



**Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva  
sobre la Naturaleza de la Ciencia**

Diana María Rodríguez Ramírez

Tesis doctoral presentada para optar al título de Doctora en Educación

Asesor

Ángel Enrique Romero Chacón, Doctor (PhD) en Epistemología e Historia de las Ciencias y las  
Técnicas

Universidad de Antioquia  
Facultad de Educación  
Doctorado en Educación  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

---

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| <b>Cita</b> | (Rodríguez Ramírez, 2024) |
|-------------|---------------------------|

---

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Referencia</b>          | Rodríguez Ramírez, D. M. (2024). <i>Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia</i> |
| <b>Estilo APA 7 (2020)</b> | [Tesis doctoral]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.   |

---



Doctorado en Educación, Cohorte XVIII.

Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE).



Centro de Documentación Educación

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mi hijo Jacobo. Compartimos solo la mitad de la información genética, pero formas parte de cada una de mis células. En ese universo donde las estrellas nacen y mueren, una chispa de vida se encendió y dio lugar a tu ser. Tuve la fortuna de que esa chispa se gestara en mí para iluminar mi camino.

A mi compañero de vida, gracias por tu paciencia, apoyo incondicional y por motivarme a no defallecer. Que la vida nos conceda muchas lunas juntos, repletas de amor, risas y sueños compartidos. Eres mi refugio y mi fuerza.

## **Agradecimientos**

Somos historias que se escriben en el trasegar de la vida. Esas narrativas, tejidas entre lugares y personas, nos ayudan a crecer. Este capítulo de mi historia se llama metanoia; significa transformación e implica un cambio en la forma de pensar, de sentir y de ser. Este proceso de cambio no se teje desde la individualidad, por lo que tengo mucho que agradecer.

A mi familia, mis padres Gloria y Juan, que forjaron en mí los valores de la perseverancia, responsabilidad y autonomía. A mis hermanos Leidy, Santiago y Camilo, a quienes amo profundamente. De manera muy especial, al Profesor Ángel Romero, mi asesor, que ha sido parte de mi formación desde el pregrado y me ha acompañado desde entonces. Inmensa gratitud por sus enseñanzas.

A mis compañeras y amigas del Jardín de las Mariposas, cuya generosidad hizo posible esta investigación. A mi amigo Christian, quien me motivó a iniciar el doctorado y es un ejemplo de ser humano y profesional; sin duda, el mejor maestro que conozco. A mis estudiantes de las Licenciaturas en Ciencias Naturales y Física, cuya generosa entrega hizo posibles los resultados de esta tesis.

A todas las personas que han sido parte de mi narración, a quienes permanecen o ya no están, gracias infinitas por tanto amor.

## **Tabla de contenido**

|  |     |
|--|-----|
| Resumen .....  | 12  |
| Abstract.....  | 14  |
| Capítulo I. Introducción.....  | 16  |
| 1.1. Planteamiento del problema .....  | 16  |
| 1.2. Justificación .....   | 21  |
| Capítulo II. Antecedentes .....  | 28  |
| 2.1. La Naturaleza de la Ciencia y su incidencia en la formación de profesores .....   | 32  |
| 2.2. Enseñanza de las Ciencias en Básica Primaria: tendencias, retos y horizontes ...  | 35  |
| 2.3. La enseñanza del concepto <i>ser vivo</i> a través del uso de la historia de las ciencias   | 40  |
| Capítulo III. Marco conceptual.....  | 45  |
| 3.1. La NOS: un recorrido desde la diversidad de sus definiciones a una alternativa para el desarrollo del CPP .....                                   | 45  |
| 3.2 Los usos de la HC para la enseñanza de las ciencias y la formación de docentes .....   | 64  |
| 3.2.1. HC en contextos escolares: tipos e implicaciones para la Enseñanza de las Ciencias .....  | 66  |
| 3.2.2. ECH y su recontextualización para la enseñanza de las ciencias.....   | 70  |
| 3.2.3. Enfoque didáctico basado en prácticas científicas: una adaptación para la enseñanza de las ciencias en contextos colombianos desde la NOS ..... | 78  |
| 3.2.4. Pasteur y Pouchet y Pasteur y Koch: Dos ejemplos de ECH.....  | 85  |
| 3.3. Dialogo entre la biología y la filosofía: ¿quién se atreve a definir qué son los seres vivos?.....  | 99  |
| 3.3.1. La noción de ser vivo: ¿un concepto sin consenso científico?.....   | 99  |
| 3.3.2. Enfoque autoorganizativo .....  | 109 |
| 3.3.3. Enfoque informacional.....  | 111 |
| 3.3.4. Enfoque integrador.....   | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Capítulo IV. Metodología.....   | 116 |
| 4.1. Paradigma, método de investigación y estrategia de análisis.....   | 116 |
| 4.2 Ejercicio descriptivo.....  | 117 |
| 4.2.1 Caso 1: Docentes en ejercicio de ciencias naturales de básica primaria.....                                     | 118 |
| 4.2.2. Caso 2: Docentes en formación de Ciencias Naturales.....   | 119 |
| 4.3. Ejercicio interpretativo.....  | 123 |
| 4.3.1 Fase 1: Elaboración de la lista de preguntas.....   | 126 |
| 4.3.2 Fase 2: Localización de las fuentes de datos. Técnicas e Instrumentos para el registro de la información.....   | 126 |
| 4. 3.3 Fase 3. Análisis e interpretación: Categorías de análisis, proceso de codificación y técnicas de análisis..... | 135 |
| 4.3.3.1. Categorías de investigación.....   | 137 |
| 4.3.3.2 Ejercicio de codificación.....  | 139 |
| 4.3.3.3 Criterios para la transcripción de audios.....  | 141 |
| 4.3.3.4 Proceso de tabulación de los datos CL.....  | 142 |
| 4.3.3.5. Criterios de credibilidad y transferencia.....   | 143 |
| Capítulo V. Resultados.....   | 145 |
| 5.1. Caso 1. Docentes en ejercicio.....   | 146 |
| 5.1.1. Categoría 1: los ECH como dinamizadores de visiones sobre la NOS.....  | 146 |
| 5.1.2. Categoría 2: Los ECH como recurso para la formación docente.....   | 161 |
| 5.2 Caso 2. Docentes en formación.....  | 197 |
| 5.2.1 Categoría 1: Los ECH como dinamizadores de visiones sobre NOS.....  | 198 |
| 5.2.2. Categoría 2: Los ECH como recurso para la formación docente.....   | 216 |
| 5.3. Tejiendo relaciones entre los casos.....   | 232 |
| Capítulo VI. Consideraciones finales y conclusiones.....  | 239 |
| Referencias.....  | 248 |

Anexos ..... 260

## **Lista de tablas**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 1.</b> Definición de los núcleos temáticos por temas y subtemas.....  | 29  |
| <b>Tabla 2.</b> Unidades de análisis por núcleo temático .....   | 31  |
| <b>Tabla 3.</b> Características propuestas por Lederman (Retomadas de García-Carmona, 2008).<br>.....  | 49  |
| <b>Tabla 4.</b> Elementos necesarios para la recontextualización de episodios históricos .....   | 75  |
| <b>Tabla 5.</b> Comparación entre Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y las Características propuestas por Hickman, Robert y Larson (1998). ..... | 106 |
| <b>Tabla 6.</b> Caracterización caso 1: Docentes en ejercicio de ciencias naturales de BP.....   | 119 |
| <b>Tabla 7.</b> Caracterización del caso 2: Docentes en formación. ....  | 120 |
| <b>Tabla 8.</b> Presentación de los proyectos construidos en la línea de formación en Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias .....                            | 121 |
| <b>Tabla 9.</b> Caracterización del tipo de anotaciones. ....  | 127 |
| <b>Tabla 10.</b> Elementos de la investigación. ....   | 129 |
| <b>Tabla 11.</b> Proceso formativo del C2 .....  | 134 |
| <b>Tabla 12.</b> Sistematización Rúbrica analítica.....  | 137 |
| <b>Tabla 13.</b> Red de categorías e indicios. ....  | 138 |
| <b>Tabla 14.</b> Lista de instrumentos y sus códigos por casos. ....   | 140 |
| <b>Tabla 15.</b> Criterios para transcripción de las grabaciones. ....   | 141 |
| <b>Tabla 16.</b> Correspondencia niveles de satisfacción .....   | 142 |
| <b>Tabla 17.</b> Promedio por participante y énfasis (CL2).....  | 142 |
| <b>Tabla 18.</b> Ejemplo del ejercicio estadístico (CL2) .....   | 143 |
| <b>Tabla 19.</b> Selección de palabras relevantes en término de su frecuencia. ....  | 182 |
| <b>Tabla 20.</b> Elementos conceptuales asociados a los SV trabajados en el Doc1: Proyecto Metanoia: Transformo, cuido y convivo. ....                                 | 187 |
| <b>Tabla 21.</b> Restructuración del proyecto: metanoia: transformo, cuido y convivo.....  | 191 |
| <b>Tabla 22.</b> Sistematización de la valoración rúbrica analítica .....  | 218 |

## **Lista de gráficas**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Gráfica 1.</b> Niveles alcanzados por los participantes en cada énfasis CL1. ....   | 148 |
| <b>Gráfica 2.</b> Niveles alcanzados por los participantes por cada énfasis CL2 .....  | 148 |
| <b>Gráfica 3.</b> Comparación entre la VNOS Marjory Stephenson. CL1Vs CL2.....   | 151 |
| <b>Gráfica 4.</b> Comparación entre la VNOS Fanny Hesse. CL1Vs CL2.....  | 152 |
| <b>Gráfica 5.</b> Comparación entre la VNOS Robert Koch . CL1Vs CL2.....   | 152 |
| <b>Gráfica 6.</b> Comparación entre la VNOS Alice Evans. CL1Vs CL2.....  | 156 |
| <b>Gráfica 7.</b> Comparación entre la VNOS Elizabeth Bugie. CL1Vs CL2 .....   | 159 |
| <b>Gráfica 8.</b> Niveles alcanzados por los participantes en cada énfasis CL1.....  | 199 |
| <b>Gráfica 9.</b> Niveles alcanzados por los participantes por cada énfasis CL2. ....  | 201 |
| <b>Gráfica 10.</b> Comparación entre la VNOS E1-1. CL1Vs CL2 .....   | 203 |
| <b>Gráfica 11.</b> Comparación respuestas del participante E1-1 a los ítems 32, 33 y 35 del énfasis cultural. CL1 Vs CL2. .... | 207 |
| <b>Gráfica 12.</b> Comparación entre la VNOS E1-1. CL1Vs CL2 .....   | 207 |
| <b>Gráfica 13.</b> Comparación entre la VNOS E2-1. CL1Vs CL2 .....   | 210 |
| <b>Gráfica 14.</b> Comparación entre la VNOS E2-2. CL1Vs CL2 .....   | 213 |
| <b>Gráfica 15.</b> Resultados rúbrica analítica del Doc2. ....   | 218 |
| <b>Gráfica 16</b> Estudio comparativo entre CL1- C1 Y C2. ....   | 233 |
| <b>Gráfica 17.</b> Estudio comparativo entre CL2- C1 Y C2. ....  | 235 |

## **Lista de figuras**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 1.</b> Dominios sobre la NOS. ....   | 47  |
| <b>Figura 2.</b> Bondades de incorporar la NOS en la enseñanza de las ciencias McComas (2015). Traducción libre. ....  | 51  |
| <b>Figura 3.</b> Los principales elementos de NOS apropiados para su inclusión en la enseñanza de ciencias, organizados en tres grupos.....  | 52  |
| <b>Figura 4.</b> Elementos para la formación docente. Ciclo Teórico Empírico (CTE).....  | 54  |
| <b>Figura 5.</b> Modelo generativo expandido.....  | 55  |
| <b>Figura 6.</b> Elementos constitutivos de la NOS.....  | 57  |
| <b>Figura 7.</b> Proceso investigativo. Retomado de Montero y León (2002). ....  | 125 |
| <b>Figura 8.</b> Fases de la intervención a través del taller investigativo, Caso 1.....   | 131 |
| <b>Figura 9.</b> Fases de la intervención a través del taller investigativo. Caso 2.....   | 134 |
| <b>Figura 10.</b> Ejemplo de rúbrica analítica. ....   | 136 |
| <b>Figura 11.</b> Nube de palabras de Cuestionario (CG1), transcripciones de producciones escritas (PE1) y transcripción de grabaciones (GR1-2-3) .....  | 164 |
| <b>Figura 12.</b> Actividad inicial sobre características de los SV.....   | 168 |
| <b>Figura 13.</b> Actividad experimental: ¿La levadura es un ser vivo? .....   | 171 |
| <b>Figura 14.</b> ECH: Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo .....   | 178 |
| <b>Figura 15.</b> Comparación nube de palabras fase diagnóstica y fase de estructuración y plan de trabajo. ....   | 182 |
| <b>Figura 16.</b> Registro fotográfico de las actividades realizadas por el caso en el marco del proyecto Metanoia (Doc1) antes de la intervención del TI .....  | 188 |
| <b>Figura 17.</b> Registro fotográfico de las actividades realizadas por el caso en el marco del proyecto Metanoia (Doc1), antes de la intervención del TI. Grados segundo a tercero de primaria. .... | 188 |
| <b>Figura 18.</b> Transcripción de anotaciones de participante en cuestionario tipo Likert.....  | 193 |
| <b>Figura 19.</b> Historieta. Recontextualización de ECH sobre invención del microscopio. Alice Evans .....  | 194 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 20.</b> Producciones de los estudiantes sobre las actividades propuestas por la participante Alice Evans..... | 195 |
| <b>Figura 21.</b> Producción escrita de E1 Y E2. Transcripción de portada de periódico.....                             | 221 |
| <b>Figura 22.</b> Registro fotográfico del trabajo realizado con docentes en formación.....                             | 222 |
| <b>Figura 23</b> Enfoque didáctico E1.....  | 226 |
| <b>Figura 24.</b> Enfoque didáctico E2.....   | 227 |
| <b>Figura 25.</b> Intervención realizada por E1.....  | 229 |

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

|              |   |
|--------------|---|
| <b>ABPy</b>  | Aprendizaje Basado en Proyectos           |
| <b>ABT</b>   | Aprendizaje Basado en Tecnologías         |
| <b>BP</b>    | Básica Primaria                           |
| <b>C1</b>    | Caso 1                                    |
| <b>C2</b>    | Caso 2                                    |
| <b>CG</b>    | Cuestionario de Google.                   |
| <b>CL1-2</b> | Cuestionario Likert 1 y 2.                |
| <b>CPP</b>   | Conocimiento Profesional del Profesorado. |
| <b>ECH</b>   | Episodio Científico Histórico.            |
| <b>EE</b>    | Entrevista en profundidad                 |
| <b>HC</b>    | Historia de las Ciencias                  |
| <b>HFC</b>   | Historia y Filosofía de las Ciencias      |
| <b>NOS</b>   | Naturaleza de la Ciencia                  |
| <b>PP</b>    | Práctica pedagógica.                      |
|              | Science, Technology, Engineering and      |
| <b>STEM</b>  | Mathematics                               |
| <b>TI</b>    | Taller Investigativo.                     |
| <b>UA</b>    | Unidad de análisis.                       |
| <b>VNOS</b>  | Visiones sobre Naturaleza de la Ciencia   |

## **Resumen**

La presente investigación, realizada en el marco del Doctorado en Educación de la Universidad de Antioquia en Medellín, Colombia, se enmarca en la perspectiva de investigación del grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE). Los rápidos cambios que en las últimas décadas ha experimentado el mundo contemporáneo impone retos ineludibles a la educación en ciencias, en la vía de construir una sociedad incluyente, con dinámicas motivadas por la cooperación, la equidad y los principios democráticos, así como en el propósito de formar ciudadanos críticos capaces de toma de decisiones bien informadas. Este contexto configura una oportunidad para dinamizar la reflexión de la educación en ciencias, en particular en el ámbito de formación de profesores. En este escenario problemático, las reflexiones surgidas de la Historia de las ciencias (HC) cobran vital importancia. En efecto, una educación en ciencias fundamentada en la HC contribuye a abordar el reto ineludible de una educación contextualizada. No sólo porque, a través suyo, se reconoce el carácter histórico y cultural de las ciencias, hecho que posibilita entrar en dialogo con los sectores de producción de conocimiento científico y tecnológico, sino también porque contribuye a la formación de ciudadanos como sujetos sociales, respetuosos de las diferencias, con espíritu crítico y reflexivo, sensibles al cuidado de la naturaleza y abiertos al pluralismo.

Para su desarrollo, la investigación se enmarcó en un paradigma investigativo de corte cualitativo, con tipo de método de estudio de caso colectivo. El objetivo principal fue analizar la manera en la que el uso de episodios científicos históricos relacionados con la experimentación contribuye al fortalecimiento de la comprensión acerca de la Naturaleza de las Ciencia en docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación. El ejercicio investigativo permitió tejer relaciones entre algunos elementos identificados en la teoría y sus implicaciones en contextos poco explorados; es por ello que, a través de la identificación de patrones, conexiones y redes fue posible obtener una visión holística sobre la relación que se teje entre los ECH, la experimentación y la comprensión sobre NOS en docentes en formación y en ejercicio, posibilitando en últimas comprender en profundidad el fenómeno de estudio y extraer nuevas interpretaciones. Dentro de estas, se destaca que ambos casos al transitar por el proceso formativo evidenciaron una transformación en sus

formas de concebir la NOS, en particular respecto al valor otorgado a la relación equilibrada entre la teoría y la práctica propio de una experimentación de tipo cualitativa y exploratoria. Esto dejó en evidencia la importancia de generar espacios de formación continua para docentes en ejercicio y de forma paralela que los programas de formación de docentes incluyan reflexiones metacientíficas tanto en cursos específicos en HFC, como en los cursos disciplinares. En este orden de consideraciones, los ECH se han configurado como mediadores para discutir asuntos epistemológicos, disciplinares y didácticos. El ejercicio formativo siempre puso en dialogo estos componentes constitutivos del CPP, haciendo conscientes a los docentes de la necesidad de tener una posición explícita y reflexiva sobre la NOS.

*Palabras clave: NOS, episodios científicos históricos, historia de las ciencias, enseñanza de las ciencias, conocimiento profesional del profesorado.*

## **Abstract**

This research, carried out within the framework of the Doctorate in Education at the University of Antioquia in Medellín, Colombia, is framed within the research perspective of the Cultural Studies on Science and its Teaching (ECCE) group.

The rapid changes that the contemporary world has experienced in recent decades impose unavoidable challenges on science education, in the path of building an inclusive society, with dynamics motivated by cooperation, equity and democratic principles, as well as in the purpose of forming critical citizens capable of making well-informed decisions. This context provides an opportunity to energize reflection on science education, particularly in the field of teacher training. In this problematic scenario, reflections arising from the History of Science (HC) become vitally important. Indeed, a science education based on HC contributes to addressing the unavoidable challenge of a contextualized education. Not only because, through it, the historical and cultural character of science is recognized, a fact that makes it possible to enter into dialogue with the sectors of production of scientific and technological knowledge, but also because it contributes to the formation of citizens as social subjects, respectful of differences, with a critical and reflective spirit, sensitive to the care of nature and open to pluralism.

For its development, the research was framed in a qualitative research paradigm, with a type of collective case study method. The main objective was to analyze the way in which the use of historical scientific episodes related to experimentation contributes to strengthening the understanding of the Nature of Science in practicing and training natural science teachers. The research exercise allowed to weave relationships between some elements identified in the theory and their implications in contexts that are not very exploratory; This is why, through the identification of patterns, connections and networks, it was possible to obtain a holistic view of the relationship between the ECH, experimentation and understanding of NOS in teachers in training and in practice, ultimately making it possible to understand the phenomenon of study in depth and to extract new interpretations. Within these, it is highlighted that both cases, when going through the training process, showed a transformation in their ways of conceiving NOS, in particular with respect to the value given to the balanced relationship between theory and practice, typical of qualitative and exploratory experimentation. This made evident the importance of generating spaces for

continuous training for teachers in practice and, in parallel, that teacher training programs include meta-scientific reflections both in specific courses in HFC, as well as in disciplinary courses. In this order of considerations, the ECH have been configured as mediators to discuss epistemological, disciplinary and didactic issues. The training exercise always put these constituent components of the CPP into dialogue, making teachers aware of the need to have an explicit and reflective position on the NOS.

*Keywords: NOS, historical scientific episodes, history of science, science teaching, professional knowledge of teachers*

## **Capítulo I. Introducción**

### **1.1. Planteamiento del problema**

- Los rápidos cambios que en las últimas décadas ha experimentado el mundo imponen retos a la educación en ciencias en la vía de construir una sociedad incluyente, con dinámicas motivadas por la cooperación, la equidad y los principios democráticos, así como de contribuir a la formación de ciudadanos críticos y capaces de tomar decisiones bien informadas; es decir, una educación que favorezca el desarrollo de habilidades para el siglo XXI. Este contexto configura una oportunidad para dinamizar la reflexión de la educación en ciencias desde la Naturaleza de la Ciencia (*Nature of Science*, NOS), en particular en la formación de profesores (Adúriz-Bravo, 2005; Hodson, 2013; Erduran y Dagher, 2014; Izquierdo et al., 2016; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016a), pues una educación en ciencias fundamentada en reflexiones metacientíficas contribuye a abordar el reto de una educación contextualizada, no solo porque a través suyo se reconoce el carácter histórico y cultural de las ciencias, sino porque aporta a la formación de ciudadanos en tanto sujetos sociales, respetuosos de las diferencias, con espíritu crítico y reflexivo, sensibles al cuidado de la naturaleza y abiertos al pluralismo.

En efecto, muy al contrario de lo que pasa en el ámbito académico, las realidades de la escuela son otras, en particular en nuestro contexto latinoamericano donde la brecha social es evidente, al igual que las limitaciones de la educación y el acceso escaso a recursos mínimos para ejercer de manera efectiva los procesos de enseñanza. Por ello, los autores mencionados anteriormente concuerdan en la necesidad de realizar apuestas concretas dirigidas a la formación de profesores, donde se favorezca una perspectiva explícita y reflexiva sobre la NOS y en la cual las reflexiones epistemológicas, disciplinares y didácticas sean pilares necesarios.

De otra parte, autoras como Furman et al. (2018) exponen que en América Latina prima un aprendizaje de ciencias naturales basado en enfoques enciclopédicos con baja

demanda cognitiva, lo cual resulta en un aprendizaje memorístico con poco desarrollo de capacidades científicas y un pensamiento analítico incipiente.

Al mirar de forma panorámica contextos colombianos, se identifican algunas dificultades en la educación en ciencias que son objeto de análisis y llaman la atención en la presente propuesta. En primer lugar, se encuentra que los y las profesoras, en su afán por atender las demandas ministeriales y la fuerte presión de las evaluaciones estandarizadas, priorizan el desarrollo de contenidos por encima de otros elementos fundamentales en la construcción social del conocimiento científico escolar como las interacciones discursivas y la co-construcción reflexiva. Candela (2020) menciona que el aumento de contenidos y la demanda administrativa son aspectos que disminuyen el tiempo del maestro cuando se trata de realizar un ejercicio juicioso y profundo sobre su práctica, le evita vincular los contenidos con las necesidades y particularidades de los alumnos en sus diferentes contextos, y supone dejar de lado los procesos de construcción social del conocimiento.

Por su parte, Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016b) mencionan que los currículos escolares de ciencias, en la mayoría de países –Colombia no es la excepción–, están centrados en contenidos conceptuales, orientados desde una lógica interna de las ciencias, dejando de lado elementos importantes para el desarrollo de conocimiento –la epistemología y los procesos ontológicos–, así como las relaciones que se tejen entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (CTSA), lo cual deriva en una insuficiente formación sobre la NOS. En esta misma línea, Adúriz-Bravo (2007) expone que los diseños curriculares para los diferentes niveles educativos carecen de reflexiones metacientíficas, que se traduce en una alfabetización científica incipiente.

En segundo lugar, existe una marcada ausencia de actividades claves para aprender *de* y *sobre* ciencias, donde se continúa privilegiando la enseñanza memorística centrada en el maestro, con metodologías descontextualizadas y poco llamativas, que imposibilitan la generación de espacios de co-construcción (Cantó-Doménech y de Pro Bueno y Solbes, 2016). Es relevante ejemplificar esta situación a través de la forma en la cual se vincula la experimentación en la enseñanza de las ciencias, evidenciándose, la mayoría de las veces, una marcada tendencia a la utilización de prácticas centradas en el método científico como

único recurso verificador de teorías y como estrategia para abordar la enseñanza de las ciencias de forma deductiva o inductiva.

A manera de crítica a esta forma de asumir la experimentación focalizada en el ‘método científico’ y en las prácticas de laboratorio basadas en la repetición de protocolos, Park y Song (2018 y 2020), Emden y Gerwig (2020) expresan que muchas actividades prácticas no enseñan una visión integral sobre las dinámicas científicas, ya que, al promover un ejercicio mecánico centrado en registrar datos, plantear hipótesis, sistematizar información y extraer conclusiones, se omiten reflexiones y discusiones sobre la ciencia, consensos y disensos, cooperación, aspectos morales y éticos, así como contextos históricos, sociales y culturales fundamentales en los procesos de construcción de conocimiento. Se suma a esa experimentación limitada una ausencia o inadecuada forma de atender –y consecuentemente de abordar– los aspectos relativos a la Historia y Filosofía de las Ciencias (HFC), pues, o no se vinculan a los procesos de enseñanza, o su inclusión se reduce a la presentación de biografías de científicos o presentaciones cronológicas de eventos.

Con base en tales consideraciones, es esencial abordar problemáticas específicas vinculadas a la experimentación en la educación primaria. Según Camejo y Galambeck (2021), los educadores en este nivel a menudo se ven impedidos para llevar a cabo actividades prácticas debido al elevado número de estudiantes en el aula, lo cual le dificulta al docente atender adecuadamente a los niños en la educación primaria. Otro obstáculo identificado es el temor relacionado con la manipulación de instrumentos, pues existe la preocupación de que los estudiantes puedan dañar los materiales o incluso provocarse lesiones con ellos. Un tercer problema es la falta de preparación inicial y continua en la formación de los y las profesoras, lo cual resulta en un conocimiento limitado o nulo para proponer actividades de experimentación en las aulas. Finalmente, se destaca la precariedad de los laboratorios, pues comúnmente se asume que es el único espacio adecuado para llevar a cabo actividades experimentales, dicha limitación impide la implementación de actividades diversas en la educación primaria.

Continuando con la problematización de los contextos educativos de Básica Primaria se resaltan tres asuntos de especial interés. El primero es la desarticulación entre las diferentes

áreas del conocimiento y la subsecuente priorización en la enseñanza de unas áreas sobre otras, aspecto que no permite alcanzar los propósitos planteados para este nivel. La Ley General de Educación (Ley 115 de 1994) explicita la necesidad de favorecer espacios formativos que desarrollen un pensamiento crítico y creativo del conocimiento científico, tecnológico, artístico, humanístico, de forma que los estudiantes puedan ampliar y profundizar en el razonamiento lógico. A lo anterior, se suma la importancia de desarrollar habilidades comunicativas y de formación social, ética, moral y demás valores; sin embargo, existe una tendencia a presentar fragmentadamente las áreas del conocimiento, evitando así el desarrollo de puntos de convergencia donde cada área desde su especialidad aporte a su consolidación.

En segundo lugar, se encuentra la tendencia a visibilizar, como aspecto principal –y en ocasiones único–, el desarrollo de habilidades lectoescritoras y logicomatemáticas, menospreciando la creación de hábitos saludables, la exploración sensorial del mundo, la iniciación a la indagación y al razonamiento científico (Cantó-Doménech et al., 2016). Se prioriza la enseñanza de matemáticas y español, denominadas por Fumagalli (1997) como materias instrumentalistas, dejando de lado las ciencias naturales u otras áreas necesarias para el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo (Pujol, 2003; Oliva-Martínez y Acevedo-Díaz, 2005), lo cual supone una alfabetización científica incipiente en los primeros años escolares y un desconocimiento de las dinámicas allí llevadas a cabo; estas, al dinamizarse en propuestas didácticas, podrían constituirse en una alternativa para la consecución de los mencionados propósitos.

Por último, que los profesores a cargo de la enseñanza de ciencias naturales en Básica Primaria en Colombia no necesariamente estén formados en esta área, también es un problema (Oliva-Martínez y Acevedo-Díaz, 2005; Fuentes y Mosquera, 2019), y teniendo en cuenta que una formación en ciencias no siempre garantiza el éxito de su enseñanza, ni constituye una solución, en este proyecto se asume que, al conocer las bondades de los usos de la Historia de las Ciencias (HC), los y las profesoras podrían reflexionar de forma crítica, así como establecer puntos de convergencia entre diferentes áreas de conocimiento

–denominadas por Izquierdo et al. (2016) islotes de racionalidad–, que inviten a pensar un ejercicio interdisciplinario en el aula.

La noción de *ser vivo* permite identificar esta situación, pues el maestro, al no tener una formación en el campo disciplinar ni en asuntos referidos a la HFC, utiliza en su planeación y praxis de enseñanza libros de texto escolar como principal recurso y única fuente de información (Ocelli y Valeiras, 2013; Gijón y García-Pérez, 2019). Por dicho aspecto se suele relacionar el concepto con el ciclo de vida de algunos seres –nacimiento, crecimiento, reproducción y muerte–, dejando de lado otros procesos biológicos y característicos de las especies que reflexionan, como la cooperación entre individuos. Configurar ese tipo de material como fuente principal para el diseño de las clases impide poner en evidencia asuntos asociados con la génesis y el desarrollo del conocimiento científico, complejiza el proceso de aprendizaje al presentar la ciencia como un conjunto de productos terminados, supone el riesgo de excluir procesos dialógicos y discursivos sobre los cuales se estructura el conocimiento y fomenta, por el contrario, un aprendizaje memorístico de tipo fáctico; los libros de texto regularmente se dirigen a temas disciplinares –no siempre correctos–, y presentan una serie de actividades que no posibilitan la diversificación de las estrategias de enseñanza.

Los tres asuntos citados anteriormente –la fragmentación del conocimiento, la priorización de la enseñanza de unas áreas sobre otras y la falta de formación del profesorado en HFC– resultan problemáticos cuando se trasladan a la forma de incorporar la experimentación en la enseñanza de ciencias en Básica Primaria, pues suelen presentarse pocas experiencias experimentales y aquellas incorporadas tienden a exponer los fenómenos de estudio aislados de otras áreas del conocimiento. Complementariamente, la experimentación en Básica Primaria, en los casos asociados al método científico, tiene como temática recurrente la observación; el enfoque presenta algunas dificultades como la señalada por Candela (2020): “la observación empírica, como procedimiento de validación del conocimiento, no es objetiva. Lo que ‘podemos ver’ y sobre todo la manera como lo interpretamos depende de nuestros puntos de vista previos y del contexto particular en el que se realiza la actividad” (p. 27).

## **1.2. Justificación**

La fragmentación del conocimiento, la priorización selectiva de áreas de estudio y la falta de formación específica del profesorado son desafíos destacados cuando se intenta incorporar la experimentación y la HFC en la enseñanza de ciencias en Básica Primaria. Este problema se ve agravado por el hecho de que los currículos escolares, incluso en Colombia, tienden a enfocarse en contenidos conceptuales, obviando aspectos cruciales como la dimensión epistemológica y los procesos sociológicos propios de las ciencias; por ende, esa orientación da como resultado una formación insuficiente acerca de la NOS.

En consecuencia, es prioritario formar a los profesores para que estén equipados con las herramientas disciplinares, epistemológicas y didácticas necesarias para una comprensión más holística de las ciencias y para una práctica de la enseñanza más pertinente y contextualizada. Un enfoque de la enseñanza de las ciencias fundamentado en reflexiones acerca de la HFC permite la contextualización explícita de asuntos asociados con la NOS (Amador-Rodríguez, et al, 2017; Izquierdo, et al. 2016 y García-Carmona, 2021). Adicionalmente, constituye un recurso para abordar la integración efectiva de la experimentación en la enseñanza, superando las limitaciones derivadas de la fragmentación del conocimiento y promoviendo un enfoque más completo que no solo abarque conceptos científicos, sino, también, la epistemología y las relaciones con el entorno. En este sentido, se podrán superar obstáculos actuales y cultivar una educación en ciencias más enriquecedora para los estudiantes a través de una formación docente amparada en reflexiones metacientíficas actualizadas.

La incorporación de esta nueva dimensión curricular, concerniente a las reflexiones metacientíficas, plantea la necesidad de ajustar estructuras, contenidos, enfoques, metodologías, materiales y textos; no obstante, lo más destacado radica en la urgente exigencia de familiarizar a los profesores de ciencias naturales –física, química, biología,

geología—, tanto actuales como futuros, con la enseñanza y comprensión de los contenidos que han sido escasamente abordados en la tradicional formación docente (Quintanilla y Adúriz-Bravo, 2022).

Para atender las dificultades relacionadas con *qué* y *cómo* enseñar ciencias en Básica Primaria es necesario discutir algunos asuntos que permiten explicitar por qué esta investigación constituye un posible escenario para su solución. En cuanto a *qué* enseñar, es evidente que los y las profesoras en el contexto colombiano deben cumplir con orientaciones curriculares, en particular con las contempladas tanto en los Estándares Básicos en Ciencias como en los Derechos Básicos de Aprendizaje; sin embargo, estos documentos rectores deben ser un recurso para el desarrollo de habilidades, conocimientos y actitudes. Así mismo, reflexionar en torno a las diversas tipologías de la experimentación y del uso de narraciones sobre la HC podría constituirse en un recurso valioso para atender la aparente separación que suelen hacer los y las profesoras entre los contenidos conceptuales y los procedimientos que ayudaron a su construcción.

En lo referido a *cómo* enseñar ciencias, indagar sobre formas adecuadas y eficaces para abordar las dimensiones epistemológicas y sociales que constituyen la actividad científica en la escuela sería, sin duda, fundamental en los procesos de formación; en este sentido, se destacan tres elementos para tener en cuenta en toda propuesta formativa:

- a) una enseñanza de la ciencia tan interdisciplinar como sea posible,
- b) un enfoque humanista de la enseñanza de las ciencias y un compromiso de futuro en el cual se ponga en juego el pensamiento crítico,
- c) la percepción del respeto a las personas (también a nuestros alumnos) (Izquierdo et al., 2016, p. 23).

En relación con el papel del docente, se retoma la propuesta de Tuay et al. (2017), quienes realizan algunas reflexiones sobre la labor de los profesores de ciencias en Básica Primaria, destacando la importancia de formar en esta etapa escolar hábitos de pensamiento más sistemáticos y autónomos. Asimismo, los autores incentivan a ejecutar prácticas de aula

pertinentes que promuevan pensamientos críticos, propositivos y reflexivos sobre el mundo natural. Candela et al. (2014) expresan la necesidad de generar en la escuela espacios donde sea posible un acercamiento diferente con la naturaleza, evidenciando procesos de comprensión y contacto reflexivo, de modo que los estudiantes conozcan los aportes que la ciencia ha hecho a la humanidad y vinculen elementos desde la naturaleza y la sociedad.

En este orden de consideraciones, la inclusión en Básica Primaria de reflexiones surgidas de la HC, a través de Episodios Científicos Históricos (ECH), constituye un elemento valioso para atender las necesidades mencionadas, en la medida en que propicia la generación de espacios favorables para la identificación, por parte de los profesores, de los modos y los procedimientos de constitución y desarrollo propios del conocimiento científico, a la par que hace posible abordar los contenidos disciplinares de forma más eficaz y adecuada. Varios autores han resaltado que la inclusión de reflexiones acerca de la HC en la enseñanza de las ciencias podría constituirse en un insumo fundamental para la planeación de las clases, al favorecer la identificación y comprensión de ejes problemáticos que permitan la presentación de los contenidos disciplinares de forma más significativa para los estudiantes, evitando así considerarlos como un cúmulo de saberes aislados y preexistentes; por el contrario, se resaltaría la necesidad de propiciar espacios de interacción discursiva y de co-construcción reflexiva en la clase de ciencias (Candela, 1999).

Los ECH ajustados a la enseñanza de las ciencias en Básica Primaria podrían proporcionar contextos, reconocer las ideas de los estudiantes, instar a la generación de nuevas estrategias para presentar temas complejos, sugerir preguntas desafiantes y, sobre todo, permitir la reflexión sobre asuntos metacientíficos que incorporen una experimentación de tipo socioepistemológica donde, a través de la manipulación de instrumentos, la interacción discursiva y la comprensión holística de los fenómenos de estudio, sea posible enseñar cómo trabajar científicamente en distintas prácticas prototípicas del trabajo científico.

Retomando la noción de *ser vivo*, algunas investigaciones expresan la importancia de vincular elementos históricos y epistemológicos en la construcción de conocimientos

científicos (Herrero, 2006) por ser considerados estructurantes de la biología; de este modo, la enseñanza de ciencias se humaniza al incluir factores teológicos, éticos, culturales y políticos presentes en su desarrollo histórico. Un ejemplo que explicita este asunto es la discusión entre Pasteur y Pouchet acaecida en la segunda mitad del siglo XIX, la cual versa sobre elementos tanto teóricos como experimentales del origen de la vida, con posturas a favor y en contra de la generación espontánea (Latour, 1996; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016b), pues, como se viene mencionando, dentro de las reflexiones de la HFC se pueden discutir elementos de carácter epistemológico y ontológico, al igual que las interacciones de la ciencia con la tecnología, la sociedad y la variedad en los métodos de trabajo de los científicos.

Por lo anterior, el presente proyecto se centra en ese último aspecto, focaliza la atención en las prácticas experimentales como elemento clave en la construcción del conocimiento científico, dado que desde la filosofía y la didáctica de las ciencias surge el nuevo experimentalismo o ‘filosofía de las prácticas experimentales’ a manera de alternativa a la forma usual de asumir la experimentación, donde es indispensable despojarse de una visión teórica que parece privilegiarse y pasar a una con la cual se construya una estrecha relación entre filosofía y técnica; es decir, una imbricación entre teoría y experimentación.

Desde esta perspectiva, la enseñanza de las ciencias debería permitirle al alumnado generar conocimiento relevante sobre el mundo natural y operar con él para intervenir activamente, para tomar decisiones justificadas y responsables. Quintanilla (2017) propone, además de lo anterior, la necesidad de propiciar espacios en el aula que permitan potenciar actitudes propias de la etapa infantil como la curiosidad, la exploración y la observación, con la intención de desarrollar habilidades y pensamiento científico. A ello se suma la necesidad de incorporar de forma explícita asuntos metacientíficos a las propuestas de aula, ya que estos:

- (a) ayudan a los estudiantes a desarrollar una comprensión amplia y profunda de lo que sabemos, de cómo lo sabemos y de los constructos que guían la práctica de la ciencia;

- (b) constituyen un medio más efectivo para desarrollar ese conocimiento; y
- (c) presentan una imagen más auténtica de la ciencia (García-Carmona, 2021, p. 1108)

Si bien esta propuesta no tiene por intención realizar cambios a nivel estructural en los perfiles profesionales de los y las profesoras de Básica Primaria, ni cambios en las estructuras curriculares de formación universitaria, sí se constituye en una alternativa para mostrar la necesidad de incluir reflexiones de la HFC en la enseñanza de las ciencias en ese nivel escolar y en la formación de los y las profesoras de ciencias naturales. En este sentido, al acercarse a reflexiones de este tipo, los profesores tienen un conocimiento más crítico, cultural y contextualizado del conocimiento que enseñan (Matthews, 1994). además, presentan proyectos de aula donde involucran ejercicios para el desarrollo de un pensamiento crítico. De este modo, la necesidad de incluir reflexiones en la HFC se fundamenta en tres elementos: posibilita un análisis más completo de los contenidos disciplinares, establece nexos entre los contenidos científicos y los intereses socioculturales donde se llevaron a cabo, y suscita mayor inclinación por las dinámicas científicas, incluidas formas y procedimientos para la validación de teorías.

Hodson (2008) expone que durante las últimas décadas se ha discutido sobre la importancia de solidificar la enseñanza de las ciencias en las escuelas, de modo que los ciudadanos allí formados puedan tomar decisiones informadas, así el trabajo ya realizado por historiadores y filósofos de las ciencias se constituye en un campo rico que, adaptado a la enseñanza, posibilita comprender las dinámicas científicas. En esta misma línea, Izquierdo et al. (2016) socaban en la necesidad de incorporar asuntos epistemológicos y ontológicos sobre la HFC en la formación de los y las profesoras, pues estos proporcionan contextos en la enseñanza, ayudan a retornar el interés por el mundo natural y su proceso de formalización, sugieren preguntas desafiantes, inspiran estrategias para presentar temas complejos, ilustran sobre la naturaleza de las ciencias e invitan a leer ‘buenas historias’ narradas por científicos.

Romero y Aguilar (2013), por su parte, atienden a las narraciones científicas nombradas por como la recontextualización de saberes, una forma de situar un conocimiento en un

contexto diferente al que se originó, y esa forma de adaptar a contextos educativos la HFC es el foco de la presente investigación.

En efecto, el valor teórico de esta investigación se explica ante la poca cantidad de investigaciones orientadas a establecer qué contenidos se enseñan, cómo se enseñan y qué aprenden los estudiantes en ciencias durante la etapa escolar (Cantó-Doménech et al., 2016). Así mismo, son escasas las documentaciones sobre la didáctica de las ciencias experimentales y su vinculación con episodios históricos para este ciclo escolar (García, 2008; de Pro-Bueno y Rodríguez, 2010; Benarroch, 2012).

A partir de los elementos problemáticos expuestos y la justificación, la siguiente pregunta orienta la investigación:

¿De qué manera los episodios científicos históricos relacionados con la experimentación contribuyen al fortalecimiento de la comprensión acerca de la Naturaleza de las Ciencia en docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación?

En línea con esta pregunta, se plantea el objetivo general y los específicos así:

### **Objetivo general**

Analizar la manera en la que los episodios científicos históricos relacionados con la experimentación contribuyen al fortalecimiento de la comprensión acerca de la Naturaleza de las Ciencia en docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación

### **Objetivos específicos**

1. Identificar los atributos esenciales que deben tener los ECH como fundamento en la enseñanza de la NOS en profesores de ciencias naturales
2. Caracterizar los cambios en la VNOS que tienen docentes de ciencias naturales, en ejercicio y en formación, cuando participan de una propuesta formativa basada en ECH asociados a la experimentación.

- 3.** Identificar los aportes que los ECH ofrecen al mejoramiento de los componentes disciplinar, epistémico y didáctico de docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación.

## **Capítulo II. Antecedentes**

El presente capítulo da cuenta de la sistematización realizada tras revisar la literatura donde se identificaron asuntos relevantes referidos a la Naturaleza de la Ciencia y sus implicaciones en la formación de maestros, en la enseñanza de las ciencias en Básica Primaria y en la enseñanza de *seres vivos* (SV en adelante) en contextos escolares, haciendo uso de la HC. Para seleccionar y organizar el material se utilizó como referente la propuesta de Hoyos (2000), si bien esta investigación no es documental se tomaron en cuenta tres de las cinco fases propuestas por la autora: preparatoria, descriptiva e interpretativa. En la fase preparatoria se identificó el objeto de estudio y se consolidaron los núcleos temáticos, entendidos como el material sometido a revisión, por lo que se definieron subtemas para la búsqueda y la selección de interés en tres grupos:

- La Naturaleza de la Ciencia y su incidencia en la formación de profesores y profesoras.
- Enseñanza de las ciencias en Básica Primaria: tendencias, retos y horizontes.
- La enseñanza del concepto *ser vivo* a través del uso de la historia de las ciencias.

Para la fase descriptiva se realizó una búsqueda que permitió dar cuenta de los diferentes tipos de estudio en el campo de interés, identificando tanto elementos como autores relevantes, delimitaciones espaciales y contextuales. En este ejercicio se realizó una búsqueda en las bases de datos Scopus, Scielo, Dialnet y Google Scholar; el rango temporal para la escogencia de artículos fue 2010-2023. Sin embargo, durante la búsqueda, emergieron investigaciones anteriores al periodo establecido que también se constituyen en objeto de análisis, en particular, las del autor Adúriz-Bravo (2002 y 2005), ya que permite identificar la importancia de las reflexiones metacientíficas para la formación de los profesores desde una perspectiva epistemológica; así mismo, se tiene en cuenta la investigación de Pujol (2003), pues permite reconocer cuáles son las características de la enseñanza de las ciencias en la Básica Primaria y las habilidades más importantes para desarrollar en los niños, estas

son: aprender a pensar, a hacer, a hablar, a regular los propios aprendizajes y a trabajar en interacción.

Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron *Nature of Science, Teacher Training, Science Education, Science Teaching, Experimentation, Elementary School, Elementary Education and Primary Education, Living Beings and History and Philosophy of Science*, y para realizar una búsqueda más específica fueron agrupadas las palabras, lo que permitió clasificar cada unidad de análisis en uno de los tres núcleos temáticos. Las unidades de análisis constituidas en el material sometido a revisión posibilitaron la identificación de algunos elementos relevantes, es así como se utilizan operadores booleanos (AND-OR) para construir fórmulas de búsqueda (Tabla 1), estos detalles se describen en la fase interpretativa por núcleos temáticos.

