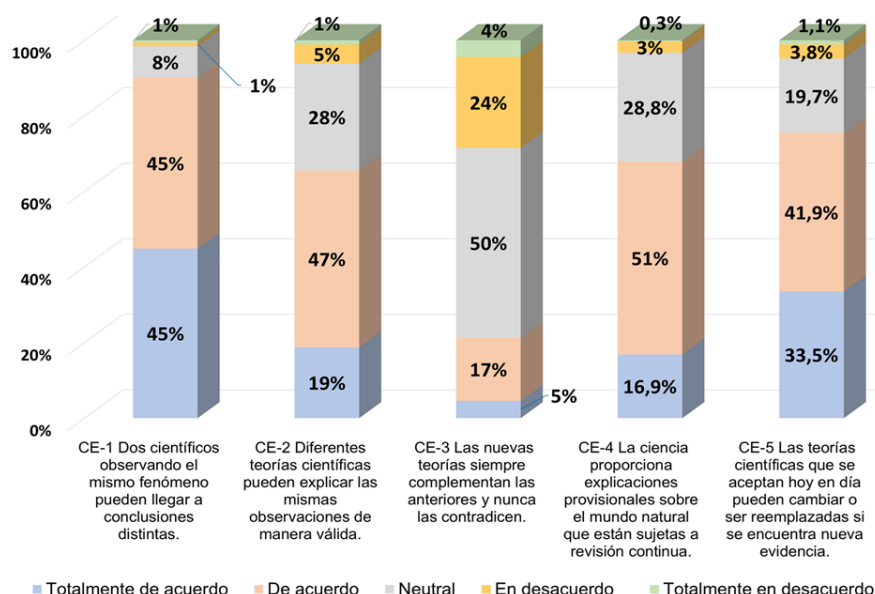
| <b>Afirmación evaluada.</b>                                                                                                     | <b>% de frecuencia</b>             | <b>Lectura respecto a la naturaleza de la ciencia (NdC)</b>                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| con que los científicos que la proponen tengan plena certeza de su validez.                                                     | 21% CS<br>29% A<br>20% CN<br>14% N | confirma la débil comprensión del escepticismo organizado propio de la ciencia.                                                                                   |
| <b>CE-14</b> Al incorporar nuevas evidencias y realizar ajustes una teoría llega a convertirse en ley científica.               | 44% S/ CS<br>46% A                 | Se tiende a concebir una relación jerárquica entre teoría y ley, en donde los estudiantes suponen que es posible que una teoría se convierta en ley al refinarse. |
| <b>CE-15</b> Cuando una teoría científica es probada y aceptada, deja de ser cuestionada y se convierte en una verdad absoluta. | 58% S/ CS<br>25% A                 | Cuatro de cada cinco estudiantes aproximadamente creen que la aprobación científica es una puerta de entrada a la verdad.                                         |
| <b>CE-16</b> La ciencia es completamente objetiva si se sigue rigurosamente el método científico.                               | 61% S/ CS<br>29% A                 | La mayoría de las estudiantes siguen los fundamentos de la ciencia como parte del positivismo.                                                                    |

El cuestionario aplicado revela tendencias en la manera en que los estudiantes conciben la ciencia desde su dimensión cognitivo-epistémica (CE). Respecto al proceso de investigación, en las afirmaciones **CE-1** y **CE-2** (Figura 10) se observa una amplia aceptación de que pueden coexistir distintas conclusiones y teorías explicativas sobre un mismo conjunto de observaciones, lo que indica que los estudiantes reconocen la pluralidad de significados posibles y la coexistencia de diferentes perspectivas frente a un mismo fenómeno. En coherencia, la sentencia **CE-10** –que indaga con qué frecuencia se arriba a una misma lectura de los datos– matiza esta postura, pues solo el 3% de los participantes considera que “siempre” se llega a la misma conclusión, mientras que el 92% estima que pueden presentarse tanto coincidencias como discrepancias, siendo “a veces” la opción predominante, tal como se ilustra en la Figura 11. Estos resultados señalan que los estudiantes son flexibles respecto a la posibilidad o no de llegar a las mismas interpretaciones; si bien reconocen la naturaleza interpretativa y subjetiva de la construcción teórica, también comprenden que en determinadas circunstancias los datos pueden conducir a explicaciones convergentes.

Los ítems **CE-3**, **CE-4** y **CE-5** exploran el carácter provisional del conocimiento científico. En **CE-4** y **CE-5** dos de cada tres estudiantes reconocen que existe una revisión continua y que la evidencia puede generar modificar o incluso sustituir las teorías y leyes existentes. Sin embargo, la tendencia presenta contradicción en **CE-3** ante la declaración “Las nuevas teorías siempre complementan las anteriores y nunca las contradicen”, el 50% de los participantes tienen una postura neutral, lo que indica indecisión o desconocimiento alrededor de la afirmación; también se puede interpretar como la creencia de que el progreso científico se basa en ampliar explicaciones previas más que en refutarlas. En

síntesis, aunque los educandos parecen comprender la tentatividad del conocimiento científico, la concibe como reconstrucción, modificación o ajuste de las teorías, leyes o modelos, más que en la idea de rupturas paradigmáticas en las que una explicación desplaza por completo a otra; hace falta entonces, una perspectiva histórica que permita reconocer los cambios paradigmáticos que ha tenido la empresa científica a lo largo de la historia.

**Figura 10** Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-1 a CE-5)



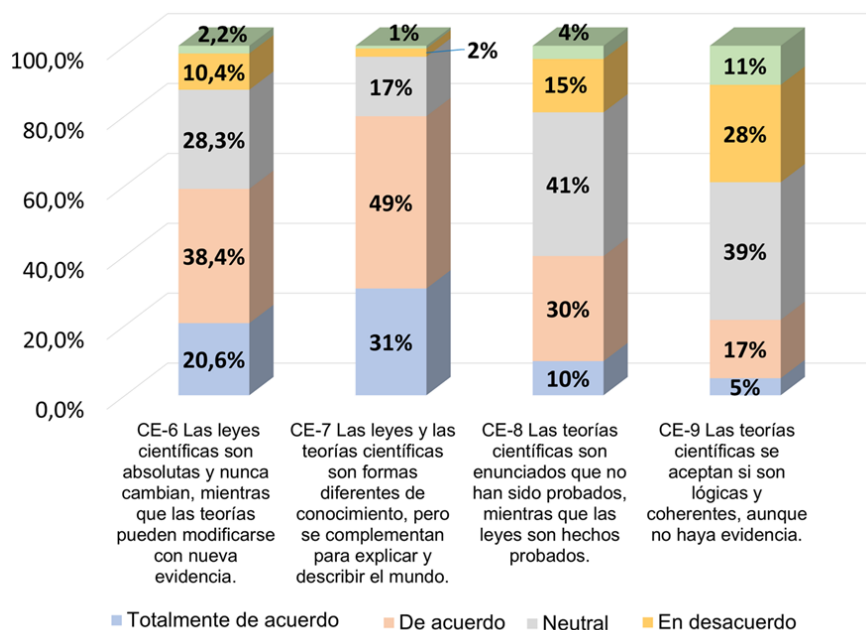
*Nota:* Elaboración propia.

La relación entre leyes y teorías, perteneciente a la categoría de conocimiento científico, se indaga de diferentes maneras en las sentencias **CE-6**, **CE-7**, **CE-8** y **CE-14** del cuestionario. Si bien en **CE-7** el 80% de los encuestados declara que las teorías y leyes son diferentes formas de conocimiento que se complementan a la hora de explicar y describir la realidad, se evidencian dificultades para comprender con claridad el rol y alcance de cada uno de estos tipos de explicación científica. Un porcentaje elevado de estudiantes dan por sentada una jerarquía en la que la ley ocupa el nivel superior (evidente en **CE-6**, **CE-14**), además se entiende como un aspecto más estable que la teoría. Entre

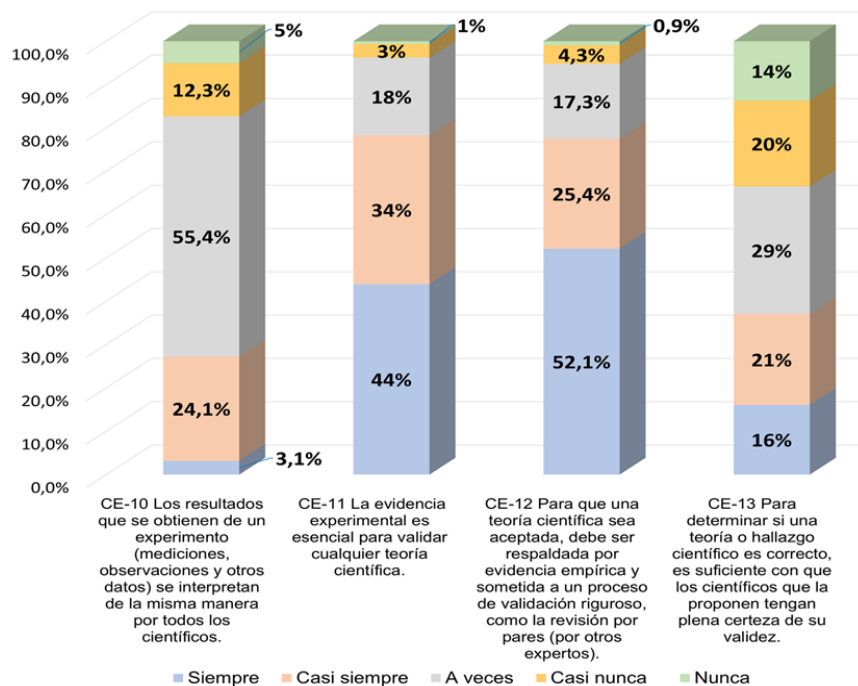
tanto, la teoría se percibe como una hipótesis carente de respaldo empírico (**CE-8**), es decir, como una opinión que se puede formular en cualquier momento desde el sentido común.

Por tanto, se debe recordar que una teoría equivale a un corpus científico robusto que incluye diversos elementos, como las leyes. Este hallazgo (la confusión en la jerarquía teoría-ley) se continúa observando en **CE-9**, donde la distribución heterogénea de respuestas muestra la inconsistencia de los estudiantes con respecto a una postura clara sobre la conformación de una teoría, ya que en este enunciado se propone que para la aceptación de una teoría basta con que sea lógica y coherente, aún en ausencia de pruebas, sugiriendo que para los escolares las teorías son conjeturas o suposiciones y están lejos de considerarlas como marcos estructurados de principios y leyes que permiten explicar, predecir y contrastar un conjunto de fenómenos. En este conjunto de afirmaciones la alta neutralidad (Figura 12 y Figura 13) evidencia confusión entre los dos constructos.

En **CE-11** y **CE-12** se cuestiona por la importancia del respaldo empírico en la validación de teorías y hallazgos, encontrando que cuatro de cada cinco participantes están de acuerdo con la afirmación, lo que valida que los estudiantes comprenden la centralidad del respaldo experimental y la importancia de la validación por pares, sin embargo, y retomando el análisis sobre la jerarquía teoría-ley, cuando se cuestiona si es suficiente con la certeza de los científicos (**CE-13**) o la lógica y coherencia propia de las teorías (**CE-9**), los estudiantes muestran confusión, siendo llamativo que el grupo que se encuentra neutral es del 29% y 39%, respectivamente. En síntesis, si bien los estudiantes entienden la centralidad del experimento hay dudas cuando se contrasta con otras formas de validar los productos del conocimiento científico.

**Figura 11** Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-6 a CE-9)

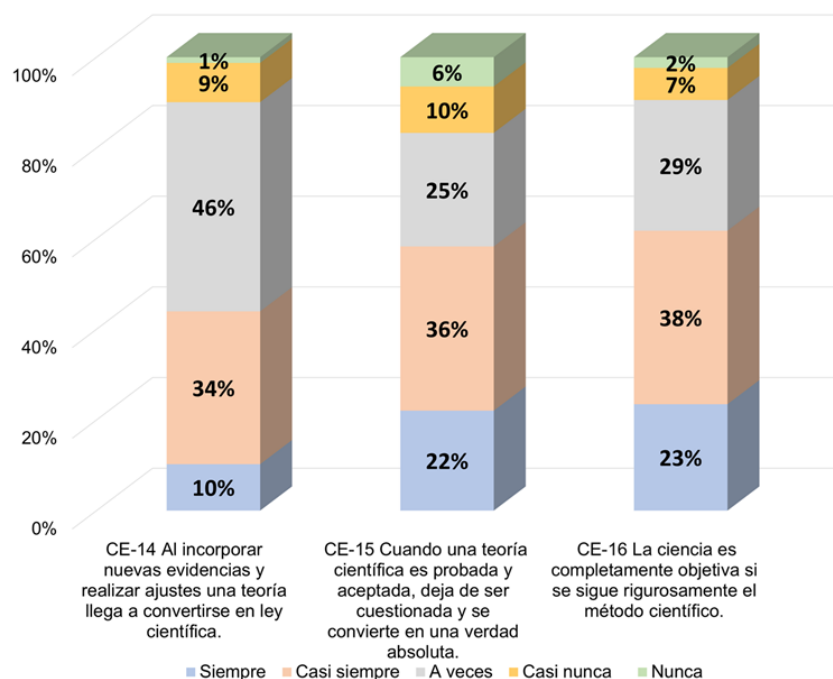
*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 12** Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-10 a CE-13)

*Nota:* Elaboración propia.

Si bien dentro de la NdC la disciplina y la rigurosidad con respecto al método científico son importantes y hace parte de la lógica del sistema cognitivo-epistémico, también se aclara que la ciencia es un constructo que con base en dicha lógica continúa cambiando y generando formas de entender los fenómenos naturales y la realidad, sin embargo, al cuestionar sobre este aspecto a los estudiantes a través de las preguntas **CE-15** y **CE-16**, se revela que los encuestados consideran una visión más rígida y positivista de la ciencia, la objetividad y las teorías científicas, esto se articula con las ideas sobre provisionalidad del conocimiento científico (resultados mencionados sobre las preguntas **CE-3**, **CE-4** y **CE-5**), donde en síntesis se debe poner atención a los procesos de enseñanza-aprendizaje en los estudios históricos acerca de los cambios paradigmáticos.

**Figura 13 Distribución porcentual de respuestas (ítems CE-14 a CE-16)**



*Nota:* Elaboración propia.

### 6.3.2 Percepciones estudiantiles sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia como sistema socio-institucional

Para comprender como los estudiantes comprenden la NdC, en la Tabla 15 y Tabla 16 se recogen los ítems evaluados y expone la distribución porcentual de cada uno para la categoría de la ciencia como sistema **socio-institucional**. En la Tabla 15 se resumen las afirmaciones evaluadas con la escala de acuerdo-desacuerdo y en la Tabla 16 los ítems formulados en términos de frecuencia de ocurrencia, junto con una breve explicación de los hallazgos.

Se explora en diferentes ítems del cuestionario las percepciones que los estudiantes poseen en la relación de la objetividad de la ciencia versus los valores, creencias, contexto del científico (histórico, social y cultural) y financiamiento. En **SI-1**, aproximadamente un tercio de los participantes (36%) entiende las ciencias como una construcción al margen de la historia y poco situada, mientras el 33% se declara neutral (Figura 14). Por su parte, **SI-2** revela que casi uno de cada cuatro encuestados (25%) no reconoce explícitamente la incidencia de los valores y creencias personales en la investigación, frente a un 39% que responde no tener una postura definida al respecto. En ambos casos, como muestra la Figura 15, es importante la proporción de participantes neutros ante las afirmaciones, lo cual sugiere vacíos conceptuales y desconocimiento respecto a la influencia sociocultural en la práctica científica. Esta tendencia se reproduce en **SI-9**, **SI-10** y **SI-11** donde más del 40% tiene una posición a veces ambivalente acerca del condicionamiento del financiamiento, las creencias personales y el contexto. En conclusión, en los diferentes rangos de frecuencia, los estudiantes reconocen la existencia de condicionantes al investigador, tienen en cuenta la influencia de aspectos personales en la ciencia; no obstante, existe una comprensión limitada o poco se tiene en cuenta la relación entre

ciencia y sociedad, lo que implica que desde la perspectiva de la NdC queda pendiente la reflexión escolar sobre el impacto de las perspectivas personales de los científicos e investigadores, así como el contexto en los procesos de investigación.

En referencia a las normas éticas de la ciencia se entiende mayoritariamente que estas son universales e independientes del área de investigación o del contexto (**SI-4** y **SI-14**), menos del 1% de la población estudiantil participante desconoce la existencia de estas normas; no obstante, como se verá en capítulos siguientes, cuando se indaga alrededor de estas normas de vital cumplimiento, los estudiantes tienen dificultad para nombrarlas o reconocerlas. Por último, como en casi todas las preguntas de la dimensión socio institucional de la ciencia, el alto porcentaje de neutralidad es indicativo de ausencia de postura o desconocimiento (ver Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17).

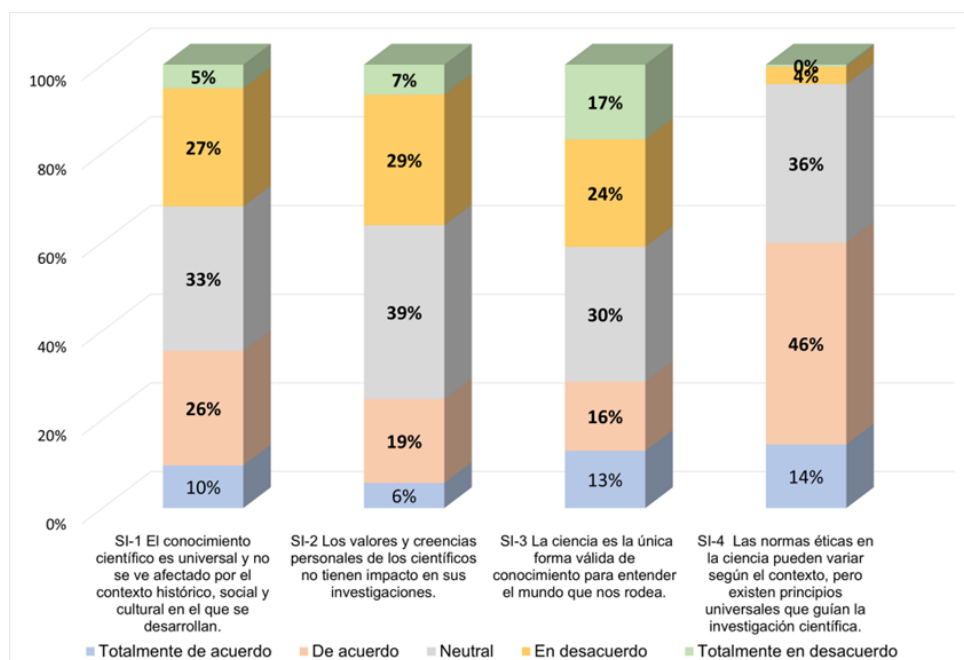
Con relación a las actividades profesionales de los científicos, en **SI-6** tres de cada cuatro jóvenes (75%) identifican labores como asistir a reuniones, gestión de proyectos, realización de informes y comunicación de hallazgos como parte de la labor –solo el 3% soslaya esta afirmación–, lo que es congruente con **SI-5** donde se manifiesta una comprensión mayoritaria del quehacer científico más allá de la investigación, aunque, el 15% de los encuestados consideran que la investigación es la única actividad que realiza un científico (Figura 15). De nuevo la proporción de estudiantes que referencian no saber o no tener una posición está entre el 22% y 27%. Por tanto, aunque se puede afirmar que el grueso de los estudiantes comprende que la actividad científica es amplia, no reconocen qué otras actividades hacen los investigadores en su cotidianidad, como se analiza con mayor amplitud en capítulos posteriores.

**Tabla 15** *La ciencia como sistema socio -institucional - Nivel de acuerdo o desacuerdo.*

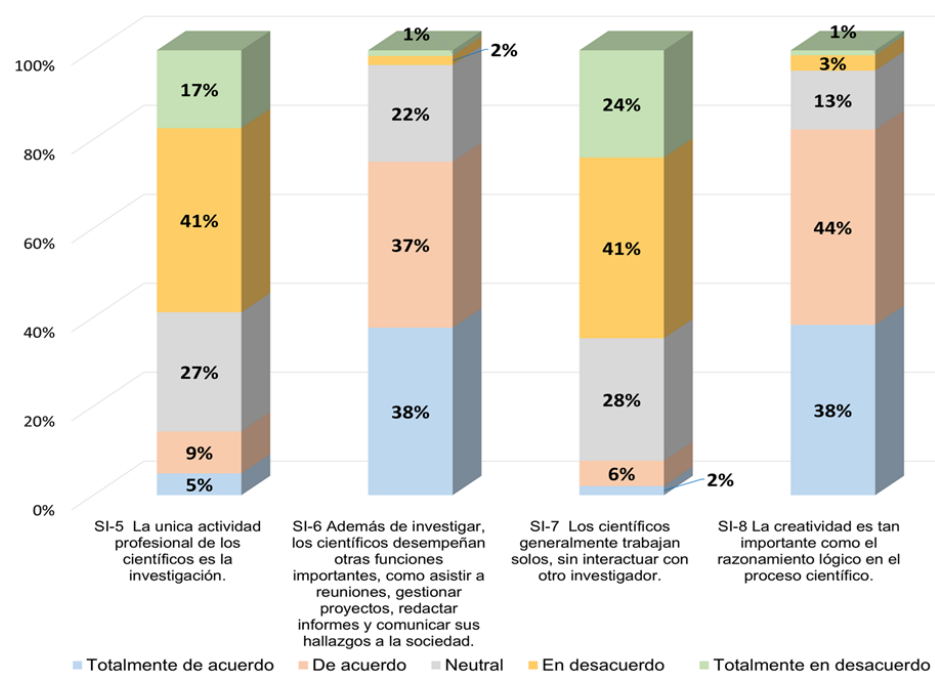
| Afirmación evaluada.                                                                                                                                                                               | % de acuerdo                            | Lectura respecto a la naturaleza de la ciencia (NdC)                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SI-1</b> El conocimiento científico es universal y no se ve afectado por el contexto histórico, social y cultural en el que se desarrollan.                                                     | 35.4% TDA/ DA<br>32.6% N<br>32% TED/ ED | Uno de cada tres estudiantes, aproximadamente, tiene imagen ahistórica y poco situada de ciencia e igual proporción se encuentran Neutrales.                                                                                                                             |
| <b>SI-2</b> Los valores y creencias personales de los científicos no tienen impacto en sus investigaciones.                                                                                        | 25% TDA/ DA<br>39% N<br>36% TED/ ED     | Se reconoce la influencia de los valores y creencias personales, aunque no es una posición mayoritaria, por el contrario, una cuarta parte de los participantes los consideran irrelevantes, mientras el 39% no tiene postura o reconoce no saber del tema.              |
| <b>SI-3</b> La ciencia es la única forma válida de conocimiento para entender el mundo que nos rodea                                                                                               | 41% TDA/ DA<br>30% N<br>29% TED/ ED     | Aunque el 29% de los participantes tienen apertura a otros modos de conocer. La fracción que está de acuerdo o neutral frente a esta afirmación representa tendencia al cientificismo o al desconocimiento de otras formas de entender.                                  |
| <b>SI-4</b> Las normas éticas en la ciencia pueden variar según el contexto, pero existen principios universales que guían la investigación científica.                                            | 60% TDA/DA<br>36% N                     | Buena asimilación de la existencia de normas que regulan la conducta científica; sin embargo, una revisión posterior de las RS revela que no las identifican con precisión. Llama la atención la alta neutralidad de que es indicio de ambivalencia o desconocimiento.   |
| <b>SI-5</b> La única actividad profesional de los científicos es la investigación.                                                                                                                 | 59% TED/ED<br>27% N                     | Mayoría rechaza esta idea; entienden la amplitud de roles. Sin embargo, se debe reconocer que 41% está de acuerdo o tiene una postura neutral ante el enunciado, lo que representa una visión estereotípica de la labor del científico.                                  |
| <b>SI-6</b> Además de investigar, los científicos desempeñan otras funciones importantes, como asistir a reuniones, gestionar proyectos, redactar informes y comunicar sus hallazgos a la sociedad | 75% TDA/DA<br>22% N                     | Hay comprensión en cuanto la diversidad de la actividad profesional –más allá del laboratorio—. Sin embargo, en revisiones posteriores se encuentra que no reconocen aspectos como la gestión de fondos y las publicaciones como parte de sus actividades profesionales. |
| <b>SI-7</b> Los científicos generalmente trabajan solos, sin interactuar con otro investigador.                                                                                                    | 61% TDA/DA<br>39% N                     | Se tiene la idea de la ciencia como empresa colaborativa (comunalismo). Sin embargo, el porcentaje de neutralidad revela que un tercio de los participantes presentan duda en este aspecto.                                                                              |
| <b>SI-8</b> La creatividad es tan importante como el razonamiento lógico en el proceso científico                                                                                                  | 82% TDA/DA                              | Reconocen la dimensión creativa. Se destaca que la actividad científica no es solo un proceso rígido, sino que involucra la creatividad                                                                                                                                  |

**Tabla 16** *La ciencia como sistema socio -institucional – Frecuencia de ocurrencia.*

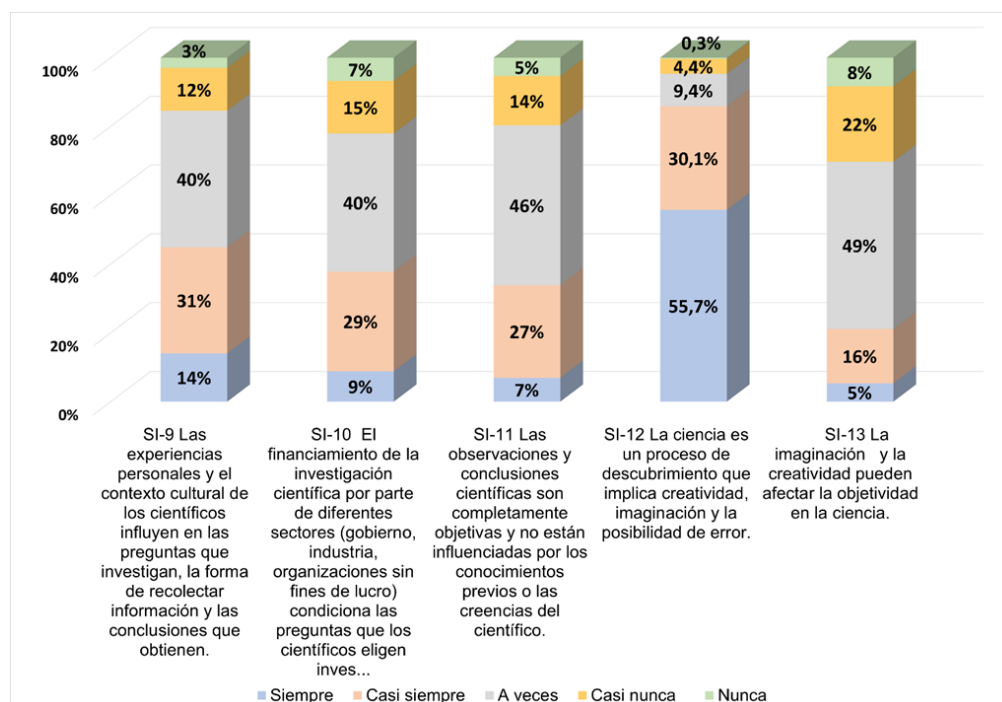
| Afirmación evaluada.                                                                                                                                                                                             | % de frecuencia               | Lectura respecto a la naturaleza de la ciencia (NdC)                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SI-9 Las experiencias personales y el contexto cultural de los científicos influyen en las preguntas que investigan, la forma de recolectar información y las conclusiones que obtienen.                         | 40% A<br>45% S/CS<br>15% N/CN | La tendencia en las respuestas evidencia que la mayoría reconoce, la influencia del trasfondo personal y cultural del científico sobre la investigación –en diferentes grados—. Solo el 15% descarta o reduce este sesgo. |
| SI-10 Las observaciones y conclusiones científicas son completamente objetivas y no están influenciadas por los conocimientos previos o las creencias del científico.                                            | 46% A<br>34% S/CS             | La tendencia de los estudiantes se puede interpretar como una posición ambivalente donde existe tanto la posibilidad que exista influencia, como que no exista.                                                           |
| SI-11 El financiamiento de la investigación científica por parte de diferentes sectores (gobierno, industria, organizaciones sin fines de lucro) condiciona las preguntas que los científicos eligen investigar. | 40% A<br>38% S/CS<br>22% N/CN | Se percibe influencia del financiamiento en la agenda de investigación: 38% cree que los fondos condicionan habitualmente, 40% señala que ocurre ocasionalmente, mientras el 22% cree que es mínima o la niega.           |
| SI-12 La ciencia es un proceso de descubrimiento que implica creatividad, imaginación y la posibilidad de error.                                                                                                 | 86% S/CS                      | Se corrobora SI-8, ya que existe una clara tendencia a entender la creatividad como parte de la investigación en ciencia.                                                                                                 |
| SI-13 La imaginación y la creatividad pueden afectar la objetividad en la ciencia.                                                                                                                               | 49% A<br>21% S/CS<br>30% N/CN | El 70% de los participantes admite algún grado de impacto de la creatividad en la objetividad.                                                                                                                            |
| SI-14 Los científicos, independientemente de su área de especialización, deben seguir un conjunto de normas éticas universales.                                                                                  | 70% S/CS                      | Siete de cada diez estudiantes reconocen la existencia de normas éticas que condicionan la actividad científica, al igual que SI-4.                                                                                       |
| SI-15 La colaboración y el trabajo en equipo son fundamentales en las investigaciones científicas modernas.                                                                                                      | 70% S/CS                      | Ocho de cada diez participantes reconocen el carácter colaborativo y comunal de la investigación científica.                                                                                                              |
| SI-16 Los descubrimientos científicos importantes son generalmente el resultado del trabajo de un solo científico brillante                                                                                      | 27% S/CS<br>37% A<br>37% N/CN | Casi dos tercios del alumnado atribuye, al menos ocasionalmente, los grandes descubrimientos a la labor de un único científico brillante, con lo que subestima el carácter colaborativo propio de la investigación.       |
| SI-17 Es importante combinar la ciencia con otras disciplinas para obtener una comprensión más completa de los problemas de investigación                                                                        | 66% S/CS<br>28% A             | Dos tercios de los encuestados reconocen la importancia de la interdisciplinariedad en la investigación, reconociendo la transversalización que la investigación moderna requiera.                                        |

**Figura 14** Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-1 a SI-4)

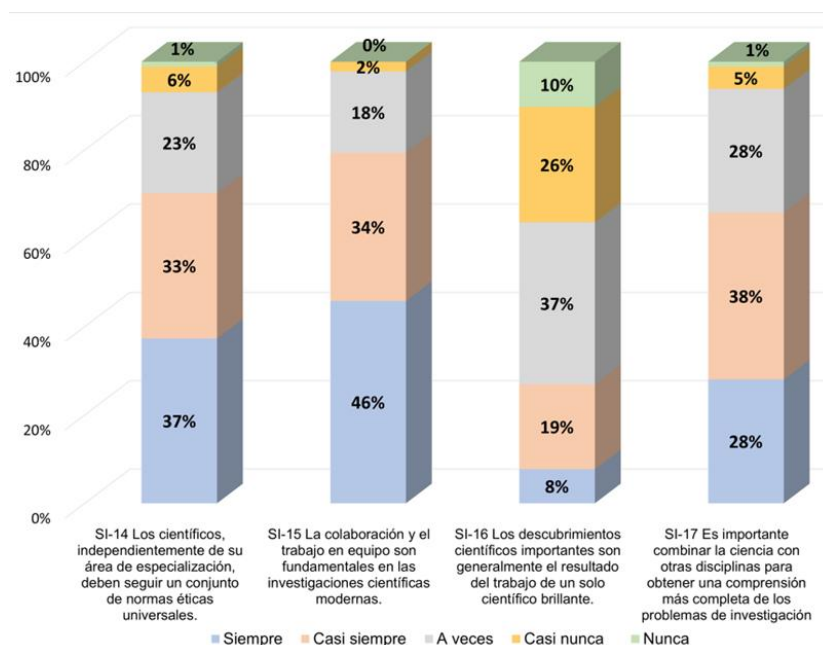
*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 15** Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-5 a SI-8)

*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 16 Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-9 a SI-13)**

*Nota:* Elaboración propia.

**Figura 17 Distribución porcentual de las respuestas (ítems SI-14 a SI-17)**

*Nota:* Elaboración propia.

En adición, en el ítem SI-15 se evidencia una alta valoración del trabajo en equipo como requisito para la investigación: cuatro de cada cinco participantes (80%) así lo estiman. De manera similar, aproximadamente dos tercios reconocen el trabajo colaborativo (SI-7) y la interdisciplinariedad (SI-17) como componentes esenciales del quehacer científico. En contraste, ante la afirmación SI-16, “los descubrimientos científicos importantes son generalmente el resultado del trabajo de un solo científico brillante”, el 27% considera que “siempre” o “casi siempre” es así, y el 37% señala que “a veces” ocurre. Esta aparente contradicción sugiere que, aunque los estudiantes reconocen el carácter colectivo de la ciencia, persisten imaginarios asociados al genio individual, probablemente reforzados por narrativas escolares centradas en figuras heroicas –Newton, Einstein, Curie– más que en procesos colaborativos. La dispersión de respuestas en este ítem resulta especialmente significativa, pues revela tensiones en las representaciones estudiantiles entre la visión tradicional, que exalta al científico aislado, y una visión más contemporánea que reconoce la ciencia como empresa social y cooperativa. Dicho contraste pone de manifiesto la necesidad de abordar, desde la enseñanza, representaciones más realistas sobre la construcción colectiva del conocimiento científico.