**Tabla 1.** Definición de los núcleos temáticos por temas y subtemas

| Núcleo temático   | Fórmula de búsqueda   |
|---|---|
| La Naturaleza de la Ciencia y su incidencia en la formación de profesores y profesoras. | Nature of Science AND Teacher Training OR Science Education OR Science Teaching.<br>Naturaleza de la Ciencia AND formación de profesores OR enseñanza de las ciencias.  |
| Enseñanza de las ciencias en Básica Primaria: tendencias, retos y horizontes.           | Science Education OR Science teaching AND Elementary School OR Elementary Education OR Primary Education.<br>Science Education OR Science teaching AND Elementary School OR Elementary Education OR Primary Education AND Experimentation.<br>Enseñanza de las ciencias en Básica Primaria OR escuela primaria o educación elemental AND experimentación. |
| La enseñanza del concepto de ser vivo a través del uso de la historia de las ciencias.  | Living Being AND Basic Primary Education.<br>Being Alive AND Teaching Through the use of the History of Science.<br>Ser vivo AND educación básica primaria.<br>Ser vivo AND enseñanza a través del uso de la historia de las ciencias.  |

Definidas las fórmulas de búsqueda, se encontraron 60 unidades de análisis. En la Tabla 2 se presenta la información registrada por núcleos temáticos: en la columna 1 se

realiza un ejercicio de codificación para cada unidad –su descripción detallada se encuentra en el Anexo 1–, en la columna 2 su ubicación espacial, y en la columna 3 el contexto temporal. De este primer ejercicio se identificó, para el núcleo temático inicial, una amplia producción en América Latina, en particular en Colombia, Chile, Argentina y Brasil, además de una producción investigativa constante en el rango anual de búsqueda, lo cual permitió inferir la vigencia y necesidad del tema dentro de la comunidad académica de esta región. Con relación al segundo núcleo, la producción en su mayoría se encuentra centralizada en el contexto español; sin embargo, se identificaron investigaciones en el contexto colombiano de gran utilidad. Por último, en el tercer núcleo, se encuentra una amplia producción en el contexto colombiano, lo que podría significar una preocupación por la enseñanza de este contenido y la usual forma en que se encuentra estructurado en las normas técnicas curriculares. Otro asunto relevante en lo referido a las unidades de análisis relacionadas con el uso de la HC es que el contexto de aplicación se encuentra focalizado en estudiantes de educación secundaria, universitaria o en formación de maestros, hallazgos constituidos como elemento importante para la investigación.

**Tabla 2.** Unidades de análisis por núcleo temático

| La NOS y su incidencia en la formación de profesores |                      |      | ECBP: tendencias, retos y horizontes. |          |      | La enseñanza del concepto <i>ser vivo</i> a través del uso de la HC |            |      |
|--|----------------------|------|---------------------------------------|----------|------|---|------------|------|
| Unidad de análisis                                   | País                 | Año  | Unidad de análisis                    | País     | Año  | Unidad de análisis  | País       | Año  |
| UA1  | Argentina            | 2005 | UA22                                  | México   | 2003 | UA47  | España     | 2011 |
| UA2  | Colombia             | 2010 | UA23                                  | México   | 2012 | UA48  | Colombia   | 2011 |
| UA3  | Chile                | 2010 | UA24                                  | Korea    | 2015 | UA49  | Colombia   | 2011 |
| UA4  | Turquía              | 2010 | UA25                                  | Colombia | 2015 | UA50  | Chile      | 2011 |
| UA5  | Estados Unidos       | 2011 | UA26                                  | Colombia | 2015 | UA51  | México     | 2012 |
| UA6  | Estados Unidos       | 2012 | UA27                                  | España   | 2016 | UA52  | Colombia   | 2012 |
| UA7  | Estados Unidos       | 2012 | UA28                                  | España   | 2016 | UA53  | País Vasco | 2013 |
| UA8  | Estados Unidos       | 2013 | UA29                                  | España   | 2016 | UA54  | Colombia   | 2013 |
| UA9  | Brasil               | 2014 | UA30                                  | Chile    | 2017 | UA55  | Colombia   | 2015 |
| UA10   | España               | 2015 | UA31                                  | España   | 2017 | UA56  | España     | 2016 |
| UA11   | Estados Unidos       | 2015 | UA32                                  | España   | 2017 | UA57  | España     | 2017 |
| UA12   | España               | 2016 | UA33                                  | España   | 2018 | UA58  | Argentina  | 2018 |
| UA13   | España               | 2016 | UA34                                  | Colombia | 2018 | UA59  | Colombia   | 2021 |
| UA14   | Grecia               | 2018 | UA35                                  | España   | 2018 | UA60  | Colombia   | 2022 |
| UA15   | Argentina y Colombia | 2020 | UA36                                  | Suecia   | 2019 |   |            |      |
| UA16   | Brasil               | 2020 | UA37                                  | Italia   | 2019 |   |            |      |
| UA17   | Brasil               | 2021 | UA38                                  | Colombia | 2019 |   |            |      |
| UA18   | Chile                | 2021 | UA39                                  | Colombia | 2020 |   |            |      |
| UA19   | Colombia             | 2021 | UA40                                  | España   | 2020 |   |            |      |
| UA20   | España               | 2022 | UA41                                  | España   | 2020 |   |            |      |
| UA21   | Argentina y Colombia | 2023 | UA42                                  | España   | 2020 |   |            |      |
|  |                      |      | UA43                                  | México   | 2020 |   |            |      |
|  |                      |      | UA44                                  | España   | 2020 |   |            |      |
|  |                      |      | UA45                                  | España   | 2020 |   |            |      |
|  |                      |      | UA46                                  | Colombia | 2021 |   |            |      |

Nota: Elaboración propia.

En la fase interpretativa por núcleos temáticos fue posible ampliar el horizonte investigativo, se identificaron elementos de utilidad como tendencias, corrientes de estudio,

metodologías de investigación, y se plantearon horizontes investigativos. A continuación, se realiza la descripción por núcleo temático.

## **2.1. La Naturaleza de la Ciencia y su incidencia en la formación de profesores**

La lectura detallada de las unidades de análisis seleccionadas permitió identificar elementos relevantes para la investigación: en primera instancia, se encuentra la importancia de incorporar reflexiones de la NOS en la EC, en diferentes niveles y contextos educativos, en particular en la formación de profesores, lo cual se justifica al considerar que la manera de enseñar ciencias naturales es dependiente –o al menos está estrechamente relacionada– de la visión de ciencia del profesor, así como de sus concepciones sobre las dinámicas en ella llevadas a cabo (Romero et al., 2016; Tamayo et al., 2010; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016a). En segundo lugar, se identificó la necesidad de reestructurar los currículos escolares, de modo que, a través de ellos, fuera posible discutir *de* y *sobre* ciencia, favoreciendo así una alfabetización científica (Adúriz-Bravo, 2002; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002; Adúriz-Bravo et al., 2002; García-Carmona, 2021; Romero et al., 2016). Finalmente, en tercer lugar, se nota la pertinencia de adoptar en la enseñanza una perspectiva humanista de las ciencias, su descripción sería incompleta sin explicitar que esta toma distancia de la transmisión descontextualizada de los productos científicos, promulgando, por el contrario, una comprensión profunda de la conexión entre ciencia y experiencia humana.

Al adoptar un discurso propio de la investigación científica no se busca simplemente transmitir conocimientos, sino, ante todo, inspirar actitudes científicas entre los estudiantes; en este sentido, el objetivo principal es ir más allá de la mera transmisión de datos y teorías, y adentrarse en la narrativa, en la historia detrás de los productos. Este enfoque no solo fortalece la comprensión de los contenidos científicos, también destaca su relevancia en la vida cotidiana y su impacto en la comprensión del mundo; pues, al utilizar un lenguaje que abra las puertas a la curiosidad y al pensamiento crítico, se espera cultivar estudiantes informados, individuos con una apreciación más profunda y una conexión más íntima con la empresa científica. Se aboga entonces por la incorporación de las disciplinas metacientíficas –la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias–, debido a sus valores intrínsecos e

instrumentales, los cuales pueden contribuir a que los estudiantes alcancen una comprensión más profunda del nivel conceptual, superando así el carácter acumulativo, el inductivismo y la transmisión fragmentada del conocimiento (Santos et al., 2014).

La revisión de literatura permitió identificar también algunas tensiones en la incorporación de la ciencia y su naturaleza en los contextos educativos, uno de los conflictos es el carácter polisémico de la significación misma que el concepto tiene dentro de las comunidades académicas, pues no existe una definición consensuada sobre su naturaleza. Si bien algunos teóricos propusieron ‘la visión del consenso’ (Lederman, 1997; McComas, 1998) con la incorporación de ‘tenets’, estos presentan algunas limitaciones, sobre todo, por los rasgos distintivos que pueden presentar las ramas de la ciencia –física, química, biología, astronomía, entre otras–; sin embargo, las definiciones encontradas en la literatura guardan coherencia con las estrategias que cada línea incorpora en los contextos de aplicación, además coinciden con la necesidad de enseñar a los estudiantes no solo asuntos relacionados con la ciencia, sino también sobre su naturaleza a partir de un enfoque explícito y reflexivo. Así, por ejemplo, por citar dos perspectivas, Adúriz-Bravo (2001) dice que la NOS es un “conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica” (p. 3); entretanto, Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016a) la definen como “un metaconocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias hechas por expertos en filosofía, historia y sociología de la ciencia, así como por algunos científicos y educadores de ciencias” (p. 4).

Derivado de la disparidad en el ámbito académico, Irzik y Nola (2010) y Hadzigeorgiou (2018) proponen una reflexión con enfoque alternativo basado en la noción de parecido de familia, cuya intención es reconocer que las ciencias podrían tener características comunes entre ellas, pero que aquellas ‘cualidades’ no son *per se* definitorias, ni podrían utilizarse como demarcación fija con relación a otros esfuerzos humanos; por ello, Irzik y Nola (2010) propone como descripción estructural sobre la NOS los siguientes aspectos: “(1) actividades, (2) objetivos y valores, (3) metodologías y reglas metodológicas, y (4) productos” (p. 123).

La implementación de las HC como estrategia para incluir reflexiones metacientíficas en la formación de profesores y profesoras emerge del análisis, su forma de ser narrada y recontextualizada varía entre autores; no obstante, todos ellos coinciden en el uso de controversias científicas y la lectura de fragmentos históricos y de textos de primera fuente.

A lo largo de esta revisión documental se han explicitado las tensiones, retos y bondades de la NOS; aun así, es necesario presentar un panorama sobre cómo estas reflexiones deben ser incorporadas en la formación de profesores. Por lo anterior, se rescatan los aportes de Adúriz-Bravo (2002) sobre el conocimiento profesional del profesorado, presentando en sus investigaciones aquello que se debe incluir: el uso del modelo generativo expandido, el cual se constituye en un posible camino para atender a la preparación del profesorado. A diferencia de la perspectiva anterior, Acevedo-Díaz et al. (2016b) centran la atención en los relatos históricos; para los autores, la HC es un fructífero recurso por medio del cual pueden ser presentados y discutidos aspectos epistemológicos, cuestiones sociológicas y ontológicas de las ciencias, presentadas desde la propuesta como elementos no-epistemológicos; la historia narrada a través de controversias científicas se constituye en un potente recurso para discutir asuntos asociados a la NOS desde un enfoque explícito y reflexivo. Así mismo, dichos autores presentan unas características que deben tener las narraciones, dentro de las cuales destacan:

a) las narraciones de tipo histórico deben ser adaptadas del contexto fuente al de origen;

b) se debe salvaguardar la fidelidad del relato fuente, es decir, conservar la naturaleza conceptual de la discusión;

c) es necesario explicitar una perspectiva humanista de la ciencia, por medio de la cual se presente esta actividad en su contexto sociocultural. Su uso se ejemplifica a partir de controversias científicas paradigmáticas, y su puesta en escena se realiza en contextos de formación de profesores de Básica Secundaria.

Complementariamente, el estudio de Cuellar et al. (2010) expone la importancia de incorporar reflexiones metacientíficas en la práctica profesional docente, los autores destacan tres elementos en la formación del profesorado chileno: conocimiento disciplinar, conocimiento didáctico de la disciplina y formación en competencias de pensamiento científico. Conviene subrayar que los autores otorgan a la HC un uso relevante para atender los retos que implica la formación del profesorado, pues a través de ella es posible una comprensión más completa de la actividad científica –en el sentido de propiciar un entendimiento profundo de los significados de los modelos teóricos y sus conceptos asociados–. Además, la HC favorece la capacidad de establecer conexiones metateóricas con la filosofía y la sociología de la ciencia, funciona de puente entre las disciplinas científicas y las humanidades, posibilita la apreciación de los modelos científicos actuales como construcciones teóricas sistemáticamente progresivas desde una perspectiva naturalizada y propicia el surgimiento de secuencias didácticas para discutir *de y sobre* la ciencia.

Finalmente, el trabajo realizado por Romero et al. (2016) destaca por sus aportes a la formación de profesores de física, allí los autores proponen la selección y estudio de ECH asociados con la experimentación, asumida desde la experimentación cualitativa y exploratoria, dado que posibilita la construcción al igual que la manipulación del fenómeno a través de inferencias, deducciones, explicaciones y lenguaje como medio-acción para presentar sus evidencias, elaborar analogías o hipótesis. En este sentido, por medio de los ECH, se discuten elementos asociados a la NOS, analizados en los contextos disciplinar, metacientífico y pedagógico.

## **2.2. Enseñanza de las Ciencias en Básica Primaria: tendencias, retos y horizontes**

Este núcleo temático se construye en torno a las dimensiones teóricas y prácticas, así como las situaciones involucradas en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en Básica Primaria (Song et al., 2015; Ortiz y Cervantes, 2015; Restrepo-Durán et al., 2015; García y Pérez, 2016; Aragón y Cruz, 2016; Sáez y Clavero, 2016; Quintanilla, 2017; Rivero et al., 2017; Cantó-Doménech et al., 2018; Fuentes y Mosquera, 2018-2019; Torralba et al., 2018; Caiman y Jakobson, 2019; Corni et al., 2019; García y Moreno, 2020; Aguirregabiria

y García, 2020; Ballesteros et al., 2018; Candela, 2020; Herrero et al., 2020; Méndez y Boude, 2021).

Las unidades analizadas ponen en evidencia la necesidad de incorporar propuestas formativas que posibiliten un papel activo de los estudiantes, con metodologías que propicien una formación en y para la ciencia, por lo cual se destacan aquí reflexiones sobre las falencias comunes de la enseñanza en Básica Primaria, reafirmando las problemáticas descritas en el planteamiento del problema (Quintanilla, 2017; Cantó-Doménech et al., 2018; Fuentes y Mosquera, 2018-2019; Candela, 2020). Asimismo, se exponen propuestas alternas de enseñanza para atender a desafíos de la educación actual (Ortíz y Cervantes, 2015; Rivero et al., 2017-2018; Quintanilla, 2017; Cantó-Doménech et al., 2018).

Otro de los asuntos emergentes del análisis tiene que ver con la tendencia hacia la migración de pedagogías activas: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy), Aprendizaje Basado en Problemas, la metáfora, la analogía y la narrativa, Aprendizaje Basado en Tecnologías (ABT), *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) y juguetes científicos (Restrepo-Durán et al., 2015; García y Pérez, 2016; Aragón y Cruz, 2016; Torralba et al., 2018; Caiman y Jakobson, 2019; Aguirregabiria y García, 2020; Herrero et al., 2020; Méndez y Boude, 2021; Arabit y Prendes, 2020) en Europa y América, evidenciándose una escasa producción en Latinoamérica, particularmente en Colombia; lo cual ratifica la pertinencia de la presente investigación y la necesidad de sistematizar los trabajos realizados en este campo.

Di Mauro et al. (2015) reconocen la importancia de la enseñanza de las ciencias en las primeras etapas de la educación, los autores argumentan que esta etapa es crucial para el desarrollo de la curiosidad, la formulación de preguntas y la búsqueda de posibles soluciones a situaciones problemáticas, entre otras habilidades; sin embargo, en el contexto latinoamericano, las investigaciones en este nivel escolar son escasas.

La manera en que algunos investigadores abordan la experimentación en la clase de ciencias en general y de manera específica en la educación básica llama la atención, por lo

cual, según la forma en la que tales propuestas asumen la actividad experimental en la construcción de conocimiento científico escolar, se adelantó una clasificación en cuatro grupos a continuación descritos:

- a) **La *experimentación vinculada al método científico y aprendizaje por descubrimiento***, donde se enmarcan investigaciones que utilizan el método científico para el desarrollo de prácticas experimentales. Si bien en algunas propuestas para la enseñanza en Básica Primaria se modifican los pasos enunciados por dicho método, generalmente se parte de la observación y la curiosidad innata de los niños en los primeros años escolares tratando de explicar el mundo que la rodea dentro de su nivel de desarrollo, para luego proponer acciones concretas como la exploración, la experimentación y la búsqueda, el análisis, la interpretación y la comunicación de la información (De la Blanca et al., 2013).
  
- b) **La *experimentación remota o laboratorios con apoyo computacional***. Se entiende por laboratorios remotos aquel recurso con el cual, a través de algún medio de comunicación –internet, por ejemplo–, el usuario tiene acceso a acciones relacionadas con prácticas experimentales (Evangelista et al., 2017). Esta perspectiva incluye, entre otros avances tecnológicos, las simulaciones, los laboratorios virtuales y las herramientas de modelización, de adquisición y de representación de datos (Romero y Quesada, 2014), destacándose su uso en los últimos años. Dentro de las habilidades aquí desarrolladas resaltan la formulación de hipótesis, predicciones y en general aquellas competencias experimentales; por su parte, dentro de las actitudes destacan la motivación y el trabajo colaborativo.
  
- c) **La *experimentación por indagación***. Si bien se vincula este enfoque con la experimentación remota, sus elementos característicos son la promoción de la curiosidad, la discusión argumentada de ideas, el planteamiento de problemas y las metodologías para afrontarlos, particularmente en este último aspecto se enfatiza la importancia de plantear proyectos contextualizados sobre diversos temas de interés, donde se pueden planificar y diseñar actividades que permitan responder a las hipótesis planteadas (García y Moreno, 2020).

**d) La *experimentación socioepistemológica*.** Es una perspectiva fundamentada en la filosofía de las prácticas experimentales, expuesta por los autores Hacking (1996), Ferreirós y Ordoñez (2002), Steinle (2002) e Iglesias (2004), quienes reclaman la necesidad de superar la visión clásica en la filosofía de las ciencias, caracterizada por concebir la experimentación como una simple herramienta para corroborar y verificar enunciados teóricos, y propenden por una visión del experimento en estrecha relación con las construcciones conceptuales. Ferreirós y Ordóñez (2002) proponen una interesante tipología al cruzar las clases de experimentos guiados y exploratorios, así como los cuantitativos y cualitativos; entretanto, Romero y Aguilar (2013); Rodríguez y Romero (2023), y García y Estany (2010) han comenzado a analizar las implicaciones de esta perspectiva en la enseñanza de las ciencias.

Dentro de las unidades de análisis agrupadas se resaltan las ideas de Camejo y Galembeck (2021), dado que se refieren a las dificultades presentadas en Básica Primaria al realizar actividades de laboratorio, identificándose dentro de ellas el amplio número de estudiantes en el salón de clase, el temor de los profesores a la manipulación de instrumentos, la debilidad en la formación inicial y continua en los maestros, y la precariedad y escasez física de los laboratorios. Pese a esas dificultades, Andrade-Lotero (2012) propone la experimentación en la enseñanza de las ciencias en Básica Primaria, pues según él acerca más a los estudiantes a las dinámicas científicas, favoreciendo su compromiso con su propio proceso de aprendizaje.

Si bien el uso de los libros de texto no es objeto de estudio de la presente investigación, interesan las reflexiones de Ballesteros et al. (2018) y García y Pérez (2016) sobre cómo presentan una limitada conceptualización de contenidos disciplinares, a la vez que promueven un aprendizaje de tipo memorístico con sus formatos. Esta situación resulta problemática si los profesores no tienen una formación en el campo de la educación en ciencias –aspecto mencionado en el planteamiento del problema– y emplean el libro como única fuente para la planeación de sus clases, pues se puede generar en los estudiantes una visión inadecuada y pobre de los contenidos y procedimientos enseñados.

Complementariamente, se rescatan reflexiones realizadas sobre el dibujo, el cuento y las preguntas mediadoras como alternativas para propiciar el aprendizaje de las ciencias en este nivel educativo. Pujol (2003) valida las ideas científicas a través del dibujo, lo constituye como un recurso valioso con el cual los estudiantes tienen la posibilidad de concretar conceptos y referirse a cosas que observan. Candela (2014), por su parte, a la cuestión sobre cómo se aprende y se enseña ciencias naturales, propone la necesidad de pasar de una enseñanza basada solo en contenidos a una en la que los estudiantes sean partícipes de la construcción de su propio conocimiento y atiendan de forma analítica y reflexiva su realidad.

En relación con cómo aprenden los niños, Candela (2014) precisa que “para que un niño comprenda un nuevo concepto lo tiene que relacionar con algunas de sus experiencias o con las ideas que él ya ha construido” (p. 2), pues no basta con identificar y relacionar dichas experiencias e ideas, sino que es necesario, además, interactuar con el otro a través del lenguaje para generar procesos de aprendizaje. Adicionalmente, en lo referido a cómo enseñar ciencias, resalta la importancia de propiciar espacios donde los estudiantes tengan la posibilidad de expresar sus ideas, hacer y comprobar predicciones, argumentar puntos de vista, buscar explicaciones, poner en duda la información presentada por el docente y trabajar en equipo. En esta misma línea, Cantó-Doménech et al. (2016) discuten sobre la necesidad de incluir actividades claves para la enseñanza de las ciencias, y concluyen que estas deben apuntar al desarrollo de habilidades de proceso, razonamiento y transferencia.

El uso de recursos digitales también se ha reportado para la enseñanza de las ciencias. Herrero y Toralba (2020) los presentan como herramientas valiosas, ya que generan motivación e interés en los estudiantes; sin embargo, los mismos autores sugieren que en ocasiones desvía los intereses y no es posible evidenciar una clara apropiación conceptual de tópicos relativos a las ciencias naturales.

Por la naturaleza de esta investigación, también resultan útiles dos estudios que vinculan elementos asociados a la historia de la ciencia para la enseñanza en Básica Primaria. En primer lugar, Sáez y Clavero (2016) utilizaron la biografía de Hipatia de Alejandría para presentar elementos asociados al rol de género y la importancia de los contextos sociales y

culturales en desarrollo de las ciencias. Por su parte, en segundo lugar, Rodríguez y Romero (2023) presentaron una propuesta de enseñanza que vincula elementos históricos y experimentación de tipo cualitativa y exploratoria para dinamizar procesos argumentativos y construcción de conocimiento científico escolar en estudiantes del mismo nivel escolar. Pese a la importancia de las herramientas digitales en la didáctica de las ciencias, no se identificaron muchas unidades de análisis que las vincularan en la enseñanza de ciencias en Básica Primaria.

Finalmente, llama la atención la propuesta de García-Carmona (2021): “aprender ciencias haciendo ciencias”. Desde esta perspectiva, se incluyen reflexiones sobre la filosofía, la historia y la sociología de las ciencias, materializadas en prácticas científicas cuyo fundamento se centra en asuntos no-epistémicos, pues para el autor es necesario focalizar el trabajo en los factores que intervienen en la construcción de conocimiento científico –en ocasiones dejados de lado en la enseñanza de ciencias–, destacando la necesidad de explicitar aspectos sociales, culturales, políticos, entre otros, presentes en las dinámicas científicas. Con base en ello y para que los estudiantes tengan una visión más amplia de las dinámicas científicas, se deben incorporar en las secuencias didácticas los siguientes aspectos:

- a) la transposición didáctica de aspectos comunicativos, éticos, organizativos, normativos, económicos, etc., propios de la actividad científica,
- b) la formulación de objetivos de aprendizaje específicos sobre su naturaleza, justificación/finalidad y puesta en práctica,
- d) el diseño de actividades *ad hoc*,
- e) un plan de evaluación apropiado (García-Carmona, 2021, p. 1108-6).

### **2.3. La enseñanza del concepto *ser vivo* a través del uso de la historia de las ciencias**

Antes de realizar una descripción de este apartado, es necesario clarificar que para este núcleo temático la estrategia de búsqueda fue diferente, pues en las bases de datos consultadas no se registraron unidades de análisis con la totalidad de las palabras clave; así

entonces, se relacionó el ‘concepto ser vivo’ con ‘educación básica primaria’ y ‘enseñanza a través del uso de la historia de las ciencias’.

Las publicaciones de Herrero (2006), Medina (2011) y Dieguez (2012) exponen el vínculo entre el concepto de lo vivo con su epistemología, filosofía e historia. De las Heras y Jiménez (2011) y Rivera-Cañón (2013) hacen uso de unidades didácticas para la enseñanza de los SV en educación básica primaria; en particular, Rivera-Cañón (2013) establece la relación entre el concepto de vivo y su enseñanza en Básica Primaria a partir del uso de modelos como el animista, el mecanicista, el vitalista, el organicista, el asociado al pensamiento sistémico y el neomecanicista. Su implementación estuvo orientada por medio de una unidad didáctica con la cual tenía la intención de discutir obstáculos epistemológicos notorios en la población de estudio.

En la investigación de Ortiz y Greca (2017) se utiliza como estrategia didáctica el uso de la indagación científica, la cual implica que los estudiantes formulen preguntas científicamente orientadas, planifiquen e investiguen de manera rigurosa para recopilar pruebas, además de instarlos a priorizar la evidencia al proporcionar respuestas, establecer conexiones entre explicaciones y el conocimiento científico, así como a comunicar y justificar sus hallazgos. Las investigaciones científicas escolares desarrolladas por medio de este enfoque abarcan la exploración de fenómenos naturales mediante la experimentación y un pensamiento que supera la simple recopilación de datos o la aplicación mecánica de conceptos; no obstante, aunque el estudio de Ortiz y Greca (2017) se enmarca también en la perspectiva de aprender ciencia haciendo ciencia, esta se encuentra permeada por la clásica visión positivista del método científico, pues en una de las fases de intervención destinan un apartado a la aplicación del método científico en la resolución de problemas, sumando a ello la limitación de la definición de SV a partir de sus funciones vitales: relación, reproducción y nutrición.

En relación con la definición de SV destacan los análisis de Herrero (2006), quien expone el desarrollo del conocimiento sobre organismos vivos a través de su génesis

histórica; el autor analiza la importancia de vincular diferentes disciplinas para la comprensión del concepto de lo vivo y su interrelación.

Por su parte, Rivera (2016) establece una relación de interés para la presente investigación al vincular el concepto *ser vivo* con su historia, epistemología, y las implicaciones de estas reflexiones en la enseñanza en Básica Primaria; aquí destaca la forma de enlazar la HC y la exploración de las ideas previas de los estudiantes a la elaboración de una propuesta didáctica.

Medina (2011) expone una relación entre el pensamiento de los estudiantes con el desarrollo histórico del concepto *SV*, identificando seis periodos relevantes:

- historia natural en Grecia y Roma (2000 a. C. hasta 400 a. C.)
- historia natural en Grecia y Roma (400 a. C. hasta 400 d. C.)
- historia natural en Grecia y Roma (siglos V al XVI)
- historia natural (siglos XVII al XVIII)
- biología (siglo XIX)
- anatomía y biología (siglos XX y XXI)

Posteriormente, establece correspondencias entre las mencionadas etapas con las ideas de los estudiantes de secundaria.

Por su parte, Gómez et al. (2017) exponen cómo los estudiantes de primero y segundo de primaria incorporan en su proceso de aprendizaje el modelo teórico escolar de ser vivo, así como los soportes semióticos empleados para su configuración.

Así mismo, es pertinente retornar a Diéguez (2012), quien, al reflexionar desde la filosofía de la biología, realiza una descripción sobre los atributos de los SV desde tres enfoques: autoorganizativo, replicativo e integrador. A través de estos enfoques, el autor pretende explicar las limitaciones de la definición clásica del concepto, presentando de forma concisa y clara una alternativa a la definición de sus características; esta perspectiva ha

contribuido a la fundamentación conceptual de la tesis y se desarrollará con detalle en el próximo capítulo.

Tanto la fase preparatoria como la descriptiva del análisis documental posibilitaron determinar las líneas conceptuales relevantes cuya interpretación se presenta a continuación: en relación con la experimentación en la enseñanza de las ciencias se reconoce un aumento significativo en producciones académicas, evidenciándose una tendencia al uso de laboratorios virtuales; sin embargo, en algunas investigaciones, aún se evidencia la implementación del ‘método científico’ para abordar la enseñanza de las ciencias y para constatar, de forma deductiva o inductiva, la validez de los enunciados científicos.

Complementariamente, se identifica una recurrente crítica a las prácticas de laboratorio basadas en la repetición de protocolos, en la medida en que solo promueven el desarrollo de habilidades instrumentales como la toma de datos precisos y la sistematización de los mismos, los cuales favorecen un aprendizaje netamente memorístico; no obstante, pese a enunciar dicha crítica, en la mayoría de las unidades de análisis examinadas aún se asume la experimentación de forma instrumentalista (Santos et al., 2018; Camejo y Galembeck, 2021). Asimismo, el análisis adelantado permite identificar la emergencia del uso de reflexiones desde la historia y la filosofía de las ciencias como alternativa para vincular la experimentación en la enseñanza, principalmente de la física y la química, perspectiva desde la cual se hace una crítica a la tradicional forma de asumir la experimentación.

En lo referido a la enseñanza de las ciencias en Básica Primaria se evidencia un trabajo fuerte en la vinculación de pedagogías activas como STEM (Furman, 2016), ABP y ABPy (Aragón y Cruz, 2016); no obstante, a pesar de este importante desarrollo en la inclusión de pedagogías activas, se identifica la persistencia de una visión positivista en la enseñanza de la ciencia para Básica Primaria según la cual se tiende a priorizar asuntos *de ciencia*, dejando de lado aquellos *sobre la ciencia* (Ballesteros y Ruiz, 2018; Aguirregabiria y García, 2020). Esto se complementa con las pocas producciones encontradas que vinculen reflexiones metacientíficas –desde la historia, la filosofía, la epistemología o la sociología de las ciencias– a la enseñanza. Sin embargo, García-Carmona (2021) en sus reflexiones

propone la necesidad de incluir asuntos no epistemológicos, como aquellos relacionados con cooperación y colaboración científica, relaciones profesionales y personales, la comunicación científica, entre otros, los cuales comúnmente se encuentran ausentes en las prácticas escolares.

Sumado a lo anterior, se destaca la importancia de vincular elementos asociados a la enseñanza de las ciencias, relegados en este nivel educativo, como las habilidades de pensamiento científico (Di Mauro et al., 2015), y se resalta que para enseñar ciencias no basta con saber el contenido disciplinar, también es necesario tener ciertas características personales –paciencia, empatía, amabilidad– y estar dispuesto a despojarse de una visión tradicional (Rivero et al., 2017). La importancia de incorporar reflexiones sobre la NOS en la enseñanza de las ciencias está suficientemente justificada desde hace décadas, rescatando –dentro de muchos otros asuntos– que para transformar la educación y migrar a una educación que atienda a los desafíos actuales es necesario formar a maestros en estas perspectivas.

A partir de las consideraciones mencionadas se abre un panorama investigativo que determina el horizonte conceptual y la presente propuesta investigativa, los estudios analizados en dos de los tres núcleos temáticos –NOS, formación de maestros y la noción de ser vivo en contextos escolares– presentan suficiente evidencia empírica acerca de las implicaciones de incorporar la HC en los niveles de Básica Secundaria, Media Vocacional y formación de maestros, siendo muy escasas las investigaciones con reflexiones metacientíficas en Básica Primaria, lo cual se constituye en un campo rico para proponer una forma de incorporar tales reflexiones en los niveles de educación mencionados, que conduzca a fundamentar una propuesta de formación de profesores de primaria. En este sentido, se plantean las siguientes preguntas: ¿qué tipo de la NOS es la más adecuada para discutir en contextos colombianos?, ¿qué tipo de la HC atiende a una visión más amplia sobre el conocimiento?, ¿qué características deben tener las narraciones históricas para ser llevadas a la Básica Primaria? y ¿qué noción de ser vivo podría ajustarse a la enseñanza de Básica Primaria que posibilite una reflexión crítica e histórica de la vida en la Tierra y de las relaciones humanas desde una perspectiva simbiogenética?

### **Capítulo III. Marco conceptual**

Este capítulo presenta los elementos necesarios para la comprensión conceptual del presente proceso investigativo, en el cual se tejen lazos entre los diferentes núcleos temáticos que permiten comprender a profundidad el objeto de estudio. Tal y como se describirá más adelante en el apartado de metodología, la presente investigación realiza un ejercicio exploratorio, en el cual se busca realizar un acercamiento entre las teorías inscritas en este marco teórico y la complejidad de las realidades en el campo educativo. Para identificar cuáles son las contribuciones de los ECH relacionados con la experimentación al fortalecimiento de la comprensión acerca de la NOS en docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación, se hace necesario organizar apartados que permitan enlazar las diferentes aristas que este propósito requiere. Es por ello que, primero, se inicia con la presentación de la significación de la NOS y sus implicaciones en el desarrollo profesional del profesorado. Posteriormente, en un segundo momento, se examinan los usos de la HC para abordar asuntos metacientíficos en la enseñanza de las ciencias, haciendo especial énfasis en los Episodios Científicos Históricos (ECH) y su ejercicio de recontextualización, y presentando ejemplificaciones a través de las controversias entre Pasteur y Pouchet, y Pasteur y Koch. En el tercer momento, se discutirá sobre la noción de ser vivo a partir de reflexiones derivadas de la filosofía de la biología, teniendo en cuenta que este es un ejercicio con intenciones epistemológicas sobre la biología.

#### **3.1. La NOS: un recorrido desde la diversidad de sus definiciones a una alternativa para el desarrollo del CPP**

Cuando nos acercamos a un campo de estudio tan complejo como lo es la NOS, nos enfrentamos a pilotear en una pista llena de obstáculos. Dentro de tales obstáculos, se identifican: la dificultad de alcanzar un consenso en su significación, la resistencia que se opone a su inclusión en los currículos escolares y los desafíos que suscita la formación docente en este campo. Para atender a estas cuestiones y hacer justicia a las tensiones que han sido objeto de discusión en la comunidad académica alrededor de este enfoque, se realiza

un recorrido histórico por los autores más relevantes identificados en la literatura, presentando su postura y haciendo énfasis en las implicaciones para la formación docente que fueron identificadas. Al presentar este panorama del estado en cuestión, se toma postura de aquellas perspectivas consideradas más pertinentes, y se traza una ruta alternativa para la formación de docentes que fundamenta la propuesta de intervención.

La NOS surge en el seno de la Didáctica de las Ciencias y se constituye en una línea de trabajo de la HFC, siendo uno de sus objetivos abordar y discutir reflexiones metacientíficas con valor para la alfabetización científica. Ayala-Villamil (2020) menciona que “La alfabetización científica ha sido un objetivo en las últimas reformas educativas de diferentes países, y la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (NOS – Nature of Science, en inglés) se considera estructural para dicho objetivo” (p. 106).

Según Lederman (2018), la NOS fue debatida por primera vez en 1907, pero solo hasta 1950 se realizó un estudio juicioso y detallado sobre el tema. Se constituye en un campo muy prolífico desde entonces, cuyo foco de interés se centra en discutir la necesidad de reflexionar sobre una formación científica escolar de calidad, con un fuerte llamado a preparar a las nuevas generaciones en temas relacionados con la ciencia y la tecnología (Lederman, 2007; McComas, 2020); así, la NOS, en sus inicios, se encuentra estrechamente asociada a los procedimientos científicos y a la indagación científica (Acevedo-Díaz, et al., 2018).

Desde que se constituye en un campo de investigación, la NOS ha tenido diferentes conceptualizaciones. Según Ayala-Villamil (2020), para definir y dar estructura a la NOS, se pueden identificar dos enfoques: uno de dominio general y otro de dominio específico; siendo el segundo una alternativa a las críticas que derivan del primero. En la figura 1 se describen algunos exponentes para cada dominio. Posteriormente, se describirán algunos autores que se constituyen en referentes para esta investigación.

**Figura 1.** Dominios sobre la NOS.



A partir de este primer acercamiento, se hace necesario iniciar con la presentación de las ideas de Lederman (1992), pues este autor es quien acuña la significación misma de la NOS. En sus inicios, el concepto se auxilia de las reflexiones traídas desde la Filosofía, la Historia y la Sociología de la Ciencia. Estas disciplinas, llamadas metaciencias, permiten tener una comprensión sobre cómo es el conocimiento y en general cómo opera la actividad científica. El autor presenta dos características relevantes al discutir la NOS que tienen que ver con su explicitación y reflexividad. La primera alude a que su incorporación en la estructura curricular debe ser explícita, presentando algunos temas muy particulares para discutir y debatir en torno a la ciencia como actividad humana; la segunda, por su parte, se refiere a presentar de forma clara algunas herramientas a los estudiantes para reflexionar sobre qué es la ciencia, cómo se desarrolla y por qué es importante.

La incorporación de dichas reflexiones en el currículo anglosajón se da a partir de unos principios, ideas fuerza (*Benchmarks*) o puntos de referencia sobre la NOS, que han de ser simples, poco técnicas, pero funcionales para pensar la ciencia como actividad humana. Lederman y sus colaboradores propusieron para el currículo estadounidense ciertos *indicadores* para la alfabetización científica, en la medida en que, para ellos, la NOS implica una yuxtaposición con la indagación científica. Dichos indicadores han sido objeto de modificaciones fruto de la reflexión y crítica tanto de los mismos proponentes, como de la comunidad académica. En este sentido, se presentan, inicialmente en la década de 1990, los

*Benchmarks for Science Literacy*<sup>1</sup> como propuesta que permite establecer una relación entre la NOS y la indagación científica, y a través de la cual se atribuye una condición de subordinación (e incluso de sustitución) de la primera con respecto a la segunda. Se suma a las limitaciones de esta primera apuesta curricular la disociación de la NOS con respecto al conocimiento, dando la idea de que esta podría ser enseñada de forma separada de los contenidos científicos.

De los *Benchmarks* se migra a trabajar con los *National Science Education Standards* (NSES)<sup>2</sup> como el documento principal para la reforma a los planes de estudio. Si bien esta nueva apuesta curricular estableció una relación de paridad entre la NOS y la indagación científica (consideradas ambas como dominios separados, pero en relación con el contenido científico), aún se presenta la NOS como un dominio separado del contenido del conocimiento científico. Las críticas a las dos apuestas curriculares mencionadas desembocaron en la década de 2010 en una nueva línea de trabajo: los *Next Generation Science Standards* (NGSS)<sup>3</sup>, perspectiva desde la cual la indagación científica fue reemplazada por las “habilidades científicas”. Para algunos autores, esta nueva forma de denominarlos en el fondo tenía las mismas limitaciones que los *Benchmarks*. Sin embargo, Lederman señala que los NGSS marcan un retroceso en comparación con reformas curriculares previas, ya que carecen de resultados o evaluaciones definidas con respecto a la NOS. Según el autor, aunque los NGSS se benefician de una base de investigación más amplia sobre el aprendizaje de los estudiantes de asuntos acerca de la NOS, en comparación con los *Benchmarks* y NSES, parece que las investigaciones de estos últimos enfoques han sido pasadas por alto.

---

<sup>1</sup> *Benchmarks for Science Literacy* (Puntos de referencia para la alfabetización científica) fueron desarrollados en la década de 1990 por el Proyecto de Literatura Científica de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS). Si bien no fue un documento oficial del currículo, sí tuvo mucha influencia en la formulación de estándares en ciencias.

<sup>2</sup> *National Science Education Standards* (Estándares Nacionales de Educación en Ciencias) surgen como una guía de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias (National Science Teachers Association, NSTA), junto con otras organizaciones, como el Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas (National Council of Teachers of Mathematics, NCTM) y la AAAS.

<sup>3</sup> Los *Next Generation Science Standards* (Estándares de Ciencia de Próxima Generación) fueron lanzados en el 2013 por NSTA, la AAAS y la Academia Nacional de Ciencias. Su propósito está encaminado a discutir sobre qué es lo que los estudiantes deben conocer y ser capaces de hacer en ciencias desde el jardín de infantes hasta el grado 12. Los NGSS se basan en investigaciones actuales en educación científica y están diseñados para fomentar un enfoque más integrado y profundo en el aprendizaje de las ciencias, en lugar de simplemente enfocarse en la memorización de hechos y conceptos aislados. Estos estándares están organizados en torno a tres dimensiones principales: Prácticas de la Ciencia e Ingeniería, Ideas Básicas Disciplinarias e Ideas Transversales, y están diseñados para fomentar la comprensión de la ciencia como una empresa basada en la evidencia y la aplicación práctica.

Los llamados NGSS están constituidos por ocho enunciados, sin embargo, Lederman (2020) propone algunas adecuaciones a las características para la incorporación de la NOS a los currículos, donde se trabaje un enfoque explícito y reflexivo (Tabla 3).

**Tabla 3.** Características propuestas por Lederman (Retomadas de García-Carmona, 2008).

| <b>Enunciados relacionados con las Prácticas de la Ciencia</b>   | <b>Enunciados asociados con los Conceptos Transversales</b>   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ciencia es una forma de saber.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento científico se genera en función de la creatividad humana y la imaginación.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento científico supone un orden y consistencia en los sistemas naturales.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento científico necesariamente se deriva de observaciones e inferencias.</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ciencia es un esfuerzo humano.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento científico es necesariamente parcialmente subjetivo (aunque el propósito es la objetividad).</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ciencia aborda las preguntas sobre el mundo natural y material.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El conocimiento científico está integrado social y culturalmente.</li> </ul>   |
| <b>Con relación a la naturaleza y los procedimientos de la ciencia</b>   | <b>Con relación a las dinámicas externas e internas de la ciencia</b>   |
| El conocimiento científico nunca es absolutamente cierto, sino que está sujeto a cambios con nuevas observaciones y a interpretaciones de las observaciones existentes. Las demás características de la NOS apoyan la provisionalidad del conocimiento científico. | El conocimiento científico proviene de la imaginación y la creatividad humanas, al menos parcialmente. El conocimiento científico se genera mediante la imaginación humana y el razonamiento lógico. Esta creación se basa en observaciones del mundo natural y en las inferencias que se hacen.  |
| El conocimiento científico es empírico; esto es, se basa o se deriva de observaciones del mundo natural.   | Como empresa humana, la ciencia se practica en un amplio contexto cultural y los científicos son un producto de esa cultura. De aquí se sigue que la ciencia está influida por diversos elementos y ámbitos de la sociedad y la cultura donde se inserta y desarrolla. Los valores de la cultura determinan hacia donde se dirige la ciencia, cómo lo hace, se interpreta, se acepta y se utiliza. Así mismo, la ciencia influye en la sociedad y en la cultura en la que está inserta. |

La ciencia se basa en la observación y la inferencia o deducción. Las observaciones se recogen mediante los sentidos humanos y extensiones de estos. Las inferencias son interpretaciones de esas observaciones. Los puntos de vista actuales de la ciencia y de los científicos guían las observaciones y las inferencias. Distintas perspectivas contribuyen a múltiples interpretaciones válidas de las observaciones.

El conocimiento científico es subjetivo en parte y nunca puede ser totalmente objetivo. La ciencia está influida y guiada por las teorías científicas y las leyes aceptadas. La formulación de preguntas, las investigaciones y las interpretaciones de los datos se filtran a través de la teoría vigente. Esta es una subjetividad inevitable, pero le permite a la ciencia progresar y permanecer consistente. El examen de las pruebas anteriores desde la perspectiva del nuevo conocimiento también contribuye al cambio en la ciencia. Además, hay una subjetividad personal que también es inevitable. Los valores personales, las prioridades y experiencias anteriores dictan cómo y hacia dónde los científicos dirigen su trabajo.

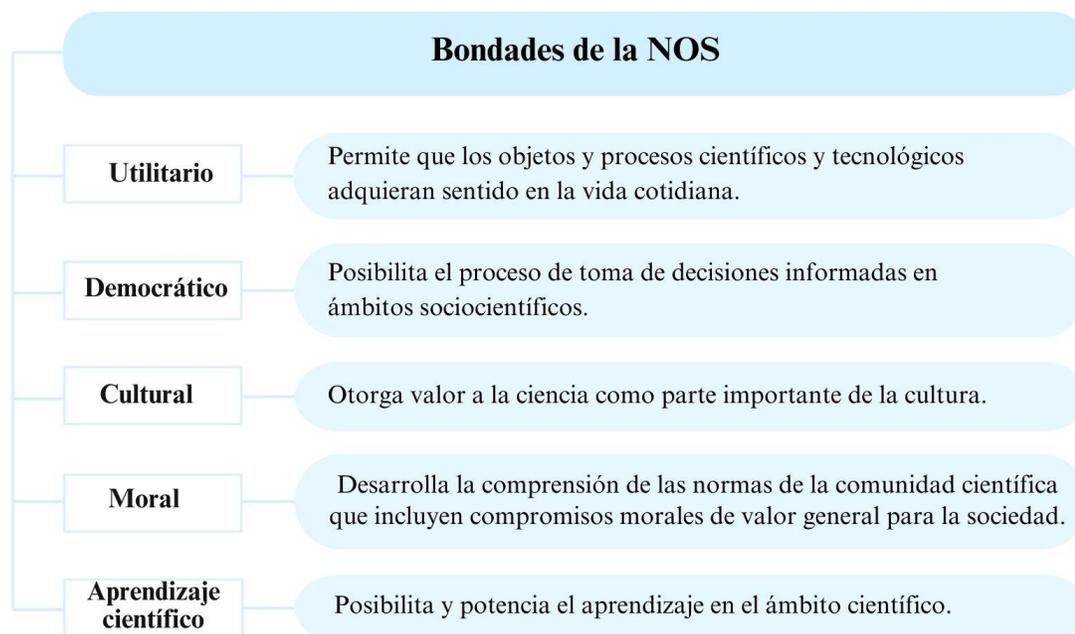
---

La relación y diferencia entre leyes y teorías científicas. Las teorías y las leyes son diferentes tipos de conocimiento científico. Las leyes describen las relaciones, observadas o percibidas de los fenómenos de la naturaleza. Las teorías son explicaciones inferidas de los fenómenos naturales y los mecanismos de las relaciones entre estos fenómenos naturales. Las hipótesis científicas pueden conducir a teorías o a leyes mediante la acumulación de apoyo sustancial con pruebas y la aceptación por la comunidad científica. Las teorías y las leyes no se convierten unas en otras, en un sentido jerárquico, porque ambas son tipos de conocimiento explícita y funcionalmente diferentes.

---

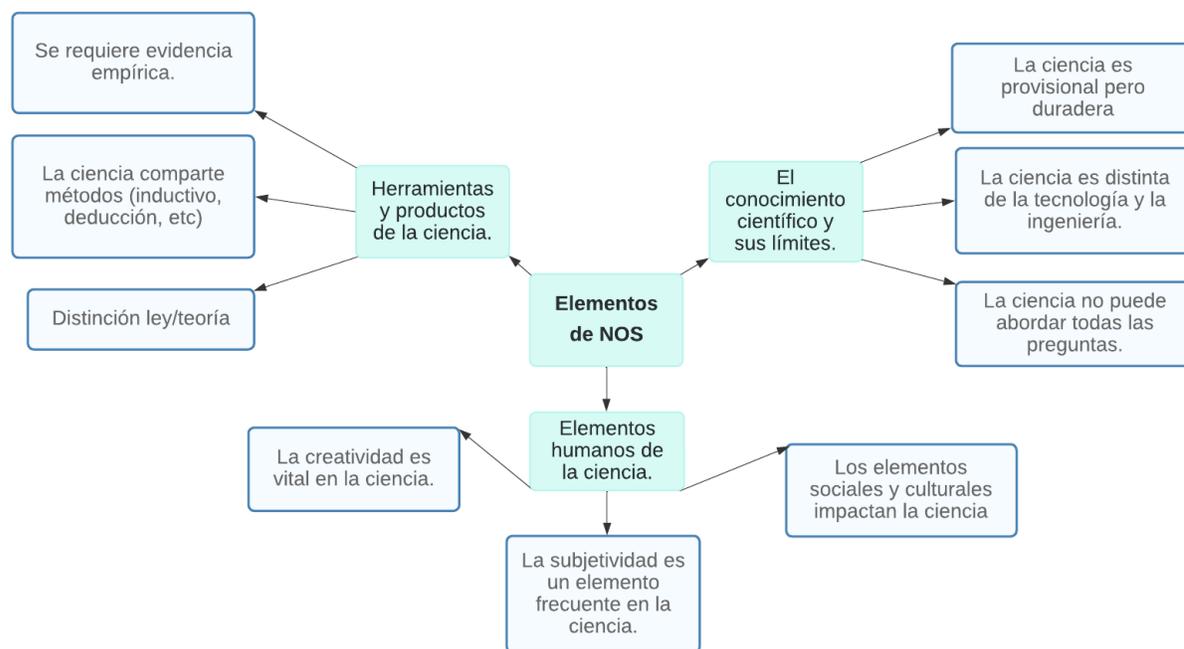
Continuando con esta perspectiva propia del dominio general, McComas (2015) define la NOS como la interrelación entre la filosofía, la historia y la psicología de la ciencia, señalando que la NOS permite representar las características de la dinámica científica y ayuda a los estudiantes a comprender cómo funciona la ciencia y cuáles son las reglas de juego que en ella se desarrollan. En la figura 2 se presentan algunas bondades que el autor señala sobre la NOS para la formación.

**Figura 2.** Bondades de incorporar la NOS en la enseñanza de las ciencias McComas (2015). Traducción libre.



El autor señala algunos aspectos de la NOS para fines científicos escolares que deben ser tenidos en cuenta en cualquier desarrollo curricular, estos son: 1) la manera en que la ciencia produce conocimiento (es decir, los métodos filosóficos aceptados en la práctica científica) y 2) los resultados filosóficos de la ciencia (es decir, la idea de que las leyes y las teorías están conectadas, aunque no son lo mismo. Es así como, a partir de algunos análisis realizados, se presenta lo que se denomina una "visión de consenso de la NOS", explicitada a través de ciertos elementos que se constituyen en *puntos de anclaje* y que sirven como guía para maestros, creadores de planes de estudio y especialistas en educación. En la figura 3, se presentan los principales elementos de la NOS apropiados para su inclusión en la enseñanza de ciencias, organizados en tres grupos (McComas, 2008).

**Figura 3.** Los principales elementos de NOS apropiados para su inclusión en la enseñanza de ciencias, organizados en tres grupos



Si bien los dos autores citados anteriormente se constituyen en un referente académico obligado al realizar un estudio de este tipo, en la medida en que sus contribuciones son fruto de largos años de investigación, sus aportes están enfocados casi exclusivamente a la descripción de las reflexiones de corte filosófico y no se evidencia de forma ostensible elementos asociados a la sociología de las ciencias. Por ello, se resaltan a continuación algunas líneas de investigación derivadas del dominio específico que centran la atención en elementos importantes en este trabajo, tales como: la inclusión de un componente epistemológico, el reconocimiento de la sociología de la ciencia como elementos constitutivos de la NOS y la HC como una alternativa potente para abordar reflexiones metacientíficas en contextos educativos.

Es en este sentido que la profesora Izquierdo y el profesor Adúriz-Bravo migran el foco de atención al componente epistemológico con una fuerte influencia y apoyo de la HC (en esta misma línea se encuentran Duschl, 1997; Izquierdo, 2000; García-Carmona, 2018). Estos autores presentan una línea alternativa para discutir la NOS, en particular para la

formación docente, la cual promulga que la ciencia sea presentada de forma más holística, apoyada o ambientada desde una perspectiva histórico-narrativa, con una mayor meticulosidad en el tratamiento de las nociones filosóficas en general y epistemológicas en particular, y con intenciones formativas más contemporáneas (i. e. la formación ciudadana, la ciencia con justicia social y las habilidades para el siglo XXI).

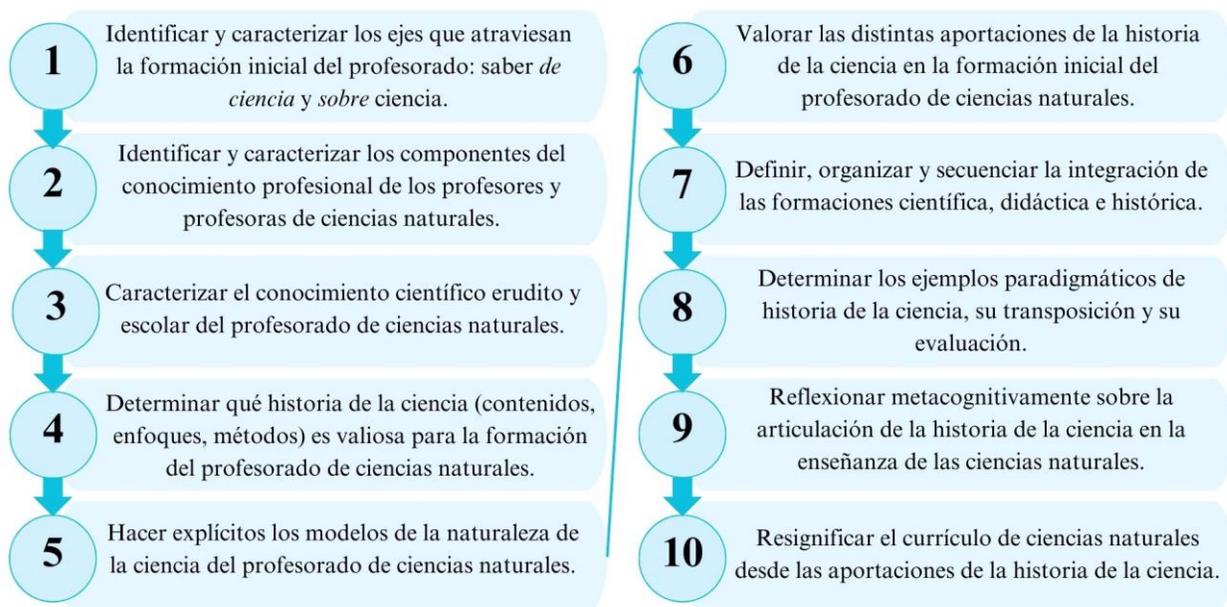
Desde esta perspectiva, resulta imperativo proponer iniciativas formativas para los profesores de ciencias naturales. En este sentido, las investigaciones que se detallan a continuación se centran en las interacciones entre la NOS y el Conocimiento Profesional del Profesorado (CPP), entendido este último como el conjunto de herramientas teórico-prácticas que los docentes emplean en su labor educativa. Desde esta premisa, se puede afirmar que una formación sólida en la NOS podría enriquecer dicho conocimiento y capacitar tanto a los profesores en ejercicio como a los que están en formación para afrontar los desafíos que plantea la enseñanza de las ciencias.

Quintanilla et al. (2005) destacan que, dentro de la didáctica de las ciencias naturales, discurren fuertes llamados a incluir discusiones metacientíficas en los procesos de formación inicial y continuada del profesorado de ciencias. Su justificación se centra en la premisa de que las metaciencias posibilitan

relacionar el conocimiento científico que se construye en cada momento de la historia con los problemas que se intentan solucionar, las finalidades que se persiguen, las herramientas conceptuales y metodológicas disponibles, y la cultura y los valores vigentes en ese momento” (p. 2).

Con el fin de incorporar la HC en la formación inicial del profesorado de ciencias naturales, los autores proponen un modelo llamado Ciclo Teórico Empírico (CTE), el cual se puede observar en la figura 4.

**Figura 4.** Elementos para la formación docente. Ciclo Teórico Empírico (CTE)

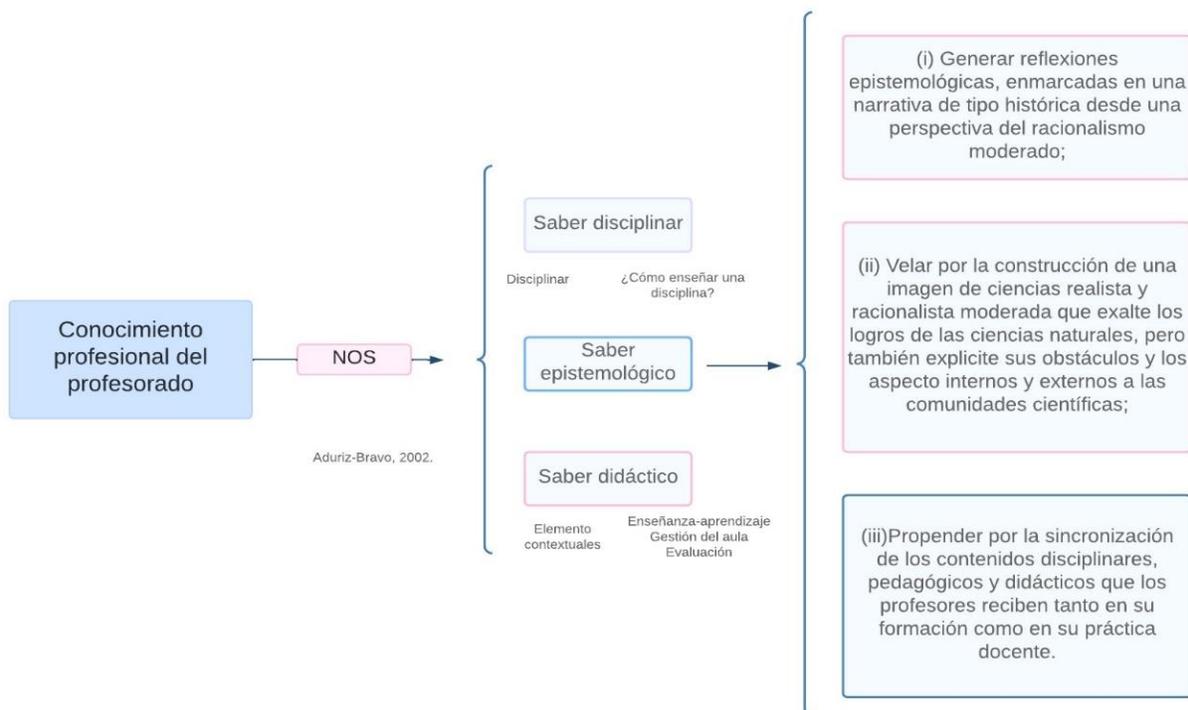


Por su parte, Adúriz-Bravo (2022) explicita unas tesis importantes, las cuales son objeto de discusión en el presente trabajo. Estas son: 1) el CPP requiere un sólido componente metacientífico, 2) este ejercicio requiere una transposición didáctica, y 3) las propuestas de formación del profesorado pueden ser diferentes a las de los estudiantes.

Con relación a estos elementos, el autor propone el uso del modelo generativo expandido como una posible ruta para atender la preparación del profesorado. En el marco de este modelo, se indican tres niveles de formación: el disciplinario, el didáctico y el epistemológico; siendo este último un camino útil para atender a los otros dos (Figura 5). Para su implementación, el autor sugiere emplear analogías como medio para facilitar la mediación lingüística entre un dominio semántico familiar (fuente) y otro aún por explorar (blanco). Su puesta en escena en la formación de profesores se realiza a partir del uso de narrativas, películas o comics como herramientas para el contenido fuente, los cuales suelen derivarse de experiencias cotidianas o son formulados como acontecimientos de ficción. Este episodio, como es llamado, sirve como punto de referencia para anclar los contenidos blancos, que representan los temas epistemológicos seleccionados para la formación de los profesores.

A lo descrito se suman unas condiciones mínimas para implementar de forma explícita la NOS en la práctica profesional del profesorado, a saber: 1) ser una reflexión epistemológica enmarcada en una narrativa de tipo histórica desde una perspectiva del racionalismo moderado, 2) velar por la construcción de una imagen de ciencia realista y racionalista moderada que exalte los logros de las ciencias naturales, pero que también explicita sus obstáculos y los aspectos internos y externos a las comunidades científicas, y 3) la sincronización de los contenidos disciplinarios, pedagógicos y didácticos que los profesores reciben tanto en su formación como en su práctica docente. La figura 5 representa tales condiciones.

**Figura 5.** Modelo generativo expandido



Nota: La figura es una interpretación de la autora y se establecen relaciones entre diferentes elementos.

Continuando con las reflexiones del autor, y teniendo en cuenta la importancia que atribuye al componente metacientífico en el CPP, así como para explicitar los tres elementos fundamentales de la NOS (epistemología, historia y sociología), se destaca que según él es

necesario abordar algunas preguntas fundamentales que permitirán reflexionar sobre una NOS más adecuada a los contextos formativos:

¿qué relación existe entre realidad y predicación? (en el campo de correspondencia y racionalidad), ¿cómo cambian las ciencias en el tiempo? (en el campo de evolución y juicio), ¿qué distingue la ciencia de otros tipos de conocimiento y actividad? (en el campo de estructura y demarcación), ¿qué relaciones pueden establecerse entre la ciencia y otras manifestaciones culturales? (en el campo de contextos y valores), ¿cómo se hace para validar el conocimiento científico? (en el campo de intervención y metodologías)” (Adúriz-Bravo, 2005, p. 8).

Para cerrar las contribuciones de este autor, se explicita que su significación de la NOS está asociada al conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica. Esta definición resuelve algunas discusiones asociadas a la acepción misma del concepto, en tanto reconoce que la NOS se sitúa en el ámbito de las metaciencias y que es posible ser discutida en el contexto educativo. Además, la perspectiva del autor no distingue rigurosamente entre las distintas fuentes desde donde se pueden retomar elementos y reflexiones para enseñar la NOS, ya que estas pueden provenir de la epistemología, la historia o la sociología de la ciencia, disciplinas cuya delimitación es debatida incluso entre sus expertos. Por último, permite destacar su faceta educativa haciendo referencia a adaptaciones didácticas prácticas para los profesores de ciencias.

De acuerdo con las propuestas de Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016a), la

NdC<sup>4</sup> puede definirse como un metaconocimiento sobre la ciencia (i.e., qué es la ciencia, cómo se origina y desarrolla, cuáles son sus límites, etc.), que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia (p. 244).

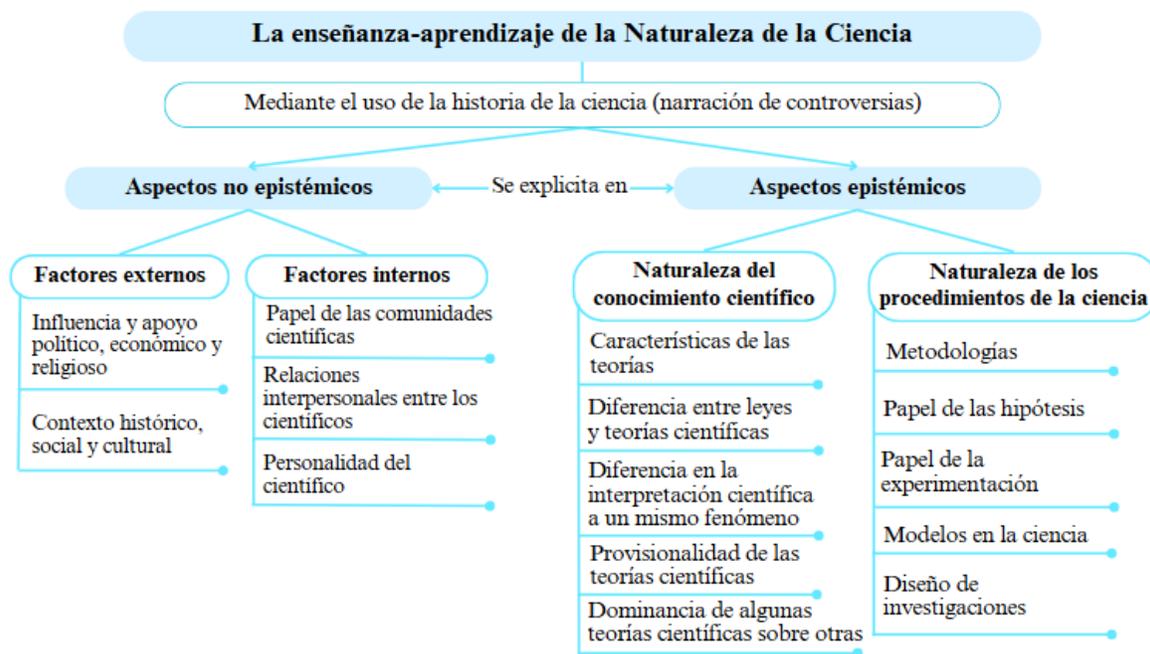
---

<sup>4</sup> En la literatura es posible identificar dos posibles acrónimos para el concepto de Naturaleza de la Ciencia; Acevedo y García-Carmona utilizan la abreviatura NdC, mientras que Lederman, McComas, Adúriz-Bravo y Hodson utilizan la abreviatura NOS. El presente trabajo utilizará la segunda, pero al referenciar la perspectiva de los primeros se respetará la denominación de origen.

En la misma línea, Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016a) mencionan que la NdC “trata de todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma particular de construcción de conocimiento sobre el mundo físico o natural” (p. 9), y su comprensión es regularmente la que las personas usan para valorar cuestiones públicas que involucran ciencia y tecnología.

Adicionalmente, mencionan que la comprensión de la NOS requiere de cuatro áreas: 1) epistemología de la ciencia, 2) interacciones entre ciencia y tecnología, 3) sociología interna de la ciencia, y 4) sociología externa de la ciencia. En su propuesta, los autores clasifican estas áreas en dos dimensiones constitutivas de la NOS, denominadas aspectos epistémicos y no-epistémicos. Los aspectos epistémicos están referidos tanto a la naturaleza del conocimiento científico, como a la naturaleza de los procedimientos de la ciencia. Los aspectos no epistémicos, por su parte, son aquellos asociados a factores internos y externos a la comunidad científica. A continuación, en la Figura 6, se describen algunos de los elementos que se proponen analizar en ambos aspectos.

**Figura 6.** Elementos constitutivos de la NOS.



Para los autores, a través de la HC es posible abordar y discutir tanto asuntos epistemológicos como cuestiones sociológicas y ontológicas. Resaltan, en particular, la historia narrada a través de controversias científicas, en la medida en que la consideran un potente recurso para discutir asuntos asociados a la NOS desde un enfoque explícito y reflexivo, destacando como características que deben tener dichas narraciones de tipo histórico que estas deben: 1) ser adaptadas del contexto fuente al de origen; 2) salvaguardar la fidelidad del relato fuente, es decir, conservar la naturaleza conceptual de la discusión; y 3) explicitar una perspectiva humanista de la ciencia, donde se exponga la ciencia en un contexto socio-cultural. Los autores profundizan su uso en contextos de formación de profesores de básica secundaria a partir de ciertas controversias científicas paradigmáticas, ejemplificando su puesta en escena a través de tres momentos: lectura inicial de la controversia por equipos de trabajo, donde se proponen unas preguntas dinamizadoras; posteriormente, discusión de las preguntas y, por último, una segunda revisión de estas.

Otro elemento que caracteriza a los autores es su propuesta del enfoque didáctico a través del cual se presentan dichas controversias científicas. El mencionado enfoque plantea incluir explícitamente prácticas de aula que se asemejen al trabajo realizado por los científicos y científicas, resaltando así una ciencia escolar en la que es posible aprender haciendo ciencia. Amparados en esta premisa, estos autores proponen el Enfoque Didáctico Basado en Prácticas Científicas que consiste en una apuesta didáctica conformada por cuatro elementos: transposición didáctica, objetivos de aprendizaje claramente identificados, actividades de enseñanza *ad hoc* y evaluación. Según ellos, estos elementos permiten discutir elementos sobre la NOS de una forma más cercana para las personas que no están formadas en filosofía o historia de las ciencias, constituyéndose en un aporte valioso a la formación de los estudiantes en temas de ciencias y tecnología, el cual, a su vez, podría constituirse en una alternativa para el desarrollo del CPP.

Con lo dicho hasta aquí, y para cerrar este primer apartado, se hace necesario discutir puntualmente cuál es la relación que se teje entre la NOS y la formación del profesorado. Aunque la presente propuesta no tiene como propósito desarrollar asuntos asociados con la línea de investigación de formación de los docentes, sí se retoman algunas de sus perspectivas

y presupuestos que permiten establecer relaciones con los elementos que se vienen discutiendo a propósito de la NOS.

En este orden de consideraciones, varios autores resaltan que los docentes de ciencias actúan y condicionan el desarrollo de su docencia según las concepciones que tienen sobre la NOS (Hodson, 2003; Aduriz-Bravo, 2005; Oliva-Martínez y Acevedo-Díaz, 2005; Romero et al., 2016; Amador-Rodríguez y Adúriz-Bravo, 2017). En este mismo sentido, Tamayo et al. (2010) expresan que el pensamiento de los profesores con respecto a la NOS podría agruparse en seis enfoques o énfasis epistemológicos, a saber: el teórico, el empírico, el anticientífico, el cientificista, el cultural y el equilibrado; dichos enfoques tendrán una importante repercusión en su ejercicio docente.

El énfasis teórico es aquel desde el cual se considera que la teoría precede a las diversas propuestas de investigación científica, las cuales se enmarcan en los desarrollos teóricos que las permiten, las restringen y les otorgan significado; en el sentido de que nutre y da forma a los nuevos proyectos, los cuales no podrían surgir sin su fundamento. Desde este énfasis, la teoría se entiende como fundamental en el desarrollo de nuevo conocimiento.

Un docente que presente una visión epistemológica de este tipo, orientará su ejercicio didáctico en esta misma línea: presentará, en los procesos de construcción de conocimiento científico escolar, las teorías como el cuerpo y conocimientos que, si bien han sido construidas por los científicos, se asumen como robustas, ya terminadas, y cumpliendo una función orientadora en las nuevas observaciones; por consiguiente, los estudiantes tendrán que aprender casi al pie de la letra esas “verdades” dispuestas por los científicos. Desde esta perspectiva, el conocimiento teórico se obtenía a partir de la experimentación rigurosa, siendo la ciencia, según Izquierdo (2007), un “conjunto organizado y validado de conocimientos que explican cómo es el mundo en que vivimos” (p. 39). Según esta autora, dicho modelo de ciencia aún perdura y se conoce como “concepción heredada” (p. 32).

El énfasis empírico, por su parte, pone el foco de atención en la observación, asumiendo que esta desempeña un papel fundamental para todas las ciencias. Desde esta

perspectiva epistemológica, se resalta la percepción como acción mediada por los órganos sensoriales, en el sentido de que son la vía exclusiva que nos brinda información sobre el mundo y los acontecimientos que ocurren en él. Así, captamos la realidad a través de nuestros sistemas sensoriales, a partir de los cuales generamos nuestras primeras impresiones, esquemas mentales y, en general, nuestras primeras representaciones del mundo.

Izquierdo (2000) sostiene que el modelo predominante de la ciencia a mediados del XX privilegiaba el método científico como recurso verificador del conocimiento. De este modo, se establecen relaciones de esta visión sobre la ciencia con el papel que juega la experimentación en la construcción del conocimiento; en consecuencia, es posible afirmar que este modelo de racionalidad científica presentaba la experimentación y la teoría de forma separada, siendo la experimentación subsidiaria de la teoría. En este sentido, al reconocer que la ciencia no opera de esta forma se “evolucionó hacia la aceptación de que la experimentación y la teoría se condicionan de tal modo que resultan difícilmente separables” (p. 33).

El énfasis anticientífico, como tercera perspectiva epistemológica, es aquel a través del cual se reconoce que la constante evolución de la ciencia puede generar una percepción de poca fiabilidad en sus resultados, lo que podría contribuir a la idea de una cierta falta de confianza en la disciplina. Esta incertidumbre sobre el papel de la ciencia y la falta de confiabilidad en sus productos contribuye a la caracterización de un enfoque anticientífico que se refuerza con el consenso entre los profesores sobre la necesidad de reenfocar el gasto en ciencia y tecnología hacia cuestiones de salud y educación. Además, se observan ciertas preocupaciones con respecto a cómo los avances en ciencia y tecnología pueden impactar en la transformación de los valores de la sociedad. En resumen, la percepción de la falta de fiabilidad en la ciencia, las motivaciones de los científicos centradas en el reconocimiento social y la posible falta de valor práctico de su labor, así como la necesidad percibida de redirigir los recursos de investigación, contribuyen a la tendencia anticientífica dentro del colectivo de docentes.

El énfasis científicista, como cuarta perspectiva, sobrevalora los procesos y formas de construcción del conocimiento científico con respecto a las otras áreas (identificado con el llamado método científico), asociado a una falta de reconocimiento hacia la posibilidad de emplear diversas metodologías de investigación. Este fuerte énfasis en el método científico se relaciona estrechamente con la reconocida influencia de la ciencia en la mejora de la calidad de vida; a su vez, este resalta la existencia de cierta relatividad en cuanto a la supremacía del conocimiento científico frente a otros tipos de saberes.

El énfasis cultural reconoce los aportes de diversas culturas al progreso de la ciencia y la tecnología, así como la estrecha relación entre estas dimensiones con los factores históricos y políticos, así como la influencia de la financiación en los resultados de la investigación. Antes de Kuhn, la filosofía de la ciencia estaba influenciada por el empirismo lógico, que enfatizaba la distinción entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación, centrándose en este último. Este enfoque internalista, predominante en la primera mitad del siglo XX, descuidaba el contexto en el que surgían las ideas científicas (contexto de descubrimiento); el enfoque paradigmático y revolucionario de Kuhn introdujo un cambio significativo al trasladar el énfasis del contexto de justificación al de descubrimiento.

Este cambio generó controversia entre los filósofos e historiadores de la ciencia: algunos adoptaron y aplicaron el enfoque kuhniano, mientras que otros lo criticaron por introducir relativismos e irracionalidades. La insatisfacción con esta perspectiva condujo a la filosofía postkuhniana, que se preocupaba por reconciliar la teoría científica con la práctica científica. El hecho de que los profesores no reconozcan plenamente la influencia de los aspectos sociales en la actividad científica los sitúa en una perspectiva prekuhniana más inclinada hacia el contexto de justificación que hacia el de descubrimiento, lo que implica un desconocimiento del impacto social en la labor investigadora.

Por último, en el énfasis equilibrado, a través del cual se admite que la ciencia es uno de los medios para comprender la naturaleza, donde la subjetividad desempeña un papel crucial, se valora la relevancia de la investigación sobre las tradiciones históricas en todos

los ámbitos, así como el impacto de la ciencia tanto en el avance humano como en el deterioro de las condiciones naturales, sociales y culturales. Además, se reconoce la interacción recíproca entre las observaciones y las teorías en el proceso de construcción del conocimiento científico.

Continuando con Tamayo et. al (2010), al realizar ejercicios de clasificación sobre las tendencias que podrían tener los docentes, es posible afirmar que un docente no presenta usualmente un único énfasis; en efecto, pueden coexistir varios de ellos en ocasiones e, inclusive, puede presentarse coexistencia de modelos aparentemente contradictorios. A partir de algunos estudios realizados, los autores concluyen que es posible identificar tres modelos de pensamiento de los docentes en torno al concepto Naturaleza de la Ciencia: 1) docentes que están de acuerdo con todas las perspectivas epistemológicas; 2) docentes que no concuerdan con las perspectivas epistemológicas y 3) docentes con una coexistencia entre los énfasis teórico, empírico y equilibrado.

Complementariamente a lo discutido, desde una perspectiva integral del CPP, es esencial reconocer la importancia de la interconexión de los tres niveles: el disciplinar, el epistemológico y el didáctico. En primer lugar, en el nivel disciplinar, se valora la comprensión profunda de las disciplinas específicas que los docentes enseñan. Esto implica no solo dominar el contenido, sino también comprender su estructura conceptual y sus conexiones con otras áreas del conocimiento. Es por ello por lo que la forma en la cual los profesores comprenden cómo se construye y consolida el conocimiento desde cada énfasis, influirá en la forma como enseñe su campo disciplinar.

En segundo lugar, a nivel epistemológico, se reconoce la importancia de comprender cómo se produce y valida el conocimiento en cada disciplina. Los docentes deben estar familiarizados con las formas en las cuales se generan las teorías, se llevan a cabo las investigaciones y se establecen las evidencias en su campo de estudio. En este sentido, si el profesor está posicionado en una visión científicista, por ejemplo, orientará sus ejercicios de aula exclusivamente desde el método científico, presentando una visión teoreticista del conocimiento. Por el contrario, si está ubicado desde un énfasis equilibrado, el docente podría

transformar ese conocimiento disciplinar y epistemológico en experiencias de aprendizaje significativas para los estudiantes, en las que se reconozcan las tradiciones históricas, el impacto que puede tener la ciencia en el deterioro de las condiciones naturales, sociales y culturales, además de reconocer la interacción recíproca entre las observaciones y las teorías en el proceso de construcción del conocimiento científico.

Desde esta última idea, se podría decir que las reflexiones sobre la NOS, discutidas a través de ECH, pueden configurarse en una alternativa para identificar posibles rutas de trabajo con una visión más holística sobre ¿qué es la ciencia?, ¿cómo se elabora?, ¿qué diferencias tiene con otras formas de conocimiento?, ¿qué valores se sustentan en la ciencia en un determinado contexto?

Tras abordar la importancia de la NOS y discutir su influencia en la formación docente, es fundamental clarificar los conceptos esenciales que la autora considera pertinentes y los cuales guiarán esta investigación. Como se ha mencionado previamente, al ser este un ejercicio de tipo exploratorio se hace necesario establecer un vínculo entre las teorías inscritas en el campo de interés y la complejidad del entorno educativo colombiano. Es así como, a continuación, se recogen algunas ideas claves y se toma postura con relación a las expuestas anteriormente.

1. La NOS es la interrelación entre las metaciencias, en particular la filosofía, la epistemología, la sociología y la historia.
2. La HC se configura en un recurso de gran valor para la formación del profesorado en discusiones sobre la NOS, ya que permite presentar de forma directa cómo la ciencia cambia a través del tiempo desde una perspectiva equilibrada.
3. La propuesta de García-Carmona para enseñar asuntos sobre la NOS se presenta como un enfoque interesante para los contextos educativos en Colombia. No obstante, es importante señalar que el concepto de "no-epistémico", tal como lo describen los autores, podría generar confusiones en ámbitos académicos. Esto se debe a que los elementos internos y externos de la sociología de las ciencias mencionados por los autores dentro de esta categoría también influyen en la forma

como se configura y construye el conocimiento científico en sí mismo (también permite discutir sobre qué es la ciencia), por lo que la palabra “no” podría interpretarse en relación con que los mencionados aspectos no influyen en la forma en la cual la ciencia se elabora. Es por lo anterior que en el presente trabajo se adoptarán para la enseñanza de la NOS dos dimensiones no excluyentes entre sí: una de énfasis epistemológico, subdividida en naturaleza de los procedimientos y naturaleza del conocimiento, y otra de énfasis socio-epistemológico, asociada a factores internos y externos de la ciencia que permiten describir de forma explícita cómo la ciencia influye en la sociedad y en la cultura.

4. Las discusiones surgidas de la NOS pueden contribuir al CPP, desde diferentes frentes. Es así como, discutir elementos socio-epistemológicos, en particular desde la biología, se configura en un campo fértil para la formación de profesores de ciencias de básica primaria en temas disciplinares. Estas mismas reflexiones socio-epistemológicas pueden contribuir a la formación didáctica de profesores en formación.

### **3.2 Los usos de la HC para la enseñanza de las ciencias y la formación de docentes**

Para iniciar este apartado se retoman algunos autores clásicos como Duschl (1997; 2006; 2007) y Matthews (1994) que reflexionan sobre los usos que se le pueden dar a la historia y a la filosofía de las ciencias (HFC) para la enseñanza. Ambos autores concuerdan en que existe una marcada tendencia hacia el analfabetismo científico en las escuelas; derivado de esta situación. Así mismo, confluyen en considerar estas disciplinas como un recurso para atender a las nuevas demandas en términos de formación de profesores y estudiantes.

Si bien la HFC no tiene todas las soluciones a través de su inclusión en la enseñanza, pueden humanizar las ciencias y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos; pueden hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando así las capacidades del pensamiento crítico; pueden contribuir a una

comprensión mayor de los contenidos científicos; pueden contribuir un poco a superar el «mar de sinsentidos» (Matthews, 1994, p. 256).

Así mismo, Duschl (1997), esta díada permite identificar tres aspectos sobre la NOS que guardan relación con lo que se viene discutiendo:

- “Los patrones utilizados para evaluar la idoneidad de las teorías y las explicaciones científicas pueden cambiar de una generación de científicos a otra.
- Los patrones utilizados para juzgar las teorías en una época no son mejores ni más correctos que los utilizados en otro momento.
- Los patrones utilizados para evaluar las explicaciones científicas están estrechamente ligados las creencias vigentes en cada momento en la comunidad científica”. (p. 22)

Otros autores continúan en esta línea destacando que, en la enseñanza, la HC proporciona contextos, permite reconocer las ideas de los estudiantes y su relación (en ocasiones similar) con la génesis de algunos conceptos, ilustra asuntos asociados a la NOS, invita a leer narraciones de los científicos, inspira nuevas estrategias de presentar temas complejos y sugiere preguntas desafiantes (Izquierdo et al., 2016).

Según Adúriz-Bravo et al. (2002), las investigaciones en didáctica tienen una tendencia de innovación, ya que se realizan reflexiones sobre procedimientos diferentes con un fin formativo. Por esta razón, los trabajos que vinculan asuntos relacionados con la HFC son un campo rico para continuar explorando particularidades según los contextos; de allí radica un valor importante de esta investigación, al realizar una vinculación de los asuntos discutidos hasta aquí en la enseñanza de las ciencias en BP y vislumbrar un potencial para la formación de docentes.

### ***3.2.1. HC en contextos escolares: tipos e implicaciones para la Enseñanza de las Ciencias***

La HC provee lo que se denomina una "contextualización" para las concepciones epistemológicas. La epistemología necesita aplicarse a contenidos científicos, y la narración de la ciencia es una fuente inagotable de ejemplos paradigmáticos de creación de contenidos con diversos niveles de complejidad. Por su parte, la sociología de la ciencia contribuye con una clara advertencia contra el dogmatismo y el cientificismo de las visiones tradicionales sobre la ciencia (Adúriz-Bravo, 2005).

Si bien se señala que la incorporación de la HC favorecería reflexionar sobre algunos desafíos de la enseñanza, no toda perspectiva de la HC posibilita abordar adecuadamente los tres niveles de formación mencionados (i.e. el disciplinar, el epistemológico y el didáctico). En la medida en que existen diversas formas de incorporar la HC a los programas curriculares se presenta, a continuación, una descripción de cuatro perspectivas identificadas por Izquierdo et al. (2016), sus implicaciones para la enseñanza; y, posteriormente, se realiza una descripción de una quinta perspectiva propuesta por la autora.

La historia de tipo **anacrónica** interpreta los hechos históricos a la luz de las construcciones conceptuales actuales. Las limitantes de esta perspectiva radican en que deja de lado elementos asociados a procesos de consenso y disenso, presentando la ciencia como producto inequívoco, objetivo y con tendencias al progreso. Desdibujando el trabajo de algunos grupos minoritarios dedicados a la ciencia. Un ejemplo que permite ilustrar esta situación es el señalamiento despectivo sobre los aportes de Lamarck a la comprensión del concepto de evolución, evaluando sus ideas como erradas a la luz de los estudios genéticos actuales. Una enseñanza que incorpore elementos históricos de este tipo genera una imagen de ciencia limitada y se configura como un imaginario de las dinámicas científicas excluyente –las mujeres, por ejemplo, no pueden hacer parte de la actividad científica- de verdad absoluta y que niega la posibilidad de identificar los errores como algo común en la investigación científica.

**La historia hagiográfica**, por su parte, se caracteriza por seleccionar personajes históricos que enaltecen desmedidamente –héroes históricos- dejando de lado el papel de las comunidades científicas que dinamizan los procesos de construcción de conocimiento y el papel cultural de la ciencia. Una enseñanza que incorpore esta perspectiva desdibuja el trabajo en equipo, la importancia del lenguaje en los procesos de validación del conocimiento y la cultura como un elemento trascendental en el desarrollo de la ciencia. Un ejemplo referido al concepto de lo vivo puede ser lo referido a los aportes de Watson y Crick a la comprensión de lo vivo a partir de la cualidad de replicarse gracias a moléculas que contienen información genética (ADN), dejando de lado los aportes de otras científicas como Rosalind Franklin.

**La historiografía diacrónica** hace referencia a aquella forma particular de narrar los hechos con una visión del presente sin desmeritar los aportes del pasado. Un historiador de este tipo organiza los eventos que considera relevantes a lo largo del tiempo. Una enseñanza permeada por esta perspectiva tiene una tendencia a presentar de forma cronológica datos y personajes hasta llegar a la perspectiva vigente actual. Un ejemplo relacionado al concepto de lo vivo es presentar de forma lineal épocas y personajes en términos de las diferentes corrientes de pensamiento que se presentaron a lo largo de la historia (mecanicismo, vitalismo, organicismo, el pensamiento sistémico y el neomecanismo). Si bien se mencionan perspectivas pasadas, estas se organizan de tal forma que su cambio en el tiempo se asume con una consecuencia lógica y necesaria hasta llegar a las perspectivas actuales.

**La historia recurrente o historia sancionada** relata un hecho del pasado a la luz de los valores de la ciencia actual. Esta perspectiva presenta una historia positiva, ya que solo narra las construcciones conceptuales que llegan a feliz término y, por el contrario, anula o invisibiliza aquellos aportes que no fueron “exitosos” al interior de las comunidades científicas. Una enseñanza que incorpore esta perspectiva presentaría el desarrollo de la ciencia con tendencias de perfección donde no tienen espacio el error o posturas diferentes para un mismo fenómeno. Un ejemplo de esta situación desde el concepto de lo vivo es presentar a Pasteur como el vencedor sobre Pouchet en la discusión sostenida alrededor del

origen de la vida, a pesar de que este último presentaba procedimientos experimentales minuciosos y muy descriptivos que estaban a favor de la generación espontánea.

La presente investigación pretende incorporar “hechos históricos” tratando de reconstruir algo que ocurrió en un contexto cultural y con unas dinámicas sociales que demandaban el estudio de algunos fenómenos problemáticos para una época. Si bien es claro que los maestros no son historiadores, sí pueden reconstruir hechos ya documentados con una finalidad didáctica. A este respecto, Izquierdo et al. (2016) expresan que:

El ‘hecho histórico’ que vayamos a escoger no ha de ser explicado de manera anacrónica, pero siempre será una reconstrucción de algo que pasó en una época determinada y en unas circunstancias concretas. Nos narra algún aspecto relevante de la actividad científica: sobre conceptos y problemas, sobre maneras de hacer, sobre lenguajes que parecen relevantes al historiador. Pero ahora debemos reconstruirlo con una finalidad didáctica; la historia de la que nos ocupamos ha de tener interés para el aprendizaje de nuestros alumnos de conceptos, de maneras de actuar y de nuevos lenguajes (p. 34).

A partir de las reflexiones descritas, la tendencia que se privilegia en esta investigación se dirige a una “buena historia” que posibilite articular de forma equilibrada aspectos de la HC desde una postura reflexiva y con elementos didácticos, que pone de manifiesto una intención pedagógica, sin incurrir en las cuatro perspectivas descritas anteriormente. Es en este punto, donde se hace necesario explicitar la importancia de la didactología de las ciencias, entendida esta como la ciencia que diseña actuaciones docentes que tienen impacto en la escuela y la transforman moderadamente (Estany e Izquierdo-Aymerich, 2002; García y Estany, 2010). Dicha línea de estudio invita a los maestros a

diseñar actividades docentes que comuniquen a los alumnos que la ciencia ‘es futuro’ y que los profesores les invitamos a compartir la aventura de ‘hacer ciencia’, interviniendo en él como lo hicieron antes de nosotros muchos otros hombres y mujeres (Izquierdo et al. 2016, p. 14).

Descrito lo anterior, se hace necesario presentar una quinta propuesta, denominada **historia sociocultural**. Desde esta perspectiva se asume una historicidad de las ciencias; para ello, se seleccionan algunos sucesos que por su relevancia requieren ser contados y se constituyen en un hecho revolucionario y trascendental para la comprensión de la génesis y el desarrollo de las perspectivas científicas, retomando los aportes de los diferentes pensadores y de los contextos donde tuvieron lugar. La historia desde esta mirada podría proporcionar contextos, reconocer las ideas de los estudiantes, así como posibilita pensar nuevas estrategias para presentar temas complejos, sugerir preguntas desafiantes y, sobre todo, generar reflexiones sobre asuntos asociados a la NOS. Dichos episodios deben ser recontextualizados para el nivel educativo de origen, siendo para los niveles de BP un recurso valioso el uso de caricaturas o relatos cortos con elementos claves y con un lenguaje cercano a los estudiantes. Los estudiantes de este nivel requieren un apoyo visual y elementos concretos que les permita construir conocimiento de forma más cercana a su realidad.

Un ejemplo relacionado con la noción de ser vivo desde esta perspectiva es mostrar la discusión acaecida entre Pasteur y Pouchet, dando énfasis a la provisionalidad de las teorías científicas, la importancia del diseño de investigaciones y los resultados experimentales para la construcción del conocimiento. De forma paralela, puede permitir observar, a través suyo, el papel de la comunidad científica en la elección de teorías rivales, la competencia presente en el mundo científico y la influencia que tiene el contexto histórico, social y cultural en las ciencias.

En el contexto de la enseñanza de las ciencias en básica primaria, el CPP podría beneficiarse al tener espacios de formación que incorporen asuntos sobre la HC en la medida en que esta disciplina les brinda a los docentes herramientas sobre su conocimiento profesional, proporciona contextos, le permite a los docentes reconocer las ideas de sus estudiantes, posibilita pensar nuevas estrategias para presentar temas complejos en los grados iniciales, sugiere preguntas desafiantes y, sobre todo, permite la reflexión sobre asuntos metacientíficos que incorporen la recontextualización de ECH relacionados con una experimentación de tipo socio-epistemológico. Es a través de las discusiones de historias

paradigmáticas que han tenido lugar en las ciencias y su relación con la manipulación de instrumentos para la comprensión de fenómenos biológicos que se hace posible enseñar cómo trabajar en distintas prácticas que son prototípicas del trabajo científico.

### ***3.2.2. ECH y su recontextualización para la enseñanza de las ciencias***

Como se indicó anteriormente, la HC es una forma de discutir elementos asociados a la NOS. Autores como Acevedo et al. (2017) proponen que dentro de las estrategias más utilizadas para la enseñanza de la NOS se encuentran las indagaciones científicas, el análisis de casos actuales sobre sociología de la ciencia, lectura crítica y reflexiva de noticias científicas y el uso de la HC. Tal como se señaló en el numeral anterior, la HC se configura como un elemento relevante en esta investigación. Sin embargo, la misma forma de acceder a la HC tiene diversas propuestas, siendo todas ellas un aporte significativo a la didáctica de las ciencias.

Una forma de enseñar asuntos sobre la NOS con apoyo de las HC son los denominados Episodios Científicos Históricos (ECH). Estos se definen como aquellos fragmentos de narrativas científicas que corresponden a hitos sobre el desarrollo de las ciencias, y que por su relevancia requieren ser discutidos y reevaluados. Estos se configuran en un evento o serie de eventos de un relato más amplio y que ocurren en un periodo determinado. Un ECH puede ser una controversia científica, un fragmento de una obra de primera fuente, la biografía de un científico(a) o un experimento paradigmático; todos ellos acontecimientos que fueron relevantes para la génesis o construcción del conocimiento científico.

Los ECH presentan una temporalidad y contexto particular, es decir, es necesario que se explicita el marco histórico en donde tienen lugar, respondiendo a las preguntas: ¿cuándo sucedieron los hechos?, ¿qué momento vivía la humanidad?, ¿qué ideas políticas, filosóficas, económicas o religiosas predominaban?