Para la NdC, en el sistema socio-institucional, es importante comprender que, junto a la lógica científica propia de los procesos cognitivo-epistemológicos, intervienen factores como la creatividad y la imaginación que influyen en el desarrollo del conocimiento científico, ya que en determinados momentos generan o catalizan productos de la ciencia. En esta línea, los resultados del ítem **SI-8** indican que la creatividad se valora tanto como el razonamiento lógico, pues casi cuatro de cada cinco escolares así lo entienden (82%). Una proporción equivalente vincula los descubrimientos realizados en la empresa científica con la imaginación y acepta el error como elemento latente del trabajo científico (**SI-12**). Ahora bien, el enunciado

**SI-13** pone nuevamente de manifiesto la necesidad de profundizar la reflexión sobre la objetividad en la ciencia, al respecto los estudiantes consideran que esta se puede ver afectada por la imaginación y la creatividad, es decir, se da continuidad a un apego conceptual a la imagen rígida y positivista de la ciencia; de hecho un 21% afirma que la imaginación y la creatividad “siempre” y “casi siempre” comprometen la objetividad, un 49% sostienen que lo hacen “a veces”, frente a un 30% que considera que “nunca” y “casi nunca” influyen (ver Figura 15), por tanto esta percepción invita a cuestionar si se está comprendiendo adecuadamente el rol de la creatividad en la ciencia, aunque la imaginación aporta innovaciones fundamentales en la investigación, el rigor metodológico debería asegurar que dicha creatividad no comprometa la objetividad de los resultados.

#### **6.4 Discusión integrada**

La inclusión de la NdC en el currículo de ciencias naturales ha sido discutida durante décadas; por tanto, existen diferentes perspectivas acerca de cómo se debe incorporar en la escuela. Una de las aproximaciones más difundidas es la visión de consenso formulada por Norman Lederman (2007), quien afirma que, si bien no hay un número limitado de elementos que definan lo que es la ciencia, si se puede decir que hay algunos sobre los cuales hay consenso y sobre estos se debería trabajar para alfabetizar científicamente a los estudiantes. Estos elementos son, a saber: distinción entre observación e inferencia, teorías y leyes son diferentes formas del conocimiento científico, naturaleza creativa e imaginativa del conocimiento científico, carácter subjetivo del conocimiento científico, influencia de la cultura y la sociedad, naturaleza empírica de la ciencia y la naturaleza provisional del conocimiento científico. Esta perspectiva como ya se mencionó en el Capítulo Marco teórico, también tiene múltiples detractores, que entre muchas cosas argumentan que presenta una visión muy

limitada de la ciencia (Irzik y Nola, 2011). Esta y otras listas son formas populares de verificar si se incluye la NdC efectivamente en los planes de estudio.

Irzik y Nola (2014), proponen el enfoque de semejanza familiar que organiza la ciencia en dos categorías complementarias CE y SI con sus respectivas características internas que no definen exclusivamente a la ciencia, más bien la superposición de rasgos que, sin ser idénticos en todas las disciplinas, componen el aire de familia que las hace reconocibles como tales. Kostas Kampourakis (2016) señala que ambas perspectivas no son antagónicas, sino complementarias: la visión de consenso ofrece un punto de entrada a la NdC, mientras la semejanza familiar despliega una visión más profunda y contextualizada de la ciencia.

El dialogo entre los hallazgos del análisis documental y los datos de la encuesta se construye a partir de la propuesta de Kostas Kampourakis (2016). Se retoman los siete elementos de la visión de consenso como punto de referencia para evaluar las percepciones de los estudiantes en relación con la NdC y reconocer si se está incluyendo en la AC escolar; a su vez, cada uno de los elementos se clasifican en una de las categorías de la semejanza familiar CE y SI. El examen de los LCCN y EBCN –guiado por Irzik y Nola– amplía esa mirada al terreno normativo y curricular.

### **Distinción entre observación e inferencia:**

Según este elemento los estudiantes deberían distinguir entre observación e inferencia, teniendo en cuenta que la observación directa relacionada con la esencia empírica de la ciencia se debe articular con el hecho de que no todos los fenómenos son observables para los científicos, o en este caso, para los estudiantes. Con respecto a la inferencia, esta debe dar paso a la interpretación para alcanzar el nivel de la explicación abstracta.

Del análisis de los documentos de política pública se deriva que el peso de este elemento se encuentra en el sistema cognitivo-epistémico. Aquí se recogen aspectos del

método científico que incluyen observaciones, recolección de datos, hasta la construcción de teorías y modelos. Para lograrlo, se deben tener en cuenta las experiencias y saberes previos de los estudiantes para que se acerquen a la elaboración científica desde sus propias formas de ver y entender la realidad. Es claro que se deben formar habilidades para indagar hechos y fenómenos, capacidades que son específicas y concretas en los primeros grados a más teóricas y abstractas en educación media. Por ende, se encuentra una perspectiva constructivista que reúne principios como preconcepción, experiencia, observación y estrategias para referenciar causalidades. En esta línea, un objetivo clave de la ciencia es entender lo que significa la explicación científica, esto se expresa en los EBCN, donde el estudiante debe formular y sustentar posibles explicaciones a los fenómenos, sin embargo, se debe recordar que la explicación naturalista no está presente.

El método científico deductivo se considera como la posibilidad para desarrollar dinámicas pedagógicas en las que los estudiantes lleguen a inferir ciertas hipótesis a partir de modelos y teorías. En este caso, la ciencia se basa en observaciones cuidadosas que requieren ejercicios de pensamiento disciplinados cuyos resultados se deben comunicar de forma organizada. En este sentido, el razonamiento y la lógica permiten identificar conceptos que no tienen fundamento empírico, llevando la rigurosidad del método a la construcción de argumentos que sustentan posturas críticas, por ello, el conocimiento científico debe ser sustentado empíricamente. Lo anterior conecta con el sistema socio-institucional, donde es importante el desarrollo de competencias en los estudiantes desde posturas críticas que impliquen el examen empírico.

En relación con los documentos abordados, se evidencia que los estudiantes aceptan distintas conclusiones y teorías para explicar observaciones de un fenómeno estudiado, así, se advierte que aceptan la pluralidad interpretativa (inferencias), aunque también entienden que

los datos pueden conducir a explicaciones singulares (convergentes). Es importante aclarar que de modo paralelo se conserva una imagen rígida, objetivista y positivista de las teorías científicas y la ciencia en general.

### **Teorías y leyes son diferentes formas del conocimiento científico**

El segundo elemento consiste en comprender que las teorías y leyes son diferentes formas del conocimiento científico, vinculadas entre sí dentro del corpus de la ciencia como vías complementarias para describir y explicar la realidad y los fenómenos. En los documentos de política pública educativa analizados, se advierte la elaboración alrededor de tres conceptos importantes: leyes, teorías y modelos, sin embargo, no se encuentran posturas o argumentos que definan y delimiten cada uno de estos dominios del saber científico. Lo que se demuestra en la encuesta, en donde los estudiantes observan en las teorías y leyes distintas formas de conocimiento que se complementan en el momento de entender la realidad, pero, se evidencian dificultades para identificar con claridad el lugar y especificidades de cada uno de estos tipos de explicación, de hecho, ven una jerarquización inexistente en términos de los esfuerzos científicos, pues ubican las leyes por encima de las teorías, además, las teorías se asocian con posturas sin sustento empírico. En síntesis, es posible plantear que el vacío observado en los documentos de política pública se correlaciona con las ideas que manejan los estudiantes sobre las diferencias entre ley y teoría.

### **La naturaleza creativa e imaginativa del conocimiento científico**

Desde la perspectiva de la NdC abordada para esta discusión, el tercer aspecto es el papel de la imaginación y la creatividad en el desarrollo de teorías, modelos y dentro de los procesos de investigación científica. De un lado, en los documentos abordados, estos aportes se relacionan, principalmente, con el sistema cognitivo-epistémico desde el modelo de Semejanza familiar; en donde, abiertamente se incluye la curiosidad, la imaginación, la posibilidad de

error y la discusión con otros como elementos de la formación desde las ciencias naturales. Es decir, se aceptan estas habilidades como necesarias para avanzar en la construcción del conocimiento científico. De otro lado, los estudiantes retoman esta postura de la política pública, ya que un sector amplio pondera como importantes tanto el razonamiento lógico como la creatividad, a su vez entienden el error y la imaginación como parte de los esfuerzos científicos, sin embargo, aparece la dualidad: de una parte, se acepta la creatividad, pero consideran que puede afectar la objetividad, con lo cual se reafirma una línea conceptual rígida y positivista como imagen de la ciencia en los estudiantes y evidencia que no valoran de manera integral la importancia de los métodos propios de la ciencia para asegurar la rigurosidad.

Desde la perspectiva de la didáctica, la imaginación y la creatividad asocian con la sorpresa, emoción que despierta interés y estimula diversos procesos de aprendizaje. No obstante, en las políticas se observa una ambivalencia: de una parte, la educación científica debe partir de la creatividad del estudiante (por encima de la memorización de productos acabados), pero a su vez se define un listado de conocimientos científicos básicos que todo estudiante colombiano debe poseer al finalizar la educación básica y media.

### **El carácter subjetivo del conocimiento científico**

Este componente de la NdC reconoce que en las posturas de los científicos influyen aspectos como el contexto, creencias, saberes previos e intereses en los procesos de investigación. Esto posibilita un acercamiento más realista y completo a la práctica investigativa, ya que se acepta la ciencia como esfuerzo humano y matiza imágenes estereotipadas sobre objetividad, absoluta racionalidad y búsqueda de la verdad única. Este aspecto se inscribe en el sistema socio-institucional según modelo de semejanza familiar de la NdC.

En los LCCN y los EBCN se trata parcialmente el tema, aunque se reconoce que el investigador llega al laboratorio con ideas preconcebidas y que la ciencia es una construcción humana impregnada de valores contextuales (MEN, 1998). Los documentos no tienen en cuenta el contexto, las formas de financiamiento (que generan conflictos de interés), la divulgación científica, la asesoría a diferentes entidades, instituciones y empresas. Desde luego, es inexistente una postura formativa dirigida a los estudiantes sobre la relación entre ciencia, poder económico-político y sociedad, en contraposición a la educación para una ciudadanía informada y crítica. Aunque los documentos públicos consideran la libertad, el respeto por el medio ambiente y la utilidad social de la ciencia, aún se debe avanzar desde la política pública sobre las subjetividades, relaciones sociales y contexto en las prácticas científicas. En concordancia, las posturas ambivalentes de los estudiantes sobre factores como el financiamiento, creencias, valores, normas éticas concretas de investigación y contexto refuerzan las ideas antes mencionadas, y a pesar de que reconocen algunos condicionantes al investigador, es baja la comprensión de las relaciones entre ciencia y sociedad.

### **El conocimiento científico está influenciado por el contexto social y cultural en el cual se desarrolla**

Desde la perspectiva de Lederman, el quinto aspecto sobre la NdC consiste en ubicar el conocimiento científico en el contexto social y cultural, poniendo a la ciencia como actividad humana. Como se mencionó en el apartado anterior, el contexto influye en quienes hacen investigaciones, quehaceres o profesiones relacionadas con las ciencias básicas.

En los documentos de política pública analizados se menciona de manera explícita que el conocimiento científico tiene un carácter sociocultural situado, el cual depende de los objetivos de aprendizaje y se corresponde con contextos que van desde el entorno de los estudiantes a escalas más amplias. En este sentido, hay aportes a una relación ética entre

ciencia, medio ambiente, tecnología y sociedad como factores contextuales. Esta forma general de expresar el elemento de la NdC se articula con los sistemas cognitivo-epistémico y socio-institucional. Sin embargo, esta generalización se traduce en que la mayoría de los estudiantes entienden las ciencias naturales como elaboraciones sin relación con constructos históricos y poco situada, o no expresan una postura al respecto.

### **La naturaleza empírica de la ciencia**

La naturaleza empírica de la ciencia implica reconocer que no existe una secuencia infalible de pasos capaz de producir verdades definitivas; sostener que el “método científico” es la única vía de acceso al conocimiento, constituye un mito ampliamente refutado. La investigación se construye a partir de rutas diversas, modeladas por variables conceptuales, tecnológicas y sociales, que obligan a contrastar evidencia, revisar hipótesis y admitir falibilidad.

En los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos esta idea aparece de forma dispersa, tanto en el plano metodológico como en el pedagógico. Desde la dimensión cognitivo-epistémica, los documentos recuerdan que el saber científico es apenas una modalidad de interpretación del mundo y subrayan el carácter inacabado de la empresa investigativa; de ahí la invitación a que el docente utilice situaciones de desequilibrio cognitivo para estimular curiosidad, imaginación y pensamiento crítico. Sin embargo, esa apertura se tensiona con la exigencia de que todos los estudiantes alcancen un conjunto uniforme de contenidos susceptibles de evaluación estandarizada, lo que limita la exploración de trayectorias alternativas de aprendizaje.

En la dimensión socio-institucional, el énfasis recae en el escepticismo organizado, en tanto las explicaciones científicas se integran al corpus del conocimiento solo después de ser examinadas por la comunidad especializada. Si bien este principio refuerza la pluralidad de

enfoques, los textos oficiales no explicitan los mecanismos mediante los cuales se produce dicha validación – como los comités de revisión o la replicación–, lo que genera un vacío que dificulta su transposición didáctica. Esta distancia entre los procedimientos propios del saber científico y su formulación en el ámbito escolar es consistente con lo señalado por Chevallard (1991), quien advierte que, en el tránsito del saber sabio al saber a enseñar, los conocimientos experimentan transformaciones que tienden a simplificar o reconfigurar los procesos que les dieron origen.

La encuesta evidencia esa ambivalencia: el estudiantado valora el experimento como práctica central, pero vacila cuando se le plantean otras formas de corroborar conocimiento; además, persisten concepciones positivistas que equiparan ciencia con objetividad absoluta. A ello se suma un desconocimiento de las actividades profesionales que sustentan la producción y certificación del saber. El contraste entre prescripción curricular y representaciones estudiantiles confirma la necesidad de explicitar, en la enseñanza, la pluralidad de métodos y la dinámica colectiva mediante la cual la ciencia legitima sus resultados.

### **La naturaleza provisional del conocimiento científico**

El conocimiento científico se considera duradero y confiable, pero no es absoluto, está sujeto al cambio (Lederman, et al, 2002), ya se trate de teorías, leyes o modelos. La provisionalidad da lugar a los cambios paradigmáticos o a transformaciones parciales de distinto orden o dimensión (epistemológica, metodológica, producción científica) a través de la construcción histórica de la ciencia entendida como empresa humana.

En los documentos abordados (LCCN y EBCN), haciendo una lectura a partir del sistema cognitivo-epistémico de la NdC, efectivamente se entiende que las leyes, teorías y modelos no pueden concebirse como verdades inamovibles, sino lógicas falibles, evolutivas y sujetas a revisión. En la política pública el conocimiento científico es provisional e histórico.

Además, se enfatiza que las teorías alcanzan mayores niveles de generalización una vez sean comparadas con modelos teóricos que las preceden y proyectan. En el sistema socio-institucional se llama a los estudiantes a comprender que es posible rectificar posturas cuando la evidencia lo demuestre, alcanzando niveles de flexibilidad frente a las formas como se construye el conocimiento científico.

Los estudiantes, con respecto a la provisionalidad del conocimiento científico, reconocen la tentatividad del mismo, comprendiendo que está sujeto a reconfiguraciones, modificaciones o ajustes, ya sea en el marco de teorías, leyes o modelos, sin embargo, esto no ocurre frente a las ideas de cambios paradigmáticos, lo cual requiere una perspectiva histórica que les permita identificar transformaciones de fondo que ha tenido la empresa científica a lo largo de la historia. Se debe además decir, que particularmente los lineamientos sí hacen un llamado a los educadores a incluir en la enseñanza de la ciencia la perspectiva histórica.

### **Naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica de los estudiantes**

Al relacionar los planteamientos de la política pública en educación científica con las posturas de los estudiantes, desde la perspectiva teórica y metodológica elegida para esta investigación, el balance entre lo que pretende la educación científica en el país y lo que expresan los estudiantes de media al respecto en Bogotá, indica que los procesos de experimentación y laboratorio siguen siendo estrategias extendidas que se asocian al desarrollo del razonamiento lógico en los educandos, persistiendo una visión cercana a una rigidez conceptual respecto a los métodos y principios positivistas. A su vez, la capacidad de relacionar los aprendizajes con los vínculos entre ciencia, tecnología y sociedad es baja. Por tanto, aún queda un camino abierto para continuar formando ciudadanos informados con base en una alfabetización científica funcional, que les permita a los estudiantes asumir posturas

frente a diversos aspectos de la relación entre ciencia-cultura y sociedad a través de sus propias experiencias y vida cotidiana. Se presenta cierta apertura en la formación del pensamiento científico de los estudiantes con respecto a otras formas de interpretar hallazgos científicos, así como la creatividad y algunas posibilidades de cambio dentro de las lógicas epistemológicas de la ciencia. Con todo, es importante potenciar en los estudiantes las ideas sobre las visiones I y II de la AC planteadas en la política educativa, siendo claro que son pocos los resultados a propósito de la visión III, que incluso poco se observa dentro de los documentos analizados, dejando en el horizonte la posibilidad de una ciudadanía crítica, informada que comprenda en principio las relaciones cambiantes y aceleradas entre sociedad, ciencia y medio ambiente, además de otros aspectos.

## 7. Representaciones sociales de la naturaleza de la ciencia

En el presente capítulo se analizan las representaciones sociales que sobre la naturaleza de la ciencia tienen los estudiantes de EM en colegios oficiales de Bogotá, destacando tanto los elementos compartidos como las particularidades observadas en sus distintas dimensiones. Se presenta, en primer lugar, la metodología empleada para caracterizar estas representaciones, incluyendo una descripción breve de las técnicas e instrumentos aplicados. Posteriormente, el capítulo se divide en secciones, dedicadas a cada una de las ocho subcategorías de la NdC, correspondientes al sistema cognitivo-epistémico y al sistema socio-institucional, donde se exponen los hallazgos relevantes acompañados de su análisis interpretativo. Finalmente, se realiza una síntesis y discusión de los resultados, articulando los principales hallazgos.

A partir de la teoría fundamentada como método y con la implementación de dos técnicas complementarias: asociación libre y elección sucesiva por bloques, orientadas a develar no solo el contenido de las RS, sino también su estructura interna; se aplicaron los instrumentos, asociados a las técnicas, para cada una de las subcategorías que integran la ciencia como sistema cognitivo epistémico (proceso de investigación, objetivos y valores de la ciencia, métodos y reglas metodológicas y conocimiento científico) y la ciencia como sistema socio-institucional (actividades profesionales, ethos científico, certificación social y difusión del conocimiento, valor social de la ciencia).

En una primera etapa, se empleó la carta asociativa (Figura 18), propuesta por Jean-Claude Abrie para encontrar los elementos constitutivos de las RS, con la generación espontánea de palabras y expresiones a partir de un término inductor –referido a cada una de las subcategorías de la NdC–, que, además, posibilita la generación de relaciones semánticas con otros términos, al solicitar a los participantes proponer nuevas conexiones. Para este autor,

este instrumento, capta no solo los elementos presentes en la representación, sino también los lazos que los conectan (Abric, 2001); de este modo, es posible esbozar la red de significados que subyacen al discurso espontáneo de los participantes a partir de la teoría fundamentada y haciendo uso del microanálisis de las cadenas asociativas producidas

En la investigación se asignó a cada participante una carta asociativa centrada en una de las subcategorías de la NdC, bien sea a la dimensión cognitivo-epistémica o a la socio-institucional. Los estudiantes construyeron relaciones semánticas en tres fases: primero escribieron cuatro palabras; luego se añadieron dos para cada uno de los términos propuestos en la primera fase (ocho términos). Por último, se propusieron dos expresiones adicionales para cada uno de los ocho términos anteriores (dieciséis). Este procedimiento, desafiante para los estudiantes, generó una base de datos rica para analizar.

Posteriormente, con el apoyo del software *Atlas.Ti* se establecieron las frecuencias de aparición y, tras una revisión manual, en donde se asociaron sinónimos y expresiones semejantes, se consolidó una lista de las palabras con mayor uso para cada una de las ocho subcategorías de la ciencia según la semejanza familiar. Determinar dichas frecuencias es un indicador que no solo resulta necesario para diferenciar los elementos que constituyen genuinamente las RS, sino que es de gran valor para su reconocimiento y significación.

En la segunda etapa se determinó la organización interna de las RS. A partir de las listas depuradas se seleccionaron las veinte palabras de mayor frecuencia (véase anexo 3); los estudiantes calificaron cada término según su similitud o distancia con cada subdimensión de la NdC, asignando un valor de +2, +1, 0, -1 o -2. El análisis cuantitativo de estas puntuaciones permitió diferenciar entre núcleo central, constituido por elementos de alto consenso y convergencia –representados por índices próximos a 1– y periféricos cuyos elementos son más

contextuales, inestables y variables –estos valores son bajos, en particular se tomaron valores mayores a -0.2–.

### 7.1 Proceso de investigación

Para establecer las RS de la primera subdimensión de la NdC perteneciente a la ciencia como sistema cognitivo epistémico, se aplicó una carta asociativa, como la mostrada en la Figura 18, donde se presentan las cadenas asociativas generadas por un estudiante para el término inductor *proceso de investigación*. A partir del análisis de 64 cartas asociativas como la mostrada, se encontró la recurrencia de términos, representada en la nube de palabras, producida por el software Atlas.Ti (Figura 19) entre las que se destacan: conocimiento, experimentos, nuevas(os), analizar, descubrimiento(s), investigación, químico(s), ciencia, científica(o), animales, problemas, vidas, entre otros 974 términos que fueron mencionados por los estudiantes en diferentes niveles de recurrencia. No se contaron conectores, artículos y otros términos genéricos.



A partir de las veinte palabras con mayor frecuencia se inició un análisis de similitud (Abrie, 2001), cuyos índices ordenados se presentan en la Tabla 17. En esta fase, el criterio clave deja de ser la frecuencia, y pasa a ser la saliencia relativa, que, en conjunto, los sujetos le atribuyen a cada término. Este proceso revela la estructura interna de la RS, donde se identifica el núcleo central y los elementos periféricos; en el centro de la representación (ver Figura 20), se ubica el núcleo central, *descubrimiento* con un índice de 0.86, indicativo de una vinculación fuerte y sólida entre la noción de proceso de investigación y el descubrimiento.

Inmediatamente alrededor, aparecen términos con índices elevados que actúan como estabilizadores, su cercanía a +1 muestra el mayor peso que tiene en la estructura semántica de la representación, dándole sentido al núcleo central. Posteriormente aparecen elementos más periféricos y flexibles, caracterizados por índices más próximos a cero tanto negativos como positivos; su presencia contingente depende del contexto. Por último, se presentan los elementos más lejanos asociados con aquellos que excluyen o contradicen la representación, que son aquellas próximas a -1.

**Tabla 17** *Índices de similitud para la subcategoría proceso de investigación.*

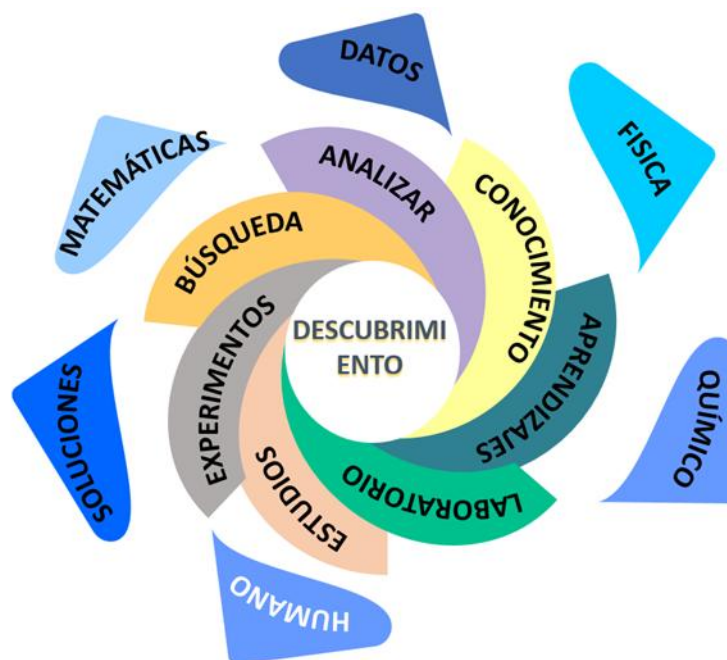
| <i><b>Proceso de Investigación</b></i> | <i><b>Índice</b></i> |
|----------------------------------------|----------------------|
| Descubrimiento(s)                      | 0,86                 |
| Conocimiento                           | 0,71                 |
| Analizar                               | 0,64                 |
| Búsqueda                               | 0,57                 |
| Experimentos                           | 0,43                 |
| Estudio(s)                             | 0,43                 |
| Laboratorio                            | 0,36                 |
| Aprendizaje                            | 0,14                 |
| Física                                 | 0,00                 |
| Datos                                  | -0,07                |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Soluciones      | -0,14 |
| Matemáticas     | -0,21 |
| Químico         | -0,29 |
| Humano(a)       | -0,29 |
| Nuevas(os)      | -0,36 |
| Problemas       | -0,43 |
| Vidas           | -0,50 |
| Animales        | -0,57 |
| Enfermedad (es) | -0,57 |
| Elementos       | -0,64 |

*Nota:* Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría proceso de investigación. Fuente: Elaboración propia

La representación social de la categoría proceso de investigación identificada tiene como núcleo central el *descubrimiento*. Este concepto polisémico, para los estudiantes, quienes lo asocian principalmente con el resultado del método científico a partir de una perspectiva empírica que incluye procesos que pasan por la observación, la *experimentación*, el planteamiento de hipótesis y la deducción, esto como parte del diseño de pruebas orientadas a la consecución de datos, diagnósticos y conclusiones que puedan ser validadas. Este ejercicio metodológico se relaciona con la capacidad de *analizar* y usar el razonamiento lógico a través de los estudios científicos, caracterizados por un aspecto crucial en la ciencia: la posibilidad de predecir.

**Figura 20** Estructura de la representación social para la subcategoría proceso de investigación.



*Nota:* Elaboración propia.

El núcleo, descubrimiento, no solo se remite al método, sino que representa otras acepciones. La primera, sugiere una representación del proceso de investigación como la expansión de las fronteras de la tierra, se vincula con la exploración del universo: planetas, estrellas y satélites, la *búsqueda* de mundos habitables, la posibilidad de vida extraterrestre y el uso del telescopio como instrumento. La segunda asociación con descubrimiento es con la noción de novedad, con la *búsqueda* de lo que antes era desconocido, ya sea a través de la ampliación de los límites del *conocimiento* o de la identificación de nuevas especies tanto extintas como vivas. El tercer aspecto incluye ayudar a las personas en su bienestar, a través de, por ejemplo, del descubrimiento de vacunas, fuentes hídricas y materias primas. Por último, con menor vinculación, se asocia el descubrimiento a la creatividad, la curiosidad, la creación de artefactos tecnológicos, también como el objetivo del proceso de investigación. Vale la pena

mencionar que este núcleo de la representación se asocia tanto a fenómenos naturales como sociales.

Es importante recordar que para la categoría abordada la estructura de las RS posee elementos cercanos al núcleo que lo estabilizan y protegen (Figura 20); estos elementos son duales: primero, van del núcleo a la periferia, segundo, están en la periferia. En los primeros, ya antes descritos, se encuentran *conocimiento*, *analizar* y *experimental*, a los que se suma *búsqueda*, elemento que incluye una sinonimia con descubrimiento, ahora, para los estudiantes, en su construcción, representa una red semántica configurada por la asociación con los orígenes del universo, en especial con teorías vigentes en el ámbito escolar como el Big Bang o los planteamientos de Darwin sobre la evolución de las especies, en una línea que trasciende lo biológico, y en particular lo humano, hasta llegar a lo tecnológico. El eje humano, disperso en la estructura de la RS, está vinculado a encontrar respuestas acerca de la salud y las amenazas por enfermedades, un camino hacia el bienestar, que implica prevenir problemas de distinto orden. La búsqueda de respuestas también tiene un plano epistemológico relacionado con hallar la verdad, despejar incógnitas que ayuden a comprender (entender) a través de *estudios*, orientado al *aprendizaje* en disciplinas como biología, química, física y matemáticas. La búsqueda humana se imbrica con el entendimiento de la naturaleza, idea inmersa en el significativo “búsqueda”, allí se establece como un nodo que relaciona el estudio de la vida bifurcada en flora y fauna, distinta a una segunda naturaleza, a lo artificial, de lo cual se deriva el cambio climático y la mención de los desastres naturales, para retornar a la comprensión de los fenómenos de la naturaleza.

En esta red de significados la búsqueda se vincula al *aprendizaje*, y a su vez, el aprendizaje como elemento estabilizador del núcleo toma forma propia y se relaciona directamente con descubrimiento. El aprendizaje, desde esta perspectiva, se refiere a vínculos

con sujetos considerados portadores de saber y juicios que generan percepciones desiguales en la relación. Los sujetos de saber son los científicos y docentes, de quienes se aprende en relación vertical; esta es una concepción entretejida con la idea que dicho aprendizaje corresponde a la inteligencia, proceso que tiene una contracara: el miedo y las dificultades al momento de aprender.

El *laboratorio*, entendido por los estudiantes como el lugar donde se desarrolla la investigación, es el elemento que termina de circundar y proteger el núcleo –descubrimiento– de esta RS. Se lee como un espacio específico que expresa estereotipos estrechamente ligados con la imagen de la ciencia: por ejemplo, la bata de laboratorio se suma a los instrumentos y materiales usados en prácticas escolares, y ante todo, a las imágenes difundidas sobre el proceso de investigación en ciencias, estos artefactos serían utilizados para realizar experimentos, tomar muestras y hacer pruebas que colindan con el peligro, las fallas y los errores de manipular líquidos o entrar en contacto con enfermedades, en particular con virus y bacterias; por ende, el laboratorio asociado especialmente con la química (más que con la física o la biología), es causa de problemas y también el escenario de su *solución*.

## 7.2 Objetivo de la ciencia

Para caracterizar la representación social que el estudiantado tiene alrededor de los objetivos de la ciencia, se realizó un microanálisis de expresiones y cadenas semánticas evocadas en las cartas asociativas. De los términos con mayor saliencia en estas cartas se recrea la nube de palabras (véase Figura 21), en donde se destacan términos como investigación, humanidad, vida(s), nuevas(os), estudiar, conocimiento(s), animales, enfermedad(es), descubrir, mejora, crear, evolución, tecnología(s), experimento, solución(es), problema(s),

avance(s), entre otros 816 términos – depurados– que los estudiantes produjeron alrededor de esta subcategoría de la ciencia como sistema cognitivo epistémico (CE).

**Figura 21** Nube de palabras subcategoría objetivos de la ciencia



*Nota:* Nube de palabras que representa los términos con frecuencia  $\geq 4$  en la subcategoría objetivos de la ciencia, obtenida mediante análisis de cartas asociativas. Fuente: Elaboración propia, extraído del programa ATLAS.ti.

La RS de los objetivos de la ciencia ilustrada en la Figura 22, muestra que el *avance* tiene su significación en diferentes conceptos que le dan sentido, profundidad y estabilidad. Resulta interesante constatar, a su vez, que la dimensión principal que sustenta el núcleo está constituida por el avance tecnológico. La *tecnología*, entonces, tiene diversas propiedades, algunas consideradas arquetípicas en la ciencia, como los inventos, y otras más cercanas a las narrativas actuales de la aplicación científica; entre ellas está la Inteligencia Artificial, la conectividad digital y el cuidado del medio ambiente a partir de las energías renovables, por ejemplo, con el uso de paneles solares. También afloran artefactos emblemáticos, como el telescopio y el microscopio, junto a los electrodomésticos, referentes de la ciencia en la vida cotidiana. Estas imágenes confluyen en una representación de la ciencia como motor de

progreso y bienestar humano, en particular mediante *mejoras* en la salud, al tiempo que proyectan una cara futurista de la ciencia, vinculada a la innovación.

**Figura 22** Estructura de la representación social para la subcategoría objetivo de la ciencia.



*Nota:* Elaboración propia

El núcleo, se entrelaza con el concepto de *crear*: desde la búsqueda de curas a distintas enfermedades y la producción de medicamentos, hasta la elaboración de cosméticos. Estos procesos tienen su acento en la química, disciplina que los participantes asocian con mezclas y fórmulas como emblemas de la actividad científica. La noción de creación también se extiende a los avances en la genética, cuyo impacto es notorio en los estudiantes al hablar sobre temas como el ADN y la clonación, tan presentes en la información mediática y en la escuela, incluso van más allá, pretendiendo en estos procesos vincular la posibilidad de generar “nueva vida”. En otra arista de la creación, esta se vincula con las medidas para *mejorar* “la vida en la tierra” que va desde menciones a la salud y medicamentos, hasta la prevención de desastres donde el aporte científico se encuentra en el diseño de nuevas estructuras (sin precisar cuáles serían y

cómo funcionarían) y artefactos tecnológicos que hacen parte de la imagen difundida de la ciencia, por ejemplo, los satélites artificiales. Por ende, los avances científicos, en este caso, van de los usos para la vida cotidiana a imágenes más difundidas del alcance de las ciencias en la exploración científica. Con esto, se retoma la idea que la creación científica se logra a través de métodos y leyes, con cierta apertura en los estudiantes a observar la ciencia también en su dimensión social.