Tal y como se describió en la historia de tipo sociocultural, es necesario reconocer el contexto social y cultural donde se llevan a cabo los hechos narrados. Estos factores se configuran en elementos socio-epistemológicos de las ciencias que tienen gran relevancia para el desarrollo del conocimiento. Un ejemplo asociado a este asunto podría ser el resurgimiento de la abolida generación espontánea como explicación al origen de la vida en la Tierra por Oparin en 1929. El científico pudo presentar sus ideas sobre una nueva versión de la refutada generación espontánea sin temor a señalamientos de tipo religioso, puesto que vivía para esta fecha en una nación (Unión Soviética) oficialmente atea, lo que le permitió retomar las ideas sobre esta perspectiva con un nuevo énfasis a partir de procesos químicos y metabólicos; no obstante, en su fundamento plantea que el inicio de la vida en la Tierra se dio a partir de materia inanimada.

Así mismo, los ECH incluyen unos personajes con diferentes roles en la trama histórica. A través de esta particularidad es posible reconocer elementos propios de la NOS como el papel de las comunidades científicas. Así como también de forma explícita se puede identificar el carácter humano de la ciencia a través de personalidades, rivalidades, intereses y asociaciones entre los científicos. Siguiendo con el ejemplo sobre la explicación del origen de la vida y la disputa acaecida entre dos científicos como Pouchet y Pasteur, es posible identificar una clara inclinación de la comunidad científica hacia las ideas de Pasteur, además de reconocer que este tenía grandes habilidades oratorias por encima del veterano Pouchet.

Como se ha explicado, los ECH se caracterizan por su relevancia o consecuencias significativas en la historia a través de un evento o serie de eventos con una importancia significativa que, al ser estudiados, proporcionan comprensión sobre el desarrollo y las transformaciones dentro de un contexto histórico mayor.

Si bien autores como Dascal (1998) exploran las controversias como una forma de acceder a la HC, tres de las cinco características que él propone para estas controversias se ajustan a los ECH. Dascal señala que las controversias científicas se distinguen por: 1) sus cambios temáticos, 2) preguntas generalizadas, 3) inquietudes hermenéuticas, 4) clausura indeterminada y 5) estructura flexible. Con relación a la primera, un ECH puede discutirse

desde diferentes campos de la ciencia. El ECH seleccionado tendría la versatilidad de ser abordado desde diferentes disciplinas y el autor de la selección de la narrativa puede poner el énfasis epistemológico según sus intereses didácticos. Para esta investigación se han seleccionado dos ECH asociados a la biología y, de forma particular, vinculados con algunas características de los SV. Estos ECH se desarrollarán con detalle más adelante.

Por su parte, la segunda permite realizar preguntas asociadas a elementos epistémicos. Siguiendo con el ejemplo sobre los SV, algunas preguntas de corte socio-epistemológico serían ¿qué características me permiten reconocer que estoy frente a un ser vivo?, ¿es la vida un género natural?, ¿es posible admitir un origen de la vida a partir de la generación espontánea?, ¿son el metabolismo y la reproducción cualidades mutuamente excluyentes para definir los SV?, ¿qué metodologías son utilizadas para el reconocimiento de la perspectiva informacional o autoorganizativa? Así mismo, es posible realizar preguntas de tipo sociológicas, tales como: ¿qué valores, intereses o principios se encuentran asociados a la comprensión de los SV?, ¿qué esferas sociales influyen en la toma de posición de teorías rivales para la comprensión de la vida en la tierra?

La tercera característica permite discutir sobre los hechos y las interpretaciones que se derivan de estas controversias y deja explicitar las preocupaciones o cuestiones relacionadas con la interpretación y el significado que los diferentes grupos sociales pueden dar frente a un mismo fenómeno. Estas inquietudes hermenéuticas implican preguntas, reflexiones o debates sobre cómo interpretamos los hechos, sus tradiciones o aspectos culturales con el propósito de tener una comprensión más profunda y precisa del conocimiento.

Los ECH se constituyen en una forma de presentar la historicidad de las ciencias, es a través de la tensión de una discusión en foros oficiales (grupos académicos, revistas investigativas) u oficiosos (prensa general, debates públicos, tribunales) donde se presentan la confrontación de argumentos, de experimentos cruciales y de narrativas escritas por los propios científicos. Los argumentos que se exponen en estas narrativas hacen parte del juego

de la retórica donde cada uno de los participantes debe hacer uso de sus mejores estrategias para presentar sus premisas.

Con todo lo dicho hasta aquí, se hace necesario definir cómo esos ECH pueden ser utilizados para los contextos educativos y para la formación docente. Es importante aclarar que en esta investigación se reconoce que la forma en que se utilizan los ECH para la enseñanza en diferentes niveles educativos no es similar a los utilizados para la formación docente, ya que ambas poblaciones exhiben características particulares. Sin embargo, se aplica el concepto de recontextualización como un ejercicio que posibilita adecuar los ECH a la población con la que se quiere trabajar. Para ello, se traen a colación las ideas de Bernstein y Díaz (1985), quienes proponen que la recontextualización es “el movimiento de los textos, prácticas del contexto primario de producción discursiva al contexto secundario de reproducción discursiva” (p. 43).

El contexto primario, en esta investigación se refiere a aquellos eventos, o serie de eventos, narrados por historiadores, textos de primera fuente, descripciones de experimentos paradigmáticos, entre otros. El contexto secundario, por su parte, está conformado por los entornos educativos. Siguiendo con los autores, la recontextualización se realiza en un entorno particular conocido como "contexto de recontextualización", el cual organiza un campo o parte de él, en el cual las posiciones, actores y métodos regulan cómo los textos se transmiten entre el contexto original y el contexto educativo. Estos textos creados incluyen elementos, temas, declaraciones y teorías que han sido previamente identificados con una intención pedagógica; es por ello por lo que deben guardar relación con las normas técnicas curriculares donde se estén utilizando.

Como una forma de atender a la mencionada recontextualización de los ECH que incluya elementos asociados a la experimentación, se retoman las reflexiones de Romero et al. (2016), quienes proponen la selección y estudio de algunos ECH problematizados y abordados en la enseñanza a la luz de ciertos contextos de análisis, a saber: el contexto disciplinar, el contexto metacientífico y el contexto pedagógico. Los ECH seleccionados en esta investigación corresponden a fragmentos de narrativas científicas, cuyo contenido está

en estrecha relación con la temática objeto de investigación, es decir, la noción de ser vivo y su relación con la experimentación.

Como se resalta en Romero et al. (2016), el abordaje de las narrativas científicas seleccionadas toma como referente el uso de los estudios histórico-críticos de las ciencias en la enseñanza. De acuerdo con Romero y Aguilar (2013), el propósito de esta clase de estudios no es develar el significado de un referente (concepto, principio o teoría), como si dicho significado fuese intrínseco a él. Tampoco consiste en encontrar lo que ciertos personajes representativos (científicos) concebían acerca de fenómenos o problemáticas particulares, ni de hacer seguimientos cronológicos de la evolución de un concepto específico o de esclarecer los obstáculos por los cuales diferentes teorías han tenido dificultades en ser transmitidas o comprendidas. Por el contrario, con ellos se pretende establecer una relación dialógica con los autores por medio del análisis de sus narrativas, con miras a construir estructuraciones particulares de la clase de fenómenos abordados y nuevas formas de ver el mundo, que permitan ver viejos problemas con nuevos ojos.

Los contextos de análisis a través de los cuales los ECH son abordados corresponden a las diferentes dimensiones en las que tales ECH seleccionados pueden ser abordados en las clases de ciencias y en la formación de profesores. El contexto disciplinar es la dimensión en la que se analizan los contenidos científicos que presenta el episodio. El contexto metacientífico es aquel en el cual se abordan reflexiones históricas, epistemológicas o sociológicas del episodio. En el contexto pedagógico, por su parte, se reflexiona sobre los saberes didáctico-pedagógicos necesarios para que el profesor adquiriera una visión crítica y transformadora de su práctica educativa. En la Tabla 4, se ejemplifica uno de los episodios históricos abordados en la investigación y las correspondientes temáticas discutidas en los diferentes contextos de análisis.

**Tabla 4.** Elementos necesarios para la recontextualización de episodios históricos

| <b>Episodio Histórico</b>            | <b>Contexto Disciplinar</b>  | <b>Contexto Metacientífico</b>   | <b>Contexto Pedagógico</b>  |
|--------------------------------------|--|--|---|
| Controversia entre Pasteur y Pouchet | Origen de la vida: Biogénesis vs. Abiogénesis. Enfoque informacional y autoorganizativo de los SV. | Asuntos epistémicos: Metodología científica, papel de la experimentación y Características de las teorías científicas. | Reflexión sobre objetivos y propósitos de la experimentación en la clase de ciencias. ¿Qué clase de actividades experimentales en la clase de ciencias?                     |
| Controversia entre Pasteur y Koch    | Origen de las enfermedades infecciosas. Enfoque informacional y autoorganizativo de los SV.        | Asuntos socio-epistémicos: Papel de la comunidad científica y Contexto histórico, social y cultura.                    | La clase de ciencias como escenario de construcción (social) de explicaciones y organización de experiencias sensibles. La HC como insumo para la comprensión de fenómenos. |

Como una característica adicional a las que se vienen discutiendo, emerge una última que se tuvo en cuenta para la selección de los ECH que se utilizaron en esta investigación. Esta característica se encuentra relacionada con la naturaleza de los procedimientos científicos, en particular con la experimentación.

El debate sobre la relación teoría-práctica es antiguo en la filosofía de la ciencia; lo relevante son los nuevos enfoques que han venido surgiendo. Hacking (1996) da un giro en la filosofía de la ciencia clásica al reivindicar el papel del experimento en la práctica científica y señalar que “la filosofía debía empezar a reflexionar sobre lo que comenzó por allá en el siglo XVII. La aventura que entonces se inició, y que puso por base la experimentación, fue llamada filosofía experimental” (p. 52). Retomando estas ideas, Iglesias (2004) hace referencia a la importancia de las prácticas experimentales para mostrar el giro necesario en filosofía de la ciencia y el cambio de la tradicional relación entre teoría y experimento.

La presente investigación retoma los trabajos de Hacking (1996), Ferreirós y Ordoñez (2002), Steinle (1997) e Iglesias (2004), quienes reclaman la necesidad de reflexionar sobre la relación entre teoría y práctica, y proponen cambiar la visión clásica de esta relación,

caracterizada por asumir la experimentación como subsidiaria de las construcciones teóricas, al concebirla como una simple herramienta para corroborar hipótesis o constatar leyes. Dichas reflexiones apuntan a despojarse de una visión teoreticista, entendida como la tendencia, en la dinámica científica, a privilegiar la teoría sobre la experimentación, y pasar a una perspectiva que permita comprender la estrecha relación existente entre teoría y práctica.

Apoyados en esta perspectiva, Ferreirós y Ordóñez (2002) adelantan un análisis atendiendo al rol atribuido a la experimentación en su relación con la dimensión conceptual, así como a la intención y propósito de quienes la utilizan, y proponen una tipología cuadripartita de experimentación. Por una parte, está la distinción entre experimentación cualitativa y experimentación cuantitativa y, de otra parte, la diferenciación entre experimentación exploratoria y experimentación guiada. La primera distinción trata de superar el supuesto según el cual todo el proceso de elaboración de teorías científicas comienza con mediciones y datos cuantitativos precisos. Contrario a esta consideración, los autores señalan que los experimentos cualitativos han sido una parte fundamental de los procesos de formación de conceptos, aspecto indisoluble de los procesos de formación de datos (Steinle, 2002).

La segunda distinción, por su parte, intenta restablecer el desequilibrio de la “carga teórica de la observación”, para dar lugar igualmente a una “carga experimental de la teoría”. Con el término “experimentación guiada” se quiere significar aquellos procedimientos y diseños experimentales previstos y desarrollados en el marco de teorías claramente establecidas. La experimentación exploratoria, por su parte, está principalmente presente en las primeras fases del desarrollo de una ciencia. En la medida en que esta clase de experimentación acontece cuando se está aún lejos de tener conceptos y principios teóricos adecuados y bien desarrollados, su finalidad principal se aboca a la identificación y estabilización de regularidades empíricas en alguna clase particular de fenómenos.

Es precisamente este tipo de experimentación cualitativa exploratoria la que se pone en evidencia en la controversia acaecida entre Pasteur y Pouchet, en la segunda mitad del

siglo XIX, a propósito del origen de la vida. En particular, en esta controversia se evidencia cómo, a partir de la manipulación y exploración de formas diferentes de matraces, es posible hacer modificaciones a sus cuellos obteniendo algunos en forma de cisne, los cuales fueron utilizados para desarrollar los experimentos diseñados. Esta disposición instrumental, que pareciera muy insignificante, evita que microorganismos puedan ingresar y contaminar la muestra, hecho que es un golpe contundente en contra de la perspectiva de la generación espontánea y se constituye en argumento a favor de la idea de Pasteur sobre que lo vivo solo puede provenir de lo vivo.

Aunque en la EC no es posible recrear de forma fiel los experimentos realizados por cada uno de estos científicos (Emden y Gerwing, 2020), la recontextualización de esta controversia en la EBP posibilita diseñar algunas experiencias que se constituyen en un recurso para enseñar diferentes prácticas prototípicas del trabajo científico, al permitir identificar el rol de la experimentación en la comprensión de las características presentes en los SV y reflexionar sobre las condiciones que se podrían generar para evidenciarlas.

Una de las bondades que presenta esta perspectiva en la EC se encuentra referida a la posibilidad que tienen los estudiantes de construir y manipular instrumentos científicos, interpretar de distintas formas las situaciones y visualizar una variedad de respuestas ante un problema o circunstancia. La interacción en la escuela que posibilita esta perspectiva de la experimentación potencializa las relaciones entre docente-estudiante y estudiante-estudiante, situación que favorece el trabajo colaborativo y posibilita una interacción discursiva, así como la co-construcción reflexiva.

Asimismo, la versatilidad de este tipo de experimentación referente a la posibilidad de presentar el material de diversas formas y la diversidad en manipulación de los instrumentos facilita su adaptación a las diferentes formas de aprender de los estudiantes, aspecto que permite la construcción de conocimiento desde la diversidad. En este orden de consideraciones, desde la nueva filosofía experimental se establece un híbrido entre lenguaje y experimentación. La experimentación posibilita la manipulación del fenómeno a través de inferencias, deducciones, explicaciones y el lenguaje como medio-acción para presentar sus

evidencias, elaborar analogías o hipótesis. En este sentido, establecer esta interacción en EBP podría constituirse en un eventual desarrollo de conceptos científicos (Quintanilla, 2017).

### ***3.2.3. Enfoque didáctico basado en prácticas científicas: una adaptación para la enseñanza de las ciencias en contextos colombianos desde la NOS***

García-Carmona (2021) menciona que en los últimos años ha surgido una corriente didáctica que sostiene que una forma de enseñar ciencia es a través de la simulación de la práctica científica, guiado por un ejercicio en el que se pueden reproducir las características de la ciencia, pero en entornos educativos, en un tipo de ciencia escolar. Esta premisa se encuentra en consonancia con los apartados descritos anteriormente, en particular sobre la NOS, debido a que desde esta perspectiva didáctica es necesario “armonizar procesos cognitivos, habilidades procedimentales, así como conocimientos científicos y metacientíficos” (p. 110802). En este sentido, es a través suyo que es posible mostrar lo que hacen las(os) científicas(os) en sus investigaciones.

Continuando con el autor y retomando su postura sobre la significación de la NOS, este considera que para la enseñanza de las llamadas metaciencias en entornos educativos, el enfoque didáctico basado en prácticas científicas resulta una posibilidad fructífera para discutir elementos epistémicos y no-epistémicos. Así, García-Carmona (2021), citando a Pournari (2018) y a Cardoso (2020), menciona que los asuntos epistemológicos se definen como aquello que “se asocia a lo racional y cognitivo; es decir al proceso de justificación de ese conocimiento científico en sí”. Por su parte, lo que define como no-epistémico hace referencia a aquellos asuntos asociados a la sociología que influyen en los procesos de construcción del conocimiento. En la figura 5 se describió con mayor detalle esta distinción. Algunos autores utilizan otras expresiones como dimensión social-institucional (Irzik y Nola, 2014) o dimensión social (Strupe, 2014; Dagher y Erduran, 2016) para nombrar este último elemento.

García-Carmona (2021) hace una amplia crítica a aquellas propuestas didácticas que solo incluyen elementos epistémicos y dejan de lado los elementos no-epistémicos. Sobre

esto, mencionan que las propuestas para enseñar ciencia a través de prácticas científicas, que ignoran su dimensión no epistémica (por ejemplo, NRC 2012<sup>5</sup>), ofrecen una visión limitada del trabajo diverso de los científicos y científicas. Además, consideran que las propuestas que, aunque reconocen la importancia de ciertas prácticas sociales en la construcción de la ciencia, solo se refieren a prácticas epistémicas no facilitan la inclusión de las primeras en el ámbito educativo científico.

Esto se debe a dos razones principales. La primera se da por una cuestión semántica: desde hace años, en la filosofía de la ciencia y también en la didáctica de la ciencia, se utiliza el adjetivo “no epistémico” para referirse a aquellos aspectos de la ciencia que no pertenecen al dominio de lo “epistémico”. Por lo tanto, es difícil entender que las prácticas epistémicas incluyan aspectos no epistémicos. La segunda razón es que no se debe confundir la atención explícita y reflexiva a los aspectos sociológicos de la ciencia con simplemente promover un aprendizaje de la ciencia basado en la interacción social. La participación escolar en prácticas no epistémicas de la ciencia es un asunto más complejo que requiere: (i) la adaptación didáctica de aspectos comunicativos, éticos, organizativos, normativos, económicos, etc., propios de la actividad científica, “i) la transposición didáctica de aspectos comunicativos, éticos, organizativos, normativos, económicos, etc., propios de la actividad científica, (ii) la formulación de objetivos de aprendizaje específicos sobre su naturaleza, justificación/finalidad y puesta en práctica, (iii) el diseño de actividades ad hoc, y (iv) un plan de evaluación apropiado” (p.110807).

Por estas razones, el mencionado enfoque resulta un elemento interesante para esta investigación. A continuación, se presenta una adaptación de los cuatro elementos presentados por el autor a los contextos de educación colombiana. Así, un enfoque didáctico basado en prácticas científicas con apoyo de la HC debe contemplar los siguientes elementos: 1) recontextualización de saberes, 2) competencias a desarrollar, 3) actividades *ad hoc* y 4) evaluación de tipo formativa.

---

<sup>5</sup> El documento K-12 Framework, conocido formalmente como "A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas," es un documento desarrollado por el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council, NRC) de Estados Unidos. En él se describen algunas bases para la enseñanza de las ciencias en los niveles de BP y secundaria.

**Recontextualización de saberes:** La definición de este elemento se discutió anteriormente en el apartado sobre la HC. Una forma de enseñar aspectos sobre la NOS con el apoyo de las HC es a través de los denominados ECH. Tal como se explicó, estos últimos se definen como fragmentos de narrativas científicas que corresponden a hitos en el desarrollo de las ciencias, y que, por su relevancia, merecen ser discutidos y reevaluados. Los ECH se configuran como eventos o series de eventos dentro de un relato más amplio que ocurren en un periodo determinado. En este sentido, un ECH puede abarcar una controversia científica, un fragmento de una obra original, la biografía de un científico o científica, o un experimento paradigmático, todos ellos relevantes para la génesis o construcción del conocimiento científico.

**Competencias:** Los docentes de Colombia deben realizar sus planeaciones de clase con base en las normas técnicas curriculares, ya sean los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (EBC) o los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA). Es así como este enfoque permite discutir asuntos asociados con la NOS sin dejar de lado aquellas competencias que a nivel gubernamental se quieren desarrollar en los diferentes niveles educativos de la educación básica primaria/secundaria y la educación media. Cualquier apuesta didáctica debe tener claro cuáles son los propósitos formativos que se quieren alcanzar.

Para guardar coherencia con todo lo discutido hasta aquí, es fundamental que se propongan metas que incluyan tanto la dimensión epistemológica como la dimensión socio-epistemológica. La dimensión epistémica se encuentra directamente relacionada con los DBA o los EBC para cada nivel educativo. Por su parte, la dimensión social está relacionada a los asuntos socio-epistemológicos propios de la ciencia, los cuales pueden ser simulados en contextos educativos. A través de estos, es posible transitar por una ciencia escolar. Para este propósito, resultan pertinentes las orientaciones propuestas por García-Carmona (2021), en las cuales se destaca que, al igual que en la ciencia, en contextos escolares es posible discutir sobre

cooperación y colaboración científica, relaciones profesionales y personales en la comunidad científica, comunicación científica, habilidades retóricas en la persuasión de ideas científicas, papel de la comunidad científica en la aceptación de nuevos conocimientos, ética en la investigación científica y búsqueda de fondos para la investigación (p. 110810).

***Actividades específicas o ad-hoc:*** Se refieren a aquellas acciones o tareas que se definen claramente para el desarrollo de “competencias o habilidades” concretas. En el marco de esta propuesta didáctica se entienden como aquellas que ayudan a realizar simulaciones de la propia actividad científica. En este punto, para la enseñanza de la BP es muy útil la propuesta descrita por Pujol (2003), quien menciona que en las escuelas de primaria se deben propiciar espacios de aprendizaje que favorezcan el desarrollo de las capacidades necesarias para la construcción de conocimiento científico escolar; por ello, propone realizar actividades que permitan potenciar cinco habilidades: una ciencia para pensar, hablar, hacer, trabajar en interacción y autorregular los propios procesos de aprendizaje.

Dichas habilidades son necesarias, ya que posibilitan saber de ciencia, sobre ciencia y hablar sobre ella. A continuación, se presentan algunas características que deben tener las actividades desde esta lente.

- Es necesario desarrollar actividades que permitan pensar sobre la ciencia. La educación científica tiene como uno de sus retos dotar a los estudiantes de herramientas que le posibiliten tomar decisiones responsables frente a su entorno; por ello, una *ciencia para pensar* implica proponer espacios de discusión donde los estudiantes utilicen modelos propios de la ciencia para comprender y explicar el mundo que los rodea.
- Las actividades deben posibilitar el desarrollo procesos dialógicos y dialécticos inmersos en la interacción social, propios de una *ciencia para hablar*; es por esta razón que las actividades planteadas desde esta perspectiva proponen espacios discursivos en torno la comprensión de los fenómenos. Se hace imprescindible valorar las distintas formas en las que los estudiantes en las primeras etapas escolares representan lo que

saben y lo que aprenden. Por lo anterior, se hace necesario favorecer actividades que motiven a los estudiantes a expresar sus ideas a través del lenguaje oral o escrito. El estudiante en la etapa primaria puede expresar sus ideas a través de diferentes mecanismos; en los cuales se resalta la importancia del dibujo, entendido este como

una imagen reproductiva de lo que está presente, se caracteriza por la fidelidad al objeto que representa y constituye un soporte de los conceptos y las ideas. Juega un papel importante en el aprendizaje, puesto que es un lazo de unión entre el pensamiento y la realidad, en la medida que concreta los conceptos y les confiere la capacidad de referirse a las cosas (p. 160).

Este asunto es clave en los primeros años escolares en donde aún no se tiene muy desarrollado el código lectoescritor, el cual es un mecanismo muy útil para expresar el conocimiento que se construye.

- Una *ciencia para hacer* implica realizar actividades en las que los estudiantes diseñen y ejecuten procedimientos que les permita solucionar algunas problemáticas. En el hacer, se realizan actividades que posibilitan: observar de forma sistemática, comparar, clasificar, identificar, construir preguntas que generen conocimiento, desarrollar técnicas científicas y socializar producciones. Una ciencia para hacer posibilita que el estudiante pueda relacionar lo que observa con marcos de referencias, construyendo sus propias ideas y planteando nuevos interrogantes.

Desde esta perspectiva, la observación es considerada como una actividad cognitiva y no solo sensorial. La comparación se hace necesaria en el trabajo científico escolar para establecer diferencias o similitudes del fenómeno de estudio; por esta razón, la comparación es una operación mental de tipo lógico necesaria para determinar regularidades. La clasificación, por su parte, también como operación de corte lógico, tiene como intención mostrar que es posible agrupar y desagrupar elementos bajo algunos criterios establecidos; en este proceso se hace necesario haber pasado por los criterios de comparación y observación. De este modo, plantearse preguntas que

generen conocimiento está estrechamente relacionado con la retórica y, por tanto, es menester que el estudiante se formule preguntas sobre los fenómenos que lo rodean. Es, en este sentido, necesario que el maestro propicie espacios donde los estudiantes expresen sus respuestas y nuevas preguntas. Complementariamente, en algunos fenómenos naturales se deben manejar técnicas que posibiliten una selección sistemática de los datos; así, esta se relaciona con la experimentación cualitativa exploratoria, ya que a través de ellas el estudiante se ve obligado a manipular algunos instrumentos para comprender fenomenologías.

- Una *ciencia para trabajar en interacción* es trabajar en equipo e implica establecer acuerdos que generen una sana convivencia; es a partir de la interacción con otros que se pueden desarrollar procesos dialógicos y dialécticos que confluyen en construcciones epistémicas. Trabajar en permanente interacción posibilita el desarrollo de habilidades ciudadanas, pues se establecen acuerdos de trabajo y se hacen explícitos los sistemas de valores predominantes en un contexto. Además, se acerca a los estudiantes a los procedimientos de validación del conocimiento, tanto de las comunidades científicas como de las construidas en los colectivos escolares.
- Una *ciencia para auto regular* los procesos de aprendizaje: se hace necesario favorecer espacios donde el estudiante sea consciente de sus objetivos de aprendizaje, ya que esto genera claridad sobre la meta que se quiere alcanzar, posibilitando que el estudiante diseñe estrategias en donde sean explícitos sus avances, aciertos y desaciertos. La experimentación cualitativa posibilita que los estudiantes a partir de la identificación de los errores puedan buscar alternativas para solucionarlos, buscando marcos de referencia que le permitan dar sentido a lo que aprende. “En este proceso de aprendizaje es totalmente necesario pensar en lo que se está haciendo y lo que se está aprendiendo, en lo que uno sabía y lo que ahora sabe” (Pujol, 2003, p. 74).

***Evaluación formativa:*** En Colombia, al igual que en muchos otros países, la evaluación formativa se comprende como un proceso continuo, permanente y formativo, centrado en el desarrollo de las competencias de los estudiantes. Su carácter formativo permite valorar

no solo el aprendizaje o producto final, sino el proceso individual y colectivo. Se desarrolla desde la autoevaluación, la heteroevaluación y la coevaluación. A diferencia de la evaluación sumativa que se realiza al final de un periodo para asignar calificaciones y determinar el nivel de logro, la evaluación formativa tiene como objetivo principal mejorar el aprendizaje mientras este se encuentra en curso.

Es a través de este proceso que se hacen relevantes las ideas descritas anteriormente por Pujol (2003) con relación a desarrollar una ciencia escolar que enseñe a regular los propios aprendizajes. Para la autora, este asunto involucra tres componentes: el primero es que el estudiante se apropie de los objetivos de aprendizaje (¿qué vamos a hacer?, ¿qué sabemos en relación con...?); el segundo, se encuentra asociado con la anticipación y planificación de la acción (¿qué tenemos que hacer?, ¿cómo podemos hacerlo?); y el tercero implica la apropiación de los criterios de evaluación (¿cómo lo sabremos?). A lo anterior es importante agregar que

la evaluación se hace formativa cuando el estudiante puede comprender su proceso y mejorar a partir de este. También cuando el docente puede reflexionar y adecuar lo que sucede en el aula estableciendo estrategias pedagógicas y didácticas para todos los estudiantes (Ministerio de Educación Nacional, 2017).

Los profesores deben comprender que evaluar no es solo calificar, sino que es un proceso sistemático y planificado para valorar el desempeño del alumno y ayudarlo a su mejora. La instrucción y la evaluación son las dos caras de una misma moneda, y ambas deben servir para facilitar el aprendizaje del estudiante.

La concepción heredada sobre evaluación limita el proceso de evaluación al docente; por el contrario, desde esta nueva lente, el estudiante tiene un rol protagonista en su proceso. Al involucrar al estudiante en la tarea de evaluación, le damos adicionalmente un mayor protagonismo, una responsabilidad que puede ayudarlo a motivarse y participar más en el proceso de enseñanza-aprendizaje individual y colectivo. Por lo tanto, los métodos de evaluación innovadores enfatizan en la implicación del estudiante en los procesos de

investigación, juicio y toma de decisiones. La evaluación va más allá de las calificaciones, por lo que no se trata de que el estudiante se ponga una nota a sí mismo o a sus compañeros, sino que se logre un proceso de metacognición. De acuerdo con esto, González et al. (2013), mencionan que, según el sujeto que realiza la evaluación, podemos distinguir cuatro tipos:

- a) **La autoevaluación** es lo que hace un estudiante sobre su propio desempeño. En otras palabras, el alumno es el sujeto y, como resultado, obtiene "un mayor grado de control" sobre lo que ha aprendido. Este tipo de evaluación debe ayudar a los educadores a pensar en su trabajo y tomar decisiones que les ayuden a lograr los objetivos del proceso de enseñanza. En última instancia, se trata de que autorregule su aprendizaje, lo que, como se anticipó, le da responsabilidad al estudiante y fomenta su motivación.
  
- b) **La coevaluación** es el resultado de la colaboración de los estudiantes con sus maestros, quienes evalúan a otros compañeros o a un grupo. Por lo tanto, tendríamos un sujeto colectivo compuesto por el profesor y uno o más estudiantes. La intervención del maestro debe ayudar al estudiante en la tarea de evaluación.

#### ***3.2.4. Pasteur y Pouchet y Pasteur y Koch: Dos ejemplos de ECH***

Descrito lo anterior, quedan claras las bondades que trae una enseñanza de las ciencias que incluya reflexiones sobre la NOS, auxiliada por la HC. Es por ello por lo que, a continuación, se ejemplifican dos ECH vinculados con la experimentación que permiten a través suyo identificar elementos epistemológicos asociados a la comprensión del origen de la vida en la Tierra y, de forma más general, algunas características asociadas a los SV. Estos ECH posibilitan el abordaje de asuntos de la NOS, tanto relativos a la naturaleza del conocimiento como a la provisionalidad de las teorías y a la naturaleza de los procedimientos asociados a la experimentación, por ejemplo, de la sociología interna y externa, tales como

el papel que desempeñan las comunidades científicas en la construcción del conocimiento y el rol del contexto cultural y social.

El primer ECH se denomina *Pasteur y Pouchet: la vida entre caldos y matraces*, y el segundo, *Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo*. El primero se constituye en una narrativa histórica que permite discutir los enfoques: uno informacional y otro autoorganizativo sobre los SV, siendo más fuerte el primero. El segundo, por su parte, permitió discutir con mayor fuerza el enfoque autoorganizativo. Ambos enfoques se describirán con detalle en el siguiente apartado.

**3.2.4.1. Pasteur y Pouchet: la vida entre caldos y matraces.** Iniciamos este relato reconociendo a un Pasteur cuya cualidad era su obstinación, tal vez gracias a ella encuentra en el laboratorio su aliado más fuerte. Latour (1995) lo compara con un centauro: un híbrido de hombre y laboratorio. Gracias a sus investigaciones, Pasteur conoció en la “fermentación un fenómeno correlativo a la vida” (Latour, 1995, p. 87). Al estudiar la fermentación, descubrió que este proceso estaba estrechamente relacionado con la actividad de los SV, en particular con los microorganismos.

En sus investigaciones, Pasteur demostró que la fermentación no era simplemente una reacción química que ocurría espontáneamente, sino que era llevada a cabo por pequeños organismos vivos. Este hallazgo fue crucial para entender que muchos procesos químicos en la naturaleza están vinculados a la vida y a la actividad biológica, lo que llevó a importantes avances en la microbiología y la medicina. El parisino, a través de sus metodologías, ganó una posición reconocida y llamó la atención de los emporios de la industria agroalimentaria y con éxito logró captar los intereses del mercado a su trabajo en el laboratorio. Pero luego cambió de frente al ser tentado a tomar posición en el controvertido origen de la vida. Como señala Latour (1995)

La cuestión de la generación espontánea apasiona a los periódicos y sirve de bandera, a comienzos del Segundo Imperio, para agrupar a todos los republicanos de Francia en contra de la reacción católica. Se trataba de saber si los SV deben nacer siempre

de padres semejantes, o si pueden surgir espontáneamente de la descomposición de la materia orgánica, “Homogenia o heterogenia”, tiranía de la herencia o libertad de la revolución, la cuestión apasionaba aún más después de la aparición del libro de Darwin sobre *El origen de las especies* (p. 90)

Con esta toma de bando en la microbiología naciente, Pasteur redefinió la generación espontánea haciendo de ella una simplificación a una “contaminación” derivada de la torpeza de los científicos y sus procedimientos. Con esta primera premisa pondría en adelante por varios años su interés en demostrar experimentalmente que la “vida solo proviene de la vida”. Con esta maniobra, el científico se gana el aprecio del emperador.

Adicionalmente, Ullman (2007) señala que

Como se mencionó Darwin publicó el origen de las especies en 1859, el mismo año en que se reavivó la controversia sobre la generación espontánea. Respondiendo a esa controversia y utilizando dispositivos muy simples, Pasteur demostró que siempre que los gérmenes sean completamente excluidos, la “generación espontánea” no se produce. Estos sencillos experimentos resolvieron de una vez por todas no sólo una cuestión filosófica problema, demostrando que la vida no surge espontáneamente a partir de materia muerta, pero también sirvió para establecer la nueva ciencia de la microbiología, basándola en parte en técnicas especializadas, incluidas esterilización y manipulación aséptica. (p. 384, traducción libre).

Con el contexto clarificado, a continuación, se presenta una adaptación de la historia narrada por el sociólogo Latour (1991) sobre la controversia entre Pasteur y Pouchet sobre el origen de la vida.

*Era el 7 de abril de 1864 en París, una ciudad vibrante con nuevas ideas que sacudían los cimientos de la ciencia y la religión. Las teorías de Charles Darwin sobre la evolución habían causado un gran revuelo. Cualquier persona que apoyara estas ideas se convertía en enemiga de la religión y blanco político.*

*Entre los fervientes defensores de la generación espontánea se encontraba Félix-Archimède Pouchet, un eminente naturalista y director del Museo de Historia Natural de Rouen. Un día, durante una conferencia en el museo, Pouchet habló apasionadamente ante una audiencia atenta.*

*“La generación espontánea no es difícil de observar. Cualquier recipiente dejado varios días en reposo se llena de pequeños animáculos de múltiples colores. ¡Abunda la vida!” exclamó Pouchet con entusiasmo. Sus hallazgos experimentales permitieron realizar afirmaciones a favor de la generación espontánea.*

*Con gran emoción, añadió Pouchet, “la materia posee una fuerza creadora suficiente para formar, a partir de materia inerte u orgánica, seres primitivos como los que el microscopio descubre ante ojos asombrados”. Sus hallazgos experimentales permitieron realizar afirmaciones a favor de la generación espontánea. ¡Pouchet era capaz de reproducir vida en una probeta de laboratorio!*

*Sin embargo, no todos compartían su entusiasmo. Louis Pasteur, un miembro influyente de la Real Academia y opositor acérrimo de la generación espontánea, estaba presente en la audiencia. Se levantó y, con su voz firme, replicó: “Señor Pouchet, la vida solo puede originarse de seres vivos preexistentes. Todos mis estudios, desde los cristales hasta la fermentación, demuestran que existen ciertos 'bichitos' que pululan y dan origen a la vida. La vida que usted cree haber creado en el laboratorio es resultado de errores experimentales.”*

*Pouchet, sin amedrentarse, respondió: “Mis experimentos son meticulosos y repetibles. Caliento una pequeña gavilla de heno de 10 gramos durante 30 minutos a 100°C. Posteriormente, introduzco la gavilla bajo una cuba de mercurio en un medio estéril. Al cabo de ocho días, los bichitos ya pululan.”*

*Ante la contundente derrota a la que es sometido el parisino con los resultados que obtiene Pouchet, Pasteur no tiene más remedio que objetar ante el único posible error que pudo cometer el minucioso experimentado. En efecto, Pasteur no pudo contenerse y exclamó “¡El*

*mercurio que utiliza está contaminado! Esos gérmenes flotan en el aire, son ellos los que generan vida, no la materia inerte," dijo con convicción.*

*La controversia entre ambos científicos llegó a tal punto que la Reél Societé Scientifique decidió intervenir y pidió a ambos que recrearan sus experimentos ante un panel de jueces. Sin embargo, los jueces seleccionados estaban a favor de Pasteur, por lo que Pouchet indignado se retira de la disputa. En la ciencia como en la guerra, elegir el terreno, las armas y el trayecto, significa controlar el desenlace de la batalla.*

*Pouchet dijo: "El señor Pasteur nos ha tachado de ignorantes en sus clases del círculo químico. Pagaré la vergüenza de manera sangrienta".*

*Pasteur, con una confianza arrolladora, dijo: "Voy a enseñarles, señoras y señores, por dónde han entrado los ratones." Bajó las luces del laboratorio, creando una atmósfera nocturna. "Vean la cantidad de partículas de polvo que se agitan en este haz luminoso. Recojamos estas partículas en un portaobjetos de vidrio y veamos qué observamos en el microscopio."*

*La audiencia observaba en silencio y señaló Pasteur "Ven muchas cosas amorfas, pero en el centro percibirán corpúsculos. Son gérmenes de seres microscópicos" Este le dijo a Monsieur Duboseq: "proyecte la micrografía, ven muchas cosas amorfas. Pero en el centro de estas cosas amorfas, percibirán corpúsculos como estos. Son, señoras y señores, gérmenes de seres microscópicos" y continuó Pasteur: "Para que la prueba sea visible, iluminaré y espolvorearé partículas sobre la cuba de mercurio. Al introducir un bastón de vidrio, las partículas penetran en el espacio entre el vidrio y el mercurio porque el mercurio no moja el vidrio."*

*Pasteur prosiguió: "¿Qué consecuencia tiene (señoras y) señores, esta prueba tan sencilla, pero tan crucial para el tema que nos ocupa? No es posible manipular la cuba de mercurio sin que penetren en el interior del recipiente las partículas de polvo que se encuentren en la superficie."*

*Cierto es que Pouchet eliminó el polvo mediante gas oxigenado y con aire artificial los gérmenes que podían existir en el agua y en la paja; pero lo que no eliminó fueron las partículas de polvo y, por consiguiente, los gérmenes que se encontraban en la superficie del mercurio. ¡Luces, por favor!, exclamó Pasteur y prosiguió: “Hemos demostrado hace un momento que Pouchet se equivocó por utilizar una cuba de mercurio en sus primeros experimentos. Suprimamos el uso de la cuba de mercurio pues hemos reconocido que daba lugar a errores inevitables. Observen, señoras y señores, esta infusión completamente nítida de materia orgánica. Miren la infusión. Esta ha sido preparada hoy mismo”.*

*Y añadió: “Mañana ya contendrá animálculos, pequeños infusorios o moho. Miren la infusión turbia, pongo una parte de la infusión de materia orgánica en un recipiente de cuello alargado, como este. Miren el recipiente, supongamos que hiervo el líquido y que, a continuación, lo dejo enfriar. Al cabo de unos días, se habrán desarrollado en el líquido mohos o animálculos infusorios”. Finalmente, Pasteur dice “al hervir, he destituido los gérmenes existentes en el líquido y en la superficie del casco del recipiente. Pero como la infusión ha entrado de nuevo en contacto con el aire, se altera como todas las infusiones”.*

*El experimento concluyó con una ovación para Pasteur, mientras Pouchet se retiraba indignado ante un veredicto que consideraba injusto. Así, aunque la generación espontánea parecía haber sido derrocada por un matraz con cuello de cisne, el debate sobre el origen de la vida continuó en los corazones y mentes de la comunidad científica.*

El ECH descrito anteriormente permite identificar varios asuntos asociados a la NOS. Con relación a los aspectos epistemológicos es posible reconocer la naturaleza del conocimiento, siendo explícita una disputa entre teorías rivales para la comprensión del origen de la vida y un evidente reconocimiento de la provisionalidad de las teorías. Así mismo, en cuanto a las distintas formas de comprender un fenómeno, es posible identificar dos teorías: la abiogénesis contra la biogénesis. La primera fue una de las principales explicaciones científicas para el origen de la vida, desde los griegos hasta el siglo XVII. Por su parte, la biogénesis empieza a ponerse sobre la mesa y la generación espontánea comenzó a ser cuestionada, siendo Redi en el siglo XVII y Lazzaro Spallanzani en el siglo XVIII,

quienes demostraron con sus experimentos que los organismos no surgían espontáneamente de materia inerte.

Con relación al segundo de los aspectos de la NOS, esta narración no es más que uno de los muchos ejemplos de hechos científicos donde se evidencia la provisionalidad de las teorías, puesto que 60 años más tarde la “supuesta” derrota de Pasteur sobre Pouchet será objeto de discusión nuevamente. La comunidad académica, gracias a los estudios de Oparin, dirigirá su atención de nuevo sobre la olvidada generación espontánea. No obstante, en una versión un tanto más compleja, el científico en su libro *El origen de la vida en la tierra* sugiere que la vida podría haber surgido espontáneamente en las condiciones primitivas de la Tierra.

Ahora bien, con relación a la naturaleza de los procedimientos, podemos notar cómo a través de la experimentación ambos científicos quieren apoyar sus posturas, configurándose en un elemento crucial en la comprensión de las teorías científicas en discusión. Tanto Pasteur como Pouchet utilizan procedimientos minuciosos, los caldos y matraces son las armas que tienen ambos para apoyar sus ideas. Desde esta lente no es posible decir que en la contienda existe un ganador y un perdedor; en efecto, Latour (1991) menciona que “en la historia de las ciencias no resulta tan fácil separar vencedores de vencidos” (p. 477).

Clarificado cómo es posible discutir la NOS a través de la HC, se hace oportuno señalar las características descritas anteriormente sobre los ECH. Se indicó que estos requieren identificar unos personajes, por lo cual se puede reconocer un “primer bando” conformado por los partidarios de la generación espontánea y representados por Pouchet, pero con numerosos seguidores (Aristóteles, Paracelso, van Helmont, Needham y Conde de Buffon) en contra de la biogénesis, cuyo exponente vemos personificado en Pasteur, pero con un colectivo científico mucho más amplio (Redi, Spallanzani, posteriormente Tyndall, Virchow, Lister y Koch). Se describe también la temporalidad y el contexto. En Europa se están generando movimientos políticos y económicos importantes, no hay otras vías más que la guerra para mantener los imperios. La ciencia, que es una extensión de la cultura, hace parte de los bandos que se forman. Pasteur, que no se queda al margen de los asuntos

políticos, tacha a Pouchet de ser partidario de la evolución. A este respecto, Latour (1991) afirma que

El tema es muy delicado, máxime cuando Pouchet y Pasteur abordan esta difícil cuestión en plena querrela acerca del transformismo. Cuando años después, en 1862, Clémence Royer traduce *El origen de las especies* de Charles Darwin e incorpora un prefacio vehemente en favor del materialismo, del ateísmo y de la República, la disputa sobre la generación espontánea se verá ligada a la de evolución. Durante cincuenta años, por lo menos hablar de Darwin o de las generaciones espontáneas era hablar, por la misma ocasión, de biología, de la cuestión social, de Dios y de las formas de gobierno (p. 486).

El ECH descrito ilustra aspectos clave de la NOS. En el ámbito epistemológico, destaca la provisionalidad del conocimiento científico y la disputa entre teorías rivales, como la abiogénesis y la biogénesis. La abiogénesis, una teoría prevalente desde los griegos hasta el siglo XVII, fue desafiada por la biogénesis gracias a experimentos de Redi y Spallanzani, que demostraron que los organismos no surgían de materia inerte. Esta narrativa evidencia cómo las teorías científicas pueden ser reevaluadas, como ocurrió 60 años después de la aparente derrota de Pouchet por Pasteur, cuando los estudios de Oparin revitalizaron la generación espontánea en un nuevo contexto.

El ECH también resalta la importancia de la experimentación en la ciencia, con científicos como Pasteur y Pouchet utilizando procedimientos meticulosos para respaldar sus teorías. Además, el ECH identifica elementos socio-epistemológicos, mostrando la relación entre los científicos y los contextos históricos, lo cual evidencia cómo los debates científicos se entrelazan con movimientos políticos y económicos. La contienda entre los partidarios de la generación espontánea, representados por Pouchet y los defensores de la biogénesis, liderados por Pasteur, refleja las influencias culturales y políticas de la época, vinculando la disputa científica con temas como la evolución, la religión y las formas de gobierno.

**3.2.4.2. Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo para combatir las enfermedades infecciosas.** Como se ha mencionado anteriormente, la NOS permite identificar una visión más humana de y sobre la ciencia. Un segundo ECH que permite identificar estos asuntos y que guarda relación con las características de los SV es la controversia acaecida entre Pasteur y Koch sobre el origen de las enfermedades infecciosas; pero, ¿qué relación guarda este ECH con la noción de los SV?, ¿qué papel jugó la actividad experimental en la comprensión de la microbiología y en la identificación de las condiciones necesarias para cultivar organismos?, ¿qué asuntos epistemológicos y socio-epistemológicos se pueden discutir a través de este ECH?

Ullmann (2007) menciona que ambos científicos son considerados como pioneros en el desarrollo de la microbiología y la medicina. Robert Koch, un médico oriundo de un pueblo alemán, 20 años menor que el célebre Luis Pasteur, inicia sus investigaciones sobre las posibles causas de las enfermedades infecciosas. En el año 1877, Koch logra mediante estudios sobre la etiología de la tuberculosis sepultar “aparentemente” la teoría espontánea de la vida o abiogénesis. El perfeccionamiento de los medios de cultivo le permitieron identificar elementos fundamentales para la comprensión de las enfermedades infecciosas.

Su trabajo sobre el origen del carbunco le permitieron comprender que los microorganismos como SV requieren unas condiciones particulares para su reproducción. El uso del ojo de buey fue un primer acercamiento a los medios de cultivo y a la inoculación de microorganismos de individuos enfermos a sanos. Este primer paso se configura en una posterior sofisticación de los medios de cultivo. Con una primera colaboración de Fanny Hesse, quien sugirió en 1881 el uso de agar-agar como agente solidificante para los medios nutritivos y con ayuda, años más tarde, de su colega Petri, quien trabajaba en su laboratorio, perfeccionó la técnica de cultivo al introducir la placa de vidrio cubierta con una tapa para mantener el medio de cultivo estéril y protegido de la contaminación externa, dando como origen los medios de cultivo sólidos. Esta sofisticación del medio de cultivo permitió el aislamiento de microorganismos, su identificación y caracterización, así como proporcionó un entorno estable y, por consiguiente, una experimentación controlada.

Volcy (2007) menciona que

había demostrado experimentalmente que la tuberculosis era una enfermedad infecciosa y bacteriana al igual que el ántrax –tema de sus estudios precedentes–. Después de perfeccionar la técnica bacteriológica en cuanto a los medios de cultivo e inoculación, proclamó, el 24 de marzo de 1882, ante la Sociedad de Fisiología de Berlín, que pudo llegar a esta conclusión gracias a un protocolo experimental que de ahora en adelante se iba a denominar “los postulados de Koch” (p. 107)

Estas conclusiones extraídas de sus actividades experimentales se constituyen en un cambio fundamental en la explicación sobre el origen de las enfermedades y, consigo, el reconocimiento de que lo “vivo, solo proviene de lo vivo”. La enfermedad no proviene de focos miasmáticos presentes dentro de los cuerpos; por el contrario, tienen su origen en organismo patógenos externos que contagian a los individuos sanos.

Fredricks y Relma (1996) mencionan que Koch describió cómo logró aislar con éxito los bacilos tuberculosos tanto de pacientes humanos como de animales con tuberculosis. Así mismo, expuso las características de estas bacterias en medios de cultivo sólidos y su apariencia histológica. Además, detalló siete experimentos en los cuales aisló los bacilos tuberculosos de pacientes enfermos, cultivó la bacteria durante meses y luego inoculó el material de cultivo en varios animales, provocándoles una enfermedad similar a la tuberculosis. Los animales de control, inoculados solo con suero, permanecieron sanos.

A continuación, se cita una traducción por parte de estos autores del texto *The aetiology of tuberculosis* de Koch (1882):

Sobre la base de mis numerosas observaciones considero que, en todas las afecciones tuberculosas del hombre y en los animales se producen constantemente esos bacilos que he denominado bacilos tuberculosos y que se distinguen de todos los demás microorganismos por propiedades características. Sin embargo, desde la relación entre afecciones tuberculosas y bacilos, no se puede concluir que estos dos fenómenos

tener una relación causal, sin perjuicio de grado no despreciable de probabilidad para este supuesto esto se deriva del hecho de que los bacilos ocurren preferentemente donde hay procesos tuberculosos son incipientes o en progreso, y que desaparecen donde la enfermedad se detiene. Para demostrar que la tuberculosis es una enfermedad parasitaria, que es causada por la invasión de bacilos y que está condicionada principalmente por el crecimiento y la multiplicación de los bacilos, fue necesario aislar los bacilos del cuerpo: cultivarlos en cultivo puro hasta que fueron libres de cualquier enfermedad producto del organismo animal que pudiera adherirse a ellos y, posteriormente se administró los bacilos aislados a animales sanos, para que se reproduzcan la misma condición que, como se sabe, es obtenido por inoculación con células desarrolladas en material tuberculoso. (Koch 1862, como se cita en Fredricks y Relman, 1996, p. 19).

La autora ha logrado identificar algunos posibles enlaces conceptuales sobre las características de los SV. Si bien más adelante se describirán en detalle los enfoques autoorganizativo e informacional, en este apartado se hace necesario mencionar que desde la descripción de este ECH es posible identificar asociaciones. En el enfoque autoorganizativo, el metabolismo se destaca como una característica indispensable para la vida. Desde esta mirada, la vida es posible siempre que existan estructuras que se mantengan metabólicamente activas. Esta particularidad requiere de un medio, para el caso concreto, este se encuentra dispuesto por el cultivo sólido, de manera tal que pueda reproducirse en unas condiciones específicas. Por su parte, el enfoque informacional centra su concepto de vida en aspectos asociados a la información y consigo a la reproducción. Este asunto también es posible ser discutido, en particular, cuando los científicos en mención tratan de explicar cómo se reproducen las enfermedades infecciosas.

Realizada la contextualización de los trabajos de Koch, es necesario regresar un poco a la historia. Los primeros hallazgos de Koch fueron compartidos con la comunidad académica en 1876, llegando a oídos del gran célebre Luis Pasteur, quien no recibe con agrado las conclusiones del alemán. En este punto, se hace necesario contextualizar y explicitar dos de las características de los ECH: temporalidad y contexto. Francia atraviesa

una devastadora guerra y el parisino cruza por la tristeza de la caída del imperio y las limitaciones físicas de un ataque cerebral sufrido años atrás. Entre 1870 y 1871, Francia había sido derrotada en la guerra Franco-Prusiana y había perdido Alsacia y Lorena; sumado a las consecuencias de una derrota, se encontraba su aislamiento diplomático y las pocas alianzas con las que contaba para contrarrestar el poder creciente del Imperio Alemán.

Este primer encuentro entre los protagonistas nos permite reconocer un asunto socio-epistemológico asociado al contexto donde se desarrolla la historia. Luis Pasteur, químico reconocido en la comunidad académica, desprestigia los procedimientos utilizados por Koch, no solo porque consideraba al alemán un inexperto doctor, con procedimientos poco adecuados e inexactos, sino, además, por su nacionalidad.

Con relación a los elementos epistémicos, asociados a la naturaleza de los procedimientos, es posible identificar a un Pasteur con tendencias a la experimentación de tipo cualitativa y exploratoria. Ullmann (2007) menciona que “el enfoque de Pasteur hacia la microbiología fue tanto teórico como práctico. Pasteur, cuyos intereses abarcaban muchas áreas científicas, era un agudo observador y especialmente experto en integrar observaciones relevantes en sus esquemas conceptuales” (p. 383).

Ya había pasado por la comprensión de los cristales, luego los fermentos, la explicación del origen de la vida y, ahora, se muestra ante él un nuevo reto. Por solicitud de su maestro Dumas, se le encarga investigar sobre la enfermedad que está devastando los criaderos de gusanos de seda. No sabe nada sobre sericultura, pero comienza a establecer asociaciones entre una epidemia y el contagio. “La introducción del microscopio, de la selección del aislamiento de los cultivos, del sacrosanto cuaderno de experiencias, todo eso transforma el criadero en un hospital para capullos” (p. 93).

Con este primer acercamiento a las epizootias, Pasteur inició con sus estudios sobre las enfermedades infecciosas en 1865, antes que Koch; sin embargo, para esta fecha, aunque desarrolló algunas “prácticas que se convirtieron en los cimientos de la epidemiología moderna y le proporcionaron enfoques de investigación que sirvieron años más tarde” (p.

384), no obtuvo en ese momento una descripción clara entre la relación de las enfermedades infecciosas y los microorganismos como sus causantes, conclusión a la que sí llega Koch con el aislamiento del bacilo. Esto podría constituirse en uno de los motivos que generaban malestar en el experimentado científico.

Latour (1995) menciona que la convulsionada Europa de 1814 era el escenario de guerras entre los imperios, los cuales buscaban expandir su poder a través de la muerte. La revolución industrial le mostró a la humanidad otra naturaleza. Este mundo que crece entre armamento, vías y máquinas, también muere de miseria y caquexia. Los pobres se ahogan en la pobreza y la enfermedad. De forma paralela a este mundo moderno, las epidemias avanzan más rápido que las máquinas de vapor, diezmando cada vez a mayor velocidad la población obrera.

Surgieron enfermedades como el cólera, tifus, viruela, tuberculosis, tifoidea y difteria, que los higienistas no sabían tratar, ni mucho menos controlar. En este momento es cuando la nueva estructura social hace un llamado a las ciencias, generándose un fértil terreno para los institutos, laboratorios y bibliotecas, y vinculando una lista amplia de eruditos en todas las áreas, ya que

todas las disciplinas se benefician, de la numismática a la termodinámica, de la filología a la fisiología. El laboratorio se conecta finalmente con la fábrica, acelerando aún más la transformación de las industrias, creando ramas enteras en la química de los colorantes, en la telegrafía en la electricidad. Ese nuevo matrimonio de la ciencia y la industria es celebrado por la época con una especie de pasión narcisista en las exposiciones universales (Latour, 1995, p. 62).

La actividad experimental es un elemento fundamental en la comprensión de las enfermedades infecciosas. ¿Cómo estudiar aquello que no se puede ver a simple vista?, ¿de qué muere la población?, ¿cómo combatir las epizootias?

La identificación de las condiciones para cultivar organismos es importante, ya que permitirá estudiar, en una escala diferente y bajo condiciones controladas, los posibles causantes de los millones de muertes. “Hacer visible los microorganismos, cultivarlos, fijarlos, prepararlos, colorearlos, dibujarlos, reproducirlos [...]” (p. 83) hace parte del refinamiento experimental para comprender y atacar las enfermedades infecciosas. Como se mencionó anteriormente, esta es la esencia de la experimentación cualitativa y exploratoria. Koch, al desarrollar los métodos de la bacteriología, es decir, cultivar, colorear, observar y registrar fotográficamente a los microorganismos, puede explicar el ciclo del ántrax y reconoce los bacilos de la tuberculosis y del cólera. A partir de allí, se genera una relación entre la teoría y la práctica para comprender un fenómeno; pues, “pese a que fracasa en la búsqueda de una vacuna contra la tuberculosis, reina sobre la higiene triunfante del imperio alemán” (p. 83).

Puesto que ambos científicos realizaron el refinamiento de técnicas para el cultivo microbiano y la modificación de la escala micro-macro, necesarias para conocer los enigmas de la vida microscópica, Koch utiliza, con el refinamiento de las técnicas de cultivo en agar-agar, un medio semisólido que garantiza las condiciones de una siembra controlada. Por su parte, Pasteur con su técnica de las diluciones seriadas llega a los principios por los cuales funcionan las vacunas.

Los dos ECH desarrollados se focalizan en el rol de la experimentación para la comprensión del origen de la vida en la Tierra y las condiciones que requiere un SV para desarrollarse; de forma paralela a la comprensión de este complejo tema sobre la vida, se ha mostrado una HC de tipo sociocultural que expone las realidades que enfrenta la comunidad científica. El contexto, las rivalidades y las tensiones son algunos de los muchos ejemplos que posibilitan reconocer una ciencia más humana. Derivado de la capacidad operativa y la naturaleza del fenómeno de una investigación de este tipo, la investigadora acota el análisis a los mencionados cuatro elementos asociados a la NOS; sin embargo, a partir de las dos narraciones es posible dar énfasis a otros asuntos.

Por citar algunos ejemplos de estos, se puede destacar que, a través del ECH entre Pasteur y Pouchet, es posible discutir las características de las teorías y diferencia en la

interpretación científica a un mismo fenómeno. A través del ECH de Koch y Pasteur se podría enfatizar en los modelos utilizados en la ciencia para la comprensión de los microorganismos y el papel de las hipótesis en la construcción de teorías. Sin mencionar que ambos están plagados de asuntos socio-epistemológicos como la personalidad de los científicos, es posible a través suyo reconocer un Pasteur obstinado y patriota, un Pouchet sereno y minucioso; y un Koch decidido. Las posibilidades que trae el uso HC de las ciencias para la enseñanza son diversas y tiene la versatilidad de ser recontextualizadas para los contextos escolares que se requieren.

### **3.3. Dialogo entre la biología y la filosofía: ¿quién se atreve a definir qué son los seres vivos?**

Como se ha indicado anteriormente, la enseñanza de las ciencias naturales, en particular de la biología, tiene diversas dificultades en la BP. Dentro de los asuntos que resultan más problemáticos, se destaca que los docentes no están formados necesariamente en esta disciplina. Es por ello por lo que algunos autores mencionan que usualmente se utiliza como fuente para preparar las clases los libros de texto, generando esto un problema colateral, que, si bien no es objeto de discusión en este proyecto, sí se constituye en un punto relevante. Si los libros de texto escolares presentan una visión limitada de la definición de la noción de SV, esta será la enseñada por los docentes. Es por ello por lo que el presente apartado busca exponer algunas posibles líneas conceptuales en torno a la definición de los SV, susceptibles de ser trabajadas en los niveles de la BP. Además, se realiza una comparación entre los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y las Características propuestas por Hickman et al. (1998) para la definición de los mencionados SV.

#### **3.3.1. La noción de ser vivo: ¿un concepto sin consenso científico?**

Al realizar una revisión bibliográfica del concepto de vida, no es posible establecer una definición unánime. Algunos biólogos expresan que tal definición no es necesaria, ni que debería ser objeto de discusión dentro de la comunidad científica (Diéguez, 2012). Sin

embargo, advierten sobre algunas características esenciales para pertenecer al conjunto de lo vivo, lo que se resuelve con una lista de atributos. Contraria a esta posición, emerge una objeción cuya premisa está justificada en que una mera lista de características es insuficiente para atender un tema tan complejo, cometiendo el riesgo de incluir o excluir elementos al conjunto de los SV.

El concepto de lo vivo ha sido un campo de la biología que ha tenido muchas aristas que atender. Durante los siglos XIX, XX y XXI se han realizado diversos estudios al respecto, siendo en los últimos años un tema de alto interés las reflexiones sobre el transhumanismo y el advenimiento de la inteligencia artificial lo que ha avivado el debate en la comunidad académica. Dicho esto, el presente trabajo no pretende resolver el problema sobre la definición consensuada (o no) de la noción de SV. En su lugar, el propósito de este apartado es presentar un panorama de cuáles líneas se han trasado desde la filosofía de la biología para comprender el tema y proponer una posible definición más amplia para la enseñanza de un tema vertebral de la enseñanza de la biología en la BP. Aclarado esto, se presentarán algunas tendencias identificadas en torno a la definición de los SV.

Herrero (2006) expone que se pueden presentar cuatro tendencias enfocadas a las características o capacidades que los SV poseen. Las dos primeras se encuentran asociadas a la información genética presente en los SV y su capacidad evolutiva. Las dos últimas, vinculadas al metabolismo celular y a la coexistencia, desde una visión sistémica.

*Un ser vivo debe tener moléculas con información genética:* esta clasificación describe a lo vivo en función de la presencia de moléculas con la capacidad de contener información genealógica (continuum filogenético/ascendencia genética). Para la comprensión de esta categoría se destacan los trabajos de Lamarck, Wilkins, Watson y Crick. Esta definición se relaciona con el enfoque informacional que se discutirá con detalle más adelante.

*Un ser vivo debe tener la capacidad de evolucionar:* un organismo que se encuentre dentro de esta categoría debe tener la capacidad de transformarse y adaptarse a través del

tiempo. Si bien esta perspectiva tiene relación con la anterior, presenta un elemento característico vinculado con las teorías de evolución. Algunos de los científicos que ayudan a comprender lo vivo desde esta perspectiva es Lamarck, Wallace y Darwin; científicos como Stephen y Eldredge amplían la explicación a las nuevas especies y categorías superiores con el “equilibrio interrumpido” ausente en la teoría darwiniana.

*Un ser vivo debe realizar metabolismo celular:* hace referencia a todos los procesos químicos que tienen lugar dentro de la célula (tanto procariotas como eucariotas), en los cuales se obtiene energía y componentes básicos para los procesos esenciales como resultado. Esta categoría incluye la comprensión de la célula como esencia biológica, razón por la que los estudios de Leeuwenhoek, Schleiden, Schwann, Virchow, Chatton, entre otros, son claves para comprender la estructura y función celular como principio básico de lo vivo. Esta definición será ampliada más adelante con las ideas del enfoque autoorganizativo.

*Un ser vivo debe coexistir:* desde este enfoque no basta con entender solo la estructura genética y la bioquímica celular sino también su relación con el ambiente. Es la comprensión de esta perspectiva donde emergen los estudios de Maturana y Varela (2004) sobre la teoría de autopoyesis como una propiedad del todo. Esta concepción de lo vivo se encuentra en correlación con la nueva forma de concebir el mundo, donde la naturaleza no se explica en términos de una máquina: no son las partes y las fuerzas (teoría mecanicista) las responsables de que la vida exista tal y como la conocemos; por el contrario, lo vivo es comprendido como un todo indivisible y dinámico. Esta línea también es denominada holística y expone que el todo es más que la suma de las partes.

Comprender esta perspectiva desde un sistema implica entender lo vivo en-relación-con; es allí donde Margulis (1998) acuña el concepto “simbiogénesis” como la forma de explicar la existencia de nuevas especies a través de asociaciones simbióticas permanentes. Si bien esta perspectiva ha tenido algunos detractores, los estudios de biología molecular a través de secuenciación de ácidos nucleicos permiten comprender el origen de células animales y vegetales a través de simbiosis y no solo a partir de transferencia horizontal como se explica en el darwinismo. Es así como se atribuye a los virus una carga importante de

trasmisión de genes entre especies diferentes que pueden desembocar en cambios evolutivos importantes.

Diéguez (2012) realiza una revisión de algunas definiciones realizadas al respecto, presentando una clasificación algo similar a la anterior. Sin embargo, también aborda algunas disertaciones sobre temas de la filosofía de la biología, describiendo discusiones sobre la vida artificial, el transhumanismo y los virus (informáticos y biológicos), entre otros.

Con relación a los virus, existe una controversia entre los biólogos. Casi todas las definiciones que se presentarán en esta tesis los dejan por fuera. Dentro de ellos, Margulis y Sagan (1996) expresan a este respecto que “en nuestra opinión los virus no están vivos. No son autopoyéticos. Demasiado pequeños para automantenerse, no tienen metabolismo” (p. 24). Contraria a esta postura, dentro de la comunidad académica, algunos biólogos, en particular aquellos simpatizantes del énfasis informacional (que se discutirá más adelante) sí incluyen a los virus biológicos como SV. Su justificación se encuentra centrada en la capacidad replicativa que estos presentan, atributo que los incluye dentro de este conjunto, puesto que, bajo las condiciones adecuadas (una célula hospedadora) pueden reproducirse debido a la información almacenada, susceptible de ser replicada.

En cuanto a la inteligencia artificial (IA), se describen dos versiones; una débil y otra fuerte. La primera sostiene que los ordenadores son un buen instrumento para estudiar la mente humana. Por su parte, la versión fuerte afirma que la mente es un programa informático y que el cerebro es un tipo de ordenador digital que permite materializar lo que ocurre en ella. Dentro de los partidarios de este campo de estudio, se consideran los virus informáticos como entidades vivas, ya que, bajo las condiciones adecuadas, estos pueden reproducirse (similar a los virus biológicos) con ayuda de un soporte físico, como un ordenador.

De forma análoga, la vida artificial (VA) describe en su versión débil que los ordenadores y algunos programas informáticos simulan la vida. Por su parte, la versión fuerte afirma que algunos programas están vivos realmente. Tanto la IA, como la VA, tienen como premisa que “la vida no es cuestión de poseer o no determinadas moléculas complejas (macromoléculas formadas por largas cadenas de carbono), sino de cómo se está organizando

y qué tipo de procesos estructurales se tienen” (Dieguez, 2012, p. 25). A este respecto, Margulis y Sagan (1996) expresan que:

Aunque las entrañas de un ordenador son en su mayor parte dióxido de silicio, como la arena de las playas, un ordenador es muy distinto de un montón de arena. La vida no se distingue por sus constituyentes químicos, si no por el comportamiento de estos (p. 22).

Siguiendo con las ideas del autor, el transhumanismo tiene como idea central el perfeccionamiento de los seres vivientes, cuyo objetivo está encaminado a detener el envejecimiento e, incluso, buscar la inmortalidad. Lo que caracteriza este movimiento es la defensa sobre la utilización de las nuevas tecnologías para ser aplicadas al ser humano con vistas a su mejora, al punto de contemplar la posibilidad de una nueva especie humana (especie poshumana) que permita mejorar sus condiciones limitantes (finitud). Aunque estos temas exceden los objetivos de esta tesis, se presentan de manera introductoria para facilitar la discusión de ciertos elementos en secciones posteriores, con relación a lo que se considera o no un ser vivo.

Adicionalmente, el autor expone la definición más sencilla encontrada en la literatura sobre el tema. De este modo, inicia con la propuesta de Barrow y Tipler (1996), Ray (1992-1996), Bedau (1998) y Pace (2010), quienes sintetizan las características de los SV en dos atributos: 1) capacidad para autorreplicarse y 2) capacidad de evolucionar de forma abierta. Pese a que podría ser una definición ampliamente difundida por su sencillez, exhibe algunas limitaciones. Una de ellas es que los organismos de reproducción sexual no pueden autorreplicarse, requieren de otro organismo para ello. Sin mencionar que los híbridos estériles no estarían dentro de esta categoría, ya que, al poseer diferencias entre los cromosomas de las dos especies parentales, hacen que estos individuos no puedan producir espermatozoides u óvulos funcionales, lo que resulta en una incapacidad reproductiva. Por

su parte, los virus<sup>6</sup>, la vida artificial y algunas moléculas como el ADN estarían incluidos en el conjunto de los SV por su capacidad reproductiva.

Para solventar estas limitaciones, algunos autores como Hickman et al. (2000) incluyen una serie de atributos un poco más amplios para identificar los SV, exponiendo una serie de características cada vez más específicas. Los autores sostienen que la historia de la vida misma ha cambiado a través del tiempo, por lo tanto, la significación de esta requiere ser revisada y reevaluada constantemente,

Podría tentarnos definir la vida sobre la base de sus propiedades más extendidas, que eran evidentes ya en su origen. Por ejemplo, la replicación de moléculas se puede rastrear hasta el origen de la vida y representa una de sus propiedades más universales. Sin embargo, un intento de definir la vida basado en las propiedades presentes en su origen da lugar a un gran problema. Estas características son probablemente las mismas que los SV comparten con algunas formas no vivas (p. 4).

Para atender a la complejidad del tema y evitar limitar la vida a una lista de atributos, los autores exhiben siete propiedades identificadas a lo largo de la historia y que se configuran como esenciales para las formas de vida que las poseen.

- a. Exclusividad química: “Los Sistemas vivos muestran una organización molecular exclusiva y compleja” (p. 4). Las macromoléculas presentes en los SV que son distintivos de otras por su organización estructural se agrupan en cuatro categorías: ácidos nucleicos, proteínas, hidratos de carbono y lípidos. Dicha exclusividad está

---

<sup>6</sup> Los virus biológicos requieren para reproducirse infectar una célula huésped y utilizar la maquinaria celular de ésta para replicar su genoma y producir nuevas partículas virales. Es por ello por lo que cumplen parcialmente la capacidad replicativa. Por su parte, los virus informáticos, requieren de un soporte físico, como un ordenador. Superado la barrera material para su reproducción, estos pueden replicarse al infectar archivos y sistemas, haciendo copias de sí mismo e infectando otras partes del sistema o a otros sistemas conectados. Para su propagación los virus requieren de vectores (similar a los biológicos) para propagarse (USB, correos electrónicos, entre otros). Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de estas similitudes, los virus informáticos no son seres vivos en un sentido biológico. En su comportamiento de reproducción y propagación, pueden exhibir atributos similares a los seres vivos, sin embargo, carecen de otras características como el metabolismo y no son considerados organismo autopoietico.

- asociada con la producción de algunos químicos específicos para diversas funciones biológicas.
- b. Complejidad y organización: “los seres vivos muestran una organización jerárquica exclusiva y compleja” (p. 4). Los SV están organizados en orden de complejidad: una organización macromolecular, células, tejidos, organismos, poblaciones y especies. Esta característica permite el reconocimiento de los SV según su grado de complejidad, desde la estructura mínima de su composición (macromolecular) hasta aquella a nivel organizativa (especie). La célula es reconocida como la unidad semiautomática y, por tanto, la unidad básica de los SV; esta es capaz de llevar a cabo funciones básicas como la reproducción y la replicación.
  - c. Reproducción: “los sistemas vivos pueden autorreproducirse” (p. 6). Esta característica se relaciona con la capacidad de reproducción, ya sea de orden sexual o asexual. Se incluye la variación genética, aspecto que está vinculado con la evolución abierta, de tipo Darwiniana. Desde esta perspectiva, se reconoce que, a pesar de que la vida en sus orígenes se produjo a partir de vida inerte, al menos una vez la reproducción es necesaria para los SV, ya que “la vida no surge espontáneamente, si no que sólo puede proceder de vida anterior a través de un proceso de reproducción” (p. 6).
  - d. Posesión de un programa genético: “un programa genético garantiza la fidelidad de la herencia” (p. 7). Vinculado con la posesión de estructuras con la capacidad de transmitir información genética; es decir, la presencia de ácidos nucleicos con capacidad de contener y transmitir información genética, garantizando la herencia y la variación.
  - e. Metabolismo: “los organismos vivos se automantienen obteniendo nutrientes de su entorno” (p. 8). Asociado a la obtención de energía, mediante la que se extraen nutrientes de su entorno. Este proceso incluye la digestión, respiración y la síntesis de moléculas y estructuras.

- f. Desarrollo: “todos los organismos tienen un ciclo característico” (p. 8). Se refiere al proceso de desarrollo individual de un organismo desde la fertilización hasta la etapa adulta. Este proceso implica cambios de forma, tamaño y diferenciación de estructuras. La palabra cíclica indica que este proceso sigue una serie de etapas repetitivas o “ciclos” durante el desarrollo. En algunos organismos, especialmente en aquellos con características morfológicas o fisiológicas complejas, la ontogenia puede implicar la repetición de patrones de desarrollo a lo largo del tiempo.
- g. Interacción ambiental: “todos los animales interactúan con su entorno” (p. 9). Indica la forma en la que un organismo interactúa con su ambiente, percibe estímulos y responde a ellos, gracias a la irritabilidad; dicha propiedad varía según la complejidad del organismo. Para el caso de los organismos unicelulares, esto implica acercarse o alejarse ante un estímulo.

En particular, la definición propuesta por los autores es interesante para esta investigación, ya que, dentro de su definición, incluyen los ciclos ontogénicos como característica de los SV. Dicho atributo es relevante en la medida en que, en los documentos curriculares presentados por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, particularmente en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales para la BP se encuentran presentes los ciclos de vida de los SV. En la tabla 5 se presentan los procesos de pensamiento del entorno vivo para los grupos de grados de primero a tercero y cuarto a quinto, haciendo un paralelo con la definición propuesta por Hickman et al. (1998), descritos con las letras a, b, c, d, e, f y g.

**Tabla 5.** Comparación entre Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y las Características propuestas por Hickman, Robert y Larson (1998).

| Procesos de pensamiento del entorno vivo<br>Grupo de grado 1° a 3°  | Características propuestas por<br>Hickman et al.<br>(1998) |   |   |   |   |   |   |
|---|--|---|---|---|---|---|---|
|   | a  | b | c | d | e | f | g |
| Identifico patrones comunes a los seres vivos.  | x  | x | x | x | x | x | x |
| Describo características de seres vivos y objetos inertes, establezco semejanzas y diferencias entre ellos y los clasifico. | x  | x | x | x | x | x | x |
| Propongo y verifico necesidades de los seres vivos.   |  |   |   |   | x |   | x |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Observo y describo cambios en mi desarrollo y en el de otros seres vivos.                                      |   |   | x |
| Describo y verifico ciclos de vida de seres vivos.   |   |   | x |
| Reconozco que los hijos y las hijas se parecen a sus padres y describo algunas características que se heredan. | x | x |   |
| Explico adaptaciones de los seres vivos al ambiente.   | x |   | x |
| Comparo fósiles y seres vivos; identifico características que se mantienen en el tiempo.                       | x |   |   |
| <b>Procesos de pensamiento del entorno vivo Grupo de grado 4° a 5°</b>   |   |   |   |
| Explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos.                                     | x |   |   |
| Identifico los niveles de organización celular de los seres vivos.   | x |   |   |

Como se indica en la tabla, podría decirse que existe cierta similitud entre la propuesta curricular propuesta por el Gobierno colombiano para la enseñanza de este tema para la básica primaria y los autores en mención. Si bien la definición descrita presenta una descripción más ampliada que la presentada por de Barrow y Tipler (1996), Ray (1992; 1996), Bedau (1998) y Pace (2010), esta continúa teniendo ciertas dificultades. Dentro de ellas se destaca la capacidad estricta de autorreplicarse, ya que una unidad biológica requiere de otra para reproducirse, en especial aquellas que requieren de una reproducción de tipo sexual. Sumado a la ya mencionada limitación de los híbridos estériles y los insectos sociales.

Se suman a estas limitaciones una discusión del uso del término *ciclos de vida*. En libros de microbiología o zoología se utiliza la expresión adecuadamente, ya que se quieren presentar las etapas de ciertos organismos. También se aplica correctamente para algunos ciclos bioquímicos o biogeoquímicos, debido a que comienzan y terminan en el mismo estado. Sin embargo, algunas publicaciones emplean el término ciclo de vida cuando en realidad se están refiriendo a la biología reproductiva de una especie. Es por ello que algunos autores proponen términos más precisos, en los cuales la palabra *ciclo* denota un proceso que culmina e inicia en el mismo punto de partida. Autores como West-Eberhard (2003) propone la expresión “continuidad del fenotipo”, Lincoln et al. (1998) utiliza la expresión secuencia o cadena de eventos e Ibáñez (2020) propone la ontogenia cíclica de una especie.

Otro elemento que exhibe limitaciones con esta definición es, por ejemplo, el caso del envejecimiento o la muerte. Para el primero, la senescencia de los SV puede encontrar casos extremos, un ejemplo es el pino colorado (*Pinus pinaster*) o algunos olivos (*Olea europaea*) que pueden vivir más de mil años, pero también se pueden encontrar otros

ejemplos, cuya ontogenia es demasiado corta, limitándose a un par de horas, tal es el caso de los efemerópteros (del orden de insectos alados) que se caracterizan por tener una vida adulta muy breve, generalmente de unas pocas horas hasta un par de días. También se encuentran algunos cactus nocturnos (*Epiphyllum oxypetalum*), cuya flor solo dura una noche y algunas especies de polillas y mariposas que tienen una vida adulta muy corta, limitada a solo unas horas o días, durante los cuales se dedican principalmente a la reproducción.

Con relación a la muerte, se encuentran ciertos organismos como los criptobióticos (tardígrados, rotíferos y algunos nemátodos y bacterias) que no mueren en el sentido convencional mientras están en estado de criptobiosis. En este estado, sus funciones metabólicas se reducen al mínimo, permitiéndoles sobrevivir condiciones extremas por mucho tiempo. Otro ejemplo sorprendente son algunas hidras del género *Hydra*, que bajo ciertos contextos biológicos pueden mantenerse funcionalmente inmortales. Existe también el caso de las células “HeLa”<sup>7</sup> que son “células inmortales”, lo que significa que pueden replicarse indefinidamente en condiciones de laboratorio.

Estas excepciones a la posible “regla” que suele atribuirse a la definición de lo vivo son problemáticas para la enseñanza de procesos biológicos en la BP en contextos colombianos, puesto que, como se indicó en apartados anteriores, los docentes que orientan estos grados no necesariamente están formados en estos temas, lo que deriva en la enseñanza de un tema estructural para la biología de forma inadecuada o limitada en los primeros años escolares.

Después de presentar algunas definiciones iniciales y aclarar sus limitaciones, se retoman nuevamente las ideas de Diéguez (2012). El autor se centra en una pregunta fundamental: ¿qué nos permitiría reconocer que estamos ante un ser vivo? Es por ello por lo que para tratar de dar solución a esta cuestión, dicho autor presenta dos enfoques

---

<sup>7</sup> Las células “Hela” son un tipo de células tomadas de la estadounidense Henrietta Lacks en el año de 1951 quien padecía de carcinoma de cérvix (cáncer cervical). Esta muestra biológica fue tomada sin consentimiento de la paciente (para la época el material descartado u obtenido durante algún procedimiento medico era propiedad del médico y/o la institución médica) y ha sido utilizada desde entonces por su rápida reproducción y su longevidad en cultivos. Se ha utilizado en estudios sobre el cáncer, genética, virología, y pruebas de fármacos.

fundamentales sobre la vida: el enfoque autoorganizativo y el informacional. Su exposición advierte de las bondades y limitaciones identificadas en cada uno de ellos y expone al final de su disertación una tercera propuesta que podría solventar, al menos parcialmente, algunas de las limitaciones discutidas.

### **3.3.2. Enfoque autoorganizativo**

En el enfoque autoorganizativo se destaca el metabolismo como característica indispensable para la vida. Es posible la vida en tanto encontramos estructuras que se mantienen metabólicamente. Los SV son considerados como sistemas alejados de la entropía, consumen energía del medio para mantener un orden. Esta característica obliga traer a discusión las ideas de Schrödinger, quien inspiró este principio, conectando la complejidad de los sistemas vivos con las leyes de la termodinámica.

Maturana y Varela (2004) hacen parte de este enfoque y ven el metabolismo como algo esencial a la vida, “en nuestra experiencia común encontramos los sistemas vivos como unidades autónomas, asombrosamente diversas, dotadas de la capacidad de reproducirse” (p. 63). Aunque esta última característica es reconocida como una característica secundaria, sí hacen relevante la autopoyesis como una red de relaciones constructivas que condicionan y modulan la autonomía de los organismos.

Los autores acuñan el término autopoyesis, utilizado para reconocer la mínima organización viviente. En palabras de Varela año, como se cita en Diéguez, 2012):

Un sistema autopoietico está organizado (definido como una unidad) como una red de procesos de producción (síntesis y destrucción) de componentes tales que:

- (1) regeneran y realizan la red que los produce, y
- (2) constituyen el sistema como una unidad distinguible en el dominio en que existe. (p. 33)

Margulis y Sagan (1996) también hacen parte de esta línea, consideran que en el mantenimiento de los cuerpos, por ejemplo, estos concentran orden y se autorreparan continuamente. El metabolismo necesario para dicho auto mantenimiento no es más que una muestra de la vida. Los autores también utilizan los postulados de Maturana y Varela, con relación al concepto de autopoyesis. Al respecto expresan que:

Una entidad autopoyética metaboliza continuamente se perpetua mediante la actividad química, el movimiento de las moléculas. La autopoyesis vincula el gasto de energía con la desorganización. De hecho, la autopoyesis se reconoce por ese incesante flujo de energía y esa química vital que es el metabolismo. Sólo las células, los organismos compuestos por células y las biosferas compuestas por organismos son autopoyéticos y pueden metabolizar (p. 23)

Diéguez (2012) concluye que este énfasis está centrado en la “autonomía de los organismos, en su capacidad para automantenerse” (p. 32); sin embargo, también plantea dos limitaciones. Una de ellas está relacionada con los escasos argumentos para explicar los mecanismos de herencia que posibilitan la evolución. Si bien, como se ha mencionado, su definición de los SV está vinculada al metabolismo, debería dar una explicación a la forma en la que la información genética pasa de un organismo a otro. Frente a esta crítica, Margulis y Sagan (1996) expresan que:

Ya hemos dicho que el DNA es una molécula de incuestionable importancia para la vida; sin embargo, no está viva en sí misma. Las moléculas de DNA se replican, pero no metabolizan y, por lo tanto, no son autopoyéticas. La replicación no es un rasgo vital tan fundamental como la autopoyesis (p. 23)

La segunda limitación está relacionada con la autonomía propia de este énfasis, ya que ningún organismo es estrictamente autónomo, requiere para mantener un equilibrio, de un medio idóneo o de otros organismos que le proporcionen las condiciones metabólicas.

Pese a estas limitaciones, a través suyo, sí es posible explicar la razón por la que la VA y la IA no son SV y se descartan los enfoques informacionales o computacionales (tal y como se describió al inicio de este apartado). A este respecto, Boden (1999 y 2012), como se citó en Diéguez (2012) expresa que el metabolismo sería lo que realmente distinguiría a los SV que encontramos en la naturaleza de los “seres” de la vida Artificial. Desde esta perspectiva, algunos ejemplos citados inicialmente, cumplen las condiciones para ser SV, las mulas y los insectos sociales, son autopoyéticos. Los virus por su parte, no son autopoyéticos

### ***3.3.3. Enfoque informacional***

Continuando con las ideas del autor, este enfoque centra su concepto de vida en aspectos asociados a la información y, consigo, a la reproducción. Desde esta perspectiva, la herencia y la variación proporcionan adaptación al medio. Sin embargo, son pocas las razones que presenta frente al hecho de la capacidad de mantenerse en el medio.

Desde esta perspectiva, se utilizan dos conceptos: replicación y reproducción. El primero nos permite comprender el proceso de codificación de la estructura de las moléculas de proteína, esenciales para el desarrollo y funcionamiento del organismo, contenida en los ácidos nucleicos, ribonucleico (ARN, ácido ribonucleico) y desoxirribonucleico (ADN, ácido desoxirribonucleico). El ADN produce una copia exacta de sí misma, guardando fidelidad a la copia original; sin embargo, también pueden surgir algunos errores de replicación. La división celular tiende a ser un proceso exacto, sobre todo a lo referido al material genético; no obstante, es posible que ocurran cambios en los cromosomas. Hickman et al. (2000) expresan que, en los animales y organismos en general (descartando los virus), el ADN puede dar cuenta de un origen único de la vida, gracias a que el código genético fue establecido al inicio de la historia evolutiva.

Por su parte, la reproducción es el proceso por el cual un organismo genera otro similar, con algunas características diferentes atribuidas a la mutación, a variaciones o a la recombinación genética. Según Hickman et al. (2000)

Las formas de vida se reproducen para generar otras semejantes, ya sea de forma sexual o asexual. Las poblaciones o las especies pueden, en un determinado caso, no reproducirse, pero la reproducción es, a pesar de todo, es una propiedad potencial de tales individuos (p. 7).

Los conceptos de herencia y variación son relevantes desde este énfasis. La herencia es la transferencia de características de padres a hijos. La variación, por su parte, es la aparición de diferencias en las características, siendo más evidente en aquella de tipo sexual. Ambas son la base de la evolución. Cuando los organismos vivos producen variaciones que se transmiten a través de generaciones sucesivas, lo llamamos evolución. Desde la perspectiva propuesta por Darwin, los organismos que sobreviven lo suficiente para reproducirse y son escogidos por selección natural posibilitan la evolución de las especies. La limitación que este enfoque presenta son que, si bien tanto la replicación como la reproducción son esenciales para la evolución, antes de realizar este proceso el ser vivo debe automantenerse. Sin la capacidad metabólica, un organismo no puede mantenerse así mismo para realizar replicación o reproducción.

#### ***3.3.4. Enfoque integrador***

Cada uno de los enfoques citados exhiben limitaciones; es por ello por lo que, las ideas de Dyson (1999), retomando las ideas de Neumann, menciona que:

Von Neumann observó que el metabolismo y la replicación, por muy intrincadamente vinculados que estén en el mundo biológico tal como existe ahora, son lógicamente separables. Es lógicamente posible postular organismos compuestos de hardware puro y capaces de metabolizar, pero incapaces de replicarse. También es posible postular organismos compuestos de software puro y capaces de replicarse, pero incapaces de metabolizar (p. 9)

Esta definición que desvincula la reproducción y el metabolismo es uno de los intentos por reconocer que la vida surgió de manera simultánea con ambos procesos, o tuvo un origen dual: primero existió una entidad replicadora y una entidad metabolizadora, que se unieron para dar origen a la vida.

Por su parte, Ruiz-Mirazo et al. (2004) exponen una unión entre ambos enfoques, reconociendo que un ser vivo es cualquier sistema autónomo con capacidad de evolución abierta. Para cumplir con ambas propiedades, las agrupa en tres condiciones:

- 1) Un límite activo semipermeable (membrana).
- 2) Un aparato de transducción/conversión de energía.
- 3) Dos tipos al menos de componentes macromoleculares interdependientes, uno capaz de almacenar y transmitir la informacional necesaria para desempeñar estos procesos (p. 36)

Este proyecto asume esta última perspectiva como un campo rico para la enseñanza de la noción de los SV, ya que permite comprender que no existe una única forma de explicar los fenómenos y el hecho de que teorías vigentes como el darwinismo pueden ser insuficientes para explicar ciertos casos como los grandes cambios a nivel evolutivo. Otro ejemplo se encuentra referido a los organismos criptobióticos que no aplican para la definición de los SV desde lo fisiológico (alimentarse, excretar, reproducirse, crecer, moverse y responder a estímulos), definición muy usada en los contextos escolares.

Como se indicó anteriormente, el presente trabajo no tiene por intención resolver un tema tan complejo como lo es la definición de los SV; sin embargo, es posible, a través suyo, encontrar algunos elementos de utilidad para la investigación. Con relación a la NOS, es posible reconocer en la naturaleza del conocimiento, la provisionalidad de las teorías o la coexistencia de varias perspectivas para definir un fenómeno. En términos de Dusch (1997), las ciencias son concebidas como parciales, provisionales y falibles. Las pautas para juzgar las construcciones teóricas no deben ser asumidas en términos de correcto o incorrecto. Es factible definir los SV en función de su capacidad para replicarse y reproducirse (enfoque

informativa) o su capacidad de automantenerse a través del metabolismo (enfoque autoorganizativo). Una posible solución a esta polarización de perspectivas sería un enfoque integrado, donde los SV sean explicados como interdependientes tanto de los aspectos informativos como de los metabólicos.

Un segundo punto relevante se encuentra asociado a la discusión de los ECH descritos anteriormente, en particular la controversia entre Pasteur y Pouchet, donde suele atribuirse una aparente victoria de la biogénesis sobre la generación espontánea. Sin embargo, nuevas investigaciones nos han volcado a contemplar la generación espontánea como la explicación más plausible sobre el origen de la vida en la Tierra. Ponnampertuma (1972, como se cita en Margulis y Sagan, 1996), expresan a este respecto que:

A los estudiantes que comienzan les estemos diciendo que los experimentos de Pasteur representan el triunfo de la razón sobre el misticismo cuando nosotros hemos vuelto a la generación espontánea, bien que en un sentido más refinado y científico, lo que llamamos evolución química (p. 58)

Este surgimiento de la generación espontánea inicia con algunos supuestos realizados por Darwin en 1871, quien mencionó que, si las especies podrían evolucionar de un ancestro en común, era posible también pensar que la materia (inanimada) podría evolucionar hacia la vida. Años más tarde, en 1929, Oparin publica su libro *El origen de la vida* donde presenta formas específicas de autoorganización química que desencadenarían la vida en un caldo primordial. Con esta idea de base, en 1953, Miller y Urey realizan en el laboratorio una simulación de ese caldo. En un matraz imitan las características de la Tierra primitiva, obteniendo a partir de una mezcla de gases sobre agua esterilizada y bombardeo de descargas eléctricas, productos químicos esenciales para las proteínas, así como otros compuestos que se obtuvieron espontáneamente. “De este modo los científicos habían reproducido en el laboratorio el origen prebiótico no de la vida, si no de los nutrientes necesarios para el automantenimiento, una especie de sopa primordial” (Margulis y Sagan, 1996, p. 58).

Estableciendo vínculos entre esta nueva forma de analizar la generación espontánea como algo plausible, Diéguez (2012) expresa que, algunos químicos y biólogos (Eigen, Schuster, Orgel, Cech y Pross) explican que la vida surgió como un polímero portador de información con capacidad de replicación, aunque con incapacidad de metabolizar. Dicha corriente se conoce como “los genes primero” o la “replicación primero”. De forma antagónica, se encuentra la explicación de la vida en la Tierra a partir de un conjunto de reacciones sobre superficies minerales que posiblemente realizaron autocatálisis y división por aumento de tamaño, corriente que se denomina “el metabolismo primero” y cuyos principales representantes son Oparin, Dyson, Margulis, entre otros. Pese a que ambas explicaciones ponen énfasis en lo informacional o en lo metabólico, tienen en común que esta primera forma de vida tuvo sus orígenes a partir de materia inerte.

Como se mencionó al inicio de este capítulo, cada uno de los elementos teóricos que se expusieron guardan una relación de complementariedad. La alfabetización científica ha sido una meta en las recientes reformas educativas de varios países, y la comprensión sobre la NOS se considera fundamental para alcanzar este objetivo. Es así como, la HC se presenta como una manera de discutir la NOS en contextos educativos y una forma de narrar esa historicidad a través de los ECH. Para concretar estas apuestas en el contexto educativo, el último apartado permitió ejemplificar a través de la definición de los SV que el conocimiento científico es constantemente reevaluado, discutido y modificado.

A través de esta perspectiva, el CPP podría beneficiarse al incorporar asuntos sobre la HC, en la medida en que permite discutir de forma explícita asuntos asociados a la NOS. Sin embargo, dichos episodios deben ser re-contextualizados con una intención pedagógica y didáctica. Las implicaciones que se derivan de esta perspectiva para la enseñanza de las ciencias radica en que se constituye en un recurso que proporciona contextos, reconoce las ideas de los estudiantes y posibilita pensar nuevas estrategias para presentar temas complejos. La recontextualización de los fragmentos históricos para la EBP debe tener unas particularidades propias de los primeros grados escolares; las dramatizaciones, la historieta, el cuento y los títeres son algunas formas en las que se puede narrar una buena historia para los más pequeños.

## **Capítulo IV. Metodología**

### **4.1. Paradigma, método de investigación y estrategia de análisis**

El presente proyecto de investigación se enmarcó en un paradigma investigativo de corte cualitativo, con tipo de método de estudio de caso colectivo. El paradigma cualitativo de investigación se define como el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos reflexivos que se usan para comprender un fenómeno, se lleva a cabo en ambientes naturales, donde los significados son extraídos propiamente de los datos, sus planteamientos tienden a ser más abiertos y, conforme avanza la investigación, éstos se van puntualizando. Tal como lo mencionan Hernández, Fernández y Baptista (2010) Es un proceso inductivo, recurrente y se caracteriza por no seguir procedimientos en secuencia lineal. Las investigaciones inscritas en este paradigma pueden tener varios propósitos; pueden ser descriptivas, predictivas o exploratorias. En este contexto, la presente investigación se sitúa en una de este último tipo, puesto que su propósito fue un acercamiento entre las teorías inscritas en el marco conceptual y la complejidad de las realidades en el campo educativo (Martínez, 2006).