Entre los términos que robustecen y le dan sentido al núcleo es la relación del avance con la *evolución* –además es el que tiene mayor cercanía con el núcleo– que opera en tres sentidos complementarios. En el primero, se asocia la evolución al progreso tecnocientífico: *mejora* en medicamentos, desarrollo de vacunas, incremento de inmunidad –incluso la expectativa de la inmortalidad–, creación de robots y otras tecnologías emergentes. En un segundo sentido, el concepto aborda la evolución biológica y cosmológica, reconociendo el papel fundamental de la ciencia para comprender tanto la trayectoria de la humanidad –desde la aparición del Homo sapiens– como el origen y desarrollo del universo (Big Bang), incluyendo los posibles escenarios evolutivos futuros para nuestra especie y el cosmos.

Por último, los jóvenes asocian la *evolución* con la expansión de las fronteras del *conocimiento*: desde esta perspectiva el objetivo de la ciencia es traspasar los límites vigentes para comprender cómo funciona el mundo a través de teorías explicativas. También se asocia la búsqueda de la verdad, las respuestas a preguntas de la humanidad y las *soluciones* a *problemas* cotidianos y medioambientales como los del agua, la *vida* y el planeta. Para ello se emplearán las disciplinas propias de la ciencia como la física, la biología y la medicina, cuya labor lleve a resolución de problemas y mejore la existencia humana. Esta expansión cognitiva también incluye, para los participantes, no solo generar nuevos saberes, sino también hacerlos públicos a través de publicaciones impresas y digitales. De este modo, evolución y avance

confluyen en una representación donde el crecimiento del *conocimiento* se erige como motor para responder interrogantes, proteger el medio ambiente y, en último término, ampliar las posibilidades de la condición humana.

Un hallazgo significativo emerge al analizar el término *experimento*, aunque fue el vocablo más utilizado en las cartas asociativas, su importancia relativa entre las veinte palabras más usadas arroja un valor nulo (véase Tabla 18). Este aparente contrasentido, se esclarece al revisar su función conceptual dentro de la categoría *objetivos de la ciencia*, el microanálisis revela que los estudiantes comprenden el experimento como un medio para alcanzar los fines de la ciencia, relacionados con los avances desde las diferentes acepciones que los estudiantes le otorgan. La misma lógica se aplica a los conceptos afines como *descubrir* e *investigar*, que, en las RS analizadas, funcionan como mecanismos para lograr lo que se identifica como el verdadero fin de la actividad científica: la producción de conocimiento aplicable y el avance tecnológico.

**Tabla 18** Índices de similitud para la subcategoría *objetivos de la ciencia*

| <b>Objetivos de la ciencia</b> | <b>Índice</b> |
|--------------------------------|---------------|
| Avances                        | 0,69          |
| Evolución                      | 0,56          |
| Conocimiento(s)                | 0,56          |
| Descubrir                      | 0,56          |
| Investigar                     | 0,50          |
| Crear                          | 0,38          |
| Mejorar                        | 0,25          |
| Soluciones                     | 0,13          |
| Experimento                    | 0,00          |
| Buscar                         | -0,06         |
| Tecnologías                    | -0,06         |

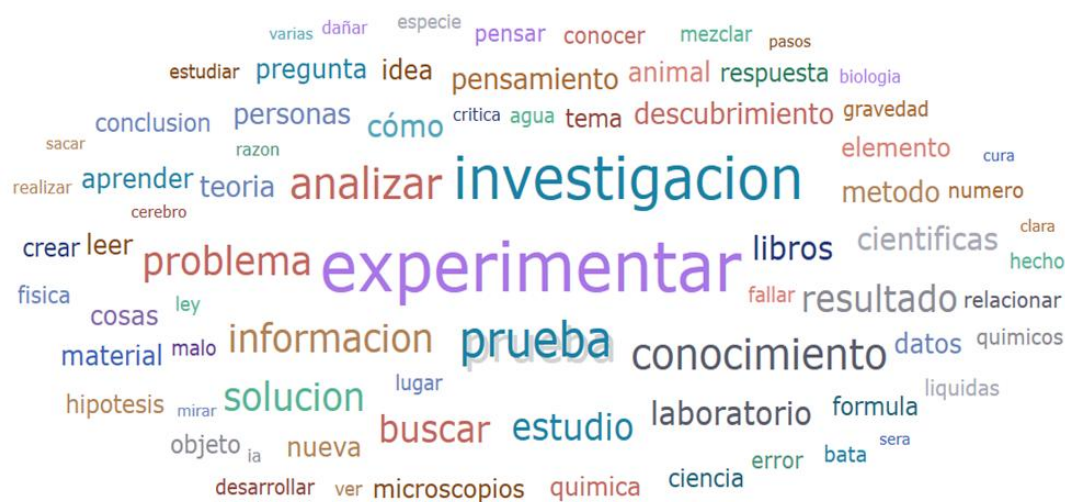
| Objetivos de la ciencia | Índice |
|-------------------------|--------|
| Problemas               | -0,19  |
| Vida (S)                | -0,19  |
| Universo                | -0,31  |
| Estudiar                | -0,31  |
| Animales                | -0,38  |
| Humanidad               | -0,44  |
| Enfermedades            | -0,50  |
| Nuevas (Os)             | -0,50  |
| Medicamento(S)          | -0,75  |

**Nota.** Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría *objetivos de la ciencia* Fuente: Elaboración propia

### 7.3 Métodos y reglas metodológicas

La nube de palabras de la Figura 23 ofrece una panorámica inicial de las relaciones semánticas relativas a los *métodos y las reglas metodológicas empleadas al hacer ciencia*. A partir de 750 palabras evocadas espontáneamente, su jerarquización y el análisis de similitud, se llegó a la caracterización del núcleo central: *investigación*, que conserva el índice máximo de proximidad para esta categoría: 0.83. Alrededor de este eje se organizan dos anillos semánticos: el primero, uno estabilizador, compuesto por experimentar, información, analizar, estudio(s), datos, descubrimiento(s) y leer; y exterior a aquel, uno periférico que incluye voces menos consensuadas como conocimiento(s), laboratorio(s), pruebas, aprender y pregunta(r). A ello le siguen elementos más externos, contextuales e incluso contrastativos (véase Tabla 19).

**Figura 23** Nube de palabras subcategoría métodos y reglas metodológicas



*Nota:* Nube de palabras que representa los términos con frecuencia  $\geq 4$  en la subcategoría *métodos y reglas metodológicas*, obtenida mediante análisis de cartas asociativas. Fuente: Elaboración propia, extraído del programa ATLAS.ti.

**Tabla 19** Índices de similitud para la subcategoría métodos y reglas metodológicas

| <b>Métodos y reglas metodológicas de la ciencia</b> | <b>Índice</b> |
|-----------------------------------------------------|---------------|
| Investigación(es)                                   | 0,83          |
| Experimentar                                        | 0,72          |
| información                                         | 0,44          |
| Analizar                                            | 0,39          |
| Estudio(s)                                          | 0,33          |
| Datos                                               | 0,22          |
| Descubrimiento(s)                                   | 0,17          |
| Leer                                                | 0,06          |
| Conocimiento(s)                                     | 0,00          |
| Laboratorio(s)                                      | 0,00          |
| Pruebas                                             | -0,11         |
| Aprender                                            | -0,17         |

| <b>Métodos y reglas metodológicas de la ciencia</b> | <b>Índice</b> |
|-----------------------------------------------------|---------------|
| Pregunta(r)                                         | -0,17         |
| Resultado(s)                                        | -0,22         |
| Solución                                            | -0,28         |
| Libros                                              | -0,33         |
| Teoría(s)                                           | -0,33         |
| Buscar                                              | -0,44         |
| Pensamiento(s)                                      | -0,56         |
| Problemas                                           | -0,67         |

**Nota.** Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría *métodos y reglas metodológicas*. Fuente: Elaboración propia

Hacia el centro de la RS sobre los métodos y reglas metodológicas se encuentra la *investigación* (véase, Figura 24). Al respecto, las ideas de los estudiantes se pueden articular en grupos significativos interconectados: para qué se investiga, cómo se investiga, características del sujeto que investiga y los símbolos de la investigación científica.

**Figura 24** Estructura de la representación social para la subcategoría métodos y reglas metodológicas



*Nota:* Elaboración propia

En el primer grupo, los estudiantes consideran que *investigar* se hace con el objetivo de responder *preguntas* cuyos hallazgos y conclusiones derivan en conceptos que aportan al desarrollo y evolución de la ciencia; además, pretende encontrar respuestas a diferentes necesidades humanas, particularmente, el aprendizaje, la cura de enfermedades y la solución de problemas. En segunda instancia, para lograr estos objetivos la investigación científica sigue una serie de pasos (protocolos), parte de la *experimentación*, que incluyen observación, formulación de hipótesis e indagación de problemas, el proceso implica hacer preguntas, revisar y *analizar* datos, ponerlos a prueba, cuyos resultados se deben documentar y presentar en informes; lo anterior, también se orienta a la búsqueda del porqué de las “cosas”. Los estudiantes tienden a traducir la investigación como consulta, lo que requiere el acercamiento a la *información* (*leer*) desde diversas fuentes: *estudios* previos, libros, documentos y la internet,

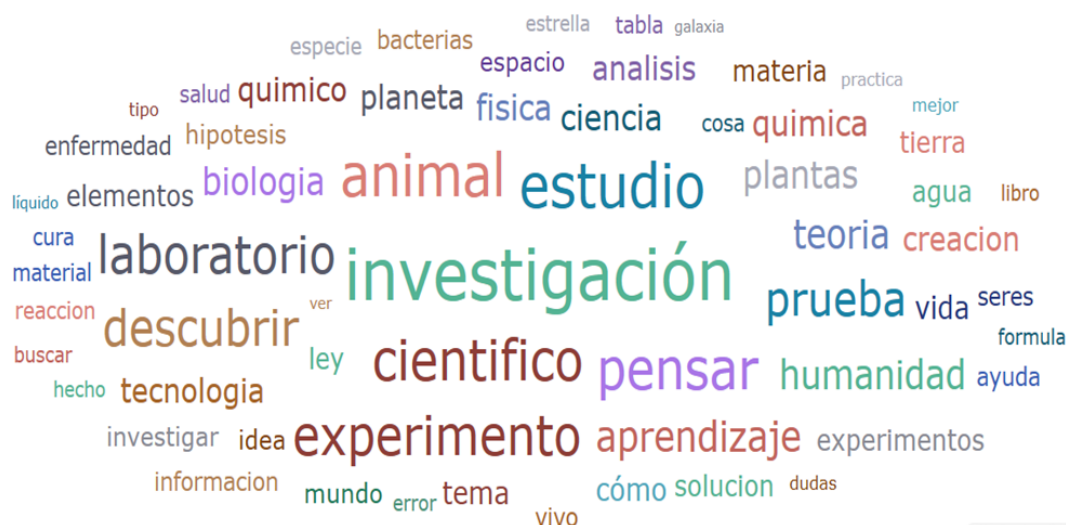
este punto es fundamental, ya que los estudiantes entienden que la información equivale al *conocimiento*.

Por último, para los estudiantes la investigación implica una serie de valores y atributos personales como responsabilidad y paciencia, dados los procesos y objetivos que contiene, así como esfuerzo, compromiso, concentración y habilidades de pensamiento. Esto se suma a elementos que aportan al trabajo científico como la creatividad, imaginación y curiosidad que consideran motor de los *descubrimientos*. En este entramado, reaparece la figura del científico vinculada a procesos de *experimentación* mediante instrumentos emblemáticos como mesas de trabajo, microscopios y otros materiales que simbolizan el *laboratorio*, tanto de manera implícita como explícita.

#### **7.4 Conocimiento científico**

El conocimiento científico emerge como eje transversal en todas las categorías de la ciencia como sistema cognitivo-epistémico –proceso de investigación, objetivos de la ciencia y métodos y reglas metodológicas– de modo que actúa como soporte y significación de las demás representaciones. Con el fin de caracterizar la RS de esta dimensión importante de la NdC, se examinaron términos que surgieron naturalmente en las cartas asociativas para 74 participantes; la nube de palabras que se muestra en la Figura 25, recoge los vocablos con mayor recurrencia y ofrece la puerta de entrada al análisis, a partir de la frecuencia y las conexiones semánticas generadas.

**Figura 25** Nube de palabras subcategoría conocimiento científico



*Nota:* Nube de palabras que representa los términos con frecuencia  $\geq 4$  en la subcategoría *conocimiento científico*, obtenida mediante análisis de cartas asociativas. Fuente: Elaboración propia, extraído del programa ATLAS.ti.

El conocimiento se reconoce como el resultado directo del esfuerzo *investigativo* (un corpus compuesto por *teorías*, las más citadas, y en menor medida, por leyes, principios y modelos), una relación que se evidencia en la Tabla 20, con una correlación significativa ( $r=0.88$ ), la asociación más fuerte de todo el conjunto; para los estudiantes de EM, conocer es intrínsecamente investigar. Esta conceptualización se enriquece al incluir el término *estudio*, el cual, aunque inicialmente se emplea como sinónimo de investigación, adquiere matices específicos al referirse a procesos sistemáticos de validación empírica con unas acciones determinadas, las del método científico, para llegar al conocimiento: observación, *pruebas*, *análisis* prácticos, indagación, recolección de datos, responder preguntas. En las representaciones estudiantiles, el conocimiento aparece estrechamente vinculado a la investigación, el estudio, el *descubrimiento* y la *experimentación*, conformando una red conceptual integrada, en donde el *laboratorio* continúa siendo el lugar, por excelencia, donde

ocurre la experimentación, la cual solo se concibe de manera directa, no mediada por tecnologías como efectivamente ocurre.

**Tabla 20** *Índices de similitud para la subcategoría conocimiento científico*

| <b>Conocimiento Científico</b> | <b>Índice</b> |
|--------------------------------|---------------|
| Investigación(es)              | 0,88          |
| Estudio(s)                     | 0,81          |
| Experimentar                   | 0,63          |
| Prueba(s)                      | 0,44          |
| Aprendizaje                    | 0,38          |
| Análisis                       | 0,38          |
| teoría(s)                      | 0,25          |
| Laboratorio(s)                 | 0,13          |
| Pensar                         | 0,06          |
| Descubrir                      | 0,06          |
| Biología                       | 0,06          |
| Química                        | 0,06          |
| Física                         | -0,19         |
| Creación(es)                   | -0,31         |
| Humanidad                      | -0,38         |
| Químico(s)                     | -0,38         |
| Planeta(s)                     | -0,56         |
| Tecnología(s)                  | -0,69         |
| Tema(s)                        | -0,69         |
| Animales                       | -0,94         |

*Nota.* Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría *conocimiento científico*. Fuente: Elaboración propia

Al mismo tiempo, el estudio evoca la gestión de información, la lectura de libros y recolección de datos, lo que permite entender que los estudiantes equiparan la búsqueda del conocimiento con la consulta, aspecto que resuena, ya que se reitera el conocimiento, como la búsqueda de la verdad. De forma paralela, el estudio se refiere a un proceso activo de *aprendizaje* donde se involucran habilidades cognitivas como *pensar*, entender, practicar, comprobar, vinculadas a la inteligencia como un atributo, conectadas en primer lugar con las disciplinas escolares –*química*, biología y *física*– y situando al maestro, a la escuela, y en un segundo plano a la universidad, como responsables de enseñar.

En la Figura 26 se observa la imagen de la representación social de conocimiento científico, cuya red semántica, en síntesis, lo articula en función de tres significaciones complementarias. Primero se concibe como el resultado empírico, fruto de la observación sistemática y la experimentación en el laboratorio. En el segundo se entiende en una semejanza entre el conocimiento e información, obtenida a partir de diversas fuentes. Finalmente se enlaza con el acto de aprender.

**Figura 26** Estructura de la representación social para la subcategoría conocimiento científico



*Nota:* Elaboración propia



muestras, de ahí la relación con fórmulas. No obstante, la red semántica incorpora otras disciplinas como la física y la biología, e incluso áreas menos tradicionales como la informática y la psicología, lo que sugiere una percepción pluridisciplinar del trabajo experimental. Conforme a esta representación, los experimentos se realizan con animales, humanos, plantas y materiales diversos con propósitos definidos: encontrar la cura enfermedades a través del desarrollo de medicamentos y vacunas, solucionar problemas y, en última instancia generar beneficios y *ayudas* tangibles para la humanidad. A demás, la experimentación se concibe en un rango que abarca desde la escala atómica hasta la cosmológica, mostrando que los estudiantes atribuyen a la práctica científica un espectro que va de lo microscópico a lo universal.

**Tabla 21** *Índices de similitud para la subcategoría actividades profesionales de un(a) científico(a).*

| <b>Actividad profesional de un(a) científico(a)</b> | <b>Índice</b> |
|-----------------------------------------------------|---------------|
| Experimentar                                        | 0,88          |
| Investigar                                          | 0,75          |
| Analizar                                            | 0,69          |
| Descubrir                                           | 0,44          |
| Conocimientos                                       | 0,44          |
| Pensar                                              | 0,38          |
| Crear                                               | 0,19          |
| Laboratorio(s)                                      | 0,19          |
| Soluciones                                          | 0,06          |
| Estudiar                                            | 0,06          |
| Teoría(s)                                           | -0,25         |
| Ayudar                                              | -0,25         |
| Datos                                               | -0,25         |

| <b>Actividad profesional de un(a) científico(a)</b> | <b>Índice</b> |
|-----------------------------------------------------|---------------|
| Químicos                                            | -0,31         |
| Nuevos(as)                                          | -0,38         |
| Enfermedades                                        | -0,38         |
| Humanidad                                           | -0,44         |
| Vida(s)                                             | -0,56         |
| Animales                                            | -0,56         |
| Curar                                               | -0,56         |

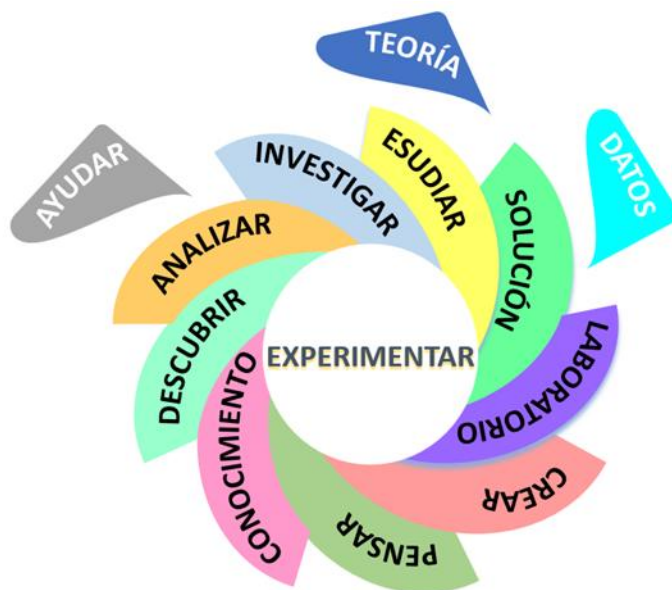
*Nota.* Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría *actividades profesionales de un(a) científico(a)*. Fuente: Elaboración propia

La dinámica experimental gira alrededor del científico como su principal actor, quien realiza procesos de comprobación empírica guiados por la lógica de la prueba, el ensayo y error, donde tanto el fracaso como el éxito se reconocen como parte legítima de la práctica científica. Lo anterior lleva a conclusiones que permiten distinguir lo verdadero de lo falso, por medio de ejercicios de *análisis*, razonamiento y deducción, propias del método científico, junto con el planteamiento de hipótesis y la búsqueda de resultados, con una característica singular y es la repetición de procedimientos. En este marco, la *creación* y la innovación son fundamentales, materializadas en el diseño de experimentos y pruebas que ligados a la investigación dan lugar a *descubrimientos*, que incluso pueden derivar en reconocimiento científico; de esta forma, el pensamiento se articula con el *conocimiento*, las teorías científicas y el avance en la ciencia.

Al igual que en otras categorías, la experimentación se ubica principalmente en el *laboratorio*, entendido como el “lugar donde se hacen los experimentos”, aunque su

conceptualización se amplía a otros escenarios como las clínicas y la naturaleza. Esta práctica se encuentra cargada de simbolismos: por un lado, la indumentaria del laboratorio como batas, gafas, guantes y otros elementos de protección, y por otro, el peligro, cuya imagen se repite como explosión, accidentes, posibles desastres y la amenaza de la radiación. Además, se incluye la figura científica de Albert Einstein, el microscopio como artefacto símbolo del laboratorio, y el Big Bang como ícono de las teorías científicas.

**Figura 28** Estructura de la representación social para la subcategoría actividades profesionales de un(a) científico(a).



Nota: Elaboración propia.

Resulta particularmente llamativo que las representaciones de los estudiantes vinculen la experimentación con personas sin hogar y con jaulas, dejando abierta la pregunta sobre si la experimentación implica sufrimiento o tratos inhumanos.

## 7.6 Ethos científico

Para explorar las RS en relación con el ethos científico, se indagó a los estudiantes alrededor de la ética de la ciencia, aquellas normas y valores que regulan la práctica científica. Esto debido a que, en las pruebas piloto, se encontró que al preguntar directamente por el término Ethos, este resultaba poco familiar para los estudiantes y no emergían relaciones alrededor de esta subcategoría de la NdC. Aun así, la ética de la ciencia como término inductor supuso la mayor dificultad para los participantes: “me tocó el más difícil” [*verbatim*]. Esto subraya la escasa presencia explícita de la dimensión ética en su experiencia educativa y pone de manifiesto la importancia de analizar en detalle las representaciones encontradas.

Las cartas asociativas aplicadas a 72 estudiantes revelan que la ética científica se articula en torno a un vocabulario denso y diverso, para visualizar la prominencia relativa de cada vocablo, la Figura 29 presenta la nube de palabras:

**Figura 29** Nube de palabras subcategoría Ethos científico.



Nota: Nube de palabras que representa los términos con frecuencia  $\geq 4$  en la subcategoría *conocimiento científico*, obtenida mediante análisis de cartas asociativas. Fuente: Elaboración propia, extraído del programa ATLAS.ti.

Los índices de asociación derivados de la técnica de elecciones sucesivas por bloques (Tabla 22 *Índices de similitud para la subcategoría Ethos científico*), señalan que la *honestidad*

es el núcleo de la RS del ethos científico entre los estudiantes de EM. La *honestidad* como valor fundamental hace parte de aquellos principios que orientan la actividad científica, en donde se destacan el *respeto*, *responsabilidad*, dedicación, empatía, cuidado y tolerancia. Estos valores se expresan de forma dicotómica, como pares antagónicos que tensionan la práctica científica: bondad/maldad, sinceridad/mentira, transparencia/falsificación, verdadero/falso. La relevancia central de la honestidad reside en que se entiende como garante de la validez del conocimiento científico, al asegurar la búsqueda de la verdad transmitiendo seguridad, confianza, credibilidad y tranquilidad ante los hallazgos de la ciencia; y simultáneamente sustenta la imparcialidad, que surge de la independencia intelectual. Esta cualidad es intrínseca a otros valores metodológicos como la exactitud y la rigurosidad. Los resultados evidencian además que los participantes asocian la honestidad con habilidades de pensamiento propias del quehacer científico como el razonamiento y el *análisis*, orientadas a generar *conocimiento* hasta llegar a *descubrimientos*.

**Tabla 22** Índices de similitud para la subcategoría *Ethos científico*

| Ética en la ciencia<br>(normas y valores) | Índice |
|-------------------------------------------|--------|
| Honestidad                                | 0,75   |
| Conocimiento(s)                           | 0,69   |
| Valores                                   | 0,50   |
| Respeto                                   | 0,31   |
| Responsabilidad                           | 0,31   |
| Humanidad                                 | 0,25   |
| Inteligencia                              | 0,19   |
| Analizar                                  | 0,00   |
| Bueno(a)                                  | 0,00   |
| Aprendizaje(s)                            | 0,00   |
| Experimento(s)                            | -0,06  |
| Investigación(es)                         | -0,13  |
| Descubrir                                 | -0,13  |

| <b>Ética en la ciencia<br/>(normas y valores)</b> | <b>Índice</b> |
|---------------------------------------------------|---------------|
| Cuidado                                           | -0,19         |
| Aprender                                          | -0,19         |
| Estudiar                                          | -0,31         |
| Ideas                                             | -0,31         |
| Vida                                              | -0,38         |
| Nuevas(o)                                         | -0,50         |
| Animal(es)                                        | -0,69         |

*Nota.* Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría *Ethos científico*. Fuente: Elaboración propia

Integrado al núcleo, como elemento estabilizador, se encuentra el *conocimiento* (véase Figura 30). Las ideas que los estudiantes consideran parte de la construcción del conocimiento —entendido en el marco del *ethos científico* como aquello que dentro de la ciencia se considera válido—, se asocian con las prácticas escolarizadas, allí se ubica el estudio, memorización, preparación de exámenes, realización de tareas, consulta de información (“para llegar al conocimiento”), lectura de libros y el *aprendizaje*. En este escenario el conocimiento es transmitido por el/la profesor(a) a través de la enseñanza, generando un aprendizaje. En donde, el proceso de aprender requiere, haciendo un paralelismo con el quehacer científico, compromiso y trabajo (en equipo e individual), lo que se vincula con la idea de *inteligencia* (bien sea como requisito o característica de estudiantes y científicos).

**Figura 30** Estructura de la representación social para la subcategoría *ethos científico*



*Nota:* Elaboración propia

Como se puede encontrar en la Figura 30, la honestidad aparece intrínsecamente relacionada con otros conceptos clave como el respeto, la responsabilidad, el conocimiento y el cuidado, conformando una visión de la ciencia como actividad comprometida con el progreso humano y ambiental. Se encuentra en las cartas asociativas, que el conocimiento novedoso surge a partir de un proceso de *investigación y experimentación*, lo que produce algo “bueno”, beneficioso para los sujetos, a través de tecnología avanzada y de sus posibles variadas aplicaciones útiles para la *humanidad*. Lo humano, dentro del *ethos científico*, es relacionado por los estudiantes con el cuidado en la práctica científica, por ejemplo, en la “experimentación en humanos”, lo que a su vez se extiende a los animales. Busca mitigar las afectaciones a las personas, respetar los derechos humanos y la vida en especial. Citando *verbatim*: “muchas veces la vida de alguien depende de un científico”.

## 7.7 Certificación social y difusión del conocimiento científico

En el marco de la ciencia como sistema socio-institucional, la certificación social y difusión del conocimiento científico generó un menor volumen de cartas asociativas para analizar, con relación a las demás subcategorías de la NdC, esto debido a que la producción léxica fue menor y la cantidad de datos faltantes implicó la imposibilidad de encontrar significados a las cadenas semánticas, ya que la mayoría de las respuestas estaban incompletas o carecían de desarrollo. Para encontrar las RS se analizaron 31 cartas asociativas de las cuales se extrajeron 393 términos. En la nube de palabras de la Figura 31 se presentan las palabras que tuvieron una frecuencia de aparición mayor o igual a cuatro.

Para los estudiantes y según los hallazgos, la *investigación* es el núcleo de la RS sobre la categoría certificación social y difusión del conocimiento científico, con un índice de proximidad de 0.69, como se muestra en la Tabla 23. La investigación es el eje a partir del cual se puede afirmar que un producto científico es confiable. En la estructura de la Figura 32, esta RS presenta tanto elementos que estabilizan y protegen el núcleo, como otros más volátiles y externos, que son susceptibles de cambiar. Sin embargo, en realidad todos hacen parte de una red semántica cuyos ejes conducen ideas de los estudiantes del centro a la periferia y viceversa, es decir, existen significantes que aparentemente están lejos del centro representacional, pero a través de la red pueden influir en los sentidos que los estudiantes dan a esta categoría.

**Figura 31** Nube de palabras subcategoría certificación social y difusión del conocimiento científico



*Nota:* Nube de palabras que representa los términos con frecuencia  $\geq 4$  en la subcategoría *certificación social y difusión del conocimiento científico*. obtenida mediante análisis de cartas asociativas. Fuente: Elaboración propia, extraído del programa ATLAS.ti.

**Tabla 23** Índices de similitud para la subcategoría certificación social y difusión del conocimiento científico

| Certificación social y validación del conocimiento | Índice |
|----------------------------------------------------|--------|
| Investigación                                      | 0,69   |
| Resultado(S)                                       | 0,56   |
| Comprobar                                          | 0,50   |
| Experimentar                                       | 0,44   |
| Confirmar                                          | 0,44   |
| Conocimiento(s)                                    | 0,38   |
| Analizar                                           | 0,38   |
| Prueba(s)                                          | 0,25   |
| Descubrimiento(s)                                  | 0,19   |
| Funcionar                                          | 0,13   |
| Estudio                                            | 0,13   |
| Conclusión(es)                                     | -0,13  |
| Utilidad                                           | -0,19  |
| Ayudar                                             | -0,19  |
| Confiable                                          | -0,19  |
| Persona(s)                                         | -0,50  |

| <b>Certificación social y<br/>validación del conocimiento</b> | <b>Índice</b> |
|---------------------------------------------------------------|---------------|
| Ideas                                                         | -0,63         |
| Crear                                                         | -0,63         |
| Social                                                        | -0,81         |
| Imágenes                                                      | -0,88         |

*Nota.* Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría *certificación social y difusión del conocimiento científico*. Fuente: Elaboración propia

Así, a partir del *experimento* que permite comprobar los *resultados* de un producto científico, es posible tener evidencia de su *funcionamiento* en cuanto a fallas y replicabilidad, por ejemplo, para “ver cómo sirven”. Esto está asociado a la parte más aplicable de la ciencia, ya que hacen referencia al rendimiento, apariencia, estado y utilidad de dichos productos. La investigación tiene por lo tanto una utilidad relacionada con las enfermedades, esto es, con su curación. De allí la relevancia de los *descubrimientos*, pues se trata de buscar soluciones a los problemas a partir de las conclusiones de los *estudios*; para los estudiantes un *resultado* es equivalente a lo obtenido en las consultas que se realizan en motores de búsqueda en internet con o sin mediación de inteligencia artificial, o en los libros. Se trata de artefactos que permitan profundizar más de lo habitual para *confirmar* la confiabilidad de la información.

La investigación produce también conocimientos que se consideran verificados si se encuentran en artículos y noticias. De forma paralela se entiende que a través de los documentos es posible hallar *pruebas* que permiten dar credibilidad a las conclusiones de los procesos de investigación, es decir, cómo se realizan estos trabajos y se llega a las conclusiones. Inmersa en estas asociaciones se encuentran habilidades de pensamiento como deducir, *analizar* y observar datos, muestras o información. Otra manera de certificar el

conocimiento es que haya sido obtenido a través de la aplicación del método científico, con mayor confianza, si fue realizado por científicos, sujetos que deben tener años en el campo de la investigación, experiencia. Estos aspectos permitirían confirmar la validez del conocimiento, junto a la experimentación. Con todo, para los estudiantes *comprobar* es un asunto relevante en esta categoría, en dos vías: mediante formas de comprobación del conocimiento desde las imágenes del método científico, o pudiendo comprobar el uso y la utilidad o funcionamiento de los artefactos producto de la ciencia.

**Figura 32** Estructura de la representación social para la subcategoría *certificación social y difusión del conocimiento científico*



*Nota:* Elaboración propia

## 7.8 Valor social de la ciencia

La Figura 33, presenta la nube de palabras generada a partir de las cartas asociativas dedicadas a valores sociales de la ciencia, en donde se encuentra la frecuencia en el vocabulario encontrado en el análisis de esta subcategoría. En el núcleo se encuentran las palabras: *conocimientos* y *humanidad*; sin embargo, el bajo índice de proximidad encontrado,

de apenas 0.5 (véase Tabla 24), permite afirmar que esta representación está poco consolidada y se puede considerar débil.

**Figura 33** Nube de palabras subcategoría valor social de la ciencia



*Nota:* Nube de palabras que representa los términos con frecuencia  $\geq 4$  en la subcategoría *valor social de la ciencia*. obtenida mediante análisis de cartas asociativas. Fuente: Elaboración propia, extraído del programa ATLAS.ti.

En los hallazgos, el valor social está signado por el aporte del *conocimiento* a la sociedad. El conocimiento abre puertas en varios sentidos: el saber, el progreso y las ayudas a la *humanidad*. Desde la perspectiva del saber, el conocimiento se entiende como un producto de la inteligencia humana, asociada con la capacidad de argumentar, razonar y estudiar. Esta concepción de inteligencia es paralela a la producción de ideas que fomentan el *aprendizaje*, vinculado, con los procesos de enseñanza. El saber, además, sorprende y genera interés en los sujetos. El conocimiento sirve para responder preguntas acerca de la flora y la fauna, con un énfasis especial en el origen del universo, que lleva al icónico Big Bang y a la comprensión sobre cuerpos celestes como las estrellas, los planetas y la luna. Dichos estudios reposan en disciplinas específicas: la física, la química (visualizada como la tabla periódica) y la biología (relacionada con la naturaleza). Allí emerge un símbolo científico, la teoría de la evolución de

las especies, donde los estudiantes creen que la evolución lleva a un estado más avanzado actualmente con un rasgo característico: la capacidad de generar conocimiento. Es llamativo, entonces, como aparecen dos figuras, las cosas del pasado y las cosas nuevas. Frente a lo nuevo, la idea de innovación es consustancial al conocimiento, está orientada a encontrar soluciones y al progreso.