Derivada de las características e intenciones ya mencionadas, la presente investigación tuvo como propósito tejer relaciones entre algunos elementos identificados en la teoría y sus implicaciones en contextos poco explorados; es por ello que, a través de la identificación de patrones, conexiones y redes fue posible obtener una visión holística sobre la relación que se teje entre los ECH, la experimentación y la comprensión sobre NOS en docentes en formación y en ejercicio, posibilitando en últimas comprender en profundidad el fenómeno de estudio y extraer nuevas interpretaciones.

En concordancia con los propósitos mencionados, se empleó el estudio de caso colectivo (Stake, 2020) como el método para el desarrollo de la investigación; este procedimiento investigativo, tuvo por intención seleccionar varios casos para comprender en profundidad una situación o fenómenos de estudio. Esta perspectiva se ajustó a los intereses de la investigación, en particular porque posibilitó tener un carácter crítico sobre el objeto de

estudio, permitió explorar y comprender una situación relativamente desconocida en la enseñanza y creó relaciones entre la teoría y la práctica docente (Álvarez y San Fabián, 2012). Además, se constituyó en una herramienta importante para registrar y analizar las conductas de las personas participantes del estudio (Martínez, 2006) .

A través del estudio de casos colectivo, fue posible generar hipótesis sobre las posibles contribuciones de los ECH al fortalecimiento de los docentes sobre la comprensión acerca de la NOS. Cada uno de los casos seleccionados para la investigación se constituyó en un sistema delimitado que, bajo el registro de datos de múltiples fuentes, permitió describir de forma detallada el fenómeno de estudio. Retomando a Latorre, Rincón y Arnal (2005) las investigaciones científicas de este tipo permiten aclarar un campo de estudio y sobre todo trazar horizontes para transformar algunas situaciones problemáticas, que, para la presente investigación, se encuentran centradas en cuatro elementos; (i) una visión ingenua de docentes de ciencias naturales sobre la NOS, (ii) la priorización selectiva de la enseñanza de áreas específicas en la básica primaria, (iii) la necesidad de una formación sobre el CPP y (iv) los desafíos que se presentan al intentar incorporar la HC y la experimentación en la enseñanza de ciencias.

El desarrollo del proceso investigativo se desarrolló teniendo en cuenta dos elementos claves, a saber: la *descripción* y la *interpretación*. La primera invita a realizar un ejercicio de explicitación detallada de los contextos, donde se especifica las particularidades de los casos, así como también los criterios de similitud. La segunda, por su parte, convoca a la organización, sistematización y análisis de las acciones que resultan claves para comprender la complejidad del fenómeno; acciones que se dividen en cinco fases: selección e identificación de los casos, elaboración de preguntas, localización de fuentes de datos, análisis e interpretación, y elaboración del informe final de investigación. A continuación, se describen tales elementos.

## **4.2 Ejercicio descriptivo**

Como es propio de una investigación de naturaleza cualitativa, la muestra investigativa, no es probabilística, por lo tanto, el número de participantes para cada caso es reducida, puesto que, su intención fue desarrollar una teoría que pudiera extenderse a otros casos con características similares. Así mismo, para conservar las características del método investigativo, se realizó una descripción detallada e intensiva de los casos, esto permitió identificar tributos característicos y elementos que les permiten converger.

Para el desarrollo y trabajo de campo de la investigación se eligieron dos casos: un grupo de docentes en ejercicio de ciencias naturales de básica primaria y un grupo de docentes en formación de ciencias naturales. A continuación, se describen las características particulares de cada uno de ellos, detallando lugares y circunstancias, y proporcionando información sobre los roles, características y contextos de los participantes; asimismo, se señalan los elementos comunes que los vinculan.

#### ***4.2.1 Caso 1: Docentes en ejercicio de ciencias naturales de básica primaria.***

La delimitación espacial de caso 1, es la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco ubicada en la comuna 60, corregimiento de San Cristóbal, vereda Pajarito (Medellín, Colombia). La institución atiende un total de 1321 estudiantes en los niveles de: Preescolar, Básica Primaria, Básica Secundaria y Media vocacional. La población de docentes se encuentra conformada por 3 directivos docentes y 44 profesores y profesoras, de los cuales 18 están vinculados en propiedad en básica primaria, foco de interés de la presente investigación. La institución se caracteriza por tener un énfasis ambiental y propiciar espacios para el trabajo por proyectos entre pares, aspecto por el cual se constituye en un escenario idóneo para el estudio de caso, en la medida que contribuye alcanzar el objetivo general.

Teniendo en cuenta los criterios de conveniencia, capacidad operativa, entendimiento y naturaleza del fenómeno propuestos por Hernández et. al (2010) para la comprensión del caso, y atendiendo al criterio de las muestras teóricas o conceptuales, se seleccionarán 5 profesoras y 1 profesor de básica primaria. La elección de las y el participante, obedece a las intenciones de la investigación, debido a que los sujetos poseen algunos atributos de interés; (i) tienen a su cargo la enseñan ciencias naturales, aunque no

están formados en esta área, (ii) pertenecen al proyecto institucional llamado Metanoia: transformo, cuido y convivo, y (iii) no han tenido formación anterior en HC. El propósito de este caso fue comprender cómo los ECH vinculados con la experimentación contribuyen al CPP, particularmente, en lo referido a los componentes epistemológicos y disciplinares. En la tabla 6 se presentan algunos datos preliminares del caso; dentro de ellos, seudónimos, título de formación y años de experiencia.

**Tabla 6.** Caracterización caso 1: Docentes en ejercicio de ciencias naturales de BP.

| Seudónimos         | Título de formación pregrado   | Formación posgradual                  | Años de experiencia en la enseñanza de básica primaria |
|--------------------|--|---------------------------------------|--|
| Marjory Stephenson | Licenciada en Educación básica con énfasis en Matemáticas              | Especialista en lúdica y didáctica.   | 17   |
| Elizabeth Bugie    | Pedagogía infantil   | Magister en Psicopedagogía.           | 20   |
| Robert Koch        | Licenciado en pedagogía re-educativa.                                  | Especialización en lúdica y deportes. | 34   |
| Ruth E. Moore      | Licenciada en educación básica con énfasis en Matemáticas              | Magister en educación                 | 9<br>23  |
| Fanny Hesse        | Licenciada en educación básica primaria con énfasis lengua castellana. | Especialista en enseñanza de las TIC. | 25   |
| Alice Evans        | Licenciada en educación básica primaria con énfasis lengua castellana. | Especialista en Enseñanza de las TIC. |  |

#### **4.2.2. Caso 2: Docentes en formación de Ciencias Naturales.**

La delimitación espacial de caso 2, corresponde a los programas de Licenciatura en Ciencias Naturales y Licenciatura en Física, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia).

La estructura curricular de ambas licenciaturas es la misma: están organizadas a través de los denominados Campos de saber, que a su vez los constituyen Núcleos de formación. Los campos de saber son: el campo de saber pedagógico y el campo de saber disciplinar. Los núcleos de formación, por su parte, son grupos de asignaturas que comparten un propósito común; se encuentran dentro de ellos, los núcleos de pedagogía y formación, de

práctica pedagógica, de currículo y de experiencias educativas (para el campo de saber pedagógico), y los núcleos de física, de biología, de matemáticas, e interdisciplinar y de contextualización (para el campo de saber disciplinar).

El caso en consideración se circunscribe en el núcleo de práctica pedagógica, en el trayecto de prácticas finales (semestres VIII, IX y X), que es el momento donde se consolidan los procesos de enseñanza, investigación y producción de saberes en ambas licenciaturas. Para el desarrollo de tal trayecto de práctica final, ambas licenciaturas realizan una convocatoria abierta donde se postulan varias líneas de investigación que son sometidas a un proceso de evaluación y selección. En particular, la investigadora propuso la línea de formación en Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias, línea en la cual se inscribieron de forma voluntaria diez estudiantes, cinco de la Licenciatura en Ciencias Naturales y cinco de la Licenciatura en Física. En la tabla 7 se describen algunos cursos que han tenido los participantes y que tienen relación con los elementos conceptuales de la presente propuesta.

**Tabla 7.** Caracterización del caso 2: Docentes en formación.

| Licenciatura       | Cursos con énfasis en reflexiones desde la HYF  | Cursos que involucran actividades experimentales  |
|--------------------|---|---|
| Ciencias Naturales | Práctica Pedagógica V y VI.   | <b>Núcleo de Física</b><br>Introducción a la física<br>Física Biológica I, II y III.  |
|                    |   | <b>Núcleo de Química</b><br>Sistemas Químicos I, II, III, IV y V.   |
|                    |   | <b>Núcleo de Biología</b><br>Fundamentos de Biología<br>Biología Celular<br>Genética<br>Mecanismos Biológicos de Evolución<br>Microbiología<br>Botánica<br>Zoología<br>Ecología<br>Biodiversidad. |
| Física             | Seminario de Historia y Epistemología de las ciencias I y II.<br>Seminario de profundización. | <b>Núcleo de Física</b><br>Introducción a la física<br>Física del movimiento I y II<br>Física de ondas<br>Termodinámica<br>Electromagnetismos<br>Relatividad                                      |

Los docentes en formación que constituyen el caso ya han tenido algunos acercamientos a la línea de formación propuesta; en la asignatura de Práctica Pedagógica V y VI, para el caso de la Licenciatura en Ciencias Naturales, y en los cursos de Epistemología e Historia de las Ciencias I y II, para la Licenciatura en Física. Con relación a los acercamientos que tienen los maestros en formación en actividades asociadas a la experimentación, se destaca que ambas licenciaturas realizan una apuesta significativa a enriquecer la formación docente con la inclusión de este componente, así como también, propone escenarios que invitan a reflexionar cuál es el papel de las actividades experimentales en la enseñanza de cada núcleo disciplinar.

Dentro de la propuesta de trabajo para la práctica pedagógica, se inicia durante el primer semestre con una presentación de los elementos propios de la línea, es por esto por lo que, se realizó un ejercicio de formación en asuntos referidos a la NOS y diferentes estilos de narraciones científicas históricas para discutir elementos metacientíficos (la descripción detallada del ejercicio formativo se presenta más adelante), dentro de ellos se explicitaron ejemplos sobre: (i) controversias científicas históricas, (ii) experimentos cualitativos y exploratorios cruciales en la génesis de algunos fenómenos físicos y biológicos, (iii) fragmentos históricos, (iv) textos de primera fuente, entre otros. Dentro de este abanico de posibilidades los docentes en formación seleccionaron un énfasis en su proyecto de grado. En la tabla 8 se presentan los énfasis seleccionados.

**Tabla 8.** Presentación de los proyectos construidos en la línea de formación en Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias

| Licenciatura | Participantes | Contenido disciplinar | Reflexión metacientíficas  | Título del proyecto   |
|--------------|---------------|-----------------------|--|---|
|              | Equipo 1      | Estructura del ADN    | La controversia científica como facilitador para la comprensión del ADN y su estructura, así como también, para evidenciar la influencia de las relaciones interpersonales entre | Controversias científicas como herramienta para promover el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico en los estudiantes. El caso de Watson y Crick vs Rosalind Franklin. |

|                    |          |   |  |  |
|--------------------|----------|---|--|--|
| Ciencias Naturales | Equipo 2 | Clasificación de los Microorganismos                            | científicos para la construcción del conocimiento.<br>Reflexiones históricas sobre el papel que tuvo la experimentación cualitativa y exploratoria para la comprensión del mundo microscópico.                                     | Experimentación cualitativa-exploratoria para el desarrollo de competencias: propuesta de un semillero escolar en microbiología.                 |
|                    | Equipo 3 | Soberanía hídrica   | Relaciones entre Ciencia, tecnología y su impacto en el ambiente.  | Discusiones Sobre La Soberanía hídrica: contribuciones De Una Cuestión sociocientífica a la Formación de la Responsabilidad Personal y Social    |
|                    | Equipo 4 | Caída de los cuerpos  | Diferencia de interpretación a un mismo fenómeno a partir de la controversia científica histórica sobre la caída de los cuerpos entre Galileo y Aristóteles. El papel de la experimentación.                                       | Contribución de la Perspectiva Cualitativa Exploratoria al Desarrollo de Procesos Discursivos y Trabajo Colaborativo: el caso de la Caída Libre. |
| Física             | Equipo 5 | Composición de las estrellas.<br>Perspectivas sobre la energía. | El papel de la mujer en la ciencia a partir del estudio de los trabajos experimentales realizados por Cecilia Payne. Diferencia de interpretación a un mismo fenómeno a partir del análisis de los escritos de Émilie du Châtelet. | La enseñanza de la física desde la epistemología feminista: una propuesta fundamentada en la historia y filosofía de la ciencia.                 |

Conservando los criterios descritos en el caso anterior para la selección de los participantes del caso 2; por conveniencia, capacidad operativa, entendimiento y naturaleza del fenómeno, de los cinco equipos que se conformaron, se han seleccionado dos; proyecto 1 y 2, ya que el contenido disciplinar seleccionado, está vinculado conceptualmente con las reflexiones sobre la biología similares a las del caso 1, es por esto por lo que, el caso 2 está conformado por 4 docentes en formación. El propósito de este caso fue comprender cómo

los ECH vinculados con la experimentación contribuyen al CPP, particularmente, en lo referido a los componentes epistemológicos y didácticos.

Para finalizar el ejercicio descriptivo, es necesario señalar que, aunque el caso 1 y el caso 2 exhiben características distintivas —docentes en ejercicio con amplia experiencia didáctica, pero sin una profundización disciplinar, y docentes en formación con sólida formación disciplinar en el núcleo biológico, pero con escasa experiencia didáctica— se pueden identificar dos elementos que los vinculan.

Primero, el uso de la HC como un recurso valioso para la formación de docentes. El CPP tanto de los docentes en formación como de los docentes en ejercicio puede beneficiarse significativamente de esta perspectiva. Segundo, en ambos casos se discutieron dos ECH. El primero fue la discusión entre Pasteur y Pouchet sobre el origen de la vida, que permitió establecer relaciones de los SV desde un enfoque autoorganizativo. El segundo fue la disputa entre Pasteur y Koch, donde la comprensión de la génesis de los agentes causantes de las enfermedades infecciosas permitió discutir los atributos de los SV desde un enfoque informacional y equilibrado.

### **4.3. Ejercicio interpretativo**

De acuerdo con lo descrito al inicio de este apartado, para abordar la complejidad de los casos seleccionados, el ejercicio interpretativo se organizó en cuatro etapas de las cinco propuestas por Montero y León (2002):

- **Elaboración de una lista de preguntas:** Se crean preguntas que orientan el registro de la información — ¿Qué se quiere registrar?
- **Localización de las fuentes de datos:** Se seleccionan las técnicas de investigación y se elaboran los instrumentos necesarios — ¿Cómo se registra la información?
- **Análisis e interpretación:** Bajo la lógica de los estudios cualitativos, se establecen correlaciones entre lo registrado y se identifican relaciones causales dentro del proceso — ¿Qué relaciones se tejen?

- Elaboración del informe final de investigación: Se describe cronológicamente el procedimiento realizado a partir de un ejercicio exploratorio — ¿Cómo se presenta la información?

A continuación se describen en detalles estas fases.

**Fase 1: Elaboración de una lista de preguntas.** En este ejercicio se realizó una construcción teórica que posibilita identificar algunos marcos de análisis. Esta construcción se completó y ajustó durante la investigación. Las preguntas también permitieron establecer nexos entre los casos, y desde la resolución de cada una de ellas, fue posible comprender el fenómeno de estudio.

**Fase 2: Localización de las fuentes de datos.** Se diseñaron los instrumentos para el registro de la información. Constituyéndose un ejercicio que permitió comprender la situación de investigación. Fue en esta etapa donde se tuvo contacto directo con los informantes, pues en ella se adelantó el trabajo en campo y se puso en juego las técnicas descritas para cada caso. Tal y como se proponen en estudios de este tipo, es necesario mantener una interpretación fundamentada. Para este proceso se utilizaron múltiples fuentes de datos, por lo tanto, la presente investigación utilizó técnicas como: bitácora de campo, cuestionarios, entrevistas semi estructuradas, observación participante y taller investigativo. Este proceso se dinamiza a través de una intervención con los informantes, cuyo eje principal fue el uso de ECH vinculados a la experimentación. Más adelante se describen con detalle cada una de las técnicas e instrumentos.

**Fase 3: Análisis e interpretación.** Este ejercicio se realizó de manera paralela a la fase anterior. Durante el trabajo de campo, se registraron todos los elementos necesarios para comprender el fenómeno a través de los diferentes casos. En esta fase, se utilizaron técnicas de análisis como las matrices, el análisis del discurso y la rúbrica analítica.

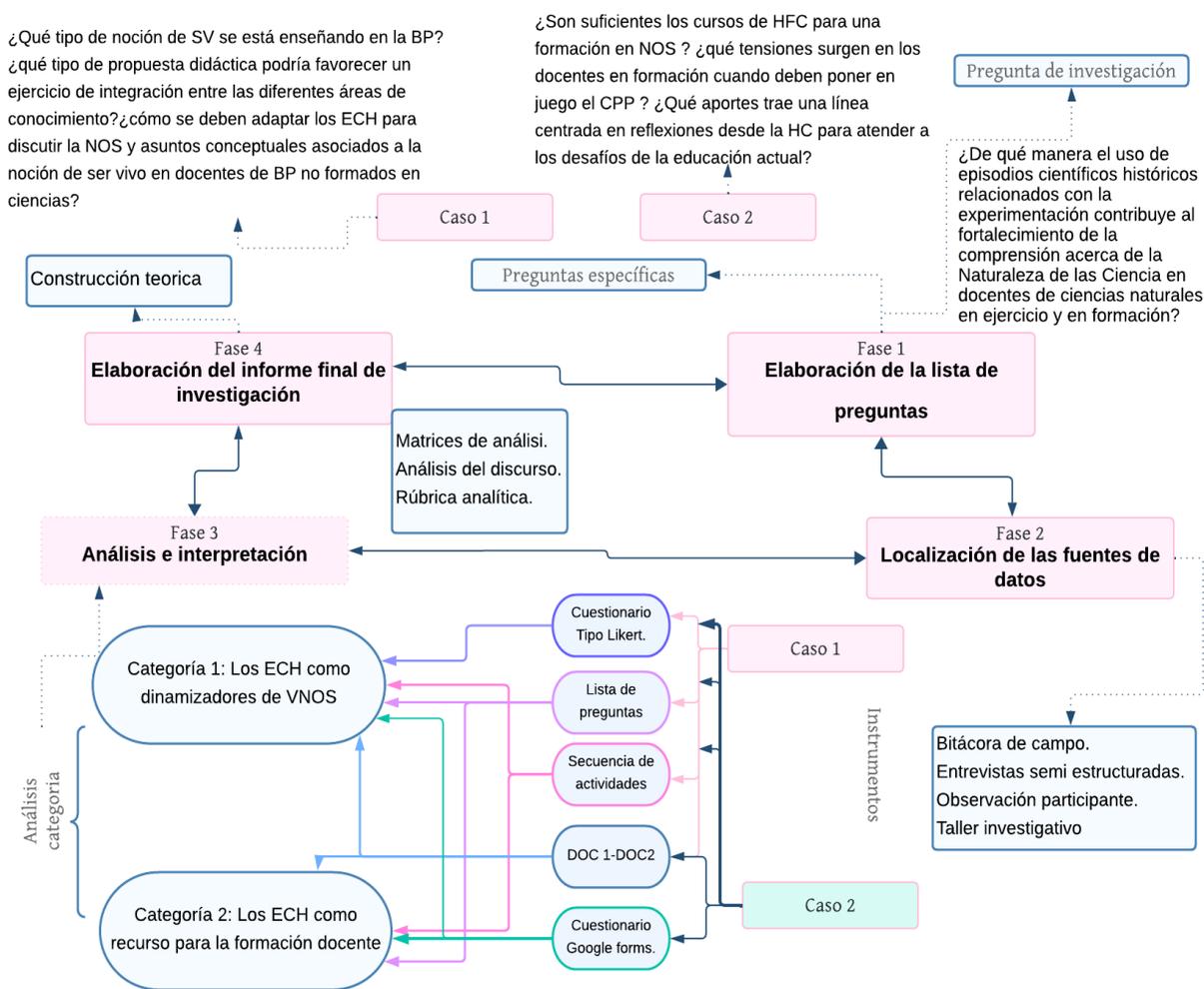
Se revisaron los datos, se transcribieron las producciones de los participantes (grabaciones de talleres investigativos, entrevistas y cuestionarios), así como las notas de campo. Se seleccionaron posibles unidades de análisis (UA) que se organizaron de acuerdo con los

indicios identificados en las categorías apriorísticas diseñadas. La codificación fue un elemento clave en este proceso para la organización y selección de las UA.

**Fase 4: Elaboración del informe final de investigación.** A partir del análisis y los procesos de triangulación de la información se construye teóricamente elementos claves de la investigación. Se resalta la importancia del proceso interpretativo propio del método.

En el siguiente esquema (Figura 7) se sintetiza el ejercicio investigativo y posteriormente se describe en detalle cada una de las fases desarrolladas en la investigación.

**Figura 7.** Proceso investigativo. Retomado de Montero y León (2002).



#### **4.3.1 Fase 1: Elaboración de la lista de preguntas.**

Como se indicó anteriormente, la lista de preguntas permitió comprender la totalidad del fenómeno, discriminando por partes los elementos constitutivos. Es por lo anterior que, se realizan unas preguntas comunes a los casos y otras particulares. Las interrogaciones en común fueron: ¿qué visión sobre la NOS de la ciencia tienen los docentes en ejercicio y en formación?, ¿existe una diferencia de base entre aquellas visiones?, ¿qué tipo de historia de las ciencias se deben dinamizar en la escuela?, ¿cómo adaptar los fragmentos históricos vinculados a la experimentación a la enseñanza en diferentes grados escolares?

Las preguntas específicas para el caso 1, fueron; ¿qué tipo de noción de ser vivo se está enseñando en la BP?, ¿la noción de ser vivo enseñado en la BP puede ser ajustada a las definiciones propuestas desde la filosofía de la biología?, ¿qué tipo de propuesta didáctica podría favorecer un ejercicio de integración entre las diferentes áreas de conocimiento?, ¿cómo se deben adaptar los ECH para discutir asuntos conceptuales asociados a la noción de ser vivo en docentes de BP no formados en ciencias?

Las preguntas propias del caso 2, fueron; ¿son suficientes los cursos de HFC para una formación en NOS desde el dominio específico? ¿qué tensiones surgen en los docentes en formación en los contextos de práctica pedagógica cuando deben poner en juego su formación disciplinar, pedagógica y didáctica? ¿Qué aportes trae una línea centrada en reflexiones desde la HC para atender a los desafíos de la educación actual?

#### **4.3.2 Fase 2: Localización de las fuentes de datos. Técnicas e Instrumentos para el registro de la información.**

Retomando las características del estudio que se realizó, es necesario explicitar que se utilizaron diferentes técnicas para comprender los casos. A continuación, se describen cada una de ellas, resaltando que su puesta en escena posibilitó el análisis y la interpretación del fenómeno, así como también, le otorgó consistencia, transparencia y credibilidad al estudio. Teniendo claro los propósitos para cada caso, se seleccionaron como técnicas la bitácora de

campo, cuestionarios, taller investigativo, la entrevista y análisis de documentos. A continuación, se hace una descripción de cada una de ellas y en la tabla 8 se describe su objetivo, tipo de dato y técnica de análisis.

***Bitácora de campo y diario de campo pedagógico (BC-DCP).*** Esta técnica permitió registrar en detalles lo que la investigadora identificó en el trabajo de campo. Para ello se diseñó un formato (Anexo 1), adaptado de Hernández, et al (2010) que permitió realizar anotaciones de tipo directas, de la reactividad de los participantes, interpretativas, personales y temáticas. Tomadas en su conjunto, estas anotaciones contribuyeron a comprender el fenómeno desde su complejidad. En la tabla 9, se describe el tipo de anotación que se realizan y su papel dentro de la investigación.

**Tabla 9.** Caracterización del tipo de anotaciones.

| <b>Anotación directa</b>  | <b>Anotaciones de la reactividad de los participantes</b>  |
|---|--|
| Descripciones de lo que se ve, escucha y en general del contexto y de los casos o participantes observados. Permite realizar una narración de los hechos ocurridos: qué, quién, cómo, cuándo y dónde. (Hernández et al., 2014, p. 373).                     | Cambios inducidos por el investigador, problemas en el campo y situaciones inesperadas. (Hernández et al., 2014, p. 373) |
| <b>Anotación interpretativa</b>   | <b>Anotaciones personales</b>  |
| Comentarios sobre los hechos. Las interpretaciones de lo que se está percibiendo sobre significados, emociones, reacciones, interacciones de los participantes (Hernández et al., 2014, p. 373).  | Del aprendizaje, los sentimientos, las sensaciones del propio investigador (Hernández et al, 2014, p. 373).              |
| <b>Anotaciones temáticas</b>  |  |
| Ideas, hipótesis, preguntas de investigación, especulaciones vinculadas con la teoría, categorías y temas que surjan, conclusiones preliminares y descubrimientos que, a nuestro juicio, vayan arrojando las observaciones (Hernández et al, 2014, p. 373). |  |

Dentro de esta técnica también se utiliza el diario de campo pedagógico (DCP) de los participantes del caso 2 (Anexo 1)

***Cuestionario tipo Likert (CL).*** En los últimos años, el cuestionario tipo Likert, se ha utilizado en educación para la evaluación del desempeño docente. Cañadas y Sánchez (1998) exponen que este tipo de instrumento hace referencia a un “procedimiento de escalamiento

en el que el sujeto asigna los estímulos a un conjunto específico de categorías o cuantificadores lingüísticos, en su mayoría, de frecuencia (siempre, a veces, nunca, etc.) o de cantidad (todo, algo, nada, etc.)” (p. 623). La intención principal de dicha técnica en la presente investigación se orientó a caracterizar la VNOS presente en el caso 1. Para ello, se realizó un cuestionario con 47 ítems (Anexo 2), en una escala de 5 entradas (Muy de acuerdo; algo de acuerdo; ni de acuerdo, ni desacuerdo; algo en desacuerdo y Muy desacuerdo) su implementación se adelantó en dos momentos para identificar los cambios que podrían suscitarla.

***Cuestionarios auto administrados (CG).*** El cuestionario es una técnica de investigación que consiste en la elaboración de una serie de preguntas. Para el caso en particular, se realizaron preguntas de tipo abiertas para identificar las apreciaciones que tienen los docentes en formación sobre los usos de la historia y la filosofía para la enseñanza de las ciencias. El cuestionario se gestiona a través de la función de google Forms. (Anexo 4)

***Entrevista (EE).*** La entrevista corresponde a la técnica más utilizada para obtener datos cualitativos. Está presente en casi todas las perspectivas investigativas; siendo su finalidad “motivar a las personas a hablar con sus propias palabras para obtener un recuento en primera persona” (Packer, 2018; p. 50). En la presente investigación, se utilizó como método para llegar a la saturación de la información. Esta técnica del registro de la información permitió también, valorar los aportes de las reflexiones metacientíficas a la cualificación sobre la NOS de los participantes, así como también, examinar los discursos relacionados con la enseñanza del concepto de SV sobre asuntos que no quedaron muy claros en las demás técnicas. Atendiendo a las características de las entrevistas de este tipo, se realizó una lista de preguntas para dinamizar la narrativa de los participantes. En el anexo 4 se describe con detalle. (Lista de preguntas Anexo 3)

***Taller investigativo (TI).*** El TI como técnica de investigación guarda similitudes con el grupo focal, sin embargo, presenta algunas particularidades encaminadas a atender desde una perspectiva participativa y reflexiva problemáticas sociales que requieren un cambio.

Quintana (2006) propone cuatro etapas necesarias para la elaboración y ejecución de un TI: (i) encuadre, (ii) diagnóstico, (iii) identificación -valoración y formulación de las líneas de acción requeridas, (iv) estructuración y concertación del plan de trabajo. Más adelante se describe con mayor detalle cada fase y su paralelo en la investigación.

**Documentos (DOC).** Son materiales producidos por los participantes que pueden ofrecer comprensiones profundas o revelaciones significativas sobre el tema, destacando elementos relevantes como sus experiencias y perspectivas. Estos hallazgos pueden ayudar a aclarar patrones, comportamientos, motivaciones, o fenómenos que no eran evidentes a primera vista.

**Tabla 10.** Elementos de la investigación.

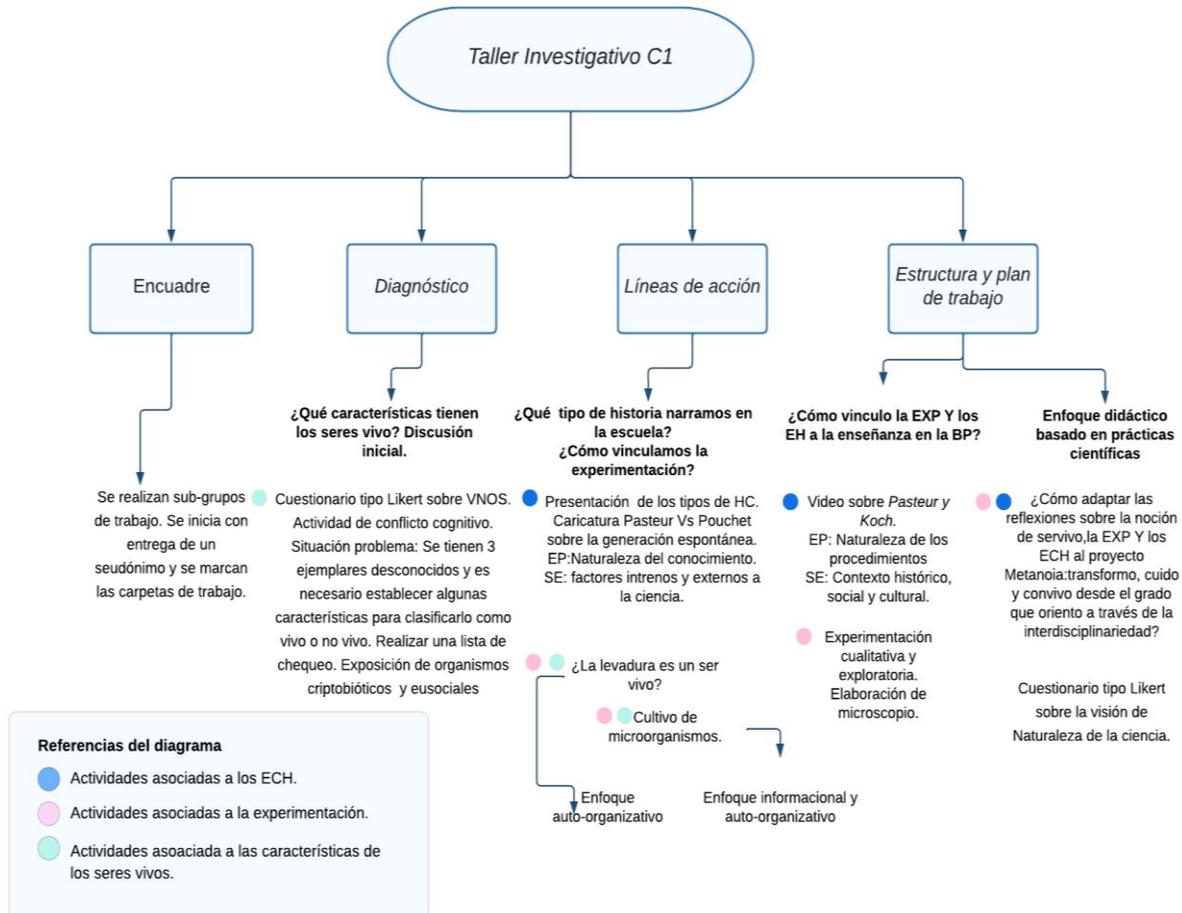
| TÉCNICA-<br>/INSTRUMENTO   | OBJETIVO  | TIPO DE DATO   | TÉCNICA DE ANÁLISIS  |
|--|---|--|--|
| Bitácora de campo.   | Registrar en detalle lo que ocurre en la inmersión de campo.  | Unidades de análisis de la narrativa investigadora.                | Matriz de análisis.  |
| Diario de campo pedagógico   | Registrar lo vivido en los centros de práctica.   | Unidades de análisis de la narrativa de los participantes del C2.. | Triangulación de la información con entrevistas, grupos de enfoque y marco conceptual. |
| Cuestionario Likert.   | Tipo<br>Caracterizar la visión sobre NOS que tiene un grupo de docentes en ejercicio y en formación. Identificar los posibles cambios que suscita una propuesta de intervención que vinculara discusiones sobre HC. Identificar las apreciaciones de los usos de la historia y la filosofía a su formación profesional. |  |  |
| Entrevista semiestructurada/ Guía de preguntas alrededor de HC, la experimentación y noción de SV. | Comprender la construcción conjunta de significados acerca de los usos de la HC y la experimentación en la enseñanza del concepto de los SV, a través de la utilización de la técnica IRE (Interrogación, evaluación y respuesta).  | Unidades de análisis de la narrativa individual del informante.    | Análisis del discurso (Transcripción de material auditivo y escrito).                  |
| TI/Secuencia de actividades de contextualización de los  | Generar y analizar la interacción entre los participantes y la construcción grupal de   | Unidades de análisis narrativa colectiva informantes.              | Análisis del discurso. Matrices de análisis.   |

|                                |   |   |                    |
|--------------------------------|---|---|--------------------|
| ECH en contextos de enseñanza. | significados en torno a reflexiones de la HC y la experimentación.  | Lenguaje como medio para la co-construcción.<br>Fundamentos y propósitos del proyecto institucional en relación con la HC, la experimentación y el concepto de los SV.<br>Unidades de análisis de la narrativa construida en el trabajo de grado. |                    |
| Documentos                     | Análisis de documentos.<br>Caso 1: Proyecto institucional Metanoia: transformo, cuido y convivo.<br>Caso 2: Trabajo de Grado. |   | Rúbrica analítica. |

***Procedimientos de investigación en el Caso 1.*** El TI como técnica para dinamizar la intervención formativa del caso 1 se utilizó el TI. A través suyo, fue posible organizar comunidades de aprendizaje que discutían alrededor de los ECH relacionados con la experimentación para fortalecer los componentes epistemológicos y disciplinares. Para establecer relaciones entre el componente epistemológico y el disciplinar, la discusión se desarrolla alrededor de la noción de SV

Como se indicó su organización tuvo como referente los criterios propuestos por Quinta (2016) para un taller de este tipo, en la figura 8 se presentan los elementos que lo constituían. Desde esta perspectiva se definen cuatro etapas claves, a saber; (i) encuadre: permite identificar y relacionar personalmente a los participantes, se plantean los objetivos y metas del taller, se discute la metodología y se establece la agenda de trabajo para lograr los propósitos (ii) diagnóstico: se organizaron un grupo de actividades que permitieron identificar la VNOS presentes en el caso, la significación que se le otorgaba a los SV y los conocimientos que las participantes tenían sobre la HC. Este ejercicio implicó la organización de una guía escrita, preparada previamente por la investigadora. (iii) identificación de las líneas de acción: en esta etapa se discutieron propiamente los ECH, se realizan actividades experimentales y se construyen algunos ejemplos de recontextualización con las participantes. (iv) estructura-plan de acción: Permitted ejecutar las acciones definidas por el colectivo. En esta etapa el caso evaluó el proyecto Metanoia: transformo, vivo y convivo (DOC1) y se propusieron cambios que incluían lo discutidos en la fase anterior. Fue muy importante alcanzar el compromiso del caso a fin de que las acciones planeadas se conviertan en realidad.

Figura 8. Fases de la intervención a través del taller investigativo, Caso 1.



Cada una de las mencionadas etapas incluyó un conjunto de actividades relacionadas con las discusiones desarrolladas en el marco conceptual, lo que facilitó la estimulación de debates en torno a procesos tanto epistémicos como socio-epistémicos que permiten evidenciar elementos asociados a la NOS. Como se ha indicado, la investigadora realizó un registro de la información con diversos instrumentos, lo que posibilitó un proceso de triangulación de la información. Complementariamente, se utilizó el análisis del discurso y

las matrices de análisis para identificar y caracterizar los indicios identificados en cada una de las categorías apriorísticas.

Dentro del ejercicio realizado se destaca el papel que juegan los ECH vinculados con la experimentación durante todo el ejercicio. En las líneas de acción se presenta el ECH 1: Pasteur y Pouchet: la vida entre caldos y matraces, donde se retoma la narración realizada por el sociólogo Bruno Latour, en su texto: Pasteur y Pouchet, heterogénesis de la historia de las ciencias, el cual fue recontextualizado por la investigadora. Esta controversia se acompañó de una actividad experimental que permitió reflexionar y cuestionar la usual forma de definir los SV a partir de su ontogenia. En esta etapa se discutió los primeros elementos conceptuales con relación al énfasis equilibrado desde un enfoque ecologista. El ECH recogió la discusión sostenida por ambos científicos (Pasteur/Pouchet) alrededor del origen de la vida. A través de él, se expusieron los diferentes procedimientos que cada uno de ellos utilizó para la validación de su teoría, haciendo explícito los usos del lenguaje en el proceso de construcción de conocimiento y poniendo en evidencia el papel de las comunidades científicas en la validación de conocimiento.

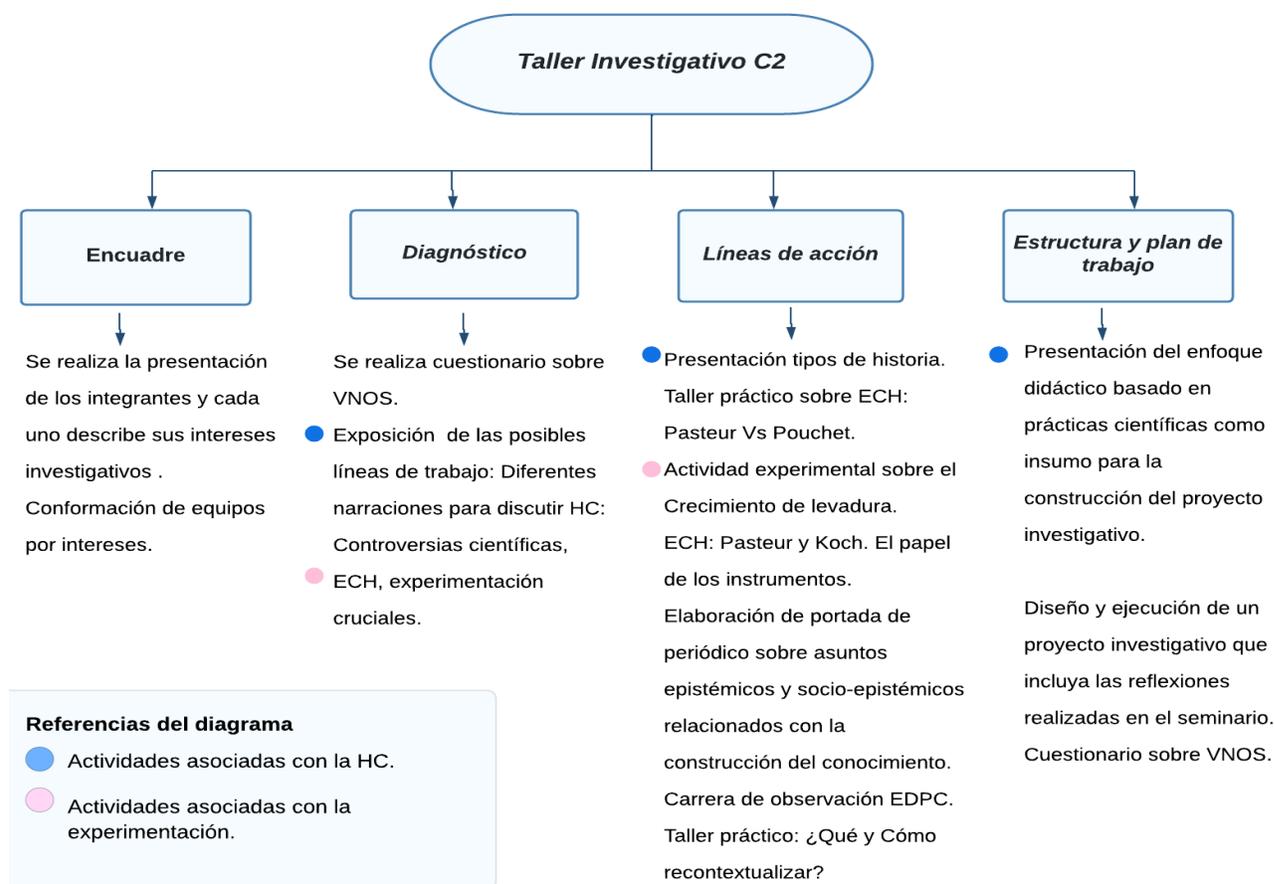
El segundo ECH que se abordó fue la controversia entre Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo. A través suyo, fue posible dinamizar la fase de estructuración y se realizó un trabajo más intenso con las participantes, en términos disciplinares y se realizaron discusiones asociadas a la NOS favorecidas por la experimentación cualitativa y exploratoria en torno a la elaboración de agar y cultivos microbianos. Ésta última fase fue el momento en donde las y el participante realizaron un ejercicio de aplicación del enfoque didáctico basado en prácticas científicas al proyecto institucional Metanoia: Transformo, cuido y convivo, con todos los elementos discutido durante el taller.

***Procedimientos de Investigación en el Caso 2.*** Como se indicó en la descripción del caso 2, el proceso formativo se llevó a cabo en el contexto de las Prácticas Pedagógicas finales de las Licenciaturas en Ciencias Naturales. Debido a los criterios mencionados, los

procedimientos realizados en este apartado tienen especial interés en dos proyectos (E1 y E2). Su desarrollo abarcó tres semestres, durante los años 2023 y 2024. Se diseñó una propuesta organizada en ejes de trabajo que integran elementos conceptuales de la línea, perspectivas investigativas y un componente pedagógico y didáctico. En cada uno de estos ejes se discuten temas relevantes para la formación docente.

Para dinamizar los procesos formativos con relación a los usos de la HC, se utilizó como técnica el TI. En lo referido a la etapa de líneas de acción, las actividades desarrolladas variaron según el campo disciplinar. La propuesta consistió entonces, en la selección y estudio de ECH, problematizados a la luz de ciertos contextos de análisis. Estos, fueron: el contexto disciplinar, en el que se analizan los contenidos científicos que presenta el episodio; el contexto metacientíficos, en el cual se abordan reflexiones acerca de la NOS; y el contexto pedagógico, donde se discute sobre los saberes didáctico-pedagógicos necesarios para que el profesor adquiera una visión crítica y transformadora de su práctica educativa. Similar al caso 1, se discutieron los ECH: Pasteur Vs Pouchet y Pasteur Vs Koch. Las reflexiones suscitada apuntaban a reflexiones como ¿Qué elementos son necesarios dinamizar en la enseñanza de la ciencia para que esté en sintonía con simulaciones de la práctica científica real y cómo se debe ajustar para que los estudiantes aprendan sobre su naturaleza? ¿Qué tipo de Historia de las Ciencias atiende los desafíos de la educación del siglo XXI?. En la figura 9 se describen cada una de las etapas.

**Figura 9.** Fases de la intervención a través del taller investigativo. Caso 2.



Para dinamizar los ejes relacionados con el componente investigativo y el pedagógico se realizan otras actividades paralelas, descritas a continuación por cada nivel de práctica pedagógica.

**Tabla 11.** Proceso formativo del C2

| Nivel  | Componente investigativo   | Componente pedagógico/Didáctico.  |
|--------|--|---|
| PPVIII | Introducción a la investigación.<br>Paradigma cualitativo.<br>Elaboración de proyecto investigativo: Planteamiento del problema, justificación, estado del arte y aproximación al marco conceptual.<br>Trabajo en campo. | Normas técnicas curriculares en Colombia.<br>Planes de área.<br>Proyectos institucionales.<br>Debido proceso.<br>Diario de campo pedagógico (Anexo 1) |

|      |  |   |
|------|--|---|
| PPIX | Elaboración de proyecto investigativo: marco conceptual y metodológico.<br>Técnicas e instrumentos en investigación cualitativa.<br>Registro de la información.<br>Trabajo en campo. | Normas técnicas curriculares en Colombia.<br>Evaluación. SIEE.<br>Diario de campo pedagógico.<br>Necesidades Educativas Especiales. |
| PP X | Sistematización y análisis de la información.<br>Elaboración de informe.   | Normas técnicas curriculares en Colombia.<br>Diario de campo pedagógico.  |

El uso del diario de campo pedagógico se configuró en un elemento muy significativo, ya que, al comienzo de cada clase, los participantes compartían y analizaban las reflexiones críticas sobre sus experiencias en los centros de práctica. Esto permitió afinar y enriquecer las discusiones en el seminario, además de identificar puntos problemáticos para la construcción de sus propios proyectos.

#### ***4. 3.3 Fase 3. Análisis e interpretación: Categorías de análisis, proceso de codificación y técnicas de análisis***

Sanchez, Armas y Sigala-Paparella (2023) mencionan que, en la investigación cualitativa, el proceso de análisis de datos por categorías implica tres etapas entrelazadas: la reducción de datos, el análisis descriptivo y la interpretación, con el propósito de comprender la realidad de los individuos involucrados. Esta estrategia de organización y análisis de la información se considera apropiada porque permite la elaboración de informes detallados de los casos estudiados, evitando generalizaciones o suposiciones previas. Con este procedimiento en mente, a continuación, se detalla el proceso de registro, tabulación, codificación, y categorización de los datos registrados desde diferentes fuentes de información.

El ejercicio de reducción implicó condensar la información registrada para simplificar su comprensión posterior. Este proceso involucró la categorización, codificación, registro y tabulación de los datos. Para este ejercicio, se transcribió la información registrada mediante los diferentes instrumentos. Los datos transcritos en bruto se organizaron en documentos, se codificaron y luego se seleccionaron los elementos relevantes, obteniendo así un segundo documento con información depurada. Posteriormente, y como parte del análisis descriptivo

se organizan los datos en las matrices de análisis (Anexo 5). Este tipo de análisis se centra en describir las características principales de los datos sin realizar inferencias o análisis profundos. Sin embargo, es fundamental para llevar a cabo el ejercicio interpretativo, el cual se detallará en el capítulo V.

Para el ejercicio interpretativo se utilizaron diversas técnicas, incluyendo matrices de análisis, análisis del discurso y rúbricas analíticas. Las matrices de análisis permitieron agrupar las Unidades de Análisis (UA) de acuerdo con las categorías de investigación. Los datos registrados a través de los instrumentos fueron los insumos para su elaboración. En la ilustración 10 se presenta un ejemplo de su estructura, y en el Anexo 5 se encuentran otros formatos utilizados.

**Figura 10.** Ejemplo de rúbrica analítica.

| Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia |   |   |                |  |
|---|---|---|----------------|--|
| Título del Proyecto   | Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia   |   |                |  |
| Investigadora   | Diana María Rodríguez Ramírez   |   |                |  |
| Objetivo general  | Analizar la manera en la que el uso de episodios científicos históricos relacionados con la experimentación contribuye al fortalecimiento de la comprensión acerca de la Naturaleza de las Ciencias en docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación |   |                |  |
| Objetivo específico 1   | Identificar los atributos esenciales que deben tener los ECH para uso como fundamento en la enseñanza de la NOS en profesores de ciencias naturales   |   |                |  |
| Objetivo específico 2   | Caracterizar los cambios en la VNOS que tienen docentes de ciencias naturales, en ejercicio y en formación, cuando participan de una propuesta formativa basada en ECH asociados a la experimentación.  |   |                |  |
| Objetivo específico 3   | Identificar los aportes del uso de ECH al mejoramiento de los componentes disciplinar, epistémico y didáctico de docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación   |   |                |  |
| CATEGORÍAS  | INDICIOS  | UNIDADES DE ANÁLISIS  | CÓDIGO         | RELACIÓN CON MARCO CONCEPTUAL / INTERPRETACIÓN   |
| Los ECH como recurso para la formación docente  | Identifica la génesis de un fenómeno biológico.   | La vida no se da espontáneamente se requiere de unas condiciones para la reproducción de otros seres. La levadura es un ser vivo cumple con todas las funciones.<br> | PE-Fanny Hesse | Asociación con el enfoque informacional. Este enfoque centra su concepto de vida en aspectos asociados a la información y, consigo, a la reproducción. Los ECH movilizan las VNOS y una formación disciplinar. |

El análisis del discurso se utilizó para interpretar cómo los participantes comprendían la NOS. Este análisis, complementado con los datos obtenidos de otros instrumentos, permitió una comprensión más detallada del fenómeno. Para este ejercicio, se retoman las ideas de Candela (1999), quien reconoce el lenguaje como un sistema de recursos que los sujetos utilizan para crear constructos simbólicos. En otras palabras, mediante el análisis del

discurso, la investigadora buscó estudiar cómo se construyen significados a través de los ECH.

Por su parte, la rúbrica analítica tuvo como propósito evaluar los trabajos de grado del Caso 2. Mediante criterios relacionados con los indicios de la categoría, se logró una valoración cualitativa del éxito de la propuesta formativa. El modelo utilizado para su elaboración fue tomado de Martínez (2016). En la ilustración se presenta un ejemplo del ejercicio realizado.

**Tabla 12.** Sistematización Rúbrica analítica.

| DISCIPLINAR    |  |  |  |          |
|----------------|--|--|--|----------|
| CRITERIOS      | Demarcación del contexto disciplinar   | Identificación de la génesis y desarrollo histórico de un fenómeno biológico   | Relación entre la génesis de fenómenos biológicos con las normas técnicas curriculares del contexto      | Promedio |
| E1             | 3  | 3  | 5  | 4        |
| E2             | 5  | 3  | 5  | 4        |
| DIDÁCTICO      |  |  |  |          |
| CRITERIOS      | Recontextualización de textos de primera fuente.                             | Originalidad y creatividad en la recontextualización   | Incorporación de estrategias pedagógicas diversificadas y adecuación para diferentes niveles educativos. | Promedio |
| E1             | 4  | 5  | 3  | 4        |
| E2             | 4  | 5  | 3  | 4        |
| METACIENTÍFICO |  |  |  |          |
| CRITERIOS      | Relevancia de los fragmentos históricos para discutir elementos epistémicos. | Reconocimiento de una relación de paridad entre la teoría y práctica para la construcción de conocimiento científico escolar | Identificación de elementos socio-epistemológicos en la construcción de conocimiento.                    | Promedio |
| E1             | 5  | 3  | 5  | 4        |
| E2             | 5  | 5  | 5  | 5        |

#### 4.3.3.1. Categorías de investigación

Cisterna (2005) define las categorías como un tópico que agrupa elementos de interés. El autor distingue dos clases de categorías; las emergentes y las apriorísticas. Esta investigación, utiliza las últimas. Es por ello que fueron construidas antes del proceso de registro de la información y cumplen la función de focalizar la atención en algunos aspectos relevantes o tópicos, en una especie de conceptos objetivadores. Desde esta perspectiva, los instrumentos que se construyeron para el registro de la información están en correspondencia con las categorías apriorísticas. Es así como, la investigadora le otorgó significado a los resultados que obtiene a través del registro de la información.

Para asegurar la coherencia y pertinencia de la investigación se construyeron unos indicios o descriptores que permitían rastrear la presencia de algunos elementos relevantes dentro del contexto de estudio. Los indicios orientan la elección de unidades de análisis (UA) para cada categoría. Las UA son entendidas como aquellos fragmentos de narrativas más amplias, que se registran mediante los diferentes instrumentos. A través de esta red de categorías, indicios y UA la investigadora pudo alcanzar los propósitos investigativos.

En concordancia con los objetivos propuestos para la investigación y atendiendo a sus intenciones, el interés se centró en explorar un fenómeno que aún no ha sido completamente comprendido. Por ello, el desarrollo del marco conceptual fue fundamental para la consolidación de dos categorías: la primera, denominada, los ECH como dinamizadores de visiones sobre la NOS, y la segunda, los ECH como recurso para la formación docente.

La primera categoría tenía la intención de orientar el ejercicio de interpretación mediante la identificación de algunos énfasis epistemológicos encontrados en la literatura. A través de estos, fue posible que la investigadora registrara y organizara la información de acuerdo con las VNOS que ambos casos tenían sobre la ciencia. Como se describió en el apartado anterior, la forma de significar la ciencia tiene implicaciones en su enseñanza. Así, esta categoría permitió caracterizar las VNOS presentes en los casos antes y después de una intervención formativa. Por su parte, la segunda categoría permitió comprender las implicaciones que una propuesta fundamentada en ECH puede tener para el CPP. Para ello, se organizaron tres indicios que corresponden a los componentes que lo constituyen.

Aunque ambas categorías tienen propósitos particulares, son complementarias para lograr una comprensión más profunda del fenómeno de estudio. En la tabla 13, se presentan las categorías y sus respectivos indicios.

***Tabla 13. Red de categorías e indicios.***

| <b>Categoría</b> | <b>Indicios</b>  |
|------------------|--|
|                  | Concede un valor relevante a la teoría sobre otras dimensiones de la actividad científica. |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Los ECH como dinamizadores de visiones sobre la NOS</b></p>   | <p>Considera que la teoría es la forma más expedita de nutrir y fundamentar nuevos proyectos (Énfasis Teórico).</p>   |
|   | <p>Considera que la ciencia se desarrolla por medio de un único método de investigación.</p>  |
|   | <p>Asume que el método de trabajo de la ciencia se debe extender a otras formas de conocimiento. (Énfasis Cientificista).</p>   |
|   | <p>Centra la atención en la observación, desempeñando un papel fundamental para todas las ciencias.</p>   |
|   | <p>Reconoce la percepción como acción mediada por los órganos sensoriales, la cual brinda información sobre el mundo y los acontecimientos que ocurren en él. (Énfasis Empírico).</p> |
|   | <p>Reconoce que la constante evolución de la ciencia puede generar una percepción de poca fiabilidad en sus resultados.</p>   |
|   | <p>Considera que la poca fiabilidad podría contribuir a la idea de una cierta falta de confianza en la disciplina. (Énfasis Anticientífico).</p>                                      |
|   | <p>Valora los aportes de diversas culturas al progreso de la ciencia y la tecnología.</p>   |
|   | <p>Reconoce la influencia que los procesos y resultados de la investigación están estrechamente ligados a factores históricos, económicos y políticos. (Énfasis Cultural):</p>        |
|   | <p>Admite que la ciencia es uno de los medios para comprender la naturaleza, en la que la subjetividad desempeña un papel crucial.</p>  |
| <p>Valora la relevancia de la investigación sobre las tradiciones históricas en todos los ámbitos.</p>  |   |
| <p>Reconoce el impacto de la ciencia tanto en el avance humano como en el deterioro de las condiciones naturales, sociales y culturales. (Énfasis Equilibrado):</p> |   |
| <p><b>Los ECH como recurso para la formación docente</b></p>  | <p>Delimita claramente un contenido disciplinar de estudio.</p>   |
|   | <p>Identifica la génesis de un fenómeno biológico.</p>  |
|   | <p>Reconoce el valor de una didáctica específica para la enseñanza de fenómenos biológicos. (Componente Disciplinar).</p>   |
| <p>Identifica ECH que le permiten desarrollar prácticas de aula contextualizadas y adaptadas a diferentes niveles educativos. (Componente Didáctico)</p>            |   |
| <p>Establece enlaces entre los ECH con las normas técnicas curriculares.</p>  |   |
| <p>Reconoce la importancia de incorporar reflexiones sobre la naturaleza del conocimiento y sus procedimientos. (Componente Metacientífico).</p>                    |   |

#### **4.3.3.2 Ejercicio de codificación**

A continuación, se presenta el ejercicio de codificación. Este ejercicio, también hace parte de un primer nivel de análisis, ya que, requiere una mirada aguda para identificar aquellas UA relevantes. Dichas UA fueron extraídas de las diferentes técnicas mencionadas en la fase 2. Para tejer enlaces y nodos entre cada una de las mencionadas UA, la investigadora organizó toda la información en una matriz de análisis (Ver anexo 5). Las categorías actuaron como “contenedores” que agruparon fragmentos de datos (UA)

relacionados con un mismo tema o concepto. La investigadora etiquetó, codificó y agrupó los segmentos de texto y audio (UA) de acuerdo con los descriptores (indicios) por cada categoría para organizar la información y facilitar su análisis posterior.

El procedimiento consistió en asignar un código a las UA seleccionadas, constituido por la fuente de origen, i.e., el instrumento utilizado para su registro, seguido de un número serial que permitió a la investigadora organizar la información de manera ordenada.

La codificación se realizó utilizando las iniciales de cada caso, siendo Caso 1 (C1) Y Caso 2 (C2), seguido de las iniciales del instrumento (Tabla 14), un número serial (si era necesario) y finalizado con el seudónimo del participante. En algunas UA del C2, se acompaña la abreviatura del semestre en el que se encontraban los participantes del caso; SI (PPVIII), SII (PPIX) o SIII(PPX).

*Ejemplo de Codificación.*

C1 (caso 1) -PE (Producción escrita) -Alice Evans (participante del caso) → **C1-PE- Alice Evans.**

**Tabla 14.** Lista de instrumentos y sus códigos por casos.

| Caso 1                    |                       |        | Caso 2               |                            |        |
|---------------------------|-----------------------|--------|----------------------|----------------------------|--------|
| Técnica                   | Instrumento           | Código | Técnica              | Instrumento                | Código |
| Cuestionario              | Likert                | CL     | Cuestionario         | Likert                     | CL     |
|                           | Preguntas abiertas    | PA     |                      | Preguntas abiertas         | PA     |
| Taller investigativo (TI) | Preguntas cerradas    | PC     | Taller investigativo | Preguntas cerradas         | PC     |
|                           | Grabación             | GR     |                      | Producciones escritas      | PE     |
| Diario de campo (DC)      | Producciones escritas | PE     | Bitácora             | Diario de campo pedagógico | DCP    |
|                           | Notas de campo        | DC     |                      |                            |        |
| Entrevista Estructurada   | Lista de preguntas.   | E      |                      |                            |        |

---

|            |                                    |      |                  |      |
|------------|------------------------------------|------|------------------|------|
| Documentos | Proyecto institucional<br>Metanoia | DOC1 | Trabajo de grado | DOC2 |
|------------|------------------------------------|------|------------------|------|

#### 4.3.3.3 Criterios para la transcripción de audios

Como se mencionó anteriormente, una de las técnicas de estudio utilizadas fue el análisis del discurso, con el objetivo de comprender con mayor detalle el fenómeno en estudio. Para la transcripción de las grabaciones, se siguieron las instrucciones de Rapley (2014) con la intención de que las narraciones reflejen fielmente las expresiones de los participantes en las convenciones surgidas durante la intervención. En la tabla 15 se presentan las convenciones empleadas.

**Tabla 15.** Criterios para transcripción de las grabaciones.

| Elemento                                   | Código  |
|--|---|
| Pausas                                     | (...)   |
| Sonidos de los participantes               | (toses) (risas).                                      |
| Interrupciones                             | (-)   |
| Solapamientos                              | Solapamiento  |
| Habla confusa                              | xxxxxxx.  |
| Énfasis                                    | Mayúsculas.   |
| Paráfrasis                                 | “imitando voz”  |
| Sonidos prolongados                        | se repite el sonido acompañado de guiones. “Si-i-i-i” |
| Fragmento de una conversación más extensa. | [...]   |

Un ejemplo de Transcripción se presenta a continuación:

“FANNY HEESE (“ósea, yo”) pudo (solapamiento, xxxx) el cultivo agar. Este cultivo agar fue MARAVILLOSO, ósea el cultivo de algas, e-e-e y dice que (sonido de hojas pasar). Petri dice que los microorganismos no se formaban esporádicamente, si no que uno procede del otro, ósea que se multiplicaban, e-e-e. Dice que las prácticas de higiene y el almacenamiento de-de-de... los alimentos empacados adecuadamente, e-e-e previenen grandes enfermedades y hacen que los microorganismos se aíslen. Robert Koch dice que los organismos deben concentrarse en pacientes enfermos, pero no en sanos, otros de los postulados que se pueden extraer y cultivarse en un medio puro e-e-e los organismos aislados pueden representar la enfermedad en un huérfano (“cuerpo”) sano e-e-e [...]” (C1-E- Fanny Hesse).

#### 4.3.3.4 Proceso de tabulación de los datos CL

Como se mencionó en la fase 2, uno de los instrumentos utilizados en los casos fue el CL. A través de este instrumento, fue posible caracterizar las VNOS que ambos casos presentaban y cómo estas se modificaron al transitar por un proceso formativo fundamentado en los ECH.

Para su sistematización se utilizaron algunas herramientas estadísticas. Como se describió anteriormente, este tipo de cuestionario presenta una escala de valoración donde se asigna un valor de 1 a 5 a cada nivel de satisfacción (tabla 16). Posteriormente, estos valores se descargan en un libro de Excel y se extraen los valores del peso relativo respecto al máximo para cada énfasis.

**Tabla 16.** Correspondencia niveles de satisfacción

| Puntos | NIVEL SATISFACCIÓN             |
|--------|--------------------------------|
| 1      | Muy en desacuerdo              |
| 2      | Algo en desacuerdo             |
| 3      | Ni de acuerdo ni en desacuerdo |
| 4      | Algo de acuerdo                |
| 5      | Muy de acuerdo                 |

Como se indicó anteriormente, se calculó el peso relativo respecto al máximo para cada énfasis por cada uno de los participantes de forma individual. En las Tablas 17 y 18 se muestra un ejemplo de este ejercicio. Este procedimiento se realizó tanto para el CL1 como para el CL2 en cada caso.

**Tabla 17.** Promedio por participante y énfasis (CL2)

| Seudónimo       | Énfasis teórico |   |   |   |   |   |   |   |           |          |  |
|-----------------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|-----------|----------|--|
|                 | Ítems           |   |   |   |   |   |   |   | Sumatoria | Promedio |  |
|                 | 1               | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |           |          |  |
| Elizabeth Bugie | 4               | 2 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 2 | 29        | 72,5     |  |

|                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |      |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|
| Marjory Stephenson | 5 | 2 | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 23 | 57,5 |
| Alice Evans        | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 1 | 1 | 23 | 57,5 |
| Robert Koch        | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 23 | 57,5 |
| Ruth E. Moore      | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 | 20 | 50   |
| Fanny Hesse        | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 16 | 40   |

**Tabla 18.** Ejemplo del ejercicio estadístico (CL2)

| Participante              | Énfasis |          |                |               |          |             |
|---------------------------|---------|----------|----------------|---------------|----------|-------------|
|                           | Teórico | Empírico | Anticientífico | Cientificista | Cultural | Equilibrado |
| <b>Elizabeth Bugie</b>    | 72,5    | 73,3     | 72,5           | 60,0          | 87,5     | 88,0        |
| <b>Marjory Stephenson</b> | 57,5    | 56,7     | 45,0           | 42,9          | 80,0     | 82,0        |
| <b>Robert Koch</b>        | 57,5    | 53,3     | 35,0           | 37,1          | 95,0     | 86,0        |
| <b>Ruth E. Moore</b>      | 50      | 60,0     | 42,5           | 45,7          | 82,5     | 70,0        |
| <b>Fanny Hesse</b>        | 40      | 70,0     | 67,5           | 48,6          | 85,0     | 88,0        |
| <b>Alice Evans</b>        | 57,5    | 63,3     | 47,5           | 40,0          | 85,0     | 78,0        |

#### **4.3.3.5. Criterios de credibilidad y transferencia**

La credibilidad del proceso investigativo está determinada por dos aspectos. Por un lado, por la corroboración estructural, ya que se estableció soporte de los datos a nivel conceptual, de manera que permitió encontrar relación entre las unidades de análisis seleccionadas y los referentes teóricos, para posteriormente realizar interpretaciones. Por otro lado, por la adecuación referencial, que se retomó en el momento en el que se valoró y analizó la participación de todo el grupo de estudio y acudiendo a diversas fuentes de datos para validar la información. La triangulación de los instrumentos permitió confirmar tanto la corroboración estructural como la adecuación referencial (Hernández et al, 2014).

La noción de transferencia se refiere a la viabilidad de aplicar la investigación en otros contextos. Aunque los estudios de este tipo se centran en comprender casos específicos que no pueden generalizarse, las conclusiones y recomendaciones de la investigación especifican a manera y las circunstancias en las que la propuesta podría implementarse en otros entornos. Además, el rastreo bibliográfico, el planteamiento del problema y el marco conceptual pueden servir como referentes para investigaciones similares.

El análisis buscó interpretar los casos, centrándose en el estudio de unidades de análisis específicas de las prácticas y procesos internos del campo. Estas unidades se analizaron individualmente y luego en relación con otras. Para llevar a cabo la interpretación, se utilizó la técnica del análisis del discurso. Desde esta perspectiva, las unidades de análisis se exploraron para entender cómo los participantes utilizan el lenguaje y cómo se establecen los ejercicios de interacción discursiva y co-construcción reflexiva para la comprensión sobre la NOS.

**Protocolo de Compromiso ético y Acta consentimiento informado para participantes de investigación.** Atendiendo a los protocolos éticos y al manejo adecuado de la información se entregó a los participantes un formato que describe las intenciones de la investigación. Dicho formato presenta las intenciones de la investigación (Anexo 6). Este documento estableció los principios éticos y las normas que guiaron la conducta de la investigadora durante el estudio. Incluyó aspectos como la protección de la privacidad, el manejo de datos, la integridad en el registro y análisis de información, y el respeto por los derechos de los participantes en cada caso. Su función fue asegurar que la investigación se realizara de manera ética, respetuosa y profesional.

## **Capítulo V. Resultados**

A continuación, se discuten los resultados de la investigación a partir de un análisis categorial que permitió otorgar significado a los hallazgos. Tal como sostiene Cisterna (2005), “la interpretación de la información constituye en sí misma el “momento hermenéutico” propiamente, y por ello es la instancia desde la cual se construye conocimiento nuevo en esta opción paradigmática” (p. 7). En tal sentido, al realizar adecuadamente este proceso, se tejen relaciones con los referentes conceptuales, lo que posibilita pensar de manera coherente, estructurada, sistemática y cronológica el discurso.

Las categorías, como se indicó en la metodología, fueron apriorísticas. La primera, denominada *los ECH como dinamizadora de visiones sobre la NOS*. La segunda, por su parte, se denominó *los ECH como recurso para la formación docente*. El análisis de estas categorías se adelantó a través de la interpretación y triangulación de ciertas unidades de análisis (UA), seleccionadas a partir de las diferentes técnicas e instrumentos de registro de la información mencionados en la metodología. Atendiendo al tipo de estudio asumido, los análisis y resultados que se presentan a continuación se centran en explorar el fenómeno de manera holística, para posibilitar su comprensión. Este estudio se realiza a partir del enfoque de múltiples casos (Stake, 2020), cuyo propósito radica en comprender un fenómeno de estudio desde dos casos que, aunque aparentemente disímiles, a partir del análisis propuesto, se hace posible tejer enlaces, establecer relaciones, identificar nodos conceptuales y configurar nuevas perspectivas o preguntas de investigación.

Como se señaló en la metodología, los casos en consideración son: i) Caso 1: un grupo de docentes de básica primaria que enseñan Ciencias Naturales y ii) Caso 2: un grupo de docentes en formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales. A continuación, se presentará el análisis categorial para cada uno de los casos propuestos y, posteriormente, se establecen relaciones entre ellos.

## **5.1. Caso 1. Docentes en ejercicio**

### ***5.1.1. Categoría 1: los ECH como dinamizadores de visiones sobre la NOS***

En relación con el marco conceptual y las intenciones de la investigación, esta categoría establece vínculos con aspectos cruciales del estudio. Como se ha desarrollado en el marco conceptual, la HC narrada a través de los ECH proporciona un contexto valioso, tanto para la identificación como para el mejoramiento de las concepciones acerca de la NOS. La epistemología necesita aplicarse a contenidos científicos, y las narraciones de la ciencia son una fuente inagotable de ejemplos paradigmáticos de creación de contenidos con diversos niveles de complejidad, constituyéndose en un escenario que provee lo que se denomina una "contextualización" para las concepciones epistemológicas; así mismo, favorecen la discusión y el abordaje de elementos sociológicos propios de la dinámica científica, a la vez que contribuyen en la construcción de concepciones críticas que cuestionen aquellas visiones dogmáticas y científicistas de la ciencia.

En este contexto, se discuten las controversias entre Pasteur y Pouchet, así como entre Pasteur y Koch, destacando elementos epistemológicos relevantes asociados a la naturaleza del conocimiento y la naturaleza de los procedimientos (tales como la provisionalidad de las teorías y el papel de la experimentación), así como a factores socio-epistemológicos internos y externos de la ciencia (como el papel de las comunidades científicas y las influencias del contexto histórico, social y cultural). Las discusiones generadas en este ámbito permiten reflexionar sobre cómo la NOS contribuye a la formación docente.

Retomando las ideas discutidas en el marco conceptual, la significación misma de la NOS es aún objeto de discusión en la comunidad académica; sin embargo, para el presente análisis se han asumido las ideas de Adúriz-Bravo (2002; 2005), quien define la NOS como el conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica, configurándose en un entramado complejo que influye en la comprensión de cómo la ciencia evoluciona a lo largo del tiempo. En la medida en que este trabajo pone el foco de atención en la HC como un escenario que permite contextualizar y poner en discusión algunas

reflexiones metacientíficas, a la vez que se constituye en una forma de dinamizar las concepciones acerca de la NOS.

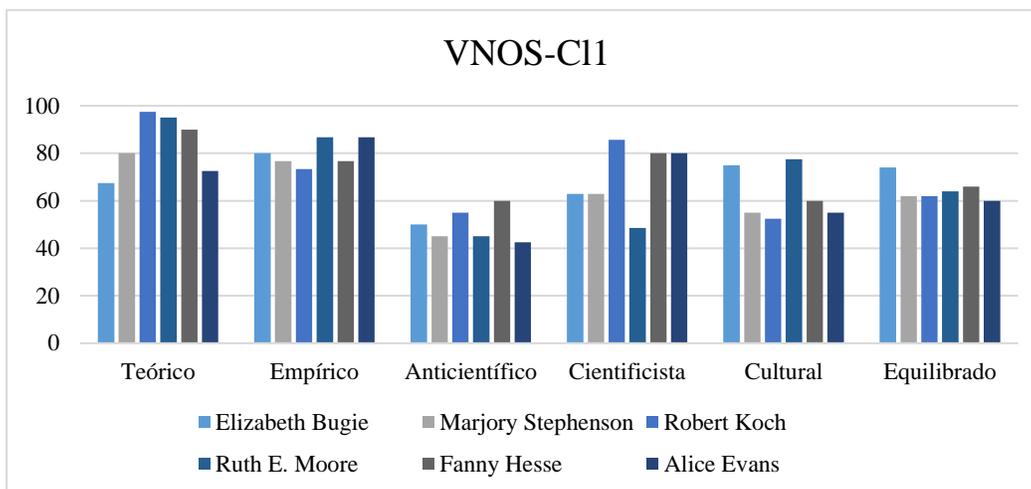
Esta categoría tuvo como propósito resolver el objetivo específico de la investigación relacionado con la caracterización de las Visiones sobre la Naturaleza de la Ciencia (VNOS) que tiene un grupo de docentes de Ciencias Naturales, mediante una propuesta de intervención que involucró ECH asociados con la experimentación. A través de esta perspectiva, y utilizando como referencia los seis énfasis de las VNOS definidos en el marco conceptual (Teórico, Cientificista, Empírico, Anticientífico, Cultural y Equilibrado), se organizaron algunos indicios que permiten clasificar las concepciones de los participantes en un énfasis u en otro. La descripción de esta categoría con sus respectivos indicios se encuentra en el capítulo IV.

A continuación, se presentan los resultados del cuestionario tipo Likert (CL) implementado en los participantes del Caso 1 en dos momentos del taller investigativo (TI): en la Fase diagnóstico y en la Fase estructura-plan de plan de trabajo (CL1 y CL2, respectivamente). Asimismo, estos resultados se ponen en diálogo con los hallazgos obtenidos con otras técnicas como el diario de campo (DC), las producciones escritas de los participantes (PE) dentro del TI y la entrevista estructurada (E).

Como se describió en la metodología, el CL lo constituyó un conjunto de 47 proposiciones sobre el conocimiento científico y su dinámica, las cuales incluían asuntos tanto epistemológicos como sociológicos susceptibles de ser clasificados según los énfasis de las VNOS, y una escala de valoración a través de la cual se otorga una valoración del nivel de satisfacción entre 1 y 5 a cada proposición (1: Muy en desacuerdo; 2: Algo en desacuerdo; 3: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo; 4: Algo de acuerdo; y 5: Muy de acuerdo). Para su análisis, los valores de los grados de satisfacción otorgados por cada participante, correspondientes a cada énfasis, fueron sumados y posteriormente expresados según los valores de su peso relativo con respecto al máximo posible (100%) para cada énfasis.

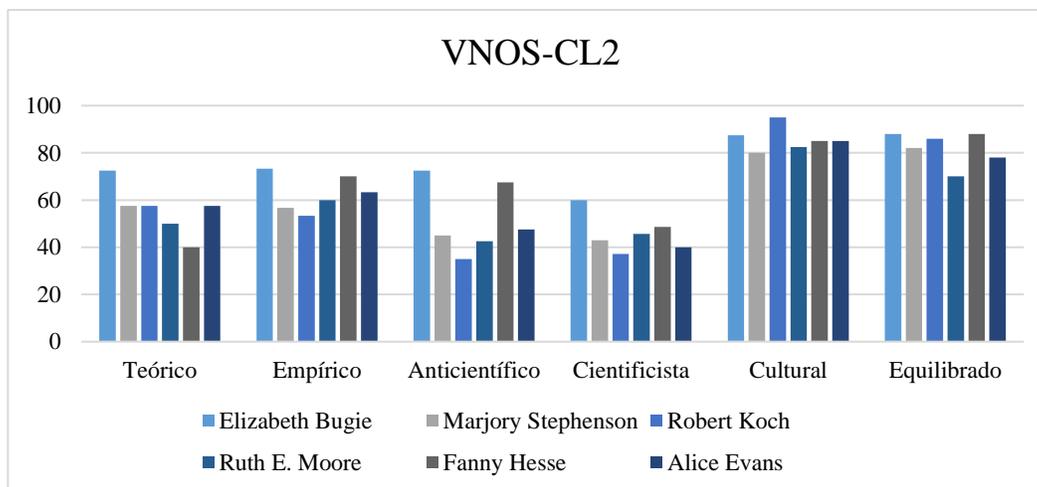
En la gráfica 1 se presentan los resultados obtenidos de esta sistematización para los dos momentos de implementación del cuestionario (CL1 y CL2), con la intención de establecer una comparación y así poder identificar los elementos que permiten evidenciar la transición entre una u otra VNOS.

**Gráfica 1.** Niveles alcanzados por los participantes en cada énfasis CL1.



La gráfica representa la sistematización de los resultados obtenidos en el CL al inicio de la intervención. Como se indica, el caso presenta un mayor peso relativo hacia un énfasis teórico y empírico, en comparación con los énfasis científicista, cultural y equilibrado; siendo el énfasis anticientífico el menos predominante. Para comprender en detalle estos elementos y establecer algunos enlaces, más adelante se describirán algunos ítems específicos por participante.

**Gráfica 2.** Niveles alcanzados por los participantes por cada énfasis CL2



La gráfica representa la sistematización de los resultados obtenidos en el CL al finalizar el TI. Este gráfico permitió establecer ejercicios de contraste con respecto a los resultados descritos en el grafico anterior (Gráfica 1). En efecto, se observa un claro cambio en el caso hacia un enfoque más cultural y equilibrado, lo que da como resultado una disminución del peso relativo de los enfoques teórico y empírico.

Así mismo, las gráficas permiten evidenciar dos aspectos relevantes. De una parte, retomando la investigación realizada por Tamayo (2010), de quien se nutren los énfasis descritos anteriormente, se ha observado que los profesores no tienen un único énfasis específico bien definido en sus VNOS, sino que pueden coexistir varios enfoques simultáneamente. No obstante, es factible identificar tendencias de ciertos énfasis sobre otros.

De otra parte, es posible identificar, en términos generales, una disminución en el nivel de satisfacción de los énfasis teórico y empírico, con un correlativo aumento en el nivel de satisfacción de los énfasis cultural y equilibrado. Sin embargo, también es posible evidenciar, en algunos participantes del caso, un aumento en el grado de satisfacción en el énfasis anticientífico.

Teniendo en cuenta las características del caso 1 descritas en la metodología, puede afirmarse que tales cambios entre un énfasis teórico y empírico hacia uno de tipo cultural y equilibrado se debe a las discusiones suscitadas en el marco de los ECH implementados, ya que, a través suyo, se presenta una visión más humana de las ciencias. Este elemento se explicita más adelante en el análisis que se realiza de la participante Alice Evans.

Complementariamente, tales cambios en los énfasis sobre las VNOS ponen en evidencia que la HC se constituye en un importante recurso para discutir sobre la naturaleza del conocimiento científico, en particular, con respecto al reconocimiento de la provisionalidad de las teorías y del papel de los procedimientos que utilizan los científicos, singularmente el rol de la experimentación en la construcción de conocimiento. Estos

aspectos se pueden evidenciar en el análisis particular de las participantes Fanny Hesse y Marjory Stephenson, tal como se mostrará más adelante.

Aunque este análisis se centra en una caracterización colectiva del caso 1, es preciso describir algunos atributos importantes o representativos que los individuos del caso le otorgan a la ciencia; para ello se discutirán y analizarán algunas UA específicas de ciertos de ellos.

Como se presenta en la gráfica 3, al inicio de la intervención, en el cuestionario CL1, la participante Marjory Stephenson presenta cierta dispersión en las tendencias sobre la VNOS. Esto se puede justificar debido a que la participante no reconoce de forma diferenciada algunos elementos en los procesos de construcción de conocimiento o considera como viables algunos elementos contrarios entre sí. En efecto, su visión ecléctica sobre la NOS combina elementos del énfasis teórico, empírico y científicista, en donde no se hacen distinciones claras entre los diferentes elementos o aspectos que constituyen cada uno de estos énfasis. Sin embargo, al hacer una valoración integral podría considerarse que los tres énfasis apuntan a una perspectiva dogmática de la ciencia; los siguientes ítems, y las valoraciones asignadas por la participante podrían permitir hacer esta inferencia.

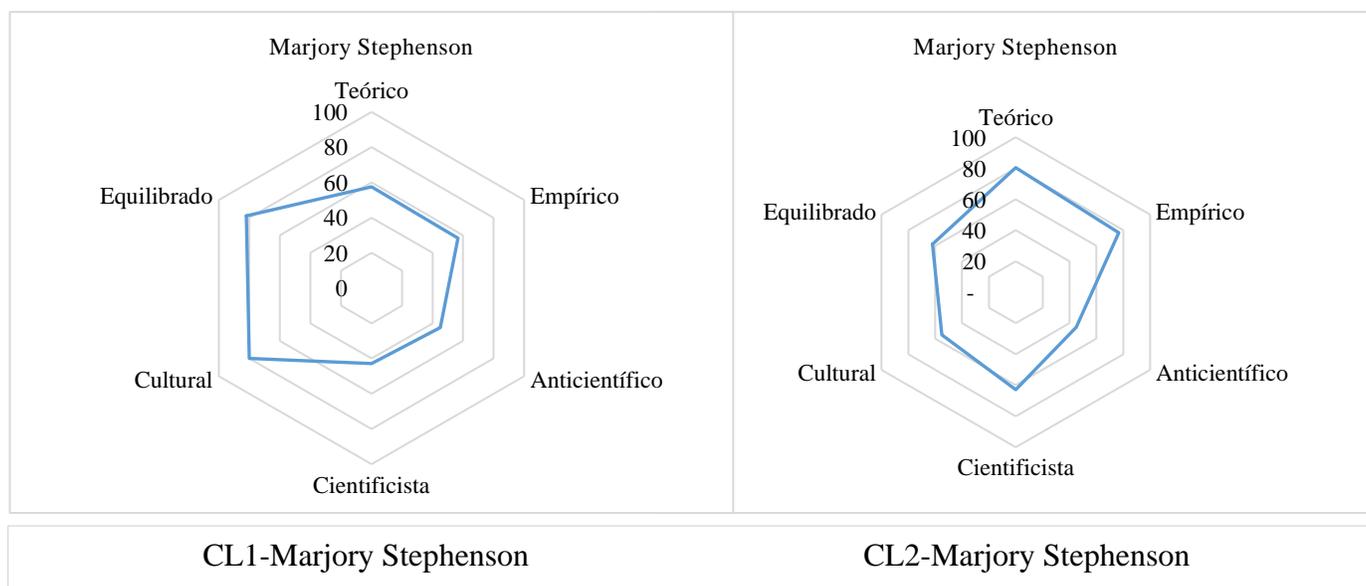
Desde el énfasis teórico, la participante selecciona la opción “Algo de acuerdo” al ítem: “A diferencia de muchas otras profesiones, la ciencia es casi siempre un esfuerzo solitario” (CL-I7). Con respecto al énfasis empírico, otorga un nivel de satisfacción “Algo de acuerdo” al ítem: “Una frase como “muchos científicos creen...” es poco adecuada porque los científicos deben partir de la evidencia” (CL-I13). Por su parte, a dos de los ítems desde el énfasis científicista: “El método científico debe seguirse en todas las áreas del conocimiento” (CL-I24) y “Las investigaciones científicas suelen llegar a un final definitivo, lo que permite que la ciencia avance hacia una nueva pregunta” (CL-I28) les otorga la escala “Muy de acuerdo”.

En contraste, como se muestra en la gráfica 4, la participante al finalizar la intervención disminuye la tendencia a los énfasis mencionados para pasar a señalar escalas como “Algo desacuerdo” y “Muy en desacuerdo”, para los mismos ítems. Esta

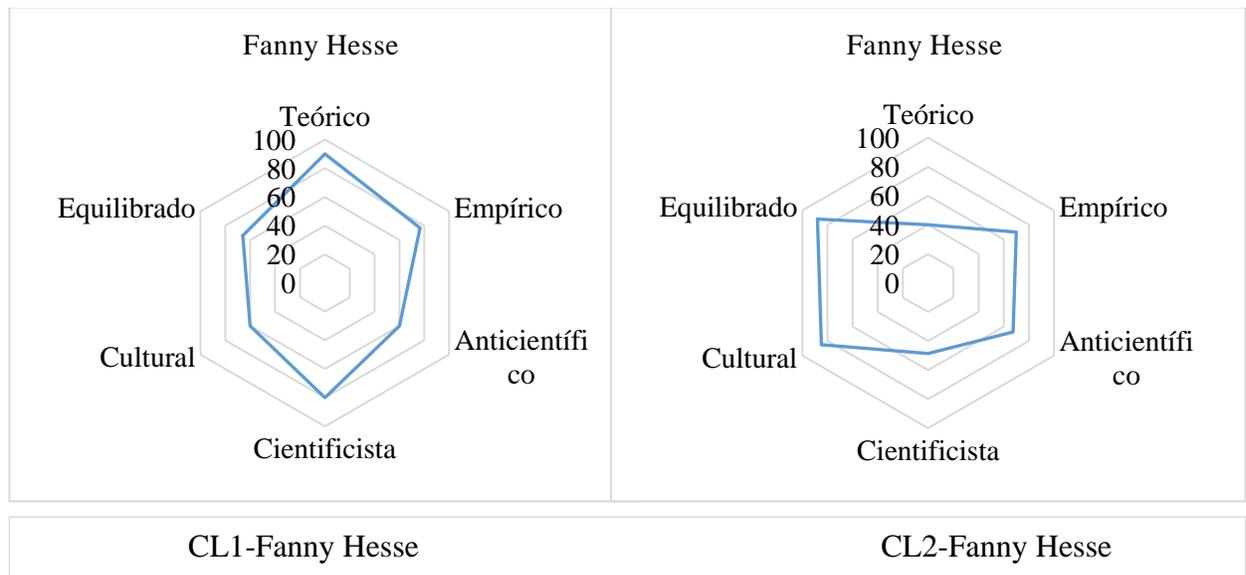
transformación puede deberse a las actividades realizadas en el marco del TI, puesto que dentro de los asuntos discutidos en él se explicitó el trabajo realizado por los diferentes científicos. Asimismo, la participante en la entrevista sobre el papel que juega la comunidad científica en los trabajos de cada científico con respecto a la pregunta ¿Qué papel juega la comunidad científica en el reconocimiento del trabajo realizado por los científicos? expresa que:

[...] el reconocimiento de cada científico por parte de la comunidad (de su comunidad) científica se logra a través de la evaluación, de la validación de su trabajo, la difusión de los resultados, en revistas, en entidades educativas, así como también, el reconocimiento de sus pares académicos e investigativos” (EE- Marjory Stephenson).

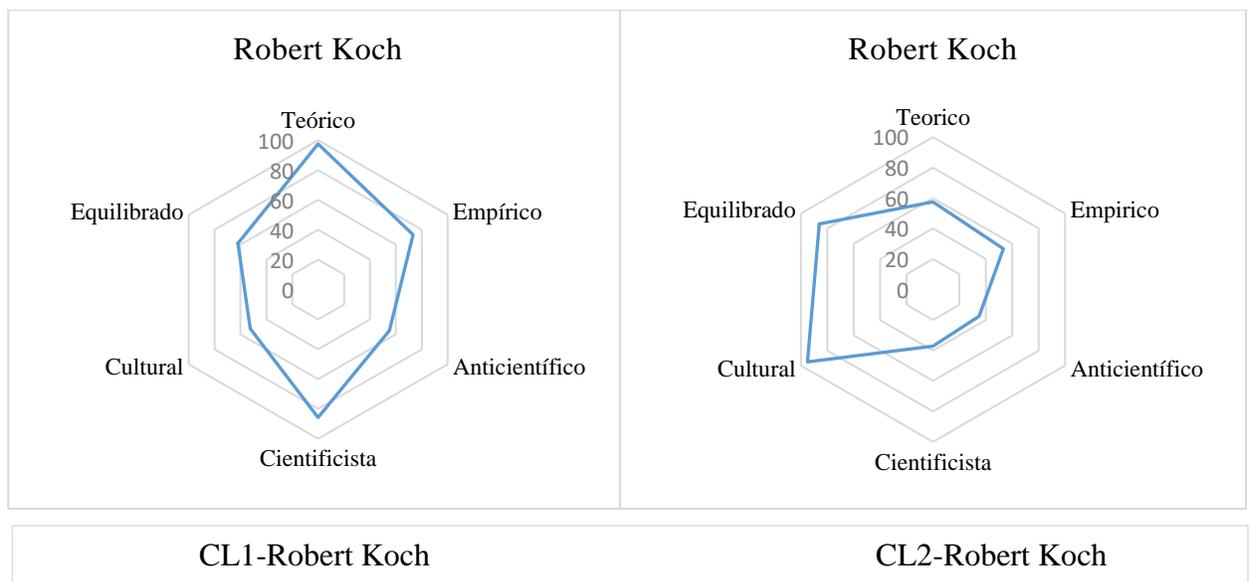
**Gráfica 3.** Comparación entre la VNOS Marjory Stephenson. CL1Vs CL2



Asimismo, se destacan a continuación dos participantes que coinciden en presentar los énfasis teórico y científicista; tales participantes son Fanny Hesse (Gráfica 5) y Robert Koch (Gráfica 6).



**Gráfica 5.** Comparación entre la VNOS Robert Koch . CL1Vs CL2



Como se percibe en el Gráfico 5, la participante Fanny Hesse muestra un notable cambio al discurrir por el TI. Inicialmente, en el cuestionario CL1, tiene una tendencia a los énfasis teórico y científicista. Sin embargo, al finalizar la intervención fue posible identificar cambios significativos. Lo anterior se refuerza en la UA como la expresada en la EE, cuando

se le pregunta a la participante sobre ¿qué procedimientos realiza Pasteur?, ante lo cual señala que:

Pasteur en el proceso de cultivo de microorganismos empezó, por ejemplo, viendo... Pasteur en sus experimentos descubrió que, al hervir toda clase de líquidos etílicos, azucarados, la leche y otros más a altas temperaturas mataba a los microorganismos, pero conservaban su sabor y su esencia y a esto fue lo que llamó la pasteurización. (EE- Fanny Hesse).

Este fragmento permite identificar el valor que la participante le otorgó a los procedimientos realizados por Pasteur, desdibujando su idea inicial sobre la importancia que se le otorga al método científico como único medio de construcción de conocimiento. Esta afirmación se apoya al establecer una comparación entre las respuestas obtenidas de la participante en la afirmación: “El método científico debe seguirse en todas las áreas del conocimiento” (CL1-I24), donde al inicio otorga la valoración “Muy de acuerdo” y, al finalizar el TI (CL2-I24), expresa “Algo en desacuerdo”.

Otro fragmento que apoya esta afirmación fue registrado a través de la misma técnica y suscitado cuando se le pregunta ¿qué procedimientos realiza Koch? Dada su importancia, se cita el fragmento completo:

Otro de sus experimentos fue el cultivo de la gelatina, la cual le cautivo, ya que se observaban en ella los microorganismos formando colonias, pero al cabo de unos días descubrió que esta, por el exceso de calor, se volvía líquida, entonces no le sirvió. Descubrió también la viruela como una enfermedad en todo el ganado entonces (e-e-e) les aplicó el carbunco para mirar el efecto tanto a animales sanos como enfermos (e-e-e) y solo uno de ellos pues murió, pero vio que esa era la efectiva para curar la viruela en este ganado. Luego (e-e-e) con la ayuda de esta, “FANNY HEESE (“ósea, yo”) pudo (solapamiento, xxxx) el cultivo agar. Este cultivo agar fue MARAVILLOSO, ósea el cultivo de algas, e-e-e y dice que (sonido de hojas pasar) ... Petri dice que los microorganismos no se formaban esporádicamente, si no que uno procede del otro, ósea que se multiplicaban, e-e-e. Dice que las prácticas de

higiene y el almacenamiento de-de-de... los alimentos empacados adecuadamente, e-e-e previenen grandes enfermedades y hacen que los microorganismos se aíslen. Robert Koch dice que los organismos deben concentrarse en pacientes enfermos, pero no en sanos; otros de los postulados que se pueden extraer y cultivarse en un medio puro e-e-e los organismos aislados pueden representar la enfermedad en un huérfano (“cuerpo”) sano e-e-e [...] (E- Fanny Hesse)

En esta UA es posible identificar aspectos relevantes. Por una parte, la relación que establece la participante entre los medios de cultivo (agar, cajas de Petri) hace referencia a la importancia atribuida a las prácticas experimentales y a la relación que se puede tejer entre la teoría y el experimento. Como se señaló en el marco conceptual, Emden y Gerwing (2020) expresan que las prácticas experimentales trabajadas en la escuela no denotan fielmente cómo trabajan los científicos, pero sí se constituyen en un recurso “para enseñar cómo trabajar científicamente en distintas prácticas que son prototípicas del trabajo científico” (p. 5).