**Tabla 24** *Índices de similitud para la subcategoría valor social de la ciencia.*

| <b>Valores Sociales<br/>de la ciencia</b> | <b>Índice</b> |
|-------------------------------------------|---------------|
| Conocimientos                             | 0,50          |
| Humanidad                                 | 0,50          |
| Soluciones                                | 0,43          |
| Mejorar                                   | 0,36          |
| Vidas                                     | 0,21          |
| Ayudar                                    | 0,21          |
| Desarrollo                                | 0,21          |
| Avanzar                                   | 0,14          |
| Aprender                                  | 0,14          |
| Descubrimiento(s)                         | 0,07          |
| Salud                                     | 0,07          |
| Creación                                  | 0,07          |
| Investigación                             | -0,07         |
| Medicamentos                              | -0,14         |
| Experimentos                              | -0,14         |
| Enfermedades                              | -0,36         |
| Cambios                                   | -0,36         |
| Sociedad                                  | -0,36         |
| Tecnologías                               | -0,50         |
| Muerte                                    | -0,86         |

*Nota.* Tabla que presenta los índices de similitud jerárquicos obtenidos mediante la técnica de elección sucesiva por bloques. Los valores numéricos reflejan la fuerza de las relaciones conceptuales identificadas en el análisis de las representaciones sociales en la subcategoría *valor social de la ciencia*. Fuente: Elaboración propia

Con progreso se entiende el *desarrollo* humano, el avance económico, el crecimiento; la investigación, estrechamente vinculada a este proceso, contribuye a *mejorar* la calidad de vida y la *salud* de las personas, favoreciendo la cura de enfermedades y la generación de vacunas. El progreso implica *solucionar* problemas cotidianos y alargar la expectativa de vida. El conocimiento, por ende, ayuda a las personas, a la humanidad, también en su relación con el medio ambiente y la tecnología, en especial con los avances en comunicaciones. En este sentido, los avances se sintetizan en dos campos: médico y tecnológico. Los estudiantes consideran que los descubrimientos hacen parte de la capacidad de creación humana, y que el conocimiento en particular se debe compartir con el mundo. La Figura 34 presenta la estructura de la representación del valor social de la ciencia.

**Figura 34** Estructura de la representación social para la subcategoría valor social de la ciencia.



*Nota:* Elaboración propia

## 7.9 Discusión de hallazgos sobre las representaciones sociales de la NdC

El análisis de los resultados obtenidos mediante asociación libre y jerarquización por bloques, a la luz de la teoría del núcleo central de Jean- Claude Abric (2001), evidencia que las RS de la NdC en estudiantes de EM de colegios oficiales de Bogotá se organizan, estructuran y adquieren sentido en relación a un núcleo dominado por cinco elementos principales: investigación, experimentación, descubrimiento, conocimiento y estudio, a los cuales se suman un grupo de términos articulados con lo que los estudiantes entienden como el propósito de la ciencia en la sociedad –soluciones, creaciones, cuidado, problemas, utilidad, curas, enfermedades, tecnología, ayuda, mejora y salud–. Estos elementos funcionan como ejes semánticos que articulan el campo representacional y orientan la forma en que los estudiantes interpretan la ciencia y su función en la sociedad.

En este sentido, los resultados evidencian que las representaciones sociales de los estudiantes reproducen una visión ambivalente de la ciencia, coherente con las tensiones presentes en la sociedad contemporánea. Tal como advierte Holton (2014), la ciencia es concebida simultáneamente como fuente de bienestar y progreso, y como potencial generador de riesgos para la humanidad. En el caso de los estudiantes, predomina una valoración positiva asociada al desarrollo tecnológico, la salud y la resolución de problemas cotidianos –no obstante, aparecen frecuentemente términos como muerte, peligro y explosión–; sin embargo, esta imagen de la ciencia como garante del bienestar coexiste con una percepción más limitada de sus implicaciones éticas, ambientales y sociales. Así, la representación estudiantil tiende a reforzar una visión instrumental y teleológica de la ciencia, orientada a los resultados y aplicaciones prácticas, antes que a la comprensión de los procesos cognitivos, históricos y sociales que la sustentan. Esta mirada, aunque coherente con el imaginario dominante en los

medios y en la escuela, reduce la posibilidad de interpretar la ciencia como una empresa humana sujeta a controversias, valores y contextos, lo que constituye una de las claves para entender la escasa apropiación crítica de la NdC en la AC. Esta configuración simbólica sirve de base para comprender cómo, en la dimensión cognitivo-epistémica, los estudiantes articulan la idea de descubrimiento con el método científico enseñando en la escuela.

En la dimensión cognitivo-epistémica, el proceso de investigación se organiza alrededor del descubrimiento, entendido como resultado del método científico y vinculado a la observación, experimentación, hipótesis y capacidad de predicción. Este núcleo se amplía hacia significados de expansión de fronteras, novedad y bienestar humano, mientras que conocimiento, análisis, búsqueda y experimentación estabilizan la estructura al conectar la idea de aprender con figuras de autoridad –científicos y docentes– y con el laboratorio como escenario privilegiado, aunque permeado por estereotipos escolares. Se trata de una concepción reiterada y presente en los conjuntos representacionales de los estudiantes. La clasificación y jerarquización de los sujetos escolarizados con respecto a un orden sostenido en relaciones de autoridad y saber, hacen que los estereotipos se aproximen a los mecanismos simbólicos de clasificación, que operan dentro de la reproducción cultural (Bourdieu, 1998), expresada en concepciones estáticas y descontextualizadas de la ciencia, allí donde debería fomentarse un pensamiento lógico, abierto y creativo que permita comprender el funcionamiento de la ciencia a nivel interno y en sentido social.

Respecto a los objetivos de la ciencia, el avance concentra el sentido de la categoría y se interpreta primordialmente como progreso tecnocientífico con impacto en la salud, la innovación y la mejora de la vida. En este escenario, resulta significativo que el experimento sea percibido como medio más que como fin, lo que delimita con precisión la direccionalidad

instrumental de la práctica científica en la representación estudiantil. Este enfoque coincide con la función histórica que se ha atribuido a la ciencia en relación con el desarrollo de los sistemas económicos y tecnológicos (Wallerstein, 1996), más allá de su dimensión epistemológica. Sin embargo, las RS estudiantiles introducen un matiz relevante: la ciencia se representa también como una actividad altruista orientada al bienestar humano. No obstante, este principio altruista se ve restringido por una visión antropocéntrica que limita la comprensión de la ciencia a su utilidad para la especie humana, dejando en segundo plano otras formas de vida y perspectivas ecológicas, aunque comienzan a emerger referencias aisladas al medio ambiente y al cuidado del planeta.

En cuanto a los métodos y reglas metodológicas, la investigación constituye el núcleo organizador de la representación. Se comprende como un proceso estructurado que involucra la formulación de preguntas, la observación, la generación de hipótesis, el análisis de datos y la documentación de resultados; pero también se traduce en prácticas de consulta y gestión de información, donde con frecuencia se equipara información con conocimiento. Este núcleo incorpora disposiciones valorativas como la responsabilidad, la paciencia y el esfuerzo, junto con habilidades intelectuales como la creatividad, la imaginación y la inteligencia –atributos que, como señalan diversos estudios, suelen asociarse con el perfil del científico comprometido y vocacional (Fernández-Sánchez *et al.*, 2021)–. Asimismo, aparecen símbolos institucionalizados –como el científico y el laboratorio– que confieren legitimidad a la práctica científica y refuerzan la imagen de la ciencia como actividad formal, rigurosa y socialmente prestigiosa.

En cuanto al conocimiento científico, la asociación más fuerte remite nuevamente a la investigación: para los estudiantes, conocer equivale a investigar. El conocimiento se concibe

como resultado del esfuerzo investigativo –expresado en teorías, leyes y principios– y se vincula con la validación empírica, así como con un estudio entendido como proceso activo de aprendizaje y búsqueda de la verdad. La experimentación aparece asociada de forma directa, con una mediación tecnológica poco explicitada, y el conjunto se organiza con base a tres significaciones transversales: el resultado empírico, la proximidad entre conocimiento e información y el acto de aprender.

En este punto se ubican tensiones clave que separan las estructuras de la ciencia y la cultura estudiantil. Aunque los estudiantes integran en su estructura representacional modelos permeados por esquemas científicos –en apariencia próximos a leyes, teorías o modelos–, estos se entienden como enunciados formalizados del lenguaje científico, sin alcanzar niveles de comprensión que permitan interpretar su función dentro de los procesos de producción del conocimiento. En otras palabras, se convierten en cajas negras (Latour, 1992), en tanto se utilizan términos científicos asociados a sus imágenes lingüísticas o simbólicas, pero se desconoce su funcionamiento real dentro de los procesos científicos. En consecuencia, esta fragmentación influye en los niveles de competencia científica: los estudiantes se apoyan en un conjunto restringido de ideas que no logran operar como esquemas explicativos funcionales para dar sentido a fenómenos cotidianos o a problemas socio-científicos, lo que limita la apropiación crítica de la ciencia en su alfabetización.

En la dimensión socio-institucional, las actividades profesionales se estructuran en torno a la experimentación, que organiza el significado de la labor científica más allá de la frecuente mención de la “investigación”. Este núcleo se expande hacia disciplinas como la química, la física, la biología, la informática y la psicología; hacia propósitos vinculados con la curación, la resolución de problemas y la generación de beneficios para la humanidad; y hacia

escenarios como los laboratorios, las clínicas y la naturaleza. Se reconoce la lógica del ensayo y error, así como la coexistencia entre fracaso y éxito, y se confiere centralidad a la creación y la innovación. Resulta especialmente significativa la aparición de asociaciones con personas en situación de calle y con jaulas, las cuales sugieren representaciones de riesgo y sufrimiento vinculadas a la experimentación con humanos y animales, abriendo interrogantes éticos de gran relevancia.

La presencia del término naturaleza –más periférico dentro del campo representacional– presenta la necesidad de abordar y problematizar las concepciones que los estudiantes construyen sobre el mundo natural, tanto en términos científicos como sociales. Comprender la naturaleza únicamente como un conjunto de recursos disponibles para el uso humano reproduce visiones históricas de explotación (Wallerstein, 1996); sin embargo, comienzan a emerger significados que asocian la ciencia con el cuidado ambiental y la sostenibilidad, lo que indica un desplazamiento incipiente hacia perspectivas ecológicas más integradoras.

Esta proyección hacia un compromiso de la ciencia con el progreso humano y ambiental se articula con la categoría del *ethos* científico, dentro de la cual los estudiantes, aunque evidencian dificultades para explicitar su dimensión ética, configuran núcleos valorativos consistentes encabezados por la honestidad como garante de verdad, confianza e imparcialidad. Dicho núcleo se expresa mediante pares antagónicos –sinceridad/mentira, bondad/maldad– y se estabiliza a través de prácticas escolarizadas como el estudio, la memorización y la lectura. No obstante, esta moralidad escolarizada tiende a simplificar la complejidad ética de la ciencia, reduciéndola a virtudes individuales más que a principios colectivos de transparencia, responsabilidad y justicia epistémica. En consecuencia, la comprensión limitada del *ethos* científico restringe la posibilidad de formar sujetos capaces de

analizar críticamente los dilemas éticos contemporáneos asociados a la producción y uso del conocimiento.

En la certificación y difusión del conocimiento científico, la investigación mantiene su centralidad como criterio de confiabilidad y legitimidad del producto científico. La comprobación de resultados mediante experimentos, la referencia a artículos especializados, noticias y al método científico practicado por expertos son elementos que, en la representación estudiantil, garantizan la validez y la utilidad del conocimiento. Sin embargo, se observan vacíos conceptuales que dificultan comprender cómo operan los procesos de validación y circulación del saber: el estudio se equipara con la consulta en internet, libros o herramientas de inteligencia artificial, lo que evidencia una percepción instrumental y fragmentada de la producción científica. Esta distancia entre la verificación académica y la búsqueda cotidiana de información revela la necesidad de fortalecer, desde la AC, la comprensión de las prácticas de certificación, revisión por pares y comunicación pública de la ciencia.

En este sentido, elementos clave que distancian la cultura estudiantil de los campos científicos no son abordados de forma consistente en la educación media del sector oficial. Las estructuras representacionales de los estudiantes carecen de referencias a la influencia de los sistemas de poder económico, empresarial y político que condicionan el fomento, la financiación y la orientación de la investigación científica. De igual manera, se omite una reflexión profunda sobre el carácter incluyente y excluyente de la empresa científica (Avolio, 2020), marcada históricamente por estereotipos de género y raza que reproducen imaginarios eurocéntricos y jerarquías simbólicas relativas a quién puede hacer ciencia y con qué legitimidad.

En cuanto a los valores sociales de la ciencia, los núcleos vinculados con conocimiento y humanidad aparecen débiles y poco consolidados; sin embargo, los estudiantes reconocen el aporte de la ciencia al saber, la innovación y la solución de problemas, con énfasis en los campos médico y tecnológico. Esta tendencia utilitarista revela que la ciencia es comprendida, sobre todo, como herramienta de progreso, mientras se desdibuja su papel como práctica social que implica responsabilidad ética y deliberación pública.

La ciencia, como parte integrante de la vida cotidiana (Moscovici, 1961), se traduce en RS moldeadas por la escolaridad y reforzadas por otros mecanismos culturales. Esta reiteración aproxima los núcleos representacionales al sistema epistémico-cognitivo, pero limita su profundidad: los conceptos se asumen superficialmente, sin vincularlos con las lógicas internas de producción del conocimiento científico. La dificultad para diferenciar leyes, modelos y teorías evidencia una comprensión restringida del funcionamiento epistémico de la ciencia.

En parte, esta limitación obedece a que la ciencia no es comprendida –ni enseñada– como una construcción social e histórica dentro del discurso académico escolar. Las ciencias naturales se distancian así de un debate crítico sobre su consolidación moderna, marcada por la articulación entre conocimiento y economía desde el siglo XVI (Wallerstein, 1996) y prolongada hoy en la lógica global del mercado. Esta desvinculación impide analizar las tensiones contemporáneas entre progreso tecnocientífico, desarrollo económico y justicia social.

Por tanto, los procesos pedagógicos deben incorporar explícitamente las categorías de los sistemas de la NdC, con el fin de fortalecer la AC desde una reflexión crítica sobre el contexto técnico-científico actual (Santos, 2008). Ello exige analizar los intereses económicos y las relaciones de poder que atraviesan la práctica científica, así como reconocer los diversos

conocimientos que la ciencia aporta a la cultura humana. Solo desde esa comprensión situada será posible proyectar una educación científica orientada a la formación de ciudadanía informada y crítica, capaz de articular pensamiento, acción y responsabilidad social; para hacer frente a un *habitus* en forma de enclasmiento (Bourdieu, 1998) que en modo alguno puede ser una condena a quienes depositan la esperanza del cambio en los sistemas educativos.

En síntesis, el mapa representacional de los estudiantes –a la luz del modelo de semejanza familiar de la NdC– muestra que los jóvenes poseen ideas y creencias más robustas en el sistema epistémico-cognitivo, en contraste con el socio-institucional. Persisten tensiones entre información y conocimiento, entre medios y fines de la práctica científica, y una débil comprensión del carácter institucional de la ciencia –sus normas éticas, actividades profesionales, mecanismos de certificación y valor social–. En conjunto, las representaciones revelan un perfil tecno-empirista, fuerte en procedimientos y utilidad práctica –especialmente médica y tecnológica–, pero limitado en comprensión crítica, lo que ratifica la necesidad de articular la NdC en la AC para superar la brecha entre ciencia, cultura y sociedad.

En consecuencia, los hallazgos aquí discutidos fundamentan la propuesta de articulación socio-epistémica de la ciencia escolar desarrollada en el capítulo siguiente, orientada a comprender y revertir la escasa apropiación de la NdC en la AC de los estudiantes de educación media, proponiendo un modelo integrador que relacione las dimensiones epistémica, cultural e institucional de la ciencia en el contexto educativo.

## **8. Naturaleza de la ciencia y alfabetización científica: una propuesta a partir de las representaciones sociales**

La presente propuesta curricular surge como respuesta al problema central identificado en esta investigación: la baja incorporación de la NdC en la AC de los estudiantes de educación media en colegios oficiales de la ciudad de Bogotá. Los hallazgos derivados del análisis de la política pública, las percepciones y las RS estudiantiles, evidencian que los jóvenes aprenden y comprenden la ciencia principalmente desde productos acabados, desvinculados de los procesos epistémicos, sociales e institucionales que los originan, esta configuración contribuye a una AC limitada. El análisis integrado del problema permite identificar que la dimensión epistémica de la ciencia aparece dissociada de los contextos culturales, políticos, económicos e históricos que influyen en su desarrollo. Así, cuando la ciencia transita por la escuela y por otros dispositivos socioculturales de transmisión, tiende a presentarse como un conjunto de contenidos o de productos.

En este escenario, la escuela adquiere un papel decisivo como espacio de reproducción o transformación cultural (Bourdieu, 1998). Aunque la ciencia parece naturalizada e integrada a la vida cotidiana, persisten interrogantes sobre su sentido, función y enseñanza, lo que refuerza la necesidad de una reconfiguración curricular a partir de las representaciones construidas por el estudiantado. El saber que llega al aula –escolarizado y transpuesto en forma de contenidos cerrados– se alimenta de las imágenes culturales que la sociedad asocia con lo científico. Los resultados evidencian que persisten comprensiones descontextualizadas de la ciencia como institución social; además, los elementos fundamentales que constituyen la NdC desde el enfoque de semejanza familiar aparecen de manera limitada e incluso están ausentes en ciertos

casos. Esto revela la disociación entre los consensos académicos sobre la naturaleza de la ciencia y su apropiación en el contexto educativo bogotano.

A partir del análisis de los resultados, el presente capítulo formula una propuesta curricular de articulación socio-epistémica, entendida como un enfoque que integra tres dimensiones complementarias. Primero, para la comprensión epistémica de la ciencia, con base en el modelo de semejanza familiar es fundamental incluir de forma relacional los sistemas epistémico-cognitivo y socio-institucional, que explican cómo se construye, valida y transforma el conocimiento científico –a partir de las estructuras propias de las ciencias naturales, su funcionamiento interno y su relación con la sociedad—. Segundo, las mediaciones socioculturales, expresadas en las RS estudiantiles, que orientan la manera en que se significa la ciencia, es decir, la forma como las RS operan como un mecanismo organizador de significados, imágenes, opiniones y relaciones que configuran la incorporación de distintos conceptos científicos a la vida cotidiana, guiando acciones y percepciones. Tercero, establecer las finalidades de la educación científica, basada en las visiones II y III de la AC, esto es, aportar a la formación de ciudadanos con habilidades, capacidades y competencias para plantear posturas argumentadas e informadas acerca de problemas socio-científicos, “incluyendo una comprensión crítica de la interacción entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente” (Sjöström, 2019, p. 241).

En este capítulo se presenta la propuesta curricular construida a partir de los resultados de la tesis. En el numeral 8.1 se exponen los fundamentos de la propuesta, derivados de las categorías emergentes obtenidas mediante la Teoría Fundamentada. Posteriormente, en la sección 8.2, se desarrollan los ejes curriculares que sustentan dicha articulación. A continuación, en el numeral 8.3, se despliegan las orientaciones en los niveles macro y

mesocurricular que permiten hacer efectiva la propuesta. Finalmente, la sección 8.4 presenta los criterios de evaluación que valoran la solidez de la propuesta de articulación. De este modo, se ofrece un marco para incorporar la NdC en la AC de manera explícita y situada, atendiendo a las necesidades de la educación científica en el contexto escolar de la educación pública bogotana.

### **8.1 Articulación socio-epistémica de la ciencia escolar**

La propuesta curricular se fundamenta en los resultados obtenidos mediante el análisis semántico de las representaciones sociales de los estudiantes de educación media, la revisión de la política pública en educación científica y los procedimientos propios de la Teoría Fundamentada. Este conjunto de evidencias converge en una constatación central: la ciencia continúa siendo apropiada por los estudiantes –y transmitida por el sistema educativo– como un repertorio de productos, desprovistos de los procesos, tensiones, contextos y mediaciones que caracterizan la actividad científica real. De esta manera, la transposición didáctica de la ciencia opera como un filtro que fragmenta el conocimiento científico transformándolo en definiciones, leyes y modelos desarticulados entre sí y sin referencia a los entramados epistémicos e institucionales en los que se originan.

El análisis representacional muestra que los estudiantes tienden a organizar su comprensión de la NdC a partir de ideas y significaciones en el sentido común: la figura del científico que encarna la inteligencia y la excepcionalidad; el laboratorio como escenario privilegiado del saber; la experimentación como rasgo definitorio de la ciencia; y la asociación entre investigar y consultar información. Estas imágenes no son simples percepciones ingenuas, sino estructuras estables de pensamiento que operan como guías para la acción, tal como plantea la teoría de las RS (Moscovici, 1979). Al ser reproducidas en la vida cotidiana,

la información transmitida por los medios de comunicación, prácticas pedagógicas, tareas escolares, discursos institucionales, materiales curriculares, estas representaciones adquieren legitimidad social y moldean la forma en que los estudiantes atribuyen sentido a la ciencia y a sus productos.

De manera simultánea, se evidencia que la dimensión socio institucional de la ciencia – sus mecanismos de certificación, validación, financiamiento, difusión, gobernanza y de regulación ética permanecen prácticamente ausentes en el horizonte escolar. El predominio del sistema epistémico cognitivo, vinculado a conceptos aislados y atomizados, produce una visión parcial, sin referencia histórica y descontextualizada del conocimiento científico, al tiempo que refuerza una imagen de la ciencia como una actividad lineal, neutra y ajena a influencias sociales, culturales y políticas. Esta configuración empobrece la AC, ya que dificulta la comprensión crítica de fenómenos contemporáneos, debilita la capacidad de evaluar información científica y limita la participación reflexiva en asuntos socio-científicos.

En coherencia con estos hallazgos, la propuesta curricular se sustenta en dos componentes fundamentales: por un lado, la identificación del mapa representacional de los estudiantes que estructuran y dan sentido a su pensamiento sobre la ciencia; y la derivación de necesidades curriculares que emergen directamente de los núcleos representacionales y que orientan la propuesta curricular en los niveles macro y meso.

### **8.1.1 Mapa representacional**

El análisis de las RS permitió reconocer que las ideas de los estudiantes sobre la NdC no se presentan como ideas aisladas, sino que se organizan en torno a una estructura conceptual relativamente estable, compuesta por nodos semánticos que funcionan como ejes de significación: la investigación, conocimiento, experimentación, descubrimiento, estudio y las

nociones que el estudiantado asocia con la función y el propósito de la ciencia, configuran un marco representacional desde el cual los jóvenes interpretan, valoran y otorgan sentido a la actividad científica. Esta estructura no solo sintetiza imágenes socialmente compartidas, sino que también orienta las prácticas, expectativas y formas de relación con la ciencia presentes en el contexto escolar.

La investigación es concebida como una actividad orientada a la expansión del conocimiento humano, frecuentemente situada en una línea temporal que abarca desde el origen del universo hasta los avances tecnocientíficos contemporáneos. En esta representación, la investigación se asocia con la exploración de fenómenos naturales, principalmente desde las disciplinas tradicionales –física, química y biología– lo que revela una comprensión disciplinar restringida y fuertemente influida por los contenidos escolares. A su vez, esta noción de investigación está atravesada por la idea del descubrimiento como un acto excepcional que permite ampliar las fronteras del saber, generalmente vinculado a imágenes provenientes de la divulgación mediática, como la búsqueda de vida extraterrestre o la exploración espacial. Además, se asocia la investigación, con un carácter utilitarista de la ciencia, con un horizonte antropocéntrico, que busca soluciones frente a posibles desastres naturales, la salud humana y el bienestar generado por la tecnología; aunque con cierta apertura al cuidado del medio ambiente más allá de la especie humana, en especial frente al cambio climático.

El conocimiento, por su parte, se configura como el producto fundamental de la ciencia, pero en la RS estudiantiles tiende a equipararse con información o consulta. Este reduccionismo conduce a asumir que aprender ciencia implica “entender” o “memorizar” la información disponible, reforzando prácticas escolares centradas en la acumulación de datos desligando el conocimiento de los procesos de validación, argumentación y controversia que

dan origen. Además, tanto el conocimiento como la investigación se basan en una tradición de la ciencia escolarizada –reforzada por la política pública–, en la que los estudiantes reproducen una versión lineal, rígida y universal del método científico, en la cual la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación, recolección de datos y verificación, se presentan como etapas secuenciales e invariables. Esta imagen orienta la percepción de que la experimentación es el principal –cuando no el único– camino para acceder al conocimiento científico, reduciendo la pluralidad metodológica que caracteriza la investigación contemporánea.

Asimismo, el laboratorio ocupa un lugar privilegiado en las representaciones. Aunque en la actualidad gran parte de la investigación científica se realiza mediante modelos teóricos, simulaciones computarizadas, minería de datos o estudios interdisciplinarios, los estudiantes continúan asociando la ciencia con un espacio físico dotado de instrumentos específicos, donde se “descubre” o “comprueba” la información. Este imaginario se nutre de iconografías mediáticas, experiencias escolares fragmentadas y prácticas educativas profundamente arraigadas. Finalmente, la noción de descubrimiento, opera como un hilo articulador de las RS: representa lo novedoso, lo extraordinario, aquello que explica lo desconocido y da sentido a la búsqueda científica. Este componente, reforzado por información mediática y discursos escolares, se mantiene ajeno a la complejidad epistémica de los procesos científicos, a la naturaleza acumulativa, falible y provisional del conocimiento científico.

Los núcleos representacionales, en conjunto, revelan que el pensamiento de los estudiantes sobre las ciencias se estructura sobre los productos finales y desde estereotipos ampliamente difundidos, mientras permanecen ausentes los elementos del sistema socio-institucional que permiten comprender el funcionamiento de la empresa científica.

### 8.1.2 Necesidades curriculares que emergen del mapa representacional

La caracterización de los núcleos representacionales permite identificar un conjunto de necesidades curriculares derivadas para aportar a la enseñanza de las ciencias naturales en EM. Estas necesidades se desprenden del mapa representacional y los significados que los jóvenes otorgan a las diferentes dimensiones de la NdC, tienen como propósito orientar una transformación curricular que permita equilibrar el sistema epistémico-cognitivo y el socio-institucional de la ciencia escolar.

En cuanto a la comprensión reducida del conocimiento científico como información o consulta, demanda la incorporación explícita de procesos de validación, discusión y legitimación de la ciencia en el currículo. Se requiere que los estudiantes comprendan que el conocimiento científico es producto de un entramado complejo de debates, revisiones por pares, trabajo interdisciplinar, análisis de evidencia, construcción de modelos y criterios institucionalizados de certificación. Esta necesidad curricular implica enseñar la ciencia como un proceso en que la provisionalidad, la falibilidad y la argumentación son componentes esenciales.

Por otra parte, la persistencia de un método científico único exige visibilizar la pluralidad metodológica que subyace a la ciencia contemporánea. La enseñanza debe incluir prácticas como la simulación computacional, la observación sistemática, el análisis estadístico y las explicaciones basadas en diferentes fuentes de datos; lo que podría, en un mediano plazo, ampliar la mirada del estudiantado en cuanto a la lógica de la investigación científica y superar la idea de la experimentación como único camino legítimo hacia el conocimiento. Además, la centralidad del laboratorio como símbolo de lo científico evidencia la necesidad curricular de diversificar las experiencias de aprendizaje, ya que, los estudiantes deben comprender que la

investigación puede ocurrir en múltiples escenarios: bases de datos, entornos computacionales, análisis de literatura, actividades de campo o resolución de problemas socio-científicos. Esto contribuye a ampliar la noción de lo que es ciencia y a aproximarla al quehacer científico real.

La ausencia de elementos socio-institucionales, en las RS señala la necesidad de incorporar en el currículo contenidos referidos a las condiciones sociales, económicas, éticas y políticas que influyen en la producción del conocimiento científico. Temas como la financiación, gestión del conocimiento, comunicación científica, divulgación, conflictos de interés e implicaciones éticas de la investigación no pueden permanecer ausentes del currículo si se busca una alfabetización científica funcional y situada. Finalmente, la falta de una perspectiva histórica y contextual de la ciencia refuerza visiones estáticas y empobrecidas del conocimiento; por ello, es necesario integrar controversias, rupturas paradigmáticas, trayectorias históricas y debates interdisciplinarios que permitan comprender la ciencia como una empresa humana en permanente transformación.

Estas necesidades curriculares, expresadas a partir del mapa representacional, constituyen la base para la formulación de una propuesta curricular que busca incorporar la NdC en la AC de manera explícita, crítica y contextualizada, en coherencia con las demandas educativas de la sociedad contemporánea y con las características de la educación pública bogotana.

## **8.2 Ejes curriculares de articulación socio-epistémica**

La propuesta curricular que se presenta en este capítulo se estructura a partir de tres ejes interdependientes que articulan las dimensiones epistémicas, socio-culturales y pedagógicas necesarias para incorporar de manera explícita la NdC en la AC. Estos ejes –la ciencia como

proceso, las competencias científicas para una AC funcional y la problematización de las pedagogías de las ciencias naturales— construyen el marco estructural desde el cual se despliega la reorganización curricular. Su formulación se deriva directamente de los hallazgos obtenidos mediante el análisis de las RS del estudiantado y las necesidades curriculares identificadas.

Cada eje responde a una dimensión crítica del problema de investigación: la persistente visión de la ciencia como un conjunto de productos cerrados; la limitada apropiación de los procesos epistemológicos que sustentan el conocimiento científico; la distancia entre las prácticas escolares y el funcionamiento real de la investigación; la insuficiente información de competencias necesarias para que los jóvenes participen como ciudadanos informados en debates socio-científicos. Desde esta perspectiva los ejes no constituyen componentes aislados sino mecanismos de articulación socio-epistémica que permiten vincular el sentido común estudiantil con los modos de producción de conocimiento científico y con las finalidades formativas de la AC.

### **8.2.1 Primer eje curricular: la ciencia como proceso**

El primer eje parte de la necesidad de superar la comprensión restringida de la ciencia como un cuerpo de conocimientos terminados, tal como aparece en las RS de los estudiantes y en la política pública. En coherencia con las perspectivas contemporáneas de la NdC, este eje propone que el currículo integre de manera explícita la ciencia en su carácter procesual, reconociendo su dimensión histórica, social, empírica, inferencial y creativa. Asumir la ciencia como proceso implica enseñar cómo se construyen, debaten, transforman y validan los conocimientos científicos; cómo se formulan y revisan los modelos teóricos; cómo surgen las controversias que impulsan cambios conceptuales; y cómo intervienen factores socio-

institucionales como la financiación, la ética de investigación, los mecanismos de certificación por pares, los intereses públicos y privados o las tensiones disciplinarias.

### **8.2.2 Segundo eje curricular: competencias científicas para una alfabetización científica funcional**

El segundo eje se orienta a la formación de las competencias científicas necesarias para una AC funcional en el sentido de las visiones II y III, entendidas como la capacidad de establecer una relación informada y crítica con las ciencias. Estas competencias –concebidas como acciones o habilidades que expresan lo que una persona alfabetizada científicamente comprende y es capaz de hacer (OCDE, 2019)– permiten que la AC se configure como una práctica ciudadana y una herramienta para comprender y deliberar frente a los desafíos del mundo contemporáneo. Este eje curricular se deriva de la constatación que los estudiantes mantienen una relación instrumental con el conocimiento científico, limitada en muchos casos a la reproducción de información o al cumplimiento de tareas escolares. Para transformar esta situación, el currículo debe promover la construcción de posturas argumentadas, fundamentadas en la evaluación crítica de la información científica, la identificación de fuentes confiables, el análisis de evidencia y la capacidad de distinguir entre afirmaciones basadas en datos y opiniones carentes de sustento.

La formación de competencias científicas implica desarrollar habilidades transferibles que permitan al estudiantado analizar fenómenos complejos, tomar decisiones informadas frente a problemas socio-científicos –como el cambio climático, la salud pública, la energía, la alimentación o las tecnologías digitales– y participar activamente en discusiones públicas. Esto requiere integrar en el currículo actividades orientadas a la argumentación científica, toma de decisiones basada en evidencia, evaluación de la provisionalidad del conocimiento científico,

reconocimiento de los límites de las teorías, identificación de sesgos, comprensión de los conflictos de interés y análisis crítico de la información que circula en medios tradicionales y digitales. Este eje transforma la AC de un ejercicio centrado en contenidos hacia una práctica ciudadana que habilita a los jóvenes para actuar frente a los desafíos contemporáneos.

### **8.2.3 Tercer eje: recontextualización curricular y mediación docente**

El tercer eje curricular se orienta a reconocer y transformar las mediaciones que intervienen en el tránsito del conocimiento científico hacia la escuela. En este proceso, tanto el currículo como la labor docente desempeñan un papel decisivo, pues constituyen los dispositivos privilegiados a través de los cuales la ciencia se recontextualiza, se resignifica y se convierte en objeto de enseñanza. Los hallazgos de esta investigación muestran que las representaciones estudiantiles sobre la ciencia, fuertemente ancladas en productos cerrados y en imágenes culturales simplificadas, no pueden comprenderse al margen de estas mediaciones: los lineamientos curriculares, los estándares básicos de competencias, las decisiones institucionales, las condiciones de formación docente, y los procesos de transposición didáctica los cuales moldean la forma en que la ciencia llega al aula (MEN, 1998) y, por tanto, influyen en las RS del estudiantado.

Estas mediaciones no operan de manera aislada; se encuentran estrechamente vinculadas con las disposiciones normativas que organizan la educación científica en el país; por ello, es necesario examinar de forma crítica cómo la política pública configura las limitaciones y oportunidades para integrar la NdC en el currículo escolar. Se parte del reconocimiento que los lineamientos curriculares, los estándares básicos de competencia y los derechos básicos de aprendizaje cumplen una función estructurante; sin embargo, presentan vacíos significativos en relación con la NdC. Aunque los documentos oficiales incluyen

referencias generales a la ciencia como actividad histórica, contextual y humana, tales orientaciones no se expresan de manera explícita, consistente, ni coherente en los contenidos que finalmente se enseñan, como ocurre con los Derechos Básicos de Aprendizaje. El currículo en su configuración actual tiende a privilegiar estados de conocimientos mínimos y desempeños verificables, lo que reproduce una visión tecnicista y refuerza la transmisión de productos finales de la ciencia; en consecuencia, la recontextualización curricular que propone este eje implica revisar críticamente esas orientaciones, identificar sus omisiones en relación con la NdC y reorganizarlas para que incorporen dimensiones de la actividad científica, particularmente en la dimensión socio-institucional.

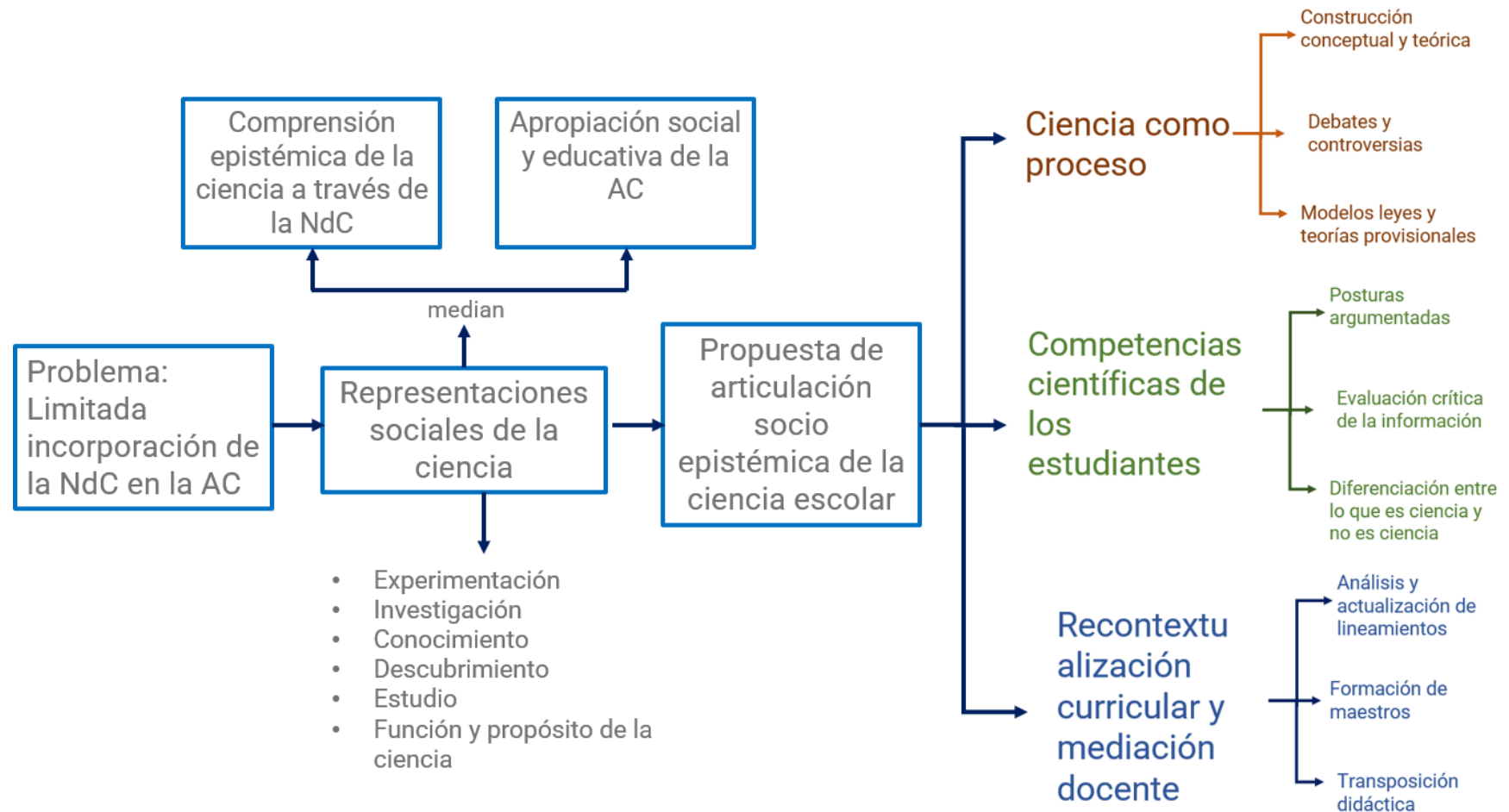
La formación docente constituye el segundo componente fundamental de este eje, el profesorado no es un mero ejecutor del currículo, sino un intérprete mediador que toma decisiones constantemente sobre qué, cómo y para qué enseñar (Clandinin y Connelly, 1992). Por ende, la formación inicial y continua, la recontextualización curricular, requiere un fortalecimiento sustantivo de la formación docente, en la tríada RS-NdC- AC, de modo que los maestros cuenten con herramientas conceptuales y didácticas que les permitan interpretar críticamente los documentos oficiales, abrir las cajas negras del conocimiento científico (Latour, 1992) y situar la ciencia escolar en relación con su producción, validación y circulación social.

En el análisis de la política pública y las RS se puede inferir que la transposición didáctica ha contribuido a la pérdida de la densidad epistemológica de las ciencias naturales en la escuela, convirtiendo teorías, modelos, leyes y conceptos en versiones escolares desprovistas de historia, controversia y los procesos que dan origen a los conocimientos científicos, reduciendo la complejidad de las ciencias a secuencias de contenidos; en esta misma dirección

los Lineamientos Curriculares en ciencias advierten que “esta transposición no implica deformar o transformar mediante simplificaciones torpes los principios científicos, lo cual producirá, sin duda, ‘vicios’ difíciles de corregir posteriormente” (MEN, 1998, p.50). Por ello la propuesta curricular plantea la necesidad de una transposición didáctica reflexiva, que preserve los vínculos del conocimiento con los procesos que lo originan, lo que implica recuperar la lógica interna del conocimiento, prácticas de validación y las dimensiones sociales que estructuran la actividad científica.

En conjunto, estos tres ejes curriculares constituyen el marco estructural de la articulación socio-epistémica desarrollada en este estudio y orientan los niveles de intervención curricular necesarios para incorporar la NdC en la AC. La Figura 35 sintetiza esta articulación, al integrar el problema de investigación, las categorías emergentes y los ejes que organizan la propuesta. A partir de este esquema, se despliega la propuesta curricular en los niveles macrocurricular y mesocurricular, presentada a continuación.

Figura 35 *Propuesta de articulación socio-epistémica de la ciencia escolar (NdC–RS–AC)*



*Nota:* El esquema sintetiza la propuesta de articulación socio-epistémica de la ciencia escolar (NdC–RS–AC), construido a partir de las categorías derivadas del análisis de las RS mediante Teoría Fundamentada. Fuente: elaboración propia.

### **8.3 Propuesta curricular para incorporar la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá**

La propuesta curricular de articulación socio-epistémica que se presenta a continuación se fundamenta en los tres ejes desarrollados en la sección anterior y se construye a partir del análisis de las RS del estudiantado de educación media y de la política pública en educación científica en Colombia. Los hallazgos evidencian que la baja incorporación de la NdC en la AC no constituye un hecho aislado ni individual, sino que emerge de un conjunto de mediaciones estructurales que operan en los niveles macro y mesocurricular, donde se definen los marcos conceptuales, los propósitos formativos y las decisiones institucionales que condicionan lo que finalmente llega al aula. De allí, y atendiendo a los análisis realizados en esta investigación, la propuesta curricular se enfoca en estos dos niveles, reconociendo su capacidad para orientar la ciencia escolar hacia una AC que incorpore la NdC.

#### **8.3.1 Nivel macrocurricular: principios orientadores y finalidades formativas**

El macrocurrículo constituye el primer nivel de concreción del currículo y se configura como el marco desde el cual se establecen las finalidades educativas, los principios epistemológicos que orientan la enseñanza de la ciencia y los propósitos formativos del sistema educativo. De acuerdo con Sánchez Galvis y García Martínez (2023), en este nivel convergen decisiones de carácter político, social y normativo, las cuales se expresan en políticas públicas y orientaciones generales que brindan directrices a las instituciones educativas. Desde esta perspectiva, el macro currículo delimita la manera en que el conocimiento científico es recontextualizado para su incorporación en la escuela, orientando qué se enseña y con qué sentido formativo.

Los hallazgos de esta investigación evidencian que los Lineamientos Curriculares en ciencias naturales (1998) y los Estándares Básicos de Competencias en ciencias naturales (2004) incluyen referencias generales a la ciencia como actividad humana, histórica y social; sin embargo, dichas orientaciones permanecen en un plano principalmente declarativo y no se traducen en directrices explícitas para la incorporación de la NdC en los procesos de enseñanza. Esta ausencia en el nivel macrocurricular favorece que, en el proceso de transposición didáctica escolar, se consoliden versiones reducidas de la ciencia, lo que contribuye a que el estudiantado continúe elaborando RS centradas en productos acabados, experimentos descontextualizados y comprensiones limitadas sobre los modos en cómo se procede en la ciencia.

A partir de esta constatación, la propuesta curricular plantea que los documentos de política pública deben incorporar, de manera explícita, los elementos epistémicos y socio-institucionales que resultan esenciales para comprender la naturaleza de la ciencia contemporánea. Esto supone incluir orientaciones claras sobre la provisionalidad y falibilidad del conocimiento científico; la pluralidad metodológica; la relación entre modelos, teorías y evidencias; y los mecanismos mediante los cuales la comunidad científica legitima sus resultados, como la revisión por pares, la publicación especializada y la comunicación científica. Asimismo, este nivel debe integrar los principios éticos que rigen la investigación – integridad de datos, cuidado del medio ambiente, respeto a los sujetos de investigación y transparencia–, así como las tensiones asociadas con la financiación, manejo de conflictos de interés, la libertad académica y la gestión del conocimiento, aspectos que influyen directamente en la forma como la ciencia se produce y circula en las sociedades contemporáneas.

De igual modo, el nivel macro debe fortalecer la perspectiva histórica e intercultural de la ciencia, haciendo visibles las controversias, rupturas y continuidades que han caracterizado el desarrollo de leyes, modelos y teorías, reconociendo la legitimidad de otras formas de producir conocimiento vinculadas con tradiciones culturales, saberes ancestrales y diversos. Finalmente, este nivel debe incorporar criterios de pensamiento científico orientados a la evaluación crítica de la información que circula en medios y redes sociales, promoviendo en los estudiantes la capacidad de distinguir evidencia de opinión, identificar conflictos de interés y sesgos, evaluar la calidad de las fuentes y sustentar conclusiones con datos verificables. En conjunto, estos elementos permitirían reorientar las finalidades formativas hacia una alfabetización científica funcional, en coherencia con las visiones II y III, que conciben la ciencia como herramienta para comprender el mundo, deliberar sobre asuntos públicos y participar críticamente en la vida ciudadana.

### **8.3.2 Nivel mesocurricular: reorganización institucional del currículo y mediación docente**

El mesocurrículo constituye el segundo nivel de concreción del currículo y se configura como el espacio institucional donde las orientaciones generales del nivel macrocurricular se traducen y contextualizan en decisiones pedagógicas concretas. Para Sánchez Galvis y García Martínez (2023) en este nivel se organiza la estructura conceptual que orienta la formación en función del perfil de estudiante que cada institución busca promover, atendiendo a las particularidades del contexto sociocultural y a los lineamientos definidos en el proyecto educativo institucional. En consecuencia, el mesocurrículo se expresa en decisiones institucionales como en la elaboración de mallas curriculares, planes de área, enfoques

formativos, prioridades pedagógicas y estrategias metodológicas que buscan dotar de sentido, pertinencia y aplicabilidad a los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Desde esta perspectiva, los hallazgos derivados de las representaciones sociales del estudiantado, en diálogo con el examen de la política pública permite identificar aspectos que requieren fortalecerse en este nivel para favorecer una alfabetización científica que incorpore explícitamente la NdC. En particular, el mesocurrículo constituye un espacio privilegiado para promover una comprensión ampliada del quehacer científico, incorporando procesos como la gestión de recursos para la investigación, la divulgación científica, la escritura académica y la participación en redes profesionales, así como para visibilizar la diversidad de campos laborales y trayectorias profesionales vinculadas con las ciencias en sectores públicos y privados –empresariales, académicos, agrícolas, medioambientales, de la salud, tecnológicos, entre otros–. Mostrar la multiplicidad de prácticas científicas contribuye a que el estudiantado construya una imagen más completa y actualizada de la actividad científica, ampliando las comprensiones representacionales que suelen asociarla únicamente con la experimentación o con figuras excepcionales.

Finalmente, el mesocurrículo debe fortalecer la mediación docente, considerada una condición indispensable para recontextualizar el conocimiento científico de manera coherente con la NdC, lo que implica promover procesos de formación docente inicial y continua en la triada RS-NdC-AC; generar espacios de reflexión que permitan identificar las “cajas negras” que persisten en la enseñanza; y alinear los criterios de evaluación con los principios de la NdC y con las visiones II y III de AC, de modo que la evaluación valore la argumentación, el uso de datos, la toma de decisiones informadas y la capacidad de analizar críticamente información científica. De este modo, el nivel mesocurricular se convierte en un espacio estratégico para

recontextualizar el conocimiento científico de manera informada, crítica y situada en las experiencias de los estudiantes.

Derivado del análisis efectuado en los niveles macro y mesocurricular, la Tabla 25 integra las orientaciones centrales de la propuesta y organiza los componentes que la conforman, ofreciendo una síntesis de los elementos que sustentan la articulación socio-epistémica formulada en este estudio, evidenciando la relación entre los hallazgos empíricos y las decisiones curriculares que permiten incorporar explícitamente la NdC en la AC-

**Tabla 25** *Tabla de resumen de componentes*

| <b>Componente</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>Nivel curricular</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Integrar explícitamente elementos epistémicos y socio-institucionales de la NdC en los documentos de política pública (provisionalidad, pluralidad metodológica, relación teoría-modelo-ley-evidencia).                                | Macrocurricular         |
| Incluir orientaciones claras sobre mecanismos de validación del conocimiento científico (publicación, revisión por pares, comunicación científica).                                                                                    | Macrocurricular         |
| Integrar explícitamente elementos epistémicos y socio-institucionales de la NdC en los documentos de política pública (provisionalidad, pluralidad metodológica, relación teoría-modelo-evidencia).                                    | Macrocurricular         |
| Incorporar lineamientos éticos sobre respeto a personas y animales, cuidado ambiental, integridad de datos, transparencia y gestión de conflictos de interés.                                                                          | Macrocurricular         |
| Incorporar en el currículo un análisis crítico reflexivo de la importancia de libertad académica en las investigaciones.                                                                                                               | Macrocurricular         |
| Visibilizar la perspectiva histórica y contextual de la ciencia explicitando en los EBCC y DBA, incorporando controversias, rupturas, continuidades y transformaciones que doten de contexto y significado los elementos conceptuales. | Macrocurricular         |
| Ampliar los horizontes epistémicos, mostrando como legítimas otras formas de hacer ciencia y comprender el mundo, incluyendo diversas tradiciones ancestrales.                                                                         | Macrocurricular         |

| <b>Componente</b>                                                                                                                                    | <b>Nivel curricular</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Potenciar las Visiones II y III de la AC (ciudadanía informada, crítica y transformadora)                                                            | Macrocurricular         |
| Incluir criterios de pensamiento científico para evaluar información (evidencia vs. opinión, sesgos, fuentes, verificación).                         | Macrocurricular         |
| Diversificar la noción de experimentación y laboratorio.                                                                                             | Mesocurricular          |
| Visibilizar trayectorias profesionales y campos laborales vinculados a las ciencias en sectores públicos y privados.                                 | Mesocurricular          |
| Diversificar las formas institucionales de aproximación a la investigación (simulaciones, modelización, análisis de datos, observación sistemática). | Mesocurricular          |
| Incluir experiencias en disciplinas donde la investigación avanza sin experimentación directa, mediante modelos explicativos e inferencias.          | Mesocurricular          |
| Formación docente en la triada RS-NdC-AC (inicial y continua)                                                                                        | Mesocurricular          |
| Alinear la evaluación con NdC y AC: evidencias de proceso, argumentación, uso de datos, revisión, toma de decisiones.                                | Microcurricular         |

*Nota:* Elaboración propia

En esta perspectiva, alfabetizar científicamente implica ir más allá de la formación de individuos aislados y avanzar hacia la construcción de comunidades en las que el conocimiento científico se viva, dialogue y se reconstruya colectivamente; ello contribuye a consolidar representaciones de la ciencia equilibradas entre lo cognitivo-epistémico y lo socio-institucional, en coherencia con el enfoque de semejanza familiar de la NdC. De este modo, la propuesta curricular presentada busca fortalecer una educación científica que promueva comprensiones profundas, críticas y situadas, habilitando al estudiantado para participar de manera informada en los asuntos públicos y en los debates que configuran la vida contemporánea.

#### **8.4 Criterios de evaluación de la propuesta de articulación**

La propuesta curricular presentada en esta investigación se evalúa atendiendo a los criterios clásicos formulados por Glaser y Strauss (1967) para valorar la solidez de una propuesta derivada de la aplicación del método de la teoría fundamentada: ajuste, funcionalidad, relevancia y modificabilidad. Estos criterios permiten determinar el grado en que una propuesta responde al fenómeno estudiado, su capacidad explicativa y su potencial orientador para la transformación.

El criterio de ajuste se refiere a la correspondencia entre los elementos de la propuesta y los datos empíricos obtenidos. La articulación socio-epistémica construida en este estudio se fundamenta directamente en las RS del estudiantado y el análisis en los documentos de política pública, así como en las categorías emergentes y las relaciones que se derivaron del microanálisis de los datos. En consecuencia, los ejes curriculares planteados –ciencia como proceso, competencias científicas para una AC funcional y la contextualización curricular y mediación docente– se ajustan estrechamente a las formas en las que los estudiantes representan la ciencia, a las ausencias y limitaciones identificadas a nivel macrocurricular.

El criterio de funcionalidad, por su parte, evalúa la capacidad de la propuesta para explicar y orientar acciones frente al problema estudiado; en este sentido, se ofrecen rutas para incorporar la NdC en la AC desde decisiones curriculares situadas en los niveles macro y meso; al mismo tiempo que permite comprender por qué las RS del estudiantado tienden a centrarse en productos cerrados y prácticas estereotipadas de laboratorio, y orienta acciones institucionales que posibilitan ampliar estas comprensiones. De este modo, la propuesta no solo describe la situación identificada, sino que sugiere mecanismos concretos para transformar las prácticas curriculares y fortalecer la AC en coherencia con las visiones II y III.

En lo que concierne al criterio de relevancia, este se vincula con la pertinencia de la propuesta frente a las necesidades reales de la educación científica. Su importancia radica en que ofrece respuestas concretas a un problema ampliamente documentado: la limitada incorporación de la NdC en la formación científica escolar y sus efectos en la construcción de competencias críticas. Al articular los hallazgos sobre las RS estudiantiles con los marcos institucionales que orientan el currículo, la propuesta adquiere sentido para los actores educativos y se proyecta como un insumo útil para fortalecer la alfabetización científica en la educación media.

Por último, el criterio de modificabilidad señala que la propuesta debe permanecer abierta a revisión, por cuanto los planteamientos centrales pueden trasladarse y enriquecerse en investigaciones con otros sectores estudiantiles o desde la perspectiva de los diversos actores del sistema educativo colombiano, incluyendo directivos docentes, docentes, orientadores, administrativos, funcionarios, familias y comunidad. La TF robustece la perspectiva contextual y la comprensión de los significados sobre la naturaleza de la ciencia en relación con la AC, dado que ofrece una estructura abierta, susceptible de ser revisada, actualizada y ampliada sin perder coherencia interna.

## 9. Conclusiones

Como resultado de la investigación, orientada a contribuir a la comprensión y solución del problema de la apropiación parcial de la NdC en la AC en los estudiantes de educación media en Bogotá, se formuló una propuesta curricular integradora a partir de las representaciones sociales del estudiantado. En coherencia con los objetivos planteados, el estudio avanzó en tres frentes articulados, el análisis de la política pública que orienta la educación científica y las percepciones de los estudiantes de educación media en colegios oficiales de la ciudad, la caracterización de las representaciones sociales de la NdC, y la construcción de los elementos de una propuesta curricular que integra la NdC en la AC tomando como punto de partida dichas representaciones.

Los aportes derivados del estudio se concretan, primero, en la revisión de las políticas públicas –particularmente en los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales– y la caracterización de las percepciones de los estudiantes con el propósito de establecer la manera en que se incorpora la NdC en la AC; segundo, en la construcción del mapa representacional, que permite identificar los significados que los jóvenes de educación media de colegios oficiales en la ciudad de Bogotá le otorgan a la ciencia desde las categorías de la NdC; finalmente, en la formulación de una propuesta curricular de articulación socio-epistémica de la ciencia escolar, orientada a fortalecer la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva crítica y contextualizada, incorporando la NdC en la AC.

El capítulo se organiza en tres apartados, cada uno destinado a profundizar en un componente específico del proceso investigativo y a mostrar cómo estos elementos convergen en la propuesta final. El primer apartado examina las condiciones institucionales y normativas

que enmarcan la enseñanza de la ciencia, el segundo analiza las configuraciones representacionales del estudiantado, y el tercero sintetiza los aportes obtenidos para delinear la propuesta de articulación socio-epistémica, mostrando su relevancia para enfrentar el problema de la baja apropiación de la NdC en la AC.

## **9.1 Estado de la incorporación de la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica de los estudiantes de colegios oficiales de la ciudad de Bogotá**

### **9.1.1 Políticas públicas**

#### **Alfabetización científica**

El análisis de los documentos de política pública que orientan la educación en ciencias, permite reconocer la presencia simultánea de dos enfoques de AC: por un lado, la Visión I, centrada en productos, contenidos y procesos (Guerrero y Torres, 2021), que privilegia la preparación de estudiantes que posiblemente se desempeñarán en campos dentro de la ciencia; por otro lado, la Visión II, enfocada a formar ciudadanos informados y competentes con habilidades para tomar decisiones respecto a asuntos socio-científicos. Esta simbiosis contrasta con la ausencia de la visión III, indispensable para promover posturas críticas, argumentadas y transformadoras frente a problemas públicos donde la ciencia interviene.

La omisión de la visión III tiene repercusiones directas en la escuela, donde prevalecen prácticas pedagógicas centradas en la repetición y la memorización, limitando el desarrollo de una comprensión de la ciencia como actividad humana, sujeta a debate, incertidumbre y revisión permanente. De este modo, el currículo colombiano se encuentra atrapado en una lógica de reproducción antes que de comprensión crítica; forma consumidores de conocimiento, pero no productores ni sujetos críticos del conocimiento. Esta situación interpela tanto a los responsables de la política pública como a los docentes de ciencias, quienes deben

repensar la AC no solo como la adquisición de conceptos, sino como un proceso de formación ciudadana orientado a la lectura crítica del mundo y la participación social informada.

En este sentido, la AC desde la política pública colombiana, incide en la configuración del pensamiento estudiantil, mediada por elementos socio-contextuales y culturales, así como por la práctica pedagógica y la transposición didáctica a lo largo de la vida escolar. Sin embargo, este impacto se caracteriza por continuar anclado a lógicas reproductivas de información seleccionada y organizada a través de los niveles macro, meso y micro curricular, bajo la tendencia inercial de la escuela, donde no se desarrollan comprensiones de las ciencias naturales a nivel interno, mientras las expectativas formativas se centran principalmente en una visión I, donde se continúan transmitiendo conocimientos que no se traducen en apropiaciones genuinas por parte de los estudiantes.

Por otra parte, la visión II tiene una presencia parcial y fragmentada, pues, aunque los LCCN incorpora referencias a la comprensión de problemas socio-científicos, estos elementos no se traducen en los EBCN –y mucho menos en los Derechos Básicos de Aprendizaje–. En la práctica escolar, temas centrales del debate científico y socio-científico se reducen a contenidos generales que despiertan preocupación social, pero que no son trabajados desde procesos de argumentación, análisis crítico o debate informado, lo cual limita el desarrollo de las competencias propias de esta visión. En consecuencia, la política pública avanza hacia la inclusión de la visión II, pero lo hace de manera insuficiente, sin garantizar que sus principios se concreten en lineamientos explícitos que oriente aprendizajes que fortalezcan la participación y la toma de decisiones fundamentadas en evidencia.

En esta línea, la visión III aparece aún más desdibujada, ya que su presencia en la política pública se diluye en el uso genérico del término crítica, sin que ello implique el

desarrollo de posturas críticas y reflexivas en el sentido epistemológico, social y político que esta visión demanda. Aunque algunos enunciados institucionales aluden a una perspectiva crítica de la naturaleza de la ciencia, estos no se traducen en criterios, actividades o competencias que permitan a los estudiantes analizar el papel de la ciencia en la sociedad, cuestionar sus dimensiones éticas o comprender sus implicaciones culturales. En consecuencia, la educación científica oficial en Bogotá permanece alejada de los aportes sustantivos de la visión III, manteniendo un entramado institucional que aún no posibilita la formación de una ciudadanía científicamente alfabetizada, capaz de deliberar, argumentar y tomar decisiones informadas ante problemáticas contemporáneas.

### **Naturaleza de la ciencia**

En los documentos analizados se observa una mayor atención a los elementos constitutivos de la NdC propios del enfoque cognitivo-epistémico, aunque en algunos casos se abordan de manera superficial o implícita; ello contrasta con la ciencia como sistema socio-institucional, respecto del cual las menciones aparecen dispersas y ciertos aspectos no se tratan.

En relación con la primera dimensión, los hallazgos del análisis documental muestran, en primer lugar, que tanto en los LCCN como en los EBCN la indagación ocupa un lugar central en la formación del pensamiento científico: experimentación, método e investigación se articulan con un enfoque constructivista a partir de experiencia y de saberes previos, con un incremento gradual de complejidad y abstracción presente en los EBCN a lo largo de la trayectoria de escolar y con el docente como mediador.

En segundo lugar, en conjunto, la documentación reconoce el carácter adaptable, cambiante y contingente del proceso de investigación, incorporando entre líneas el método deductivo, procedimientos inductivos y el modelo hipotético-deductivo con referencias claras;

sin embargo, muchos componentes del método y de las reglas metodológicas permanecen implícitos o se omiten –por ejemplo, la simplicidad, la preferencia por la teoría con mayor poder explicativo y el criterio de aceptar una teoría solo si explica el éxito de sus predecesoras–. Esta ausencia, junto con la de otros rasgos, puede obstaculizar su efectiva apropiación en las escuelas. Además, se hace énfasis en el desarrollo del pensamiento crítico y la flexibilidad metodológica, con estrategias que se adecúan según el problema y contexto.

Por otro lado, los LCCN promueven la búsqueda de la verdad, o su aproximación cuando menos, sobre la base de la evidencia empírica; al mismo tiempo, ellos fomentan una actitud crítica para contrastar explicaciones y confrontar teorías rivales sin hacer evidentes los criterios de *capacidad explicativa* y *parsimonia*. Aunque la predicción se reconoce como elemento relevante, no se vincula directamente con la noción de novedad. En los Estándares se solicita formular y sustentar explicaciones, no se menciona la explicación naturalista como elemento fundamental. Por último, tanto en los LCCN como en los EBCN, el conocimiento se presenta como producto teórico con leyes, teorías y modelos que se derivan de los métodos y reglas propios de la ciencia, y que se expresan con un lenguaje preciso y empíricamente respaldado. Asimismo, en los LCCN — no así en los EBCN — se caracteriza la ciencia como una construcción humana, social, histórica, situada, cultural y provisional; aclarando que no es la única vía legítima de comprensión del mundo. Con todo, coexiste la exigencia de un conjunto de conocimientos básicos y mínimos, lo que tensiona el enfoque constructivista y propicia la evaluación de productos terminados.

En cuanto a la segunda dimensión, la ciencia como sistema socio-institucional, las referencias se encuentran dispersas a lo largo de los documentos o en muchos casos se omiten. Por ejemplo, a pesar de que se busca reproducir en la escuela prácticas de las comunidades

científicas poniendo como resultados esperados la adquisición de competencias, habilidades y actitudes, se excluyen referencias a dimensiones clave del ejercicio profesional como la gestión de fondos, formulación y administración de proyectos, asesorías a actores públicos/privados, y la comunicación pública, lo que limita la comprensión de la ciencia en su praxis profesional compleja, más allá del laboratorio. Asimismo, los textos de política pública coinciden en concebir la ciencia como empresa social que valida y difunde resultados mediante comunidades especializadas, por ejemplo, en la revisión por pares, las publicaciones y eventos, y enfatizan en la crítica y el escrutinio colectivo, pero sin detallar los mecanismos concretos. Si bien en los EBCN se promueven habilidades de comunicación, apertura al escepticismo de pares y articulación con conocimientos previos, se excluye la validación ciudadana de la información científica, no se enseña cómo evaluar la fiabilidad de lo que circula en medios y redes.

En relación con el *ethos de la ciencia*, aspectos como el universalismo, escepticismo organizado, desinterés, comunalismo, honestidad, respeto a sujetos y ambiente, no aparecen como un conjunto integrado, se presentan dispersos o implícitos. Se observan avances en habilidades como la crítica, refutación, escrutinio empírico y apertura al contraste, así como énfasis en medio ambiente y honestidad. Sin embargo, el comunalismo, la apertura y el desinterés se abordan de manera superficial e indirecta, dejando de lado discusiones de fondo como las implicaciones de los conflictos de interés, la financiación o la libertad investigativa; además, persiste confusión entre objetivos y valores de la ciencia. En contraste, se incluyen abiertamente elementos como la utilidad social de la ciencia y el respeto por el medio ambiente expresado en educación ambiental, responsabilidad y cuidado ante problemas como el cambio climático.

Estos hallazgos revelan que las políticas educativas colombianas en torno a la enseñanza de las ciencias mantienen un desequilibrio estructural entre el saber epistemológico y el saber social de la ciencia, privilegiando el primero como eje del currículo y relegando el segundo a menciones marginales o retóricas. Esta asimetría refuerza una visión tecnocrática y descontextualizada del conocimiento científico, que busca la formación de estudiantes competentes en la reproducción de conceptos –aunque los resultados muestran desempeños bajos–, pero no en la comprensión de las implicaciones sociales, éticas y políticas de la ciencia.

La ausencia de una perspectiva socio-institucional robusta impide reconocer la ciencia como una práctica humana atravesada por tensiones de poder, intereses económicos y disputas de legitimidad, lo que a su vez limita la construcción de una alfabetización científica crítica y participativa. Por tanto, más que un vacío temático, esta omisión constituye una deuda epistemológica y formativa del sistema educativo, que debería ser abordada desde la política pública y la formación docente para equilibrar las dos dimensiones de la NdC y favorecer una educación científica capaz de vincular el conocimiento con la responsabilidad social y la acción ciudadana.

### **9.1.2 Percepciones estudiantiles**

A partir del análisis realizado, se concluye que la comprensión estudiantil de la naturaleza de la ciencia se configura como un entramado consistente, aunque parcial: muestra mayor solidez la dimensión cognitivo-epistémica y presenta vacíos que limitan una comprensión completa de su funcionamiento en la dimensión socio-institucional. En términos conceptuales, los participantes reconocen que las leyes y teorías son formas del conocimiento científico; sin embargo, no distinguen con claridad sus diferencias y tienden a jerarquizarlas. Si bien identifican rasgos del carácter interpretativo y provisional del conocimiento científico, lo

conciben principalmente como ajustes acumulativos y no como rupturas que supongan cambios de paradigma.

Además, persiste la idea de que la aprobación científica representa una puerta de acceso a la verdad; se le atribuye al método científico la capacidad de eliminar la subjetividad, lo que refuerza una visión positivista del conocimiento. Aunque los estudiantes reconocen la creatividad como una habilidad importante para el quehacer científico, consideran que esta puede poner en riesgo la objetividad del conocimiento. No obstante, una proporción significativa demuestra comprensión de la diferencia entre inferencia y observación, lo que evidencia avances parciales en el razonamiento científico.

En lo que respecta a la ciencia como sistema socio-institucional, las percepciones estudiantiles reflejan una débil comprensión de la influencia histórica, cultural y contextual en el desarrollo de la ciencia. Los estudiantes muestran posiciones ambivalentes frente al papel que desempeñan los valores y las creencias personales en la investigación, lo que sugiere una escasa interiorización de la ciencia como práctica social situada. Persiste, además, el estereotipo del genio solitario, según el cual los grandes descubrimientos se atribuyen a individuos excepcionales más que a comunidades científicas colaborativas. En contraste, una parte del grupo reconoce la importancia de los equipos interdisciplinarios para la producción de conocimiento, en consonancia con las prácticas contemporáneas.

Finalmente, un número significativo de estudiantes mantiene una posición neutral o desconoce la existencia de otras formas de conocimiento, lo cual revela una tendencia al cientificismo y una baja apertura hacia el pluralismo epistémico. Esta orientación, en la que la ciencia se percibe como una única fuente legítima de verdad, impide el reconocimiento de

saberes diversos y la comprensión de la ciencia como construcción cultural en diálogo con otros sistemas de pensamiento.

Desde una perspectiva crítica, los resultados muestran que las representaciones y percepciones estudiantiles sobre la NdC no constituyen simples carencias conceptuales, sino que reflejan los efectos de un modelo educativo que privilegia la transmisión de conocimientos descontextualizados y la memorización de procedimientos, en detrimento de la reflexión epistemológica y ética. El predominio de una visión instrumental y normativa de la ciencia – centrada en la aplicación del método y la búsqueda de verdades estables– limita la posibilidad de formar sujetos capaces de comprender la ciencia como una práctica humana, dinámica y socialmente situada.

Al no problematizar la ciencia como actividad atravesada por valores, intereses y contextos, la escuela contribuye a reproducir relaciones de poder simbólico que restringen la autonomía intelectual del estudiantado y perpetúan la distancia entre el conocimiento científico y la vida social. En este sentido, la escasa apropiación de la NdC observada en las percepciones estudiantiles no puede entenderse como un déficit individual, sino como el resultado de una estructura educativa que continúa reforzando la brecha socio-epistémica entre la ciencia enseñada en la escuela y la ciencia vivida en la sociedad.

Es relevante señalar que dentro de los campos científicos la normalización epistemológica del conocimiento hace parte de los procesos de construcción de teorías, modelos y leyes, por tanto, es importante conocer y comprender la lógica de estos constructos de acuerdo con las diversas trayectorias e intereses que los estudiantes requieran y/o decidan. Al respecto, desde la perspectiva de la NdC, la discusión no está centrada en la validez o no de

la estructura epistémico-cognitiva, esta, de hecho, hace parte de una acumulación cultural de la humanidad que es imprescindible, deseable y fundamental.

La cuestión radica en que la tendencia del sistema epistémico-cognitivo de la NdC en la política pública dista de relacionarse con los principios que desde la NdC deberían promoverse en la formación estudiantil a partir de la educación científica. El peso en el sistema epistémico-cognitivo recae en una visión que muestra los productos terminados de la ciencia, que realmente se aproximan —como conocimiento normalizado— a certezas e imágenes neutrales sobre la realidad, pero que, en perspectiva de la educación científica, no se ha examinado, cómo estos conocimientos y constructos teóricos han pasado por innumerables errores, tensiones, contradicciones y problemas, que claramente están relacionados con la forma como los sujetos sociales construyen la empresa científica. De allí que se dé continuidad a la ciencia escolar como un conjunto de contenidos entendidos como cajas negras, que continúan siendo una maquinaria, muchas veces, indescifrable para el pensamiento estudiantil y por esa vía para la ciudadanía. En tal sentido, es fundamental que la política pública se construya sobre las necesidades de elaboración del pensamiento estudiantil reveladas en esta investigación, para potenciar una articulación socio-epistémica inspirada en los avances teóricos de la NdC y la AC.

## **9.2 Representaciones sociales de los estudiantes**

El mapa representacional de la NdC en el estudiantado de EM se organiza en torno a cinco ejes: experimentación, descubrimiento, estudio, investigación y conocimiento, a los que se suma un sexto componente de lo que los jóvenes reconocen como la función y propósito de la ciencia en la sociedad —soluciones, creaciones, cuidado, problemas, utilidad, curas, enfermedades, tecnología, ayuda, mejora y salud—. En conjunto, estos elementos dan sentido y

articulan la mayor parte de los significados, mostrando una visión de la ciencia orientada al producto y a su utilidad. En esta visión, el laboratorio se configura como el escenario hegemónico de la actividad científica, mientras permanecen menos visibles los procesos de validación pública, las dimensiones éticas y las formas de circulación social del conocimiento.

En el proceso de investigación, el descubrimiento emerge como organizador semántico dominante, asociado al método científico clásico –observación, hipótesis, experimentación, análisis y predicción– y al laboratorio como escenario simbólico de investigación. En los *objetivos de la ciencia*, el avance concentra el sentido, fuertemente leído como progreso tecnocientífico con impacto en salud y bienestar. Un hallazgo relevante es que el experimento se asume como medio, no como fin, lo que delimita con claridad la direccionalidad instrumental de la práctica científica en estas RS. Esta orientación, si bien valoriza el aporte práctico de la ciencia, reduce la mirada sobre sus mecanismos internos de validación y su naturaleza histórica y provisional.

Respecto a los métodos y reglas, la investigación se consolida como núcleo central, vinculada a prácticas como la observación, el análisis de datos y la elaboración de informes. No obstante, se evidencia una equivalencia problemática que reduce “investigar” a “buscar información” –en libros o internet–, equiparando el acto de consultar con el de conocer, lo cual debilita la comprensión de la ciencia como un proceso de producción de conocimiento sustentado en evidencia y argumentación. En relación con el conocimiento, los estudiantes lo asocian principalmente con “estudiar” e “investigar”; el estudio se concibe como gestión de información y búsqueda de la verdad, privilegiando la validación empírica y el aprendizaje escolar como transmisión de contenidos. Esta orientación evidencia una tensión entre

información y conocimiento, donde la práctica escolar se limita a reproducir datos en lugar de promover la construcción reflexiva y crítica del saber.

Las RS en el plano socio-institucional resultan más frágiles. En relación con las *actividades profesionales*, la experimentación organiza la imagen del trabajo científico en nociones como laboratorio, ensayo-error, y verificación, y a través de estereotipos como batas, gafas, guantes y un sesgo hacia la experimentación en áreas como la química. En cuanto al *ethos*, la honestidad se reconoce como valor rector, articulado con respeto, responsabilidad y cuidado; se asocia a la búsqueda de la verdad, al bienestar humano y ambiental. En la *certificación y difusión*, la investigación vuelve a ser el núcleo y “comprobar” el verbo dominante orientado hacia la experimentación; no obstante, afloran vacíos sobre revisión por pares, comunidades de expertos y deliberación pública. Finalmente, el *valor social de la ciencia* se percibe de modo débil, con dos núcleos con bajo índice de asociación en *conocimientos y humanidad*, y se reconocen beneficios en la salud y la tecnología, pero sin integrar de forma robusta la relación ciencia-sociedad-ambiente.

Del conjunto de representaciones analizadas emergen diversas tensiones estructurales que ayudan a comprender la escasa apropiación de la naturaleza de la ciencia (NdC) en la alfabetización científica (AC). En los significados estudiantiles predomina una concepción centrada en los productos y resultados de la ciencia, antes que en los procesos históricos, sociales y epistémicos que los originan; esta orientación evidencia una comprensión instrumental del conocimiento científico que reduce la práctica científica a su dimensión técnica y verificable. A su vez, se confunde la acumulación de información con la construcción argumentada del saber, lo que limita la posibilidad de desarrollar un pensamiento crítico y reflexivo sobre la ciencia. Finalmente, persiste la imagen del científico como genio individual

y excepcional, lo que invisibiliza el carácter cooperativo, colectivo y deliberativo del trabajo científico.

Estas representaciones no deben interpretarse como simples deficiencias conceptuales, sino como expresiones simbólicas de la distancia social y epistémica que caracteriza la enseñanza de las ciencias en la escuela. Las imágenes del científico aislado, la ciencia como verdad incuestionable o la investigación como mera verificación empírica, reflejan la persistencia de un modelo educativo que transmite productos terminados del conocimiento sin desentrañar las condiciones históricas, sociales y culturales que los sustentan.

En consecuencia, la escuela no solo reproduce contenidos, sino también formas de pensar la ciencia que excluyen su dimensión humana, política y social. Superar esta distancia requiere una alfabetización científica que incorpore la NdC desde una perspectiva crítica y reflexiva; una alfabetización que promueva la comprensión del conocimiento científico como una construcción humana sujeta a debate, interpretación y revisión, capaz de vincular la reflexión epistemológica con la responsabilidad ética y ciudadana. Solo así podrá avanzarse hacia una ciencia escolar que forme sujetos reflexivos, deliberativos y comprometidos con los desafíos colectivos de su tiempo.

Las representaciones sociales de los estudiantes indican una apropiación de lo que la escuela oficial ha reproducido de manera inercial, en consonancia con las tendencias mayoritarias de la ciudadanía que hacen lecturas de los problemas socio-científicos a través de un sentido común que aún debe dotarse de mayor argumentación, en cuanto a los aportes que desde la educación y la divulgación científica se deben hacer. Si bien los núcleos representacionales se aproximan con coherencia a lo que identifica la episteme científica, esta adolece de profundidad y variaciones interpretativas que permitan lecturas más amplias de la

realidad. Aunque es difícil lograr una congruencia entre lo que un sujeto piensa y lo que realmente sucede en los fenómenos analizados desde las ciencias naturales (cuestión que tampoco logran los especialistas, pues en la ciencia hay disciplinas e investigadores especializados en campos específicos, no en toda la estructura científica), es indispensable contribuir a una AC funcional que permita a la ciudadanía encontrar elementos que fortalezcan su capacidad de comprensión, interpretación y decisión sobre la realidad, este también es un horizonte epistémico que compete a la pedagogía de la educación científica.

### **9.3 Elementos constitutivos de la propuesta para la integración curricular de la NdC en la AC**

La investigación permitió evidenciar que la escasa apropiación de la NdC en la AC de los estudiantes de educación media en Bogotá no es el resultado de un déficit individual, sino la manifestación de una desarticulación socio–epistémica en la manera como el saber científico escolar se relaciona con las experiencias, marcos de sentido y prácticas culturales del estudiantado. Esta configuración se traduce en una relación débil entre las dimensiones epistémica y social del conocimiento científico; en otras palabras, en una dificultad persistente para integrar, en la educación científica, tanto los procesos internos de construcción del conocimiento como sus implicaciones sociales, éticas y políticas.

Superar esta distancia requiere un replanteamiento de los elementos que orientan los currículos escolares para la educación científica y de las políticas educativas que las enmarcan. La propuesta curricular de articulación socio-epistémica de la ciencia escolar se concibe como una respuesta para integrar la NdC en la AC desde las representaciones sociales de los estudiantes. Dicha propuesta asume que el sentido común de los sujetos y los conocimientos

producidos por la ciencia no constituyen ámbitos opuestos, sino campos en diálogo, cuya intersección debe ser el lugar de acción de la escuela.

La propuesta curricular no aborda la reorganización de contenidos, sino que interpela el sentido mismo de la educación científica. Supone asumir que enseñar ciencia no es transmitir certezas, sino formar sujetos capaces de interpretar, cuestionar y transformar su entorno con base en conocimiento fundamentado. Por tanto, la articulación socio-epistémica de la NdC y la AC es una apuesta educativa por democratizar el conocimiento científico, devolviéndole su carácter público, ético y deliberativo.

Los elementos constitutivos de esta propuesta se orientan a construir una ciencia escolar más humana, crítica y contextualizada; una alfabetización científica que articule el saber con el sentido común, el conocimiento con la experiencia y la escuela con la sociedad. Integrar la NdC en la AC desde las representaciones sociales del estudiantado significa reconfigurar la escuela como espacio donde el pensamiento científico se convierte en herramienta de emancipación, comprensión y acción colectiva.

## **10. Aportes, limitaciones y perspectivas**

En el presente capítulo se sintetizan los aportes de la investigación al conocimiento en general desde la perspectiva teórica, metodológica y a la política pública. Así mismo, se especifican las contribuciones a la línea de investigación Educación, Cultura y Sociedad. Posteriormente, se analizan de forma crítica las limitaciones encontradas durante el proceso de indagación, reconociendo los obstáculos que delimitaron el alcance de los hallazgos. Por último, y a modo de cierre, se esbozan perspectivas y direcciones promisorias para investigaciones futuras que permitan profundizar o expandir los resultados obtenidos.

### **10.1 Aportes teóricos**

Como resultado de la investigación desarrollada, emerge una propuesta curricular cuyo eje explicativo se fundamenta en la articulación socio-epistémica de la ciencia escolar, categoría que permite comprender y proponer alternativas frente a la baja incorporación de la NdC en la AC. Este constructo ofrece un marco que explica cómo diversas condiciones del sistema educativo —entre ellas, un currículo centrado en productos cerrados, la naturalización de las “cajas negras” y la reducción de la NdC a su dimensión tecno-empírica— inciden en la formación científica del estudiantado y limita la apropiación crítica del conocimiento científico.

Desde esta perspectiva, la propuesta integra la naturaleza de la ciencia y la alfabetización científica a través de las representaciones sociales, ofreciendo una conceptualización que captura tanto la estructura semántica del campo representacional estudiantil como su proyección institucional en las políticas públicas y en las mediaciones institucionales. En suma, la investigación aporta un andamiaje conceptual operativo, con

potencial de transferibilidad a otros contextos urbanos y capacidad para generar explicaciones contrastables.

En el plano empírico, el estudio evidencia un mapa representacional estable alrededor de seis elementos –investigación, experimentación, descubrimiento, estudio, conocimiento y función y propósito de la ciencia– que estructuran el sentido escolar de la ciencia. Este hallazgo posee valor explicativo al mostrar la persistencia de imágenes hegemónicas, como el laboratorio y el experimento, y al revelar tensiones conceptuales relevantes: investigación versus consulta; conocimiento versus información, producto versus proceso; así como confusiones entre ley, teoría y modelo; y una comprensión limitada de los valores asociados al ethos científico, la certificación y la difusión del conocimiento.

El mapa representacional, lejos de construir un inventario descriptivo, ofrece criterios para la intervención curricular: allí donde los núcleos son fuertes pero orientados al producto, se requiere visibilizar los procesos epistémicos e institucionales; donde el ethos científico aparece debilitado, es necesario incorporar dispositivos explícitos de reflexión, validación, comunicación y revisión. En consecuencia, la evidencia empírica no solo caracteriza el estado actual de las representaciones estudiantiles, sino que orienta cómo y dónde intervenir para promover una alfabetización científica crítica, situada y socialmente relevante.

## **10.2 Aportes metodológicos**

Metodológicamente, el estudio constituye un aporte innovador al demostrar la fortaleza de la triangulación entre el análisis documental, la encuesta tipo Likert, la asociación libre y la elección sucesiva por bloques, articuladas mediante la Teoría Fundamentada (Strauss y Corbin, 2002). Esta combinación permitió transitar de los marcos teóricos y normativos hacia la experiencia concreta de los estudiantes, generando categorías de análisis sustentadas

empíricamente y vinculadas con sus representaciones sociales sobre la naturaleza de la ciencia (NdC).

De manera particular, la integración de la Teoría Fundamentada con el enfoque estructural de las representaciones sociales (Abric, 2001) representa un aporte metodológico poco explorado en el campo educativo. Esta convergencia permitió pasar de los discursos – opiniones, creencias y percepciones– a la construcción teórica, garantizando un proceso inductivo sólido, sistemático y fundamentado. El uso de coeficientes de asociación o proximidad estandarizados aportó rigor al análisis al posibilitar la transformación de la estructura representacional en datos operables y la delimitación empírica de los núcleos y periferias, minimizando la subjetividad interpretativa.

El resultado de esta articulación metodológica trasciende el nivel descriptivo, pues no solo permite comprender cómo los jóvenes incorporan aspectos de la NdC en su comprensión del mundo y en su alfabetización científica, sino que también da lugar a la formulación de una propuesta curricular de articulación socio-epistémica. Asimismo, ofrece instrumentos transferibles para el estudio de las RS de la ciencia en otros contextos educativos, asegurando la trazabilidad entre los datos y la codificación, condición indispensable para garantizar la validez y la coherencia del proceso investigativo.

### **10.3 Aportes a la política pública:**

Desde la perspectiva de la política educativa, el trabajo permitió evidenciar componentes omitidos o implícitos de la NdC, especialmente en su dimensión socio-institucional: ética de la investigación, mecanismos de certificación y difusión, libertad académica y modos de financiación, así como la necesidad de incluir controversias históricas que doten de contexto a leyes, teorías, modelos y artefactos. Se propone alinear la evaluación

con procesos y evidencias (trazabilidad del dato al modelo y a la conclusión), diversificar el “laboratorio” hacia simulación, modelado y análisis estadístico de datos, e integrar habilidades transferibles y alfabetización mediática científica para distinguir evidencia de opinión, sesgos y conflictos de interés. Del mismo modo, se plantea abrir las cajas negras en el aula –hacer visibles los procesos de construcción y validación– e incorporar perspectivas epistémicas plurales, incluyendo saberes locales y ancestrales, sin negar los logros de la ciencia occidental. Además, se reconoce que la formación docente es importante y se propone integrar RS-NdC-AC (visiones II y III) en la formación inicial y continua, con miras a fortalecer la incorporación de la NdC en la AC.

#### **10.4 Aportes a la línea educación, cultura y sociedad.**

Esta disertación doctoral aporta a la línea de investigación educación, cultura y sociedad al mostrar, con base empírica y argumentación teórica, cómo se configuran y circulan las RS de la NdC en la escuela, y cómo esas representaciones median la relación entre cultura juvenil, saber escolar y ciudadanía. El núcleo explicativo propuesto –articulación socio-epistémica de la ciencia escolar– permite comprender y reflexionar por qué los modos institucionales de producción y validación del conocimiento quedan opacados cuando la ciencia se transfiere al aula como producto terminado. Este entramado conceptual no se limita a describir carencias; explica relaciones entre condiciones del sistema (currículo y evaluación centrados en resultados cerrados), mecanismos escolares y mediáticos (naturalización de “cajas negras”, reducción de la NdC a lo tecno-empírico) y consecuencias sociales (legitimidad instrumental de la ciencia y participación ciudadana debilitada). Por último, la investigación se proyecta socialmente al impulsar una ciudadanía capaz de evaluar información, reconocer intereses y participar en decisiones colectivas sobre ciencia, tecnología y ambiente. El estudio

contribuye a la línea al conceptualizar la escuela como mediadora cultural de la ciencia, analizando las representaciones estudiantiles con técnicas e instrumentos robustos, que permiten proponer elementos curriculares que estrechan los vínculos entre educación, cultura y sociedad, fortaleciendo la AC como práctica pública y bien común.

### **10.5 Limitaciones de la investigación**

- Dada la amplitud de los componentes de la naturaleza de la ciencia desde el enfoque de semejanza familiar, fue necesario acotar el cuestionario para garantizar claridad y concreción de los ítems evaluados. Para ello se trabajó la NdC a partir de la visión de consenso de Lederman (2007), lo que, si bien es pertinente para instrumentos cerrados, restringe el espectro conceptual frente a marcos más amplios como el de semejanza familiar (Irzik y Nola, 2014). Esta decisión se mitigó triangulando con técnicas cualitativas (asociación libre y elección por bloques) y articulando los resultados con los sistemas cognitivo-epistémico y socio-institucional.
- La investigación se centró en estudiantes de educación media en la ciudad de Bogotá, esto restringe la posibilidad de extrapolar los resultados a contextos rurales.
- El estudio aborda las perspectivas de los estudiantes y la política pública dejando de lado las representaciones de los docentes y las prácticas escolares.
- Se realizó una revisión de macro currículo –Lineamientos Curriculares en ciencias naturales y Educación Ambiental (MEN, 1998) y Estándares Básicos en Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2004)–; sin embargo, no se revisaron elementos del meso currículo como mallas curriculares y planes de estudio.

- El empleo de múltiples ecuaciones booleanas en la revisión bibliográfica, orientado a abarcar diversidad de términos y enfoques que convergen en el tema, amplió el espectro de hallazgos. Esta decisión respondió a una lógica exploratoria orientada a cartografiar un campo conceptual heterogéneo y a delimitar un vacío en la literatura, combinando búsquedas amplias iniciales, refinamientos sucesivos de los descriptores, cadenas y filtros. No obstante, se reconoce que esta estrategia constituye una limitación, en la medida en que el uso de una única ecuación robusta y depurada habría facilitado una mayor trazabilidad y replicabilidad del proceso de construcción del estado del arte.

## 10.6 Perspectivas

En esta investigación, develar las RS estudiantiles sobre la NdC y su vínculo con la AC, no constituye un punto de llegada, sino un punto de partida fundamental que abre un espectro de posibilidades para profundizar en la reflexión y la práctica educativa. A continuación, se proponen líneas y diseños de trabajo que dan continuidad y alcance a los hallazgos:

- Investigar las RS de los docentes es crucial para comprender cómo sus propias concepciones median la enseñanza de las ciencias. Así como, explorar las visiones de las familias y la comunidad contextual permite entender el sustrato cultural sobre el que la escuela opera.
- Investigar el tema en los programas de formación docente, donde se forjan las concepciones futuras. Evaluar cómo se aborda la NdC en estas facultades es una inversión preventiva y la raíz de cualquier cambio educativo sostenible.
- Realizar trabajos de investigación comparativa sobre las RS de la NdC en zonas rurales y urbanas.

- Explorar la NdC y las RS desde primera infancia, primaria, básica y media, y en educación superior, con seguimiento temporal para observar cambios, puntos de inflexión y efectos de intervenciones curriculares.
- Se requiere desarrollar, implementar y validar modelos pedagógicos, secuencias didácticas e instrumentos de evaluación específicamente diseñados para promover una visión más adecuada de la NdC.
- Establecer indagaciones sobre la relación entre la NdC, las RS y la AC en la práctica pedagógica, para comprender cómo se construyen o se opacan los procesos científicos en la interacción cotidiana.

## Referencias Bibliográficas

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2023). Research on teaching, learning, and assessment of Nature of Science. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol III, pp. 850–898). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-32>
- Abric, J-C (2001). *Prácticas sociales y representaciones*. Coyoacán.
- Alaminoa, D. de J. & Aguilar, Y. (2023). Percepción de la ciencia y cultura científica: La física incluida. *Revista Cubana de Física*, 40(E51), E51–E53.
- Alzás, T., & García, L. M. (2017). La evolución del concepto de triangulación en la investigación social. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 5(8), 395-418.
- Anjos, S., & Carvalho, A. (2020). Jovens, ciência e media: percepções sobre a astronomia e ciências do espaço em contextos formais e informais. *Comunicação e Sociedade*, 37, 109–126. [https://doi.org/10.17231/comsoc.37\(2020\).2428](https://doi.org/10.17231/comsoc.37(2020).2428)
- Araya, S. (2002). *Las representaciones sociales: Ejes teóricos para su discusión*. Cuadernos de Ciencias Sociales 127 (1a ed.). Flacso.
- Adúriz-Bravo, A. (2001). La naturaleza de la ciencia y la enseñanza de las ciencias: reflexiones desde la didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 65–74.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). Un modelo de enseñanza de las ciencias basado en la epistemología de Lakatos. Universidad Pedagógica Nacional.
- Astalini, A., Darmaji, D., Kurniawan, D. A., & Melsayanti, R. (2019). E-Assessment of student perception of natural sciences based on Seska in middle school. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(9), 858–863.
- Avolio, B., Chávez, J., & Vilchez-Román, C. (2020). Factors that contribute to the underrepresentation of women in science careers worldwide: A literature review. *Social Psychology of Education*, 23(3), 773–794. <https://doi.org/10.1007/s11218-020-09558-y>
- Bellanca, J. A., & Brandt, R. S. (Eds.). (2010). *21st century skills: Rethinking how students learn*. Solution Tree Press.
- Berger, P. L., & Luckmann, T. (2003). *La construcción social de la realidad* (S. Zuleta, Trad.; 1. Aufl.). Amorrortu.

- Bernard, P., & Dudek, K. (2017). Revisiting students' perceptions of research scientists – outcomes of an indirect draw-a-scientist test (InDAST). *Journal of Baltic Science Education*, 16(4), 562–575. <https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.562>
- Bernstein, B. (1983). La educación no puede suplir las fallas de la sociedad. *Lenguaje y Sociedad, Universidad del Valle*.
- Bourdieu, P. (1998). *La Distinción: Criterios y bases sociales del gusto*. Grupo Santillana de Ediciones, S. A.
- Braghini, K. (2022). As imagens dos conjuntos científicos de química: dominância masculina nas representações sobre a ciência. *história, ciências, Saúde-Manguinhos*, 29(3), 833–851. <https://doi.org/10.1590/s0104-59702022000300014>
- Brumovska, T. J., Carroll, S., Javornicky, M., & Grenon, M. (2022). Brainy, Crazy, Supernatural, Clumsy and Normal: Five profiles of children's stereotypical and non-stereotypical perceptions of scientists in the Draw-A-Scientist-Test. *International Journal of Educational Research Open*, 3, 100180. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2022.100180>
- Bustamante, L. A., & Lesta, M. L. (2022). Marcos teóricos y metodológicos para el abordaje de imaginarios y representaciones Sociales. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 12(2), e116. <https://doi.org/10.24215/18537863e116>
- Bybee, R. (2015). Scientific Literacy. En R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 944–947). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0\\_178](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_178)
- Caballero, C. J. & Spinzi, C. V. (2017). Percepción de la ciencia en estudiantes paraguayos: Análisis del atractivo de la profesión científica. ¿Es la ciencia atractiva para los estudiantes paraguayos? *Didáctica y Educación*, VIII(4), 151–166.
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (1992). Teacher as curriculum maker. En P. W. Jackson (Ed.), *Handbook of research on curriculum* (pp. 363–401). Macmillan.
- Carr, W., & Kemmis, S. (1998). *Teoría crítica de la enseñanza: la investigación acción en la formación del profesorado*. Martínez Roca.
- Casillas-Martínez, L., Franco-Ortiz, M., Carrasquillo, R. E., & González-Espada, W. (2023). Unpacking racism among puerto rican scientists: Intersectionality of colorism,

- colonialism, and the Culture of Science. *Journal of Latinos and Education*, 1–16.  
<https://doi.org/10.1080/15348431.2023.2184370>
- Çelik, S., & Karataş, F. Ö. (2022). Representation of nature of science in chemistry Textbooks: employing reconceptualized family resemblance approach as a framework. *Hacettepe University Journal of Education*. <https://doi.org/10.16986/HUJE.2022.455>
- Chamon, E., & Sordillo, C. (2024). Representações sociais da Ciência: Estudo com professores de ensino médio. *Revista Eletrônica PesquisEduca*, 16(42), 244–258.  
<https://doi.org/10.58422/repesq.2024.e1597>
- Chevallard, Y. *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Aique Grupo Editor S.A., 1991.
- Chua, J. X., Tan, A.-L., & Ramnarain, U. (2019). Representation of NOS aspects across chapters in Singapore Grade 9 and 10 biology textbooks: Insights for improving NOS representation. *Research in Science & Technological Education*, 37(3), 259–278.  
<https://doi.org/10.1080/02635143.2018.154237>
- Chun Tie, Y., Birks, M., & Francis, K. (2019). Grounded theory research: A design framework for novice researchers. *SAGE Open Medicine*, 7, 205031211882292.  
<https://doi.org/10.1177/2050312118822927>
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28(3–5), 205–248. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>
- Constitución Política de Colombia (1991).  
<https://www.cijc.org/es/NuestrasConstituciones/COLOMBIA-Constitucion.pdf>
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education: Why does it matter? *Science & Education*, 25(1–2), 147–164.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Dapía Conde, M., Escudero Cid, R., & Vidal López, M. (2019). ¿Tiene género la ciencia? Conocimientos y actitudes hacia la ciencia en niñas y niños de educación primaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 16(3), 1–16.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i3.3302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3302)
- Dauer, J. M., Kirby, C. K., & Sorensen, A. E. (2025). Defining students' socioscientific issues classroom decision-making components and practice proficiencies. *Disciplinary and*

- Interdisciplinary Science Education Research*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00132-0>
- Davies, S. R., & Horst, M. (2016). *Science Communication*. Palgrave Macmillan.  
<https://doi.org/10.1057/978-1-137-50366-4>
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- Deng, F., Shi, Z., Tian, P., & Sun, D. (2025). Explicit-Reflective teaching and students' understanding of nature of science: A meta-analysis. *Research in Science Education*.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-025-10287-5>
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). *CONPES 4069. Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031*. <https://minciencias.gov.co/conpes-4069-nueva-politica-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2022-2031>
- Diamond, A. H., & Kislev, E. (2021). Perceptions of science and their effects on anticipated discrimination in STEM for minority high-school students. *Cambridge Journal of Education*, 51(2), 213–230. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2020.1806989>
- Dunlop, L., & Veneu, F. (2019). Controversies in Science: To Teach or Not to Teach? *Science & Education*, 28(6–7), 689–710. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00048-y>
- Fernández Cézar, R., & Solano Pinto, N. (2017). Attitude towards School Science in Primary Education in Spain. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(4), 112–123.  
<https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.4.1393>
- Finol, M. & Vera, J. L. (2020). *Paradigmas, enfoques y métodos de investigación: Análisis teórico*. Revista científica Mundo Recursivo, 3(1), 1–24.
- Flick, U. (2018). *Introducción a la investigación cualitativa* (4.<sup>a</sup> ed). Ediciones Morata S.L.
- Fredricks, J. A., Hofkens, T., Wang, M., Mortenson, E., & Scott, P. (2018). Supporting girls' and boys' engagement in math and science learning: A mixed methods study. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(2), 271–298. <https://doi.org/10.1002/tea.21419>
- Freitas, T. D. S., Vittorazzi, D. L., Gouveia, D. D. S. M., Fejolo, T. B., & Testa Braz Da Silva, A. M. (2019). Pesquisas em representações sociais: uma análise em rede da produção bibliográfica em periódicos nacionais avaliados na área de ensino. *Investigações em*

- Ensino de Ciências*, 24(2), 1-20. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p01>
- Gandolfi, H. E. (2021). Decolonising the science curriculum in England: Bringing decolonial science and technology studies to secondary education. *The Curriculum Journal*, 32(3), 510–532. <https://doi.org/10.1002/curj.97>
- Gandolfi, H. E. (2024). (Re)considering nature of Science education in the face of socio-scientific challenges and injustices: insights from a critical-decolonial perspective. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00536-w>
- García, M. & Quiroz, L. (2011). Apartheid educativo: Educación, desigualdad e inmovilidad social en Bogotá. *Revista de Economía Institucional*, 13(25), 137–162.
- García-Carmona, A. (2021). La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: Una revisión sistemática de la última década. *Revista de Educación*, 394, 241–270. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>
- García-Carmona, A., & Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education: rationale of a set of essential pedagogical principles. *Science & Education*, 27(5–6), 435–455. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9>
- Gizaw, G. G., Sota, S. S., Zinabu, S. A., & Adamu, D. W. (2024). Exploring nature of science understanding, science self-efficacy and their telationships among secondary school pre-service science teachers in Ethiopia. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00543-x>
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L (1967). *The discovery of grounded theory; strategies for qualitative research*. Chicago, Aldine Pub. Co. <http://archive.org/details/discoveryofgroun00glas>
- Gómez, A. M. (2022). Reflexiones sobre la alfabetización científica y nuestras decisiones diarias. *Revista Bioika*, 9. <https://revistabioika.org/es/palabra-de-especialista/>
- González Monteagudo, J. (2001). El paradigma interpretativo en la investigación social y educativa: Nuevas respuestas para viejos interrogantes. *Cuestiones Pedagógicas*. *Revista de Ciencias de la Educación*, 15, Article 15. <https://revistascientificas.us.es/index.php/Cuestiones-Pedagogicas/article/view/10155>

- Guerrero, G. R., & Torres-Olave, B. (2022). Scientific literacy and agency within the Chilean science curriculum: A critical discourse analysis. *The Curriculum Journal*, 33(3), 410-426. <https://doi.org/10.1002/curj.141>
- Han, H. J., & Shim, K. C. (2023). A study on the perception of South Korean high school students about the influence of learner and teacher on school science learning. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 218. <https://doi.org/10.3926/jotse.1699>
- Hecht, M. (2023). Exclosure (or what we risk losing). *Cultural studies of science education*, 18(1), 195–204. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10153-8>
- Heerdt, B., & Batista, I. D. L. (2017). Representações sociais de ciência e gênero no ensino de Ciências. *Praxis Educativa*, 12(3), 995–1012. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.12i3.017>
- Holton, G. (2012). *Las falsas imágenes de la ciencia*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82968>
- Holton, G. (2014). The neglected mandate: Teaching Science as part of our culture. *Science & Education*, 23(9), 1875–1877. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9632-3>
- Hurd, P. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership Journal of the Association for Supervision and Curriculum Development*, 16(1), 13–16.
- Ibáñez, T., & Jiménez, B. (2001). Representaciones sociales teoría y métodos. En *Psicología social construccionista* (2.<sup>a</sup>. ed, pp. 153–212). Univ. de Guadalajara.
- Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, A., Quintanilla Gatica, M., & Aduriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Izrik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Izik, G., & Nola, R. (2014). New Directions for nature of science research. En M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999–1021). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8\\_30](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30)

- Jodelet, D. (1986). La representación social: fenómenos, conceptos y teoría. En *Moscovici, S. Psicología Social II* (pp. 469–494). Paidós.
- Kampourakis, K. (2016). The “General Aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53, 667–682.
- Karaismailoglu, F., Uzun, N. B., & Sürmeli, H. (2025). Examining the mediating effect of nature of science perceptions on the relationship between metacognition and science self-efficacy. *Research in Science & Technological Education*, 1-18.  
<https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2335213>
- Kaur, T., McLoughlin, E., & Grimes, P. (2022). Mathematics and science across the transition from primary to secondary school: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00328-0>
- Khishfe, R. (2017). Consistency of nature of science views across scientific and socio-scientific contexts. *International Journal of Science Education*, 39(4), 403–432.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1287976>
- Kim, M. H., Anderson, R. C., DeRosia, N., Madison, E., & Husman, J. (2021). There are two I’s in motivation: Interpersonal dimensions of science self-efficacy among racially diverse adolescent youth. *Contemporary Educational Psychology*, 66, 101989.  
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.101989>
- Kumar, A., & Sahoo, S. (2024). Caste, gender, and intersectionality in stream choice: Evidence from higher secondary education in India. *Education Economics*, 32(1), 20–46.  
<https://doi.org/10.1080/09645292.2023.2170983>
- Lacolla, L. (2005). Representaciones Sociales: Una manera de entender las ideas de nuestros alumnos. *Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa*, 1(3), 1–17.
- Latour, B. (1992). *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Editorial Labor.
- Lederman, N. G., Zeidler, D. L., & Lederman, J. S. (2023). Science, scientific literacy, and science education. En *Handbook of Research on Science Education: ( Vol. III)*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758>
- Li, X., Tan, Z., Shen, J., Hu, W., Chen, Y., & Wang, J. (2020). Analysis of Five Junior High School Physics Textbooks Used in China for Representations of Nature of Science.

- Research in Science Education*, 50(3), 833-844. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9713-z>
- Lima Junior, P., Pinheiro, N., & Ostermann, F. (2012). Bourdieu en la educación científica: Consecuencias para la enseñanza y la investigación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26. <https://doi.org/10.7203/dces.26.1925>
- Lindholm, M. (2018). Promoting Curiosity?: Possibilities and Pitfalls in Science Education. *Science & Education*, 27(9–10), 987–1002. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-0015-7>
- Macedo, B. (2016). *Foro CILAC 2016: Foro Abierto de Ciencias Latinoamérica y Caribe; Educación científica*. UNESCO. [www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-sp](http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-sp)
- Magalhães, R., & Ruão, T. (2018). A imagem da ciência e dos cientistas: Retratos de um estudo na Universidade do Minho. *Observatorio (OBS\*)*, 12(3). <https://doi.org/10.15847/obsOBS12320181077>
- Mansour, N. (2025). Exploring the impact of social, cultural, and science factors on students' STEM career preferences. *Research in Science Education*, 55(3), 641-668. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10210-4>
- Martin, A. E., & Fisher-Ari, T. R. (2021). “If we don’t have diversity, there’s no future to see”: High-school students’ perceptions of race and gender representation in STEM. *Science Education*, 105(6), 1076–1099. <https://doi.org/10.1002/sce.21677>
- Martín-García, J. (2020). Nada es lo que parece: una reflexión sobre las visiones deformadas de la ciencia. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 50, 257–274.
- Matthews, M. R. (2017). *La enseñanza de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica.
- Mavuru, L., & Ramnarain, U. (2020). Learners’ socio-cultural backgrounds and science teaching and learning: A case study of township schools in South Africa. *Cultural Studies of Science Education*, 15(4), 1067–1095. <https://doi.org/10.1007/s11422-020-09974-8>
- McComas, W. F. (Ed.). (1998). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Kluwer Academic Publishers.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (2025). *Objetivos Generales*. Minciencias. [https://minciencias.gov.co/quienes\\_somos/sobre\\_colciencias/objetivos-generales](https://minciencias.gov.co/quienes_somos/sobre_colciencias/objetivos-generales)
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2022). *Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031*. <https://min>

ciencias.gov.co/sites/default/files/politica\_nacional\_de\_ciencia\_abierta\_-2022\_-\_version\_aprobada.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2006) Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas: Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden (1. ed). (2006)

Ministerio de Educación Nacional. (2017). Plan nacional decenal de educación 2016–2026: El camino hacia la calidad y la equidad. [https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-392871\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-392871_recurso_1.pdf)

Montserrat, M. R., Cantó, J., & Solbes, J. (2025). El uso de las cuestiones sociocientíficas para mejorar la imagen de la ciencia y el interés del alumnado de ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 22(1), 110101–110117.  
<https://www.redalyc.org/journal/920/92080233003/html/>

Moscovici, S. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Huemul.  
<http://archive.org/details/moscovici-serge.-el-psicoanalisis-su-imagen-y-su-publico>

Moscovici, S. & Hewstone, M. (1986). De la ciencia al sentido común. En *Psicología Social II* (Vol. 2, pp. 679–710). Paidós.

Mulero, M. L. & Alonso, A. (2020). Reversión de los estereotipos de género en torno a la ciencia. Innovación en la enseñanza frente a los estereotipos de género sobre la ciencia. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 38, 81.  
<https://doi.org/10.7203/dces.38.15000>

Nissen, J. M., & Van Dusen, B. (2020, enero 13). Educational debts incurred by racism and sexism in students' beliefs about physics. *2019 Physics Education Research Conference Proceedings*. 2019 Physics Education Research Conference, Provo, UT.  
<https://doi.org/10.1119/perc.2019.pr.Nissen>

Nix, S., & Perez-Felkner, L. (2019). Difficulty orientations, gender, and race/ethnicity: an intersectional analysis of pathways to STEM degrees. *Social Sciences*, 8(2), 43.  
<https://doi.org/10.3390/socsci8020043>

Norambuena-Meléndez, M., Guerrero, G. R., & González-Weil, C. (2023). What is meant by scientific literacy in the curriculum? A comparative analysis between Bolivia and Chile.

- Cultural Studies of Science Education*, 18(3), 937–958. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10190-3>
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2005). *Indicadores de Ciencia y Tecnología, Colombia 2005*.
- OCDE. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OCDE. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- OECD. (2010). *PISA 2009 Results: What students know and can do: student performance in reading, mathematics and science (Volume I)*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264091450-en>
- OECD (Ed.). (2017). *PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving* (Revised edition). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>
- OECD (2019), PISA 2018 Assessment and analytical framework, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>.
- Oliveira, T. S. D., & Vilas-Boas, A. (2022). “I am a scientist, but nobody needs to know”: Towards an understanding about professional self-designation among university professors in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94(2), e20200763. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220200763>
- Organización de las Naciones Unidas. (2006). *Construyendo ciudadanía a través de la educación científica*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000159537>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019). *Programme for International Students Assessment (PISA) Results from PISA 2018*. [https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_COL\\_ESP.pdf](https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf)
- Osborne, J. (2023). Science, scientific literacy, and science education. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler, y J. S. Lederman, *Handbook of Research on Science Education* (1a ed., pp. 785–816). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-30>
- Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, 107(3), 553–571. <https://doi.org/10.1002/sce.21790>
- Pérez Rodríguez, Francisco, Siso Pavón, Zenahir, Aragón, Lourdes, y Donoso Díaz, Sebastián. (2024). Obstacles to building scientific culture and scientific literacy in science

- education. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 16(33), e300. Epub January 31, 2025. <https://doi.org/10.22430/21457778.3035>
- Peña, A. (2022). Supporting The STEM Aspirations of Youth Who Have Been Pushed Out. *Science Education International*, 33(4), 409–421. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i4.8>
- Petrucci, D. (2017). Visiones y actitudes hacia las ciencias naturales: Consecuencias para la enseñanza. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 12(1), 29–42.
- Quintanilla-Gatica, M. R., Orellana-Sepúlveda, C., Solsona-Pairo, N., y Carrasco-Monroy, P. A. (2023). Género y formación inicial del profesorado de ciencias en Chile: Una aproximación desde sus racionalidades epistemológicas. *Ciência & Educação (Bauru)*, 29, e23051. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230051>
- Restrepo B., Estrada P., & Rodríguez E. (2017). Caracterización de la formación precedente de estudiantes universitarios de Medellín y su relación con la elección de carrera. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 22(75), 1187–1212.
- Reznik, G., Massarani, L., & Calabrese Barton, A. (2023). Informal science learning experiences for gender equity, inclusion and belonging in STEM through a feminist intersectional lens. *Cultural Studies of Science Education*, 18(3), 959–984. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10149-4>
- Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. En *Handbook of research on science education: Vol. II* (Abell, S. & Lederman, N, pp. 729–780).
- Robles-Piñeros, J., Barbosa, A., & Baptista, G. (2017). Representaciones culturales en la Enseñanza de las ciencias. Una respuesta con base en las opiniones de estudiantes de licenciatura en biología. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 10(18), 53–62.
- Rodrigues, E., & Pietrocola, M. (2020). Between social and semantic networks: a case study on classroom complexity. *Education Sciences*, 10(2), 30. <https://doi.org/10.3390/educsci10020030>
- Rosa, K. (2018). Science identity possibilities: A look into blackness, masculinities, and economic power relations. *Cultural Studies of Science Education*, 13(4), 1005–1013. <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9859-z>

- Sæleset, J., Olufsen, M., & Karlsen, S. (2022). Lærerstudenters undervisningskvalitet i naturfag tidlig i utdanningen. *Acta Didactica Norden*, 16(1). <https://doi.org/10.5617/adno.8482>
- Sánchez G. D., & García M. Álvaro. (2023). Referentes teóricos para la realización de estudios curriculares comparativos. *Revista Electrónica EDUCyT*, 13(1), 75-105.
- Santos, M. (2000). *La naturaleza del espacio: técnica y tiempo; razón y emoción*. Ariel.
- Scogin, S. C., Cavlazoglu, B., LeBlanc, J., & Stuessy, C. L. (2018). Inspiring science achievement: a mixed methods examination of the practices and characteristics of successful science programs in diverse high schools. *Cultural Studies of Science Education*, 13(3), 649–670. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9796-7>
- Seebacher, L. M., Vana, I., Voigt, C., & Tschank, J. (2021). Is science for everyone? Exploring intersectional inequalities in connecting with science. *Frontiers in Education*, 6, 673850. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.673850>
- Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). (2023). *Estudiantes matriculados en primer curso en educación superior—Colombia 2022*. <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/>
- Sjöström, J. (2025). Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, 61(2), 239-274. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2405229>
- Snow, C. E., & Dibner, K. A. (2016). *Science literacy: concepts, contexts, and consequences* (p. 23595). National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. <https://doi.org/10.17226/23595>
- Sousa, R. S. D., Silva, W. R., & Brito, C. C. D. P. (2023a). Preconcebidos sobre ciência compartilhados por estudantes de escola pública rural. *Educação e Pesquisa*, 49(1), e249915. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634202349249915por>
- Sparks, D. M., Przymus, S. D., Silveus, A., De La Fuente, Y., & Cartmill, C. (2023). Navigating the intersectionality of race/ethnicity, culture, and gender identity as an aspiring latina STEM student. *Journal of Latinos and Education*, 22(4), 1355–1371. <https://doi.org/10.1080/15348431.2021.1958332>

- Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundada* (1. ed). Editorial Universidad de Antioquía, Facultad de Enfermería de la Universidad de Antioquía.
- Secretaría de Educación del Distrito. (2025). Sistema Multidimensional de Evaluación para la Calidad Educativa (SMECE) [Panel de datos interactivo]. Subsecretaría de Calidad y Pertinencia, Dirección de Evaluación de la Educación. Recuperado de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYzg3YjBkNzgtNGI3MC00NzNmLWI5ODgtMThmMjQ4Y2FjYWQ5IiwidCI6IjM3MTE3OWI1LWM4YTAtdNDNiZS04MDgzLTk1YmFiMjZiYzY1MCIsmiMiOjR9>
- Syafrial, S., Ashadi, A., Saputro, S., & Sarwanto, S. (2022). Trend creative thinking perception of students in learning natural science: gender and domicile perspective. *International Journal of Instruction*, 15(1), 701–716. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15140a>
- Tanti, T., Kurniawan, D. A., Anggraini, L., & Perdana, R. (2020). A study analysis of student attitude to science lessons. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 14(4), 566–574. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v14i4.16097>
- The Royal Society. (2024). *Science and the economy*. The Royal Society. <https://royalsociety.org/-/media/policy/publications/2024/science-2040-economic-value-of-science.pdf>
- Tilsen, J., Forrester, J., & Upadhyay, B. (2021). Exploring nature of criticality in high school science teaching: sociopolitical consciousness in multicultural science education. *Cultural Studies of Science Education*, 16(4), 1183–1195. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10044-w>
- Turpo-Gebera, O., & Gonzales-Miñán, M. (2020). La enseñanza de las ciencias en educación básica: Representaciones didácticas del profesorado. *PUBLICACIONES*, 50(2), 187–201. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v50i2.13953>
- Tytler, R. W., Monroe, M. C., Eames, C., & White, P. J. (2025). Expanding the scope of science education to engage with anthropocene challenges. *Research in Science Education*, 55(4), 1129-1147. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10276-8>

- UNESCO. (2016). *Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales*. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe, OREALC/UNESCO Santiago. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246594>
- UNESCO. (2019). *Proclamación de un año internacional de las Ciencias Básicas para el Desarrollo (2022)*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000159537>
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: critical perspectives about science participation and emancipation. *Science y Education*, 30(3), 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Vargas-Ordóñez, C. (2019). Exploración de la percepción social de la ciencia y la tecnología de ingenieros químicos colombianos y sus docentes. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2), 51–66. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n2-2019005>
- Ventura, C. (2019). Representações Sociais do conhecimento científico: estudo de casos múltiplos envolvendo estudantes de um instituto federal. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 19–39.
- Vernal - Vilicic, T & Valderrama, L. (2020). Representación de la labor científica en dos continentes. DAST comparativo entre niños/as chilenos/as y españoles/as. *Revista Latinoamericana de Comunicación*, 144, 259–278.
- Villarruel Fuentes, M. (2018). El significado semántico de la investigación científica en los institutos de educación superior tecnológica de Veracruz, México. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 9(1), 47–58. <https://doi.org/10.18861/cied.2018.9.1.2820>
- Visintainer, T. (2020). “I think at first glance people would not expect me to be interested in science”: Exploring the racialized science experiences of high school students of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(3), 393–422. <https://doi.org/10.1002/tea.21597>
- Vittorazzi, D. L., & Silva, A. M. T. B. D. (2020). As representações do ensino de ciências de um grupo de professores do ensino fundamental: implicações na formação científica para a cidadania. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 22, e214769. <https://doi.org/10.1590/21172020210103>
- Wallerstein, I. (1996). La construcción histórica de las ciencias sociales desde el siglo XVIII hasta 1945. En *Abrir las ciencias sociales* (pp. 3-36.).

- West, J. D., & Bergstrom, C. T. (2021). Misinformation in and about science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15), e1912444117. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912444117>
- Wolfs, J.-L., Delhayé, C., Leys, C., Altepé, C., Dini, K., Gauthier, L., & Bertrand, L. (2022). Positions on science and religious beliefs across societies: Development of a research instrument and testing of its validity among high school students. *Public Understanding of Science*, 31(4), 394–409. <https://doi.org/10.1177/09636625221075787>
- World Economic Forum. (2025). *The Global Risks Report 2025* (20th ed.). World Economic Forum. [https://reports.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2025.pdf](https://reports.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2025.pdf)
- Yacoubian, H. A. (2020). Is science a universal or a culture-specific endeavor? The benefits of having secondary students critically explore this question. *Cultural Studies of Science Education*, 15(4), 1097–1119. <https://doi.org/10.1007/s11422-020-09975-7>
- Yalaki, Y., Doğan, N., İrez, S., Doğan, N., Çakmakçı, G., & Erdem Kara, B. (2019). Measuring nature of science views of middle school students. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(3), 461–475. <https://doi.org/10.21449/ijate.561154>
- Zavala, G., & Dominguez, A. (2018). STEM-oriented students' perception of the relevance of Physics. *2018 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*, 30991. <https://doi.org/10.18260/1-2--30991>
- Zhu, Y., & Tang, A. (2023). An analysis of the nature of science represented in chinese middle school chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 45(4), 314–331. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2160939>
- Zorzo, C., Fernández-Baizán, C., Gutiérrez-Menéndez, A., Banqueri, M., Higarza, S. G., & Méndez, M. (2021). Two interventions to improve knowledge of scientific and dissemination articles in first-year university students. *International Journal of Educational Psychology*, 10(2), 172. <https://doi.org/10.17583/ijep.2021.5737>

## Anexos

### Anexo 1. Cuestionario tipo Likert

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ENCUESTA PARA ESTUDIANTES**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en esta breve encuesta diseñada para conocer tu opinión sobre la ciencia y cómo funciona. Tus respuestas nos ayudarán a entender mejor qué piensan los jóvenes como tú sobre el mundo científico. Tu punto de vista es muy valioso para nuestra investigación.

#### Instrucciones:

- Lea cuidadosamente cada afirmación antes de responder.
- Para cada enunciado, seleccione la opción que mejor refleje su grado de acuerdo o desacuerdo.
- Marque solo una opción por cada afirmación.
- No hay respuestas correctas o incorrectas. Nos interesa su opinión honesta.
- Si no está seguro sobre alguna pregunta, elija la opción que le parezca más cercana a su pensamiento.
- Tómese el tiempo necesario para reflexionar sobre cada pregunta.

Agradecemos sinceramente su participación en este estudio. Sus aportes son valiosos para comprender mejor la percepción de la ciencia entre los estudiantes de su edad.

| Nº | Afirmación                                                                           | Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Neutral ( <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> ) | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|---------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| 1. | Dos científicos observando el mismo fenómeno pueden llegar a conclusiones distintas. |                       |            |                                                   |               |                          |
| 2. | Las nuevas teorías siempre complementan las anteriores y nunca las contradicen.      |                       |            |                                                   |               |                          |

| Nº | Afirmación                                                                                                                          | Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Neutral ( <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> ) | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|---------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| 3. | Las teorías científicas son enunciados que no han sido probados, mientras que las leyes son hechos probados.                        |                       |            |                                                   |               |                          |
| 4. | El conocimiento científico es universal y no se ve afectado por el contexto histórico, social y cultural en el que se desarrolla.   |                       |            |                                                   |               |                          |
| 5. | La creatividad es tan importante como el razonamiento lógico en el proceso científico.                                              |                       |            |                                                   |               |                          |
| 6. | Las leyes científicas son absolutas y nunca cambian, mientras que las teorías pueden modificarse con nueva evidencia.               |                       |            |                                                   |               |                          |
| 7. | Los valores y creencias personales de los científicos no tienen impacto en sus investigaciones.                                     |                       |            |                                                   |               |                          |
| 8. | Las leyes y las teorías científicas son formas diferentes de conocimiento, pero se complementan para explicar y describir el mundo. |                       |            |                                                   |               |                          |

| Nº  | Afirmación                                                                                                                                                                              | Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Neutral ( <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> ) | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|---------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| 9.  | Las teorías científicas que se aceptan hoy en día pueden cambiar o ser reemplazadas si se encuentra nueva evidencia.                                                                    |                       |            |                                                   |               |                          |
| 10. | Diferentes teorías científicas pueden explicar las mismas observaciones de manera válida.                                                                                               |                       |            |                                                   |               |                          |
| 11. | Además de investigar, los científicos desempeñan otras funciones importantes, como asistir a reuniones, gestionar proyectos, redactar informes y comunicar sus hallazgos a la sociedad. |                       |            |                                                   |               |                          |
| 12. | Los científicos generalmente trabajan solos, sin interactuar con otro investigador.                                                                                                     |                       |            |                                                   |               |                          |
| 13. | Las teorías científicas se aceptan si son lógicas y coherentes, aunque no haya evidencia.                                                                                               |                       |            |                                                   |               |                          |
| 14. | Las normas éticas en la ciencia pueden variar según el contexto, pero existen principios universales que guían la investigación científica.                                             |                       |            |                                                   |               |                          |

| Nº  | Afirmación                                                                                                       | Totalmente de acuerdo | De acuerdo | Neutral ( <i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i> ) | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|---------------------------------------------------|---------------|--------------------------|
| 15. | La ciencia proporciona explicaciones provisionales sobre el mundo natural que están sujetas a revisión continua. |                       |            |                                                   |               |                          |
| 16. | La única actividad profesional de los científicos es la investigación.                                           |                       |            |                                                   |               |                          |
| 17. | La ciencia es la única forma válida de conocimiento para entender el mundo que nos rodea.                        |                       |            |                                                   |               |                          |

Gracias por responder la primera parte de la encuesta. A continuación, encontrarás una nueva sección con afirmaciones relacionadas con la ciencia y su funcionamiento. En esta parte, las opciones de respuesta cambian a una escala que va desde '**Siempre**' hasta '**Nunca**'.

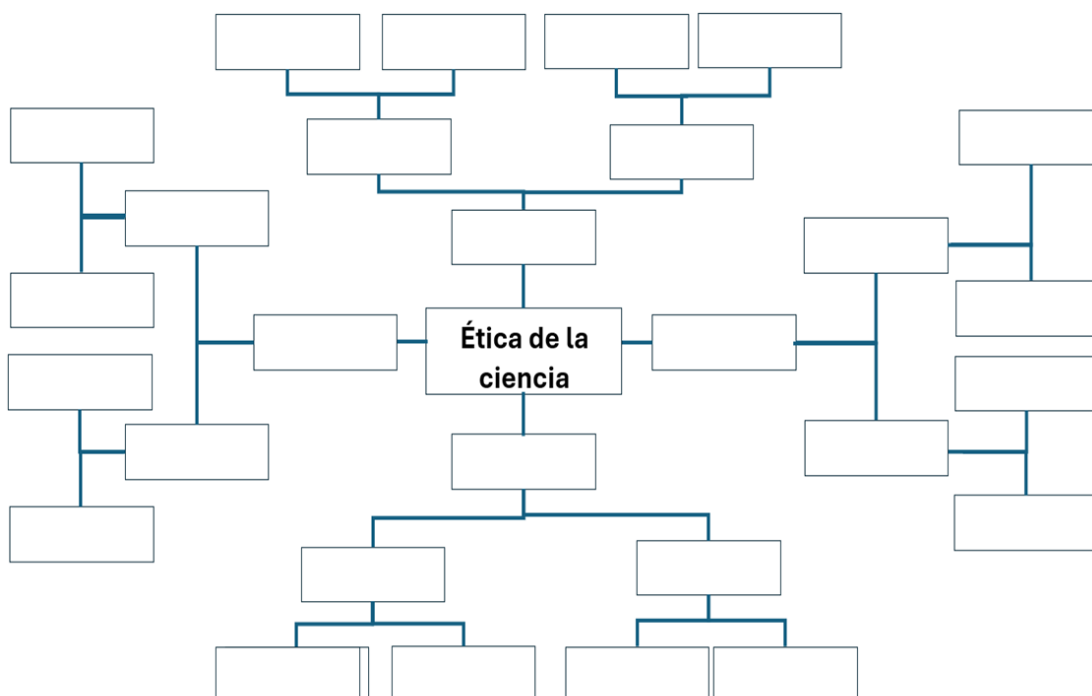
| Nº | Afirmación                                                                                                                                                      | Siempre | Casi siempre | A veces | Casi nunca | Nunca |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------|------------|-------|
| 1. | Los resultados que se obtienen de un experimento (mediciones, observaciones y otros datos) se interpretan de la misma manera por todos los científicos.         |         |              |         |            |       |
| 2. | Las observaciones y conclusiones científicas son completamente objetivas y no están influenciadas por los conocimientos previos o las creencias del científico. |         |              |         |            |       |
| 3. | La ciencia es un proceso de descubrimiento que implica creatividad, imaginación y la posibilidad de error.                                                      |         |              |         |            |       |
| 4. | Al incorporar nuevas evidencias y realizar ajustes una teoría llega a convertirse en ley científica.                                                            |         |              |         |            |       |

| Nº  | Afirmación                                                                                                                                                                                                 | Siempre | Casi siempre | A veces | Casi nunca | Nunca |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------|------------|-------|
| 5.  | La evidencia experimental es esencial para validar cualquier teoría científica.                                                                                                                            |         |              |         |            |       |
| 6.  | La imaginación y la creatividad pueden afectar la objetividad en la ciencia.                                                                                                                               |         |              |         |            |       |
| 7.  | Las experiencias personales y el contexto cultural de los científicos influyen en las preguntas que investigan, la forma de recolectar información y las conclusiones que obtienen.                        |         |              |         |            |       |
| 8.  | La ciencia es completamente objetiva si se sigue rigurosamente el método científico.                                                                                                                       |         |              |         |            |       |
| 9.  | El financiamiento de la investigación científica por parte de diferentes sectores (gobierno, industria, organizaciones sin fines de lucro) condiciona las preguntas que los científicos eligen investigar. |         |              |         |            |       |
| 10. | Cuando una teoría científica es probada y aceptada, deja de ser cuestionada y se convierte en una verdad absoluta.                                                                                         |         |              |         |            |       |
| 11. | Los científicos, independientemente de su área de especialización, deben seguir un conjunto de normas éticas universales.                                                                                  |         |              |         |            |       |
| 12. | Es importante combinar la ciencia con otras disciplinas para obtener una comprensión más completa de los problemas de investigación.                                                                       |         |              |         |            |       |
| 13. | Los descubrimientos científicos importantes son generalmente el resultado del trabajo de un solo científico brillante.                                                                                     |         |              |         |            |       |
| 14. | La colaboración y el trabajo en equipo son fundamentales en las investigaciones científicas modernas.                                                                                                      |         |              |         |            |       |
| 15. | Para determinar si una teoría o hallazgo científico es correcto, es suficiente con que los científicos que la proponen tengan plena certeza de su validez.                                                 |         |              |         |            |       |

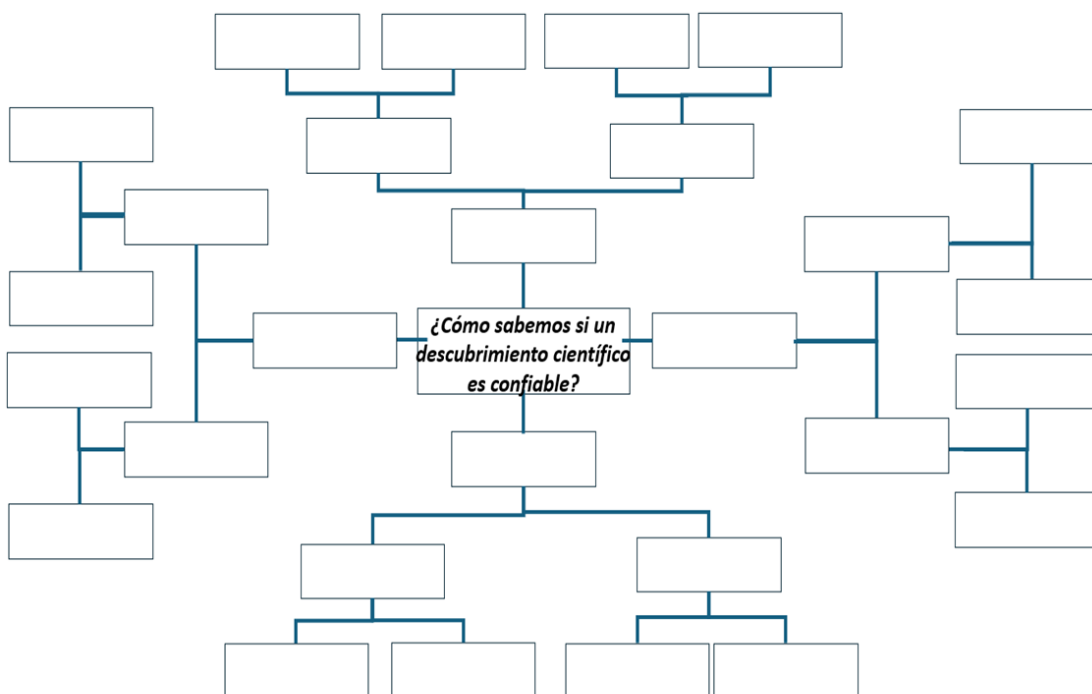
| Nº  | Afirmación                                                                                                                                                                               | Siempre | Casi siempre | A veces | Casi nunca | Nunca |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|---------|------------|-------|
| 16. | Para que una teoría científica sea aceptada, debe ser respaldada por evidencia empírica y sometida a un proceso de validación riguroso, como la revisión por pares (por otros expertos). |         |              |         |            |       |

## Anexo 2. Cartas asociativas

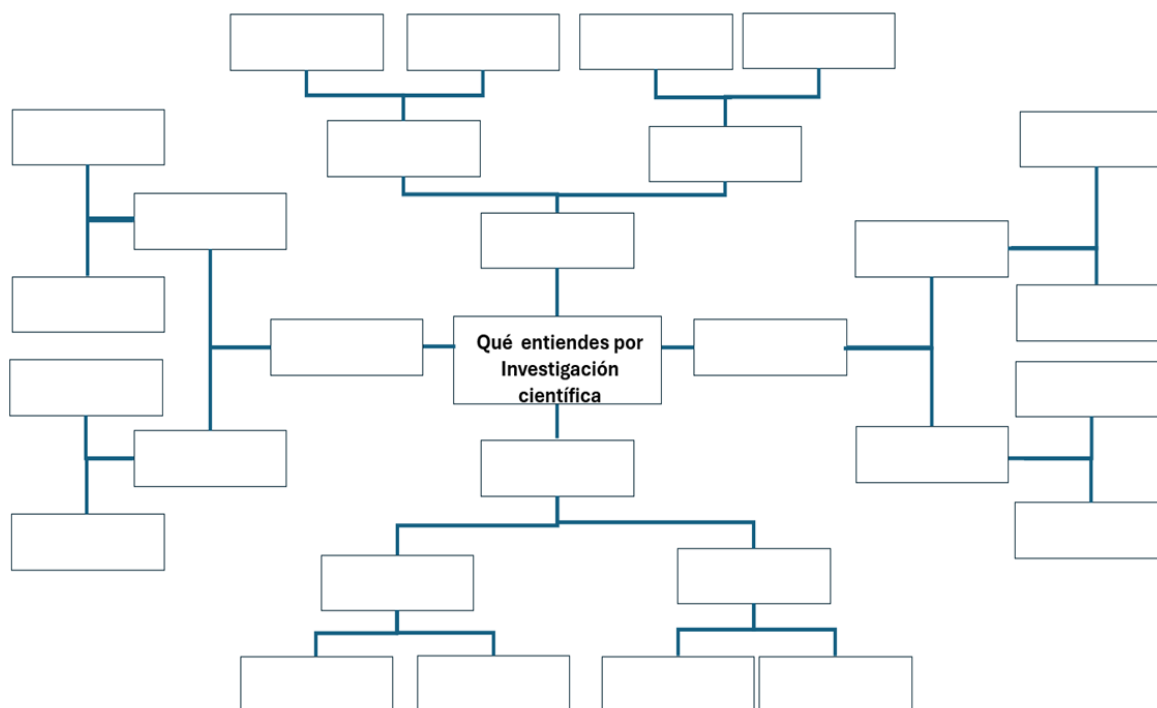
Cuando piensas en la **ética en la ciencia**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?



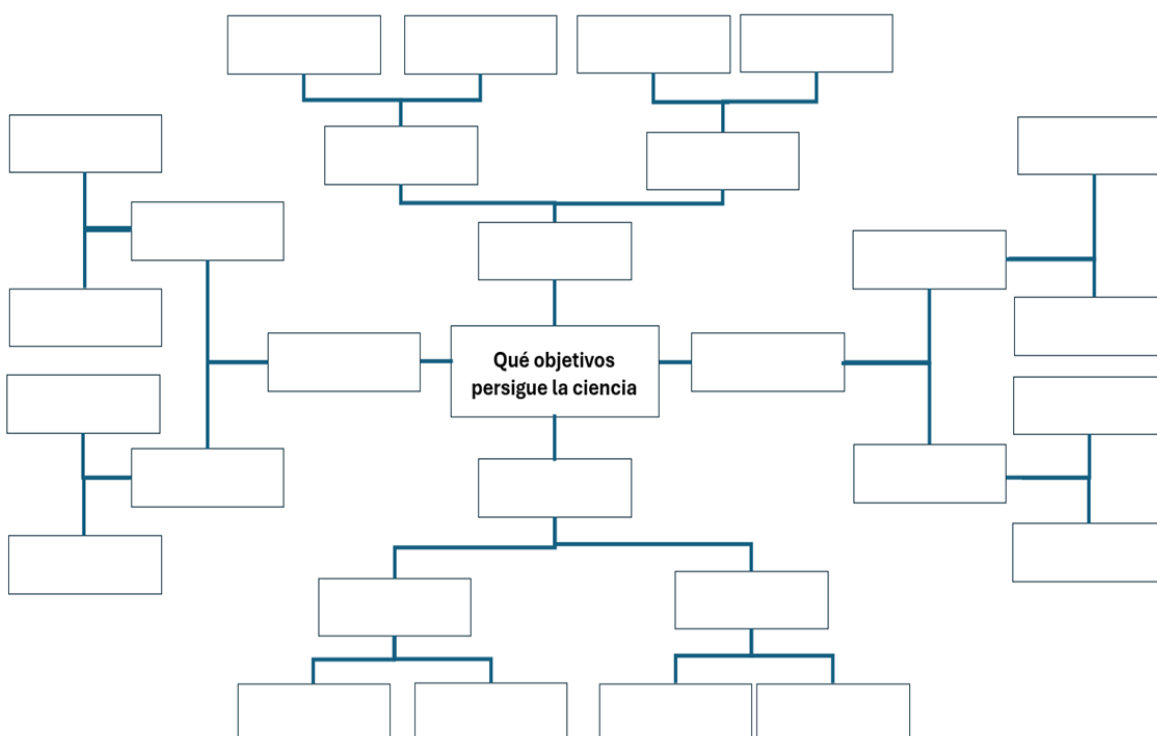
Cuando piensas en la **validación y certificación del conocimiento científico**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?



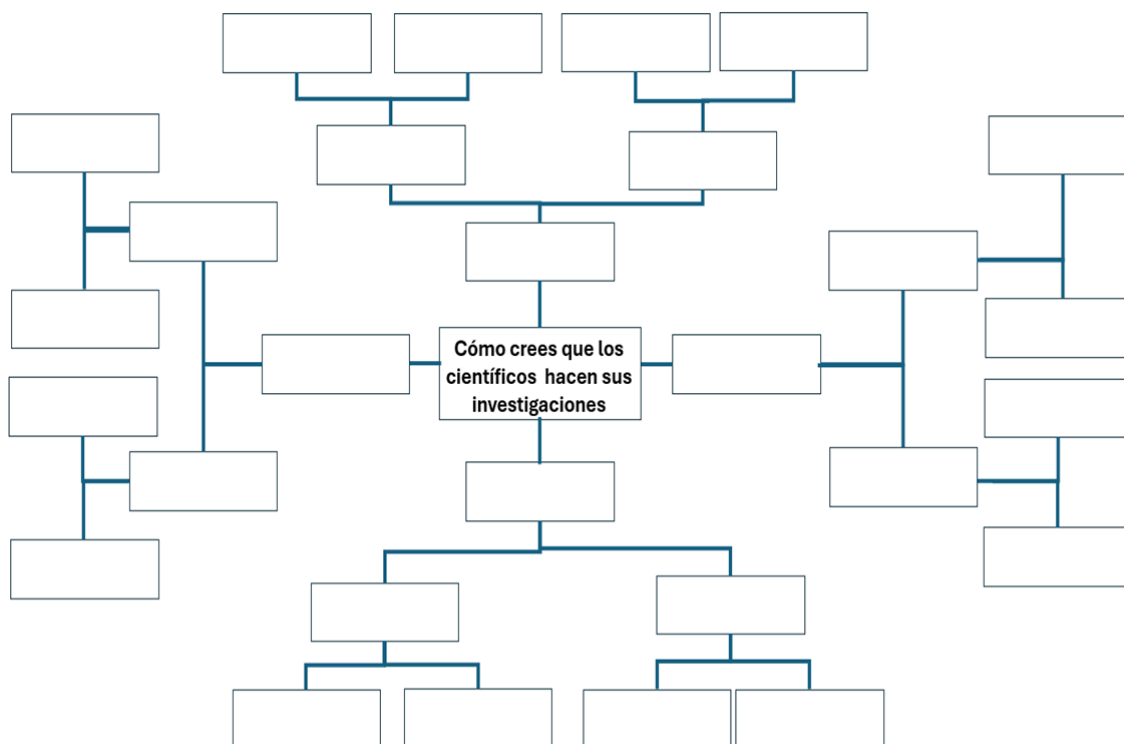
Cuando piensas en la **investigación científica**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?



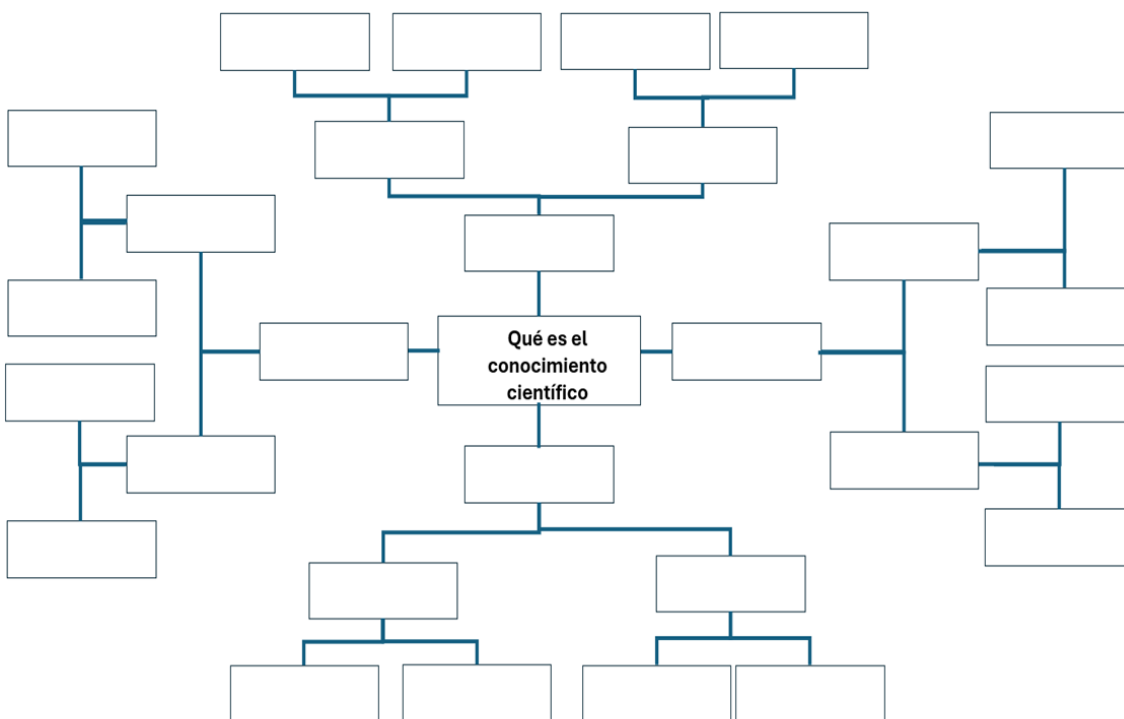
Cuando piensas en los **objetivos de la ciencia**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?



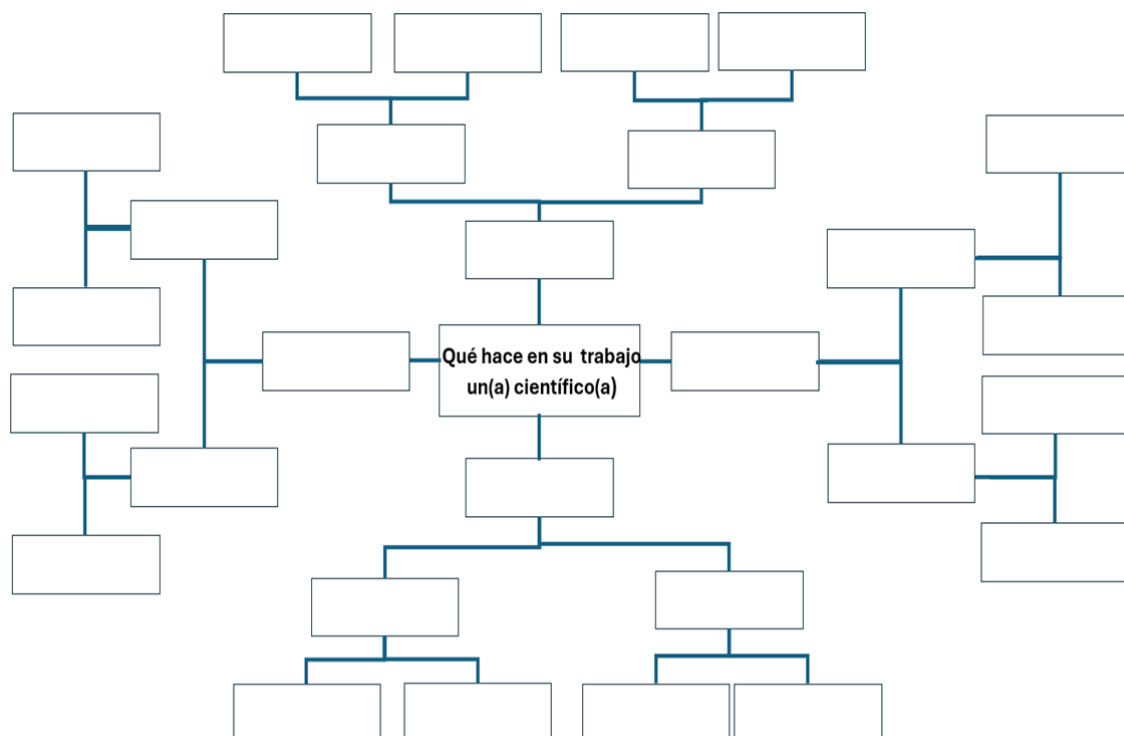
*Cuando piensas en **métodos y reglas metodológicas de la ciencia**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?*



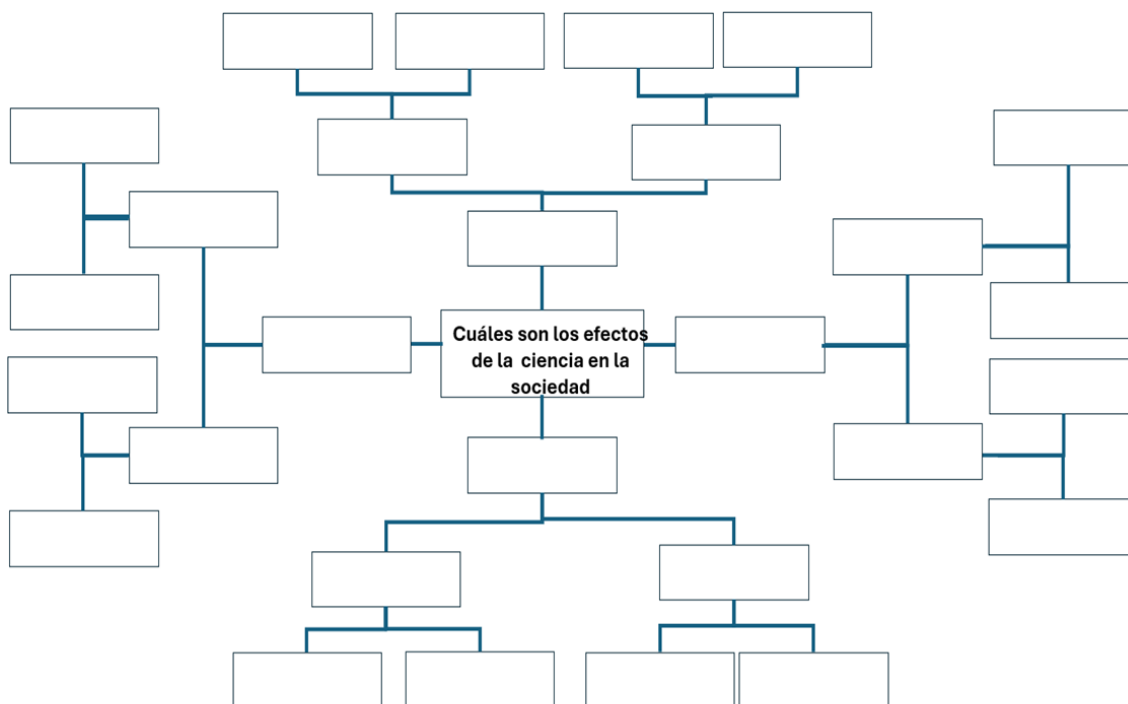
*Cuando piensas en el **conocimiento científico**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?*



Cuando piensas en la **actividad profesional de un(a) científico(a)**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?



Cuando piensas en los **valores sociales de la ciencia**, ¿qué palabras, ejemplos o situaciones te vienen a la mente?



### Anexos 3. Lista de palabras para la elección por bloques sucesivos

#### UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

#### DOCTORADO EN EDUCACIÓN

#### ASOCIACIÓN DE PALABRAS

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con la **investigación científica**. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

#### Instrucciones:

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas con la **investigación científica** y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

*Proceso de investigación: Cuando piensas en la **investigación científica**, ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                |  |  |
|----------------|--|--|
| Conocimiento   |  |  |
| Experimentos   |  |  |
| nuevas(os)     |  |  |
| Analizar       |  |  |
| Descubrimiento |  |  |
| Químico        |  |  |
| Animales       |  |  |
| Problemas      |  |  |
| Vidas          |  |  |
| Estudio(s)     |  |  |
| Aprendizaje    |  |  |
| Matemáticas    |  |  |
| Elementos      |  |  |
| Humano(a)      |  |  |
| Laboratorio    |  |  |
| Soluciones     |  |  |
| Busqueda       |  |  |
| Física         |  |  |
| Datos          |  |  |
| Enfermedades   |  |  |

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ASOCIACIÓN DE PALABRAS**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con los **objetivos de la ciencia**. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

**Instrucciones:**

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas con los **objetivos de la ciencia** y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

Objetivos de la ciencia: *Cuando piensas en los **objetivos de la ciencia**, ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| Medicamentos    |  |  |
| Universo        |  |  |
| Buscar          |  |  |
| Soluciones      |  |  |
| Problemas       |  |  |
| Avances         |  |  |
| Tecnologías     |  |  |
| Experimento     |  |  |
| Evolución       |  |  |
| Crear           |  |  |
| Conocimiento(s) |  |  |
| Mejorar         |  |  |
| Descubrir       |  |  |
| Enfermedades    |  |  |
| Estudiar        |  |  |
| Animales        |  |  |
| Nuevas(os)      |  |  |
| Vida(s)         |  |  |
| Humanidad       |  |  |
| Investigar      |  |  |

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ASOCIACIÓN DE PALABRAS**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con los **métodos y reglas metodológicas de la ciencia**. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

**Instrucciones:**

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas con los **métodos y reglas metodológicas de la ciencia** y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

*Cuando piensas en **métodos y reglas metodológicas de la ciencia**, ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| Experimentar      |  |  |
| Investigación     |  |  |
| Pruebas           |  |  |
| Conocimiento(s)   |  |  |
| Analizar          |  |  |
| Problemas         |  |  |
| Información       |  |  |
| Solución          |  |  |
| Buscar            |  |  |
| Estudio(s)        |  |  |
| Resultado(s)      |  |  |
| Laboratorio(s)    |  |  |
| Libros            |  |  |
| Descubrimiento(s) |  |  |
| Pensamiento(s)    |  |  |
| Teoría(s)         |  |  |
| Aprender          |  |  |
| Datos             |  |  |
| Leer              |  |  |
| Preguntar         |  |  |

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ASOCIACIÓN DE PALABRAS**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con el **conocimiento científico**. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

**Instrucciones:**

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas con el **conocimiento científico** y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

*Cuando piensas en el **conocimiento científico**, ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| Investigación(es) |  |  |
| Estudio(s)        |  |  |
| Animales          |  |  |
| Pensar            |  |  |
| Experimentar      |  |  |
| Descubrir         |  |  |
| Laboratorio(s)    |  |  |
| Pruebas           |  |  |
| Aprendizaje       |  |  |
| Humanidad         |  |  |
| Teoría(s)         |  |  |
| Biología          |  |  |
| Física            |  |  |
| Química           |  |  |
| Análisis          |  |  |
| Creación(es)      |  |  |
| Planeta(s)        |  |  |
| Químico(s)        |  |  |
| Tecnología(s)     |  |  |
| Tema(s)           |  |  |

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ASOCIACIÓN DE PALABRAS**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con *la actividad profesional de un(a) científico(a)*. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

**Instrucciones:**

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas con *la actividad profesional de un(a) científico(a)* y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

*Cuando piensas en la actividad profesional de un(a) científico(a), ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| Investigar      |  |  |
| Nuevos(as)      |  |  |
| Analizar        |  |  |
| Experimentar    |  |  |
| Descubrir       |  |  |
| Soluciones      |  |  |
| Enfermedades    |  |  |
| Crear           |  |  |
| Pensar          |  |  |
| Vida(s)         |  |  |
| Humanidad       |  |  |
| Animales        |  |  |
| Teoría(s)       |  |  |
| Laboratorio(S)  |  |  |
| Estudiar        |  |  |
| Conocimiento(s) |  |  |
| Ayudar          |  |  |
| Datos           |  |  |
| químicas(os)    |  |  |
| Curar           |  |  |

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ASOCIACIÓN DE PALABRAS**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con *la ética en la ciencia (normas y valores)*. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

**Instrucciones:**

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas con *la ética en la ciencia (normas y valores)* y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

*Cuando piensas en la ética en la ciencia (normas y valores) ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| Conocimiento(s)   |  |  |
| Estudiar          |  |  |
| Respeto           |  |  |
| Experimento(s)    |  |  |
| Humanidad         |  |  |
| Investigación(es) |  |  |
| Responsabilidad   |  |  |
| Animal(es)        |  |  |
| Cuidado           |  |  |
| Valores           |  |  |
| Aprender          |  |  |
| Analizar          |  |  |
| Honestidad        |  |  |
| Bueno(a)          |  |  |
| Nuevas(o)         |  |  |
| Descubrir         |  |  |
| Ideas             |  |  |
| Inteligencia      |  |  |
| Aprendizaje(s)    |  |  |
| Vida              |  |  |

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ASOCIACIÓN DE PALABRAS**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con *la validación y certificación del conocimiento científico*. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

**Instrucciones:**

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas con *la validación y certificación del conocimiento científico* y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

*Cuando piensas en la validación y certificación del conocimiento científico, ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| Prueba(s)         |  |  |
| Conocimiento(s)   |  |  |
| Investigación     |  |  |
| Experimentar      |  |  |
| Descubrimiento(s) |  |  |
| Comprobar         |  |  |
| Resultado(s)      |  |  |
| Utilidad          |  |  |
| Analizar          |  |  |
| Ayudar            |  |  |
| Funcionar         |  |  |
| Ideas             |  |  |
| Imágenes          |  |  |
| Persona(s)        |  |  |
| Conclusión(es)    |  |  |
| Confiable         |  |  |
| Confirmar         |  |  |
| Crear             |  |  |
| Estudio(s)        |  |  |
| Social            |  |  |

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**  
**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**  
**ASOCIACIÓN DE PALABRAS**

Estimado estudiante,

Te invitamos a participar en una actividad breve en la que podrás expresar como relacionas ciertas palabras con *los valores sociales de la ciencia*. No hay respuestas correctas o incorrectas; lo importante es tu percepción personal. Por favor, sigue cuidadosamente las instrucciones que te presentamos a continuación:

**Instrucciones:**

- Lea cuidadosamente la lista de 20 palabras.
- Escoge las cuatro palabras que consideres más relacionadas *los valores sociales de la ciencia* y colócalas en los cuadros de color azul.
- Luego, selecciona las cuatro palabras que consideres menos relacionadas y ubícalas en los cuadros de color rosa.
- De las doce palabras restantes, escoge las cuatro que consideres que tengan una buena relación y ubícalas en los cuadros de color verde.
- A continuación, elige cuatro palabras de las restantes que pienses tengan menor relación y colócalas en los cuadros de color blanco.
- Finalmente, quedarán cuatro palabras sin seleccionar.

Tómate el tiempo necesario para reflexionar en cada caso y elige las palabras que, desde tu punto de vista, mejor se relacionan o no con el concepto indicado. Agradecemos sinceramente tu participación. Tus aportes son fundamentales para comprender cómo los estudiantes de tu edad perciben la ciencia y su funcionamiento.

*Cuando piensas en los valores sociales de la ciencia, ¿cuáles de las siguientes palabras asocias más con ese proceso?*

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| Vida(s)           |  |  |
| Medicamentos      |  |  |
| Conocimiento      |  |  |
| Enfermedad (es)   |  |  |
| Descubrimiento(s) |  |  |
| Investigación     |  |  |
| Salud             |  |  |
| Avanzar           |  |  |
| Ayudar            |  |  |
| Humanidad         |  |  |
| Tecnología(s)     |  |  |
| Aprender          |  |  |
| Mejorar           |  |  |
| Cambio(s)         |  |  |
| Experimento(s)    |  |  |
| Solución(es)      |  |  |
| Creación          |  |  |
| Sociedad          |  |  |
| Desarrollo        |  |  |
| Muerte            |  |  |

## Anexo 4: Carta Aprobación CEBIC



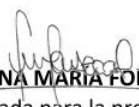
### EL COMITÉ DE ÉTICA, BIOÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA DE LA INVESTIGACIÓN EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, BOGOTÁ

#### CONCEPTUA:

Que previo análisis de la información aportada por la estudiante doctorando en educación, Gloria Natalia Moreno Sotelo, el Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica de la Investigación (CEBIC) en la sesión del 16 de diciembre de 2024 emite concepto **APROBADO** al proyecto de investigación: "Naturaleza de la Ciencia en la Alfabetización Científica: Comprensiones desde las Representaciones Sociales de Estudiantes de Educación Media en Bogotá", presentado por primera vez.

Esta aprobación implica que se reconoce en la propuesta de investigación el cumplimiento de los principales aspectos éticos regulados por la ley colombiana o ratificados por ésta.

El presente Concepto se expide el 17 de diciembre de 2024.

  
**LINA MARÍA FONSECA ORTIZ**  
 Delegada para la presidencia de la Sesión  
 Y profesional en Psicología

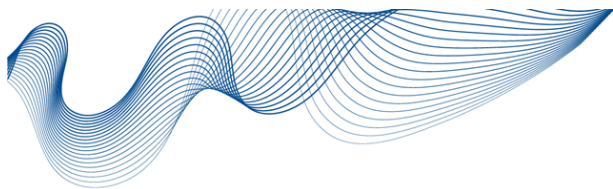
  
**JESÚS MARÍA VARELA MILLAN**  
 Secretario del CEBIC

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



NIT.: 860.012.357-6  
 Carrera 9 # 51 - 11  
 PBX.: +57 (601) 5878797

## Anexo 5: Formato de consentimiento informado



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**

### **AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA USO DE DATOS E IMAGEN EN INVESTIGACIÓN PEDAGÓGICA**

Yo, \_\_\_\_\_, identificado(a) con la cédula de ciudadanía número \_\_\_\_\_ obrando como representante del/la estudiante \_\_\_\_\_ identificado(a) con documento de identidad número \_\_\_\_\_ de conformidad con lo dispuesto en las normas vigentes sobre protección de datos personales, otorgo mi consentimiento para que participe de manera voluntaria en el estudio titulado “Naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica: comprensiones desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá.”, realizado por Natalia Moreno Sotelo quien en calidad de estudiante de Doctorado en Educación de la Universidad Santo Tomás adelanta esta investigación de tipo académico, cuyo objetivo es formular una propuesta que integre la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá.

La participación de cada estudiante en esta investigación es fundamental, ya que permitirá analizar y comprender diversas perspectivas en torno a la naturaleza de la ciencia lo cual contribuye al fortalecimiento de estrategias pedagógicas orientadas a la alfabetización científica. Su colaboración será valiosa para identificar puntos de vista significativos y desarrollar propuestas teóricas que impacten positivamente en el ámbito educativo.

La participación del/la estudiante en esta investigación se realizará de manera presencial, dentro de las instalaciones del colegio, y estará estructurada en tres momentos:

1. Aplicación de una **encuesta** de opción múltiple en formato físico, diseñada para recopilar información inicial; con una duración máxima de 30 minutos.
2. **Sesión de discusión** en grupos pequeños, compuestos por entre 6 y 12 estudiantes, orientada a fomentar el diálogo y el intercambio de ideas en un espacio reflexivo. La duración estimada es de una hora y la sesión será grabada en audio para su posterior análisis.
3. **Entrevista individual** propuesta para profundizar en las percepciones, opiniones y perspectivas de algunos estudiantes, permitiendo un análisis detallado y enriquecedor de la información recolectada. Esta entrevista será grabada en audio para facilitar su posterior revisión.

### RIESGO DE LA INVESTIGACIÓN:

El presente proyecto se clasifica como de riesgo mínimo, dado que se limita al uso de encuestas, grupos de discusión y entrevistas, sin intervención directa que afecte la salud física o emocional de los estudiantes. Se ha diseñado para garantizar que los participantes no experimenten ninguna consecuencia adversa como resultado de su participación.

### CONSIDERACIONES IMPORTANTES:

- Manifiesto que, como titular de la información o representante legal del estudiante, fui informado de los derechos con que cuento, especialmente a conocer, actualizar y rectificar información personal, revocar la autorización y solicitar la supresión de los datos autorizados.
- Reconozco que no existe expectativa sobre los eventuales efectos económicos derivados de la participación en la investigación, la cual no implicará ningún gasto, ni generará remuneración alguna. Además, no habrá ninguna sanción académica o disciplinaria en la institución educativa en caso de que no esté de acuerdo en participar.
- El principal beneficio de esta investigación radica en su contribución a la construcción de conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica, basado en las representaciones sociales de los estudiantes de educación media en Bogotá. Esta producción académica será de acceso abierto a la comunidad educativa y se divulgará a través de redes y comunidades de maestros. Además, se espera que los estudiantes, con sus aportes y experiencias, jueguen un papel crucial en la formulación de una propuesta que integren la naturaleza de la ciencia en la educación, generando beneficios tanto a nivel personal como comunitario.
- Durante la presentación de los resultados de la investigación, se garantizará la confidencialidad y privacidad de la información proporcionada por los participantes, para ello, se implementarán medidas como la codificación de cada participante, evitando el uso de nombres u otros datos que permitan su identificación, en cumplimiento de los principios establecidos por la Ley 1581 de 2012 sobre el tratamiento de datos personales. La información recopilada será manejada exclusivamente con fines académicos; los resultados podrán ser publicados o presentados en eventos o reuniones académicas, asegurando en todo momento que no se revelen los nombres ni datos personales de los participantes.
- Para cualquier inquietud o información adicional relacionada con el tratamiento de datos personales o el desarrollo del proceso de investigación, puede contactarse al número 3017354095 o al correo electrónico [gloriamorenos@usantotomas.edu.co](mailto:gloriamorenos@usantotomas.edu.co), correspondiente a la investigadora principal, quien desarrolla este estudio bajo la dirección de la Doctora Beatriz Amador Lesmes, adscrita a la Facultad de Educación del programa de Doctorado en Educación de la Universidad Santo Tomás.

Después de haber leído con detalle todos los aspectos anteriormente expuestos y antes de dar mi consentimiento para la participación de mi acudido, certifico que tuve la oportunidad de hacer todas las preguntas y que éstas le fueron respondidas satisfactoriamente y que tengo el conocimiento que mi representado(a), será invitado a participar de esta investigación, y se le suministrará un formato de asentimiento informado.

SI

☐

NO

☐

Autoriza la captura y uso de imagen, audio y video para efectos de la investigación.

SI ☐ NO ☐ Autoriza la aplicación de los tres instrumentos asociados a la encuesta, grupos de discusión y entrevista individual.

Por lo tanto, autorizo a mi representado(a) \_\_\_\_\_ identificado con \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ menor de edad.

Firmo a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 2025.

***Datos personales del estudiante- participante***

Por favor diligencie los datos personales a continuación:

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| Nombre de la Institución educativa: | Colegio |
| Nombre del estudiante:              |         |
| Grado:                              |         |
| Identificación personal:            |         |
| Edad:                               |         |
| Teléfono de contacto:               |         |
| En caso de emergencia contactar a:  |         |
| Contacto 1:<br>Teléfono:            |         |
| Contacto 2:<br>Teléfono:            |         |

**GLORIA NATALIA MORENO SOTELO**  
**Investigador**

**NOMBRE:**  
**Padre de Familia**

**NOMBRE:**  
**Testigo 1**

**NOMBRE:**  
**Testigo 2**



**ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL MULTICAMPUS**  
**DE ALTA CALIDAD POR 6 AÑOS**  
Resolución 1843 de 2013 del 13 de junio de 2013



**NIT.: 860.012.357-6**  
**Carrera 9 # 51 - 11**  
**PBX.: +57 (601) 5878797**

## Anexo 6: Formato de asentimiento informado



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**HOJA DE INFORMACIÓN Y ASENTIMIENTO INFORMADO**

**PARTICIPANTES MENORES DE 18 AÑOS**

Cordial saludo:

Mi nombre es Natalia Moreno Sotelo, estudiante de Doctorado en Educación en la universidad Santo Tomás, actualmente desarrollo una investigación titulada “Naturaleza de la ciencia en la alfabetización científica: comprensiones desde las representaciones sociales de estudiantes de educación media en Bogotá”; te invito a participar en este estudio, cuyo objetivo es comprender cómo los estudiantes de grados décimo y undécimo, como tú, entiende, percibe y construye creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Estos aportes serán fundamentales para identificar las representaciones sociales que influyen en estas concepciones y para proponer estrategias que fortalezcan la alfabetización científica en el contexto educativo.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Para conocer tus creencias, opiniones e ideas acerca de la naturaleza de la ciencia como joven inscrito en educación media, es necesario hacer un reconocimiento en tres momentos:

4. **Encuesta:** Recibirás una encuesta de opción múltiple en formato físico, diseñada para recoger tus primeras ideas y opiniones sobre el tema. Esta actividad tiene una duración aproximada de 30 minutos y se realizará en un espacio cómodo para ti.
5. **Sesión de discusión grupal:** Formarás parte de un grupo pequeño, compuesto por 6 a 12 compañeros/as, donde conversaremos sobre diferentes situaciones relacionadas con la ciencia. Este espacio está pensado para que puedas expresar tus ideas y escuchar las de los demás en un ambiente reflexivo y respetuoso. La sesión durará aproximadamente una hora y será grabada en audio para analizar lo que compartan de manera más detallada.

6. **Entrevista individual:** Finalmente, algunos de ustedes serán invitados a una entrevista individual, con una duración máxima de una hora; la cual será una oportunidad para profundizar en tus opiniones y experiencias relacionadas con la ciencia. La entrevista también será grabada en audio, asegurando que podamos capturar todas las ideas importantes.

### **Beneficios de la Investigación**

Participar en este estudio representa una oportunidad para compartir tus perspectivas y reflexionar sobre el papel de la ciencia en tu vida y en la sociedad. Además, tus aportes contribuirán al desarrollo de estrategias educativas que promuevan una comprensión más amplia e inclusiva de la naturaleza de la ciencia en el ámbito escolar.

### **Riesgos**

Esta investigación ha sido clasificada como de **riesgo mínimo**, ya que las actividades están diseñadas para respetar tu bienestar físico y emocional. Los cuestionarios, sesiones grupales y entrevistas no contienen preguntas sensibles ni demandan información personal que pueda comprometer tu privacidad.

### **Almacenamiento de la información**

- ✓ Quiero que sepas que tu participación en este proyecto será tratada con el máximo respeto y cuidado. Durante la presentación de los resultados de la investigación, tomaremos todas las medidas necesarias para proteger tu privacidad y confidencialidad. Esto significa que nadie podrá identificarte a partir de los datos que compartas. Esta medida cumple con los principios establecidos en la Ley 1581 de 2012, que regula el tratamiento de datos personales en Colombia.
- ✓ La información que nos proporciones será usada únicamente para fines académicos. Los resultados podrán ser publicados o presentados en eventos y reuniones académicas, pero siempre de una manera que asegure que tu identidad permanezca completamente anónima.
- ✓ Tus aportes son fundamentales para esta investigación. Los materiales en formato físico, como las entrevistas, serán resguardados de manera segura por la investigadora principal; los archivos digitales, como audios y transcripciones de las sesiones grupales y entrevistas, se almacenarán en una carpeta protegida en Drive, vinculada al correo institucional de la universidad. Toda la información recopilada será conservada de forma segura durante un periodo de cinco años, respetando tu privacidad durante y después de la investigación.

Tu participación en este estudio es voluntaria y, en todo momento, se garantizará tu privacidad. Puedes retirarte en cualquier momento sin que esto tenga ninguna consecuencia negativa para ti. Las grabaciones y datos serán tratados con la máxima confidencialidad y se usarán únicamente para los fines académicos.

Gracias por considerar ser parte de este proyecto. Tus ideas y experiencias son fundamentales para ayudarnos a entender mejor cómo los jóvenes perciben la ciencia y cómo podemos mejorar su enseñanza.

Si estás de acuerdo en participar te solicito que escribas tu nombre y llenes los datos.

Si no lo estás, no es necesario firmar este formato.



☐ Sí quiero participar



☐ No quiero participar

Institución educativa: IED Colegio El salitre- Suba.

Nombre: \_\_\_\_\_

Identificación: \_\_\_\_\_ Fecha de Nacimiento: **DD/MM/AAAA** Edad: \_\_\_\_\_

Grado: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Firmado en Bogotá a los \_\_\_\_\_ días, del mes de \_\_\_\_\_ del año 2025



NIT.: 860.012.357-6  
Carrera 9 # 51 - 11  
PBX.: +57 (601) 5878797