En esta misma línea, Hacking (1996), Ferreirós y Ordoñez (2002), Steinle (2002) e Iglesias (2004) exponen la necesidad de reflexionar sobre la relación que se establece entre teoría y práctica, reclamando la necesidad de cambiar la visión clásica, caracterizada por concebir la experimentación como una simple herramienta para corroborar las leyes que rigen la naturaleza y atribuyéndole, en este sentido, un carácter subsidiario de las construcciones conceptuales. Dichas reflexiones apuntan a despojarse de una visión teoreticista, entendida como la tendencia a privilegiar la teoría sobre la experimentación en el desarrollo de la dinámica científica, y pasar a una que permita una estrecha relación entre teoría y práctica.

Por otra parte, a través de la UA se reconoce el papel del trabajo colaborativo entre los científicos, mostrando una visión humana de la ciencia, en la que los profesores se sienten partícipes. Se hace imperante desde esta lente que los docentes tengan contacto y reflexiones sobre las nuevas visiones de la NOS, a este respecto Cobo, Abril y Romero (2019) expresan que se [...] “requiere, no solo un conocimiento sobre contenidos disciplinares y procedimentales de la ciencia, sino también un conocimiento sobre las características del conocimiento científico y los procesos implicados en su construcción (p. 16).

De la misma forma, se trae a colación el participante Robert Koch, quien al inicio de la intervención tiene una marcada tendencia hacia lo teórico y científicista, énfasis que tiene implicaciones muy particulares sobre cómo el participante asume los procesos de construcción del conocimiento, cercanos a la denominada visión positivista de la ciencia. Esto se evidencia en los cambios que les otorga a las valoraciones en algunos ítems asociados a los mencionados énfasis.

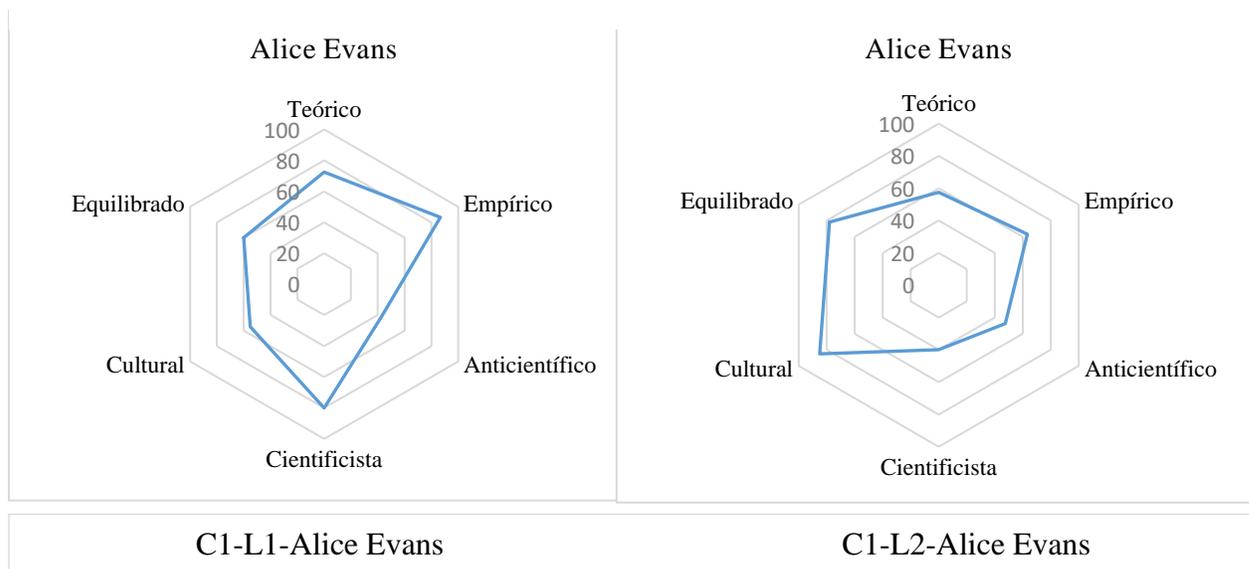
En particular llama la atención el cambio en el ítem “Las teorías sirven para orientar las observaciones, es decir, las teorías nos dicen qué podemos ver” (CL1-I2), ya que, al inicio de la intervención a esta afirmación, le otorgó una valoración de “Algo de acuerdo” y, al finalizar, señaló “Algo en desacuerdo”. Este aparente cambio se confirma con otra UA que refuerza esta tendencia del participante al inicio en una de las primeras actividades desarrolladas en el TI sobre la pregunta referida a ¿qué tomas en cuenta para realizar la experimentación?, a lo cual responde: “Seguimiento según la teoría dada científico. Fueron el insumo para realizar la comprobación de la investigación” (PE4- Robert Koch).

Alice Evans es otra de las participantes que se constituye en objeto de gran valor, en la medida en que presenta un cambio muy significativo en su VNOS, no solo por los resultados en los cuestionarios CL1 y CL2, sino también por sus consideraciones expresadas a través de las otras UA que permiten realizar importantes asociaciones con otras subcategorías, en particular la relacionada con la formación docente. La participante expresó un entendimiento más holístico acerca de la Naturaleza de la Ciencia y el funcionamiento interno de la institución científica, reconociendo la provisionalidad de las teorías, así como también

los aspectos sociológicos, relacionados con la construcción y validación social del conocimiento científico, así como con las complejas relaciones que se establecen entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, quedan reflejados en una dimensión denominada integración social y cultural del conocimiento científico. (Cobo et al., 2019, p. 16)

Lo anterior podría verse reflejado en el cambio de valoración que les otorga a ítems como: “Las investigaciones científicas suelen llegar a un final definitivo, lo que permite que la ciencia avance hacia una nueva pregunta” (CL-I28), donde al inicio de la intervención le otorgó una valoración de: “Algo de acuerdo” y al finalizar expresó estar “Muy en desacuerdo”.

**Gráfica 6.** Comparación entre la VNOS Alice Evans. CLIVs CL2



Asimismo, en una de las actividades del TI, se le solicita a la participante realizar un ejercicio de presentación de los personajes discutidos, es allí donde ella señala:

Les contaría esta historia mediante un cuento así: -Hace mucho tiempo existieron 2 personajes franceses llamados Félix Pouchet y Louis Pasteur, científicos ambos; es decir, eran creativos y les gustaba analizar, observar y realizar experimentos con todos los SV que le generaban inquietudes y los movilizaba a generar aprendizajes y teorías nuevas. Uno de ellos se guiaba porque la vida se generaba o [se] daba de manera espontánea, es decir brotaba como por arte de magia y lo comprobaba con experimentos; y el otro, Pasteur, decía que la vida salía o se generaba de la vida misma, solo se necesitaba un ser vivo. Ahora bien... ellos han servido hasta nuestros días a la ciencia con sus valiosos aportes (PE2- Alice Evans).

En esta UA se pueden identificar explícitamente indicios asociados al énfasis equilibrado, a través de los que se describe que la ciencia es uno de los medios para comprender la naturaleza, en la que la subjetividad desempeña un papel crucial, y se valora la relevancia de la investigación sobre las tradiciones históricas en todos los ámbitos. La expresión de la participante: “[...] ambos, es decir eran creativos y les gustaba analizar, observar y realizar experimentos con todos los SV que le generaban inquietudes y los movilizaba a generar aprendizajes y teorías nuevas” denota una perspectiva más equilibrada sobre la ciencia, pues valora los aportes de ambos científicos. Tal y como lo propone Latour (1995), no existe un Pasteur victorioso y un Pouchet vencido, pues ambos presentaron aportes significativos a la comprensión de la génesis sobre el origen de la vida.

Esta concepción se pone igualmente en evidencia con la siguiente UA, donde se inicia la actividad experimental con algunas preguntas, dentro de ellas: ¿Qué ideas tenía el científico sobre el origen de la vida? A lo cual la participante respondió:

Pasteur plantea mediante la experimentación la generación de la vida a partir de otra vida teniendo en cuenta las condiciones para que se desarrolle. Y en relación con las preguntas sobre la metodología que utiliza respondió: “Observación, ensayo, discusión, generación de conocimiento” (PE3- Alice Evans)

Por medio de esta respuesta, la participante destaca el valor de los procedimientos para la construcción de conocimiento. Adicionalmente, en el marco de la misma actividad, se destaca un elemento importante desde esta VNOS, y está referido al reconocimiento de los impactos que tiene la ciencia en la humanidad:

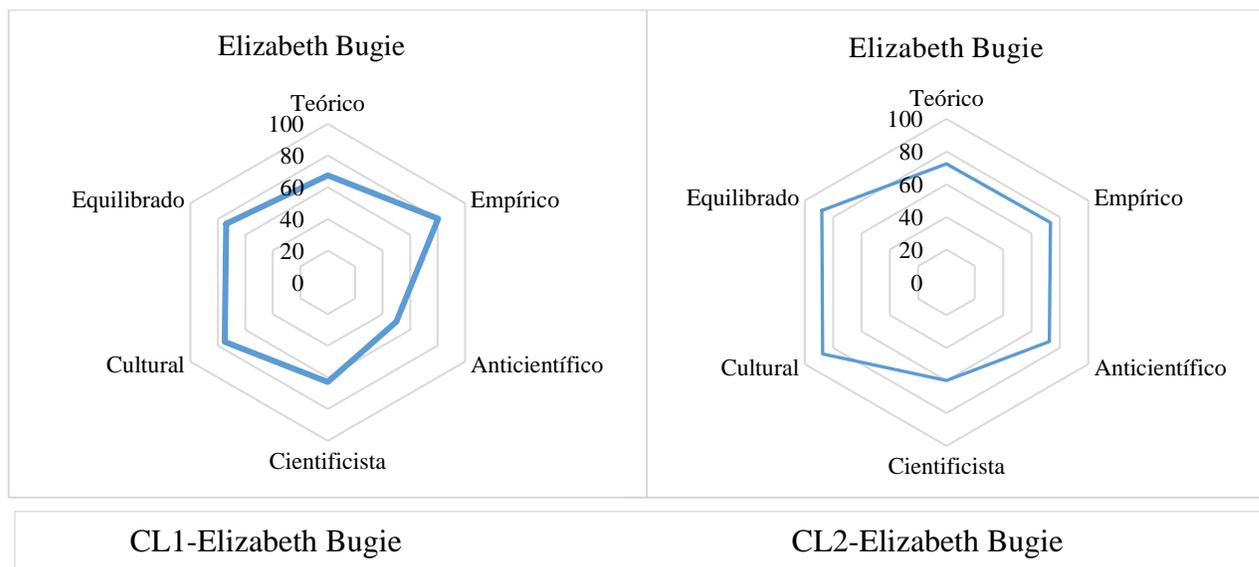
[...] Que él trabajó con bacterias y las hizo crecer en un cultivo como nosotros e hizo comparaciones. El papel más importante fue la investigación y la creación de vacunas para las enfermedades y elementos de la microbiología. El microscopio, caja de Petri (PE4- Alice Evans).

Para finalizar este apartado, se retoman algunos elementos de la participante Elizabeth Bugie, quien tanto al inicio como al final de la intervención (CL1 y CL2) presenta una tendencia hacia los énfasis equilibrado y cultural (Gráfica 7). Sin embargo, se destacan algunas afirmaciones particulares que permiten identificar el valor que la participante le otorga al inicio de la intervención a un énfasis teórico. En particular, en la fase diagnóstica del TI, ante la pregunta propuesta ¿Qué características tienen los SV?, ella responde: “Es un ser vivo porque cumplen con las características establecidas por la ciencia [...]” (PE1-Elizabeth Bugie). Esta UA permite realizar algunos nexos conceptuales donde se identifica la teoría como fundamento en el desarrollo de nuevo conocimiento.

En este sentido, un docente que presente una visión epistemológica de este tipo orientará su ejercicio didáctico y disciplinar en esta misma línea; es así como, presentará, en los procesos de construcción de conocimiento, a la teoría como un cuerpo robusto que nos dice qué podemos ver. En otras palabras, los profesores desde este lente concuerdan en que la teoría cumple con una función orientadora en las observaciones de los científicos. Consecuentemente, los estudiantes tendrán que aprender casi al pie de la letra esas “verdades” dispuestas por los científicos.

La anterior UA (PE1-Elizabeth Bugie) puede asociarse a una de las afirmaciones del cuestionario: “Las teorías sirven para orientar las observaciones, es decir, las teorías nos dicen qué podemos ver” (CL-I2), en donde la participante responde “Algo de acuerdo” (CL1-I2-Elizabeth Bugie) y en un segundo momento “Algo en desacuerdo” (CL2-I2- Elizabeth Bugie). De este modo, cuando afirma que “las teorías nos dicen qué podemos ver”, está señalando que nuestras observaciones están influenciadas por las ideas preconcebidas que tenemos sobre cómo funciona el mundo; sin embargo, puede otorgar un menor valor a este énfasis en el cuestionario CL2 al reconocer otros elementos asociados a los procedimientos (experimentación, por ejemplo) y a la naturaleza del conocimiento (provisionalidad de las teorías).

**Gráfica 7.** Comparación entre la VNOS Elizabeth Bugie. CL1 Vs CL2



La participante también presenta un aumento relativo del énfasis anticientífico al finalizar la intervención, situación que podría tomarse como algo paradójico puesto que en el cuestionario CL2 parecen de forma importante énfasis disímiles como el equilibrado y el anticientificista. Sin embargo, esto podría deberse a que las reflexiones suscitadas durante el taller a través de los ECH están fuertemente cargadas de la influencia que tienen las comunidades científicas en los procesos de validación del conocimiento. En particular, se discutió sobre los rechazos a los que se enfrentó Koch al presentar sus primeras comunicaciones sobre las enfermedades infecciosas en la Real Academia, especialmente por parte de Pasteur. De igual forma, se abordó la aparente “victoria” de Pasteur sobre Pouchet, a propósito de la explicación acerca del origen de la vida. Desde esta óptica, una profesora que no está formada en reflexiones metacientíficas podría atribuir características de poca fiabilidad frente a los criterios de validez; esto se pone en evidencia en la siguiente UA de la entrevista, donde se le preguntó a la participante sobre ¿qué procedimientos utiliza Pasteur y Koch?, a lo cual responde:

Ambos hacen cultivos. Realmente la comunidad científica puede crear grupos de trabajo que ayuden a la investigación entre las personas que tienen ciertas afinidades en ciertas teorías del conocimiento; sin embargo, esto también hace que e-e-e cuando

un científico no esté siendo apoyado por la mayoría o no tenga tanto nombre, pues sus estudios y sus avances científicos no se reconozcan de la misma manera que quien sí tiene un apoyo mayor; entonces, e-e-e la comunidad científica es muy importante pero en algunos momentos es cerrada al no apoyar todas las investigaciones que se tengan entre ellos mismos, entre los mismos científicos. (EE- Elizabeth Bugie)

La significación asociada a esta UA se refuerza igualmente con el análisis del CL-I15: “La ciencia siempre está cambiando y, por consiguiente, no es muy fiable.” Allí, la participante otorga una valoración inicial (L1) de “Algo en desacuerdo”, pero al finalizar (L2) señala que está “Algo de acuerdo”. Esta primera subcategoría permite identificar elementos importantes, que se ratifican con los referentes conceptuales mencionados en el capítulo tres.

En este sentido, el caso analizado presentaba al inicio de la intervención una VNOS con tendencias hacia los énfasis teóricos y empíricos que no desaparece totalmente al finalizar la intervención, pero sí se evidencia una disminución en las valoraciones obtenidas por parte de los participantes. Los diferentes énfasis coexisten en los individuos de los casos, es por ello por lo que podría decirse que reconocen una ciencia con diferentes rasgos o atributos. Sin embargo, es posible afirmar que los profesores de ciencias de este caso actúan y condicionan el desarrollo de su docencia según las concepciones que tienen sobre la NOS; esta afirmación también es sostenida por autores como Hodson (2003), Adúriz-Bravo (2005), Oliva-Martínez y Acevedo-Díaz (2005), Romero et al. (2016) y Lires (2024).

Se puede también reconocer que las metaciencias posibilitan establecer la conexión entre el conocimiento científico generado en diferentes periodos históricos con los problemas abordados, los objetivos perseguidos, las herramientas conceptuales y metodológicas empleadas, así como con la cultura y los valores predominantes en cada época (Quintanilla et al., 2005). Es por ello que, dentro de la didáctica de las ciencias naturales, discurren fuertes llamados a incluir discusiones metacientíficas en los procesos de formación inicial y continuada del profesorado de ciencias.

La historia narrada a través de los ECH permite representar las características de la dinámica científica y ayuda a los docentes a comprender cómo funciona la empresa científica y cuáles son las reglas de juego que en ella se desarrollan, con la intención de favorecer espacios de aula en los que se puedan realizar actividades prototípicas a las realizadas por las comunidades científicas. A través de estos ECH es posible abordar y discutir tanto asuntos epistemológicos como cuestiones sociológicas y ontológicas.

### ***5.1.2. Categoría 2: Los ECH como recurso para la formación docente***

Como se desarrolló en el Marco Conceptual, la formación docente debe ser atendida desde una perspectiva integral que posibilite el reconocimiento y desarrollo de los tres saberes que agrupa el CPP: el disciplinar, el epistemológico y el didáctico (Adúriz-Bravo, 2005). En el saber disciplinar, se valora la comprensión de los contenidos conceptuales de las disciplinas específicas que los docentes enseñan, hecho que implica no solo dominar el aspecto conceptual sino también comprender su estructura y las conexiones con otras áreas del conocimiento; en el saber epistemológico se reconoce la importancia de comprender cómo se produce y valida el conocimiento en cada disciplina; el saber didáctico se asocia con la necesidad de reflexionar sobre cómo se enseña esa disciplina específica. Con esta perspectiva como referente, en la presente categoría se analiza cómo HC, contextualizada a través de ECH, se configura en un recurso significativo para mejorar la formación docente de profesores de ciencias naturales en ejercicio, del nivel de BP.

Las técnicas a través de las cuales se registró información concerniente a esta categoría fueron: el Taller Investigativo (TI), los Cuestionarios (CG), la Entrevista Estructurada (EE), la Bitácora de Campo (BC) y los Documentos (Doc1). Este último se constituyó en un instrumento importante puesto que, a través suyo, fue posible identificar varios asuntos: el primero, corresponde la relación que se tejió entre los ECH vinculados con la experimentación y la definición de los SV; el segundo, por su parte, permitió evidenciar los asuntos epistemológicos que el caso seleccionó para la enseñanza de los SV; por último, permitió evidenciar la forma como los participantes incorporaron del contenido del saber disciplinar y ciertos aspectos del saber epistemológico a la didáctica específica de las ciencias

naturales en la BP. Así, se presentan a continuación las UA extraídas de las transcripciones de las producciones escritas (PE) y de audio (GR) de los participantes, asociadas a los instrumentos mencionados. La descripción de la categoría y sus respectivos indicios, se encuentran descritos en el capítulo IV.

De la misma forma en que se procedió para la categoría anterior, el ejercicio de análisis que aquí se presenta corresponde a un análisis global del caso; no obstante, también se examinan minuciosamente ciertos aspectos y consideraciones asociados a esta categoría de los participantes a modo individual.

Como se indicó en apartados anteriores, la enseñanza de las ciencias naturales, especialmente de la biología, presenta diversas dificultades en la BP. Entre los problemas más destacados se encuentra que los docentes no siempre están formados en esta disciplina. Para ejemplificar cómo el saber disciplinar se ha constituido en el eje central para abordar tanto los saberes epistemológicos como los didácticos, se discute a continuación cómo los ECH abordados permiten explicitar y modificar los enfoques utilizados en la enseñanza de las características de los SV. En este sentido, a través del TI realizado con los participantes del caso se discutieron dos ECH que posibilitaron el abordaje de asuntos de la NOS: aquellos de tipo epistemológico –asociados a la naturaleza del conocimiento y a la naturaleza de los procedimientos–, así como aquellos de carácter socio-epistemológico –relativos a la sociología interna y externa de las ciencias–, aspectos que ponen en evidencia un interesante solapamiento entre el saber disciplinar y el saber epistemológico.

Los ECH abordados se denominaron *Pasteur y Pouchet: la vida entre caldos y matraces*, y *Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo*, y su abordaje posibilitó discutir elementos conceptuales asociados a la noción de SV, describiendo las características fundamentales que definen la vida. El primero, permitió discutir los enfoques autoorganizativo e informacional sobre los SV; a través del segundo, por su parte, se abordó con mayor énfasis el enfoque informacional.

Complementariamente, estos ECH posibilitaron examinar ciertos aspectos epistemológicos y socio-epistemológicos de la NOS. A través del ECH *Pasteur y Pouchet*, se discutió sobre la provisionalidad del conocimiento y la coexistencia de teorías rivales para la comprensión del origen de la vida: la abiogénesis contra la biogénesis; a la vez, fue posible identificar cómo a través de la experimentación ambos científicos apoyaron sus posturas, configurándose en un elemento crucial en la comprensión de las teorías científicas en discusión: tanto Pasteur como Pouchet utilizan procedimientos minuciosos, los caldos y matraces son las armas que ambos tenían para apoyar sus ideas. Respecto a los elementos socio-epistemológicos, se evidenció la relación personal entre los científicos, así como la influencia de los contextos históricos y sociales en los procesos de construcción de conocimiento: la contienda entre los partidarios de la generación espontánea, representados por Pouchet, y los defensores de la biogénesis, liderados por Pasteur, refleja las influencias culturales y políticas de la época, vinculando la disputa científica con temas como la evolución, la religión y las formas de gobierno.

El ECH sobre *Pasteur y Koch* posibilitó discutir las características de los SV a través del origen de las enfermedades infecciosas, a la vez que permitió identificar una visión más humana de y sobre la ciencia. Así, desde las discusiones abordadas en este ECH, las enfermedades ya no son entendidas como algo interno a los cuerpos, ni se asocian con la exposición a focos miasmáticos provenientes de materia en descomposición o vapores nocivos presentes en el aire; con el advenimiento de las nuevas técnicas de cultivo propuestas por Koch (tales como el agar-agar y las cajas de Petri) y las diluciones de Pasteur, fue posible la identificación de la enfermedad a través de la presencia de microorganismos como agentes causantes y su contagio a través del contacto directo o indirecto con estos.

Como preámbulo al ejercicio analítico, se presenta a continuación una nube de palabras que, como herramienta de representación visual, ayudó a la investigadora a identificar las palabras que los participantes del caso asociaban con las características de los SV. La herramienta que se utilizó para su elaboración fue el programa de análisis de datos cualitativos Atlas.ti, en la versión 24. Mediante este programa, la investigadora agrupó las UA extraídas de las actividades realizadas en marco del TI (Cuestionario CG1),



capacidad para evolución abierta, a la vez que valora la interdependencia ecosistémica como característica de los SV.

Resaltando los elementos más relevantes en la gráfica, se puede señalar que:

- La palabra *célula* es aquella que presenta la mayor frecuencia. Esto corrobora las ideas expuestas por Diéguez (2012), quien menciona que la definición más común encontrada en libros de textos escolares y medios de comunicación es aquella que considera a la célula como la unidad mínima de los SV.
- La segunda palabra con alta frecuencia es *ciclo*, encontrando similitudes con los estudios realizados por O-saki y Samiroden (1990), Díaz de Bustamante (1992) y González (2013), quienes exhiben hallazgos similares. Estos autores mencionan que los estudiantes (de diferentes grados) asocian la ontogenia de los SV con un aparente “ciclo” biológico manifiesto en las palabras: nacen, crecen, se reproducen y mueren. Esto permite identificar que tanto los estudiantes como los docentes tienen ideas alternativas sobre la noción de ser vivo y su definición simplificada está asociada al término “ciclo de vida”, concepto que desde la biología del desarrollo es mucho más complejo (Ibañez, 2020).
- Otra palabra con alta frecuencia es *movimiento*. A este respecto, hay coincidencias con investigaciones como las de Bustamante (1992) y Gonzalez y Harms (2012) quienes mencionan que es usual encontrar en estudiantes una asociación entre los SV y su movimiento.
- Las palabras *reproducen* y *reproducción* revisten una mediana frecuencia. Este atributo podría ser asociado a una característica del enfoque informacional, cuyo principio establece que los SV tienen como característica principal la reproducción y la capacidad de transmitir información.
- Se identifica un esbozo del enfoque autoorganizativo, a través de las palabras *alimenta* y *respira*. Si bien estas palabras no definen estrictamente el metabolismo ni explicitan el conjunto de reacciones químicas y procesos físicos que ocurren en las células, la alimentación y la respiración están estrechamente asociados a este proceso.

Este análisis permite afirmar que las concepciones sobre los SV de los participantes de caso C1 al inicio de la intervención, tiene una tendencia hacia el enfoque no-diferenciado, aunque también se puede percibir algunas características propias de los enfoques informacional y autoorganizativo. Así, en términos generales, las UA permiten identificar la asociación de los SV con términos de ciclos o de movimiento; es decir, los atributos que le confieren a los organismos vivientes están dispersos, no profundizan en sus características específicas o presenta algún error conceptual.

En el marco de las actividades realizadas en la fase diagnóstica del TI, se llevó a cabo una actividad de conflicto cognitivo. Si bien, en esta investigación no se discuten asuntos asociados al cambio conceptual ni a las perspectivas cognitivas, esta actividad resultó útil para fomentar discusiones sobre las características iniciales que el caso atribuía a los SV. La actividad consistió en formar dos equipos, a los cuales se les entregó un ejemplo de SV que no cumplía con las características otorgadas inicialmente (Figura 12). Para problematizar las limitaciones del uso inadecuado del concepto “ciclo de vida” (una de las características asignadas), se presentó el ejemplo del Tardígrado, que no muere en el sentido convencional mientras está en estado de criptobiosis. El segundo ejemplo, que entra en conflicto con la definición de los SV en términos de reproducción o replicación, fueron los insectos eusociales, en los cuales no todos los individuos pueden reproducirse.

Posteriormente, cada equipo debía ver un video y seleccionar conceptos clave que le permitieran describir las características de cada ejemplo. En la Figura 12 se presenta la lista de atributos que los participantes propusieron durante la actividad. Luego, se realizó una discusión donde fue posible socializar las características asignadas a cada uno de los organismos en cuestión. Este ejercicio posibilitó que se presentaran contradicciones respecto a sus concepciones, creencias o conocimientos existentes y la nueva definición desde los enfoques autoorganizativo, informacional y equilibrado. Como menciona Villacrez (2021), este tipo de ejercicios permiten cuestionar la nueva información frente a la preexistente, ya que contradice lo que se cree.

Dicho conflicto cognitivo fue importante, en la medida que posibilitó la revisión y reevaluación de creencias y conocimientos previos, lo que a su vez condujo a una mayor comprensión del tema. Por ejemplo, se discutió sobre la asignación de un aparente "ciclo de vida" como atributo de los SV, concepto que, concordando con Ibáñez (2020), es utilizado de forma inadecuada, pero que en los Estándares básicos por competencias en Colombia es posible encontrarlo como uno de los procesos de pensamiento del entorno vivo en el grupo de grados de primero a tercero: "Describo y verifico ciclos de vida de SV".

En particular, respecto al término "ciclo", Ibáñez (2020) menciona que en libros de microbiología o zoología se utiliza la expresión adecuadamente, ya que se quiere presentar las etapas de ciertos organismos; asimismo, señala que se aplica correctamente para algunos ciclos bioquímicos o biogeoquímicos, debido a que comienzan y terminan en el mismo estado. Sin embargo, resalta que algunas publicaciones emplean el término "ciclo de vida" cuando en realidad se están refiriendo a la biología reproductiva de una especie, aspecto por el cual algunos autores proponen términos más precisos, ya que la palabra ciclo denota un proceso que culmina e inicia en el mismo punto de partida. En este sentido, autores como West-Eberhard (2003) propone la expresión "continuidad del fenotipo", Lincoln et al. (1998) utilizan la expresión secuencia o cadena de eventos, e Ibáñez (2020) propone la ontogenia cíclica de una especie.

Figura 12. Actividad inicial sobre características de los SV.

|            |                              |  |            |   |
|------------|------------------------------|--|------------|---|
| Reproducen | Células                      | Mueren   | Movimiento | Estímulos del medio.<br>Energía solar, aire, agua, suelo. |
| Reproducen | Están conformado por células | Mueren   | Movimiento | Relaciones  |
| Reproducen | Organización celular         | Funciones vitales.<br>Nacer. Reproducir. Crecer. Morir |            | Alimentación  |
| Reproducen | Células                      | Ciclo  |            |   |
|            | Formación de Células         | Desarrollo-crecimiento.                                |            |   |

Fragmento de un tablero con notas adhesivas de colores que detallan características biológicas.

**INSECTOS SOCIALES**  
Eusociales  
Funciones:  
Superposición de generaciones → Madre reproductora  
Limpian y cuidan las colonias  
Cuidados de la cría, Cooperación, Nutrición

Entre estos insectos sociales resaltamos:  
Cumplen con las funciones vitales como: Nacer, crecer, reproducen (algunas), se relacionan entre ellas y con el medio, permite la generación de vida entre otras especies prolongando la existencia.

« Son Vitales Para El Planeta Tierra »

**Insectos sociales**  
Madre Reproductora.  
Reproducen (algunas)  
Se relacionan entre ellas y con el medio.  
Permite la generación de vida entre otras especies. (PE5)

**Tardigrado** → Tamaño 0,5 mm.

Criptobios → Debilidad a Radiación UV.

Debilidad a Radiación UV.  
Ciclo 2-3 meses hasta 2 años.  
Estado latente.

Varios sexos. Oviparo.

Se adapta a todos los medios.  
Inofensiva.  
Mecanismo de def. y supervivencia (cavitación).

**Tardigrado**  
Criptobios  
Debilidad a radiación.  
Se adapta a todos los medios.  
Inofensivo  
Mecanismos de defensa y supervivencia. ((PE6)

La segunda actividad se encuentra directamente asociada con los usos de la HC. A través del ECH sobre *Pasteur* y *Pouchet*, así como con la actividad experimental: ¿La levadura es un ser vivo?, fue posible discutir los enfoques auto-organizativo e informacional sobre los SV, siendo más fuerte el primero de ellos.

La discusión sobre ambos enfoques como atributos de los SV fue importante porque permitió establecer vínculos entre ellos. Como se discutió en el marco conceptual, definir a los SV únicamente por su capacidad reproductiva (enfoque informacional) o su metabolismo (enfoque autoorganizativo) tiene sus limitaciones. Las ideas de Dyson (1999) al respecto son relevantes en la medida que, aunque reconoce que ambos procesos son importantes, pueden ser estudiados por separado. El autor menciona que: Neumann observó que “el metabolismo y la replicación, por muy intrincadamente vinculados que estén en el mundo biológico tal

como existe ahora, son lógicamente separables. Es lógicamente posible postular organismos compuestos de hardware puro y capaces de metabolizar, pero incapaces de replicarse. También es posible postular organismos compuestos de software puro y capaces de replicarse, pero incapaces de metabolizar” (p.9). Esta definición, que desvincula la reproducción y el metabolismo, es uno de los intentos por reconocer que la vida surgió de manera simultánea con ambos procesos, o tuvo un origen dual: primero existió una entidad replicadora y una entidad metabolizadora, que se unieron para dar origen a la vida.

Como se indicó en el TI, esta actividad corresponde a la fase de líneas acción. En la Figura13 se presentan algunas pautas que orientaron su ejercicio; través de la discusión del ECH los participantes del caso C1 pudieron discutir el enfoque auto-organizativo como atributo de los SV; asimismo, la actividad experimental contribuyó a consolidar una nueva forma de establecer relación entre la teoría y la práctica.

Respecto a este último aspecto, se retoman las ideas de Hacking (1996), Steinle (1997) e Iglesias (2004) quienes proponen cambiar la visión clásica de la relación entre teoría y práctica, caracterizada por asumir la experimentación como subsidiaria de las construcciones teóricas, al concebirla como una simple herramienta para corroborar hipótesis o para constatar leyes, y asumir una nueva visión sobre el papel que juega la experimentación en los procesos de construcción de conocimiento. Dichas reflexiones apuntan a despojarse de una visión teoreticista, entendida como la tendencia a privilegiar la teoría sobre la experimentación, y pasar a una perspectiva que permita comprender la estrecha relación existente entre teoría y práctica. Apoyados en esta perspectiva, Ferreirós y Ordóñez (2002) adelantan un análisis atendiendo al rol atribuido a la experimentación en su relación con la dimensión conceptual, así como a la intención y propósito de quienes la utilizan, y proponen una tipología cuadrupartita de experimentación. Por una parte, está la distinción entre experimentación cualitativa y experimentación cuantitativa y, de otra parte, la diferenciación entre experimentación exploratoria y experimentación guiada. La primera distinción trata de superar el supuesto según el cual todo el proceso de elaboración de teorías científicas comienza con mediciones y datos cuantitativos precisos. Contrario a esta consideración, los autores señalan que los experimentos cualitativos han sido una parte fundamental de los

procesos de formación de conceptos, aspecto indispensable de los procesos de formación de datos (Steinle, 2002).

La segunda distinción, por su parte, intenta restablecer el desequilibrio de la “carga teórica de la observación”, para dar lugar igualmente a una “carga experimental de la teoría”. Con el término “experimentación guiada” se quiere significar aquellos procedimientos y diseños experimentales previstos y desarrollados en el marco de teorías claramente establecidas. La experimentación exploratoria, por su parte, está principalmente presente en las primeras fases del desarrollo de una ciencia. En la medida en que esta clase de experimentación acontece cuando se está aún lejos de tener conceptos y principios teóricos adecuados y bien desarrollados, su finalidad principal se aboca a la identificación y estabilización de regularidades empíricas en alguna clase particular de fenómenos.

En la figura 13 se pueden identificar algunas características de este tipo de experimentación, en las cuales las participantes del caso deben proponer los procedimientos que les permitan determinar si la levadura es un ser vivo o no. Después de la visualización y lectura del ECH: Pasteur y Pouchet, las participantes a través de la experimentación cualitativa y exploratoria, transforman sus ideas sobre los atributos de los SV. La actividad consistió en diseñar un experimento para determinar si la levadura era un ser vivo. Para ello, se proporcionaron levadura y materiales como azúcar, agua y leche. Los participantes debían desarrollar un procedimiento experimental que les permitiera confirmar o refutar sus hipótesis sobre la vida de la levadura. Al finalizar la intervención fue posible identificar características que no se mencionaban inicialmente como: condiciones, interacción y membrana. Denotando una visión más holística de la noción de ser vivo, no como atributos aislados, sino como una red de características

Figura 13. Actividad experimental: ¿La levadura es un ser vivo?

**Objetivo:** Analizar si la levadura es, o no un ser vivo

**Preguntas iniciales**

- ¿Qué forma tiene la levadura?  
fronlada
- ¿Es posible observar movimiento?  
No
- ¿Podríamos establecer que cumple con el ciclo de: nacer, reproducirse o morir, en su estado inicial?  
No
- ¿Es posible identificar que tiene una o varias células?  
No
- ¿Se relaciona con su medio?  
No

**Preguntas orientadoras**

Pasteur y Pouchet debían preparar las condiciones para que fuera posible observar vida en una probeta.

¿Qué condiciones podríamos disponer para identificar si la levadura es, o no un ser vivo?

En la mesa cada equipo dispone de:  
Levadura seca  
Agua  
Beaker  
Azúcar  
Agitador  
Fogón  
Helos

**Reto**

Proponer un procedimiento que permita comparar el comportamiento de la levadura en diferentes medios y condiciones.

**Analizar si la Levadura es un ser vivo.**  
Preguntas orientadoras:  
Pasteur y Pouchet debían preparar las condiciones para que fuera posible observar vida en la probeta.  
¿Qué condiciones podríamos disponer para identificar si la levadura es, o no, un ser vivo?

**Reto**  
Propón un procedimiento que permita comparar el comportamiento de la levadura en diferentes medios y condiciones.

La vida se genera si tiene las condiciones aptas para desarrollarse.

**¿Qué idea tenía el científico sobre el origen de la vida?**

**Introducción**  
Pasteur plantea mediante la experimentación la generación de la vida a partir de otra teniendo en cuenta las condiciones para que se de.

**Materiales**  
Levadura, Gradilla, Agua, Beaker, Tubo de ensayo, Termilla.

**Metodología**  
01. Observación  
02. Ensayo  
03. Discusión  
04. Generación de Cto.

**Resultados**  
Espuma en la mezcla H<sub>2</sub>O + azúcar + levadura.  
Precipitación de materiales.  
Burbujas generadas en H<sub>2</sub>O caliente.

**Conclusiones**  
La vida se genera si tiene las condiciones aptas para desarrollarse.

**Diseño de investigaciones y resultados experimentales**

Pasteur plantea mediante la experimentación la generación de la vida a partir de otra teniendo en cuenta las condiciones para ello.

Enfoque autoorganizativo

La siguiente UA es la transcripción de la grabación de la discusión que surge de la actividad experimental:

[...] Fragmento (GR3)

- Investigadora: Hoy vamos a hacer una actividad experimental, utilizando levadura. Pero para hacerla, vamos a leer de nuevo el fragmento histórico que vimos ayer (interrupción:

Fanny Hesse, esta hojita). El fragmento histórico es la discusión entre Pasteur y Pouchet, ¿cierto? ¿Quién le cuenta a Nathie de qué se trata la historia?

(Lectura del ECH).

- Investigadora: ¿Qué papel juega la experimentación en los trabajos de Pasteur y Pouchet?
- Elizabeth Bugie: Pues, es que la demostración es fundamental también en la ciencia para plantear o replantear una teoría. O para quitarla, o para ponerla, o para aumentarla. O sea, él [Científico Pasteur] lo que hizo fue verificar que lo que él estaba diciendo efectivamente se podía demostrar y que había que mirar todas las variables. Entonces eso es muy importante en la experimentación. Porque eso se transforma, cambia y probablemente si lo vuelven y lo hacen vuelve y cambia. Entonces es súper importante para la ciencia. ( GR3)

A traes de esta UA, la participante Elizabeth Bugie no sólo reconoce aspectos relativos a la NOS, sino que evidencia cómo se relacionan dialécticamente el saber disciplinar y el epistemológico. En particular, destaca aquellos asuntos relacionados con la naturaleza del conocimiento, destacando su provisionalidad y el papel que juega la experimentación en la comprensión de fenomenologías. Cuando menciona la importancia de la experimentación para “plantear o replantear una teoría”, establece relaciones dialécticas entre experimentación y teorización. A este respecto Romero, Aguilar y Mejía (2016) y Rodríguez y Romero (2023) mencionan que la experimentación cualitativa y exploratoria se configura en un recurso importante para la enseñanza de las ciencias, en particular para la formación docente. Su valor radica en que, a través suyo, es posible simular el trabajo realizado por los científicos, comprender fenomenologías a través de la manipulación de los instrumentos y contribuir al debilitamiento de una visión teoreticista sobre la ciencia.

En este mismo sentido, Steinle (2002) señala que la experimentación exploraría ha sido una parte fundamental de los procesos de formación de conceptos. Este tipo de experimentación está principalmente presente en las primeras fases del desarrollo de una ciencia y, a través de ella, se intenta restablecer el desequilibrio de la “carga teórica de la observación”, para dar lugar igualmente a una “carga experimental de la teoría”. En la medida

que esta clase de experimentación acontece cuando se está aún lejos de tener conceptos y principios teóricos adecuados y bien desarrollados, su finalidad principal es la identificación y estabilización de regularidades empíricas en alguna clase particular de fenómenos. Este ejercicio fue posible a través de la actividad anteriormente descrita.

Es precisamente este tipo de experimentación cualitativa y exploratoria la que se pone en evidencia en la controversia acaecida entre Pasteur y Pouchet, en la segunda mitad del siglo XIX, a propósito del origen de la vida. En particular, en este ECH se evidenció cómo a partir de la manipulación y exploración de formas diferentes de matraces, es posible hacer modificaciones a sus cuellos obteniendo algunos en forma de cisne, que fueron utilizados para desarrollar los experimentos diseñados. Esta disposición instrumental, que pareciera muy insignificante, evita que microorganismos puedan ingresar y contaminar la muestra, hecho que es un golpe contundente en contra de la perspectiva de la generación espontánea y se constituye en argumento a favor de la idea de Pasteur sobre que lo vivo solo puede provenir de lo vivo. Este tipo de discusión con los participantes del caso permitió evidenciar el papel que juega el instrumento (matraces) en la comprensión de las condiciones que Pasteur quería recrear.

Aunque en la EC no es posible recrear de forma fiel los experimentos realizados por cada uno de estos científicos (Emden & Gerwing, 2020), la recontextualización de este ECH posibilitó diseñar algunas experiencias que se constituyeron en un recurso para enseñar diferentes prácticas prototípicas del trabajo científico, al permitir identificar el rol de la experimentación en la comprensión de las características presentes en los SV y reflexionar sobre las condiciones que se podrían generar para evidenciarlas.

Se continua con la UA de la transcripción de la discusión que suscita la actividad experimental (GR3):

- Investigadora: Bueno, y mirando el cuestionario, ustedes pusieron características. Con base en ellas (Ver figura xxx) vamos a compararlas con la levadura.
- Investigadora: ¿La levadura tiene movimiento?

- Participantes: **Sí.** (Unísono)
- Investigadora: ¿En este momento, así como está?
- Alice Evans: **No.**
- Ruth E. Moore: **Así no.**
- Investigadora: Pero entonces, Fanny Hesse, para ti ¿tiene vida en este momento?
- Fanny Hesse: **No-no-no tiene. Para mí, no-no tiene.**
- Elizabeth Bugie: **Pero es que no todos los seres se mueven.**
- Elizabeth Bugie: Movimiento. O desplazamiento. Fue diferente. Movimiento, desplazamiento. Dos cosas diferentes. Por ejemplo, las plantas no se desplazan. Las plantas son seres vivos, pero no se desplazan. Movimiento sí, con los estímulos del sol. Los colares, no se desplazan (pausa) ni se mueven, y son seres vivos. ¿No es cierto?
- Ruth E. Moore: **No se desplazan.**
- Investigadora: Entonces, primera característica descartada. No todos los organismos vivos se desplazan o se mueven. Listo. Otra característica que puso Marjory Stephenson es: “Está formado de células”
- Elizabeth Bugie: Sí. Pues, podría. Pues, **también tenía células.**
- Investigadora: Otra característica que pusieron. Nace, crece, se reproduce y muere.
- Marjory Stephenson: No.
- Investigadora: Así en estas condiciones.
- Ruth E. Moore: **No todos los seres tienen ese ciclo. No todos los seres**
- Marjory Stephenson: **Este sí crece.**
- Elizabeth Bugie: O sea.
- Elizabeth Bugie: Este crece.
- Fanny Hesse: ¡Ah, Ah! (negación)
- Marjory Stephenson: **Este crece en contacto con el agua.**
- Alice Evans: **Depende de las condiciones.** (GR3)

Los términos que se resaltan en la discusión permiten identificar que los participantes modifican sus percepciones sobre algunas características señaladas en la actividad anterior. En particular, a través de esta actividad y de las discusiones que ella suscitó, fue posible identificar que: (i) el movimiento no es una característica propia de todos los SV, por tanto,

no corresponde a un atributo; (ii) los SV requieren de unas condiciones para su desarrollo; y (iii) los SV están conformados por células.

Para reafirmar estas premisas, se presenta a continuación una segunda UA, correspondiente a la transcripción del cierre de la actividad.

[...] Fragmento (GR4)

- Investigadora: Vamos a hacer el cierre. La pregunta con la que iniciamos: ¿La levadura es o no, un ser vivo? Fanny Hesse, tu habías dicho que la levadura no es un ser vivo.
- Fanny Hesse: sí es un ser vivo, porque tiene todas las condiciones. Nace, crece, se reproduce y muere.

Si bien, como se mencionó anteriormente, la limitación de la definición exclusiva del ser vivo en su ontogenia persiste en la participante, esto podría deberse a que la transformación de estas ideas se arraiga a través del tiempo y su transitar por la intervención no son suficientes para transformar completamente sus percepciones. Sin embargo, las discusiones suscitadas a través de una experimentación de tipo cualitativo exploratorio posibilitaron la incorporación de nuevos conceptos que inicialmente no se mencionaban. Esta situación se constituye en un elemento valioso porque, como se mencionó en la descripción del caso (Capítulo IV), las y el participante son profesores en ejercicio que enseñan ciencias naturales, pero no tienen la formación en el campo disciplinar.

Dentro del CPP, los saberes disciplinar, epistemológico y didáctico deben estar en conjunción. Sin embargo, como se ha expresado anteriormente, es factible afirmar que los ECH vinculados a la experimentación se convierten en un recurso valioso para el mejoramiento y cualificación en el saber disciplinar. Dada las particularidades de este caso, la discusión sobre el saber disciplinar en torno a las características de los SV, posibilitó abordar saberes relacionados con la didáctica específica, tales como los elementos contextuales y la relación entre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales en BP; asimismo, contribuyó discutir asuntos epistemológicos sobre la ciencia.

Continuación con la UA del fragmento (GR4):

- Investigadora: Hallazgos importantes.
- Marjory Stephenson: La levadura con la leche no se mezcla. No tuvo ningún efecto. Ni con leche fría y ni caliente.
- Ruth E. Moore: el azúcar podría ser la fuente de alimento, pero la leche no.
- Alice Evans: Otro hallazgo es que el agua debía estar fría.
- Investigadora: ¿Por qué?
- Alice Evans: Con el agua fría se podría ver la espumita, uno veía como la vida ahí, como lo-o-o... en cambio, con la caliente, inhibe el crecimiento y el desarrollo de la levadura.
- Ruth E. Moore: Comprobamos lo que decía Pasteur que, al calentar un microorganismo a altas temperaturas, lo mata.
- Alice Evans: necesitamos azúcar que le da la energía. La luz también influye. Creo que eso influye, de hecho, por eso cuando uno hace pan y le hecha la levadura, debe tapar la masa y esperar. También creo que la temperatura, por eso en algunos alimentos dice conservar en un lugar fresco.

Como es propio de la experimentación cualitativa y exploratoria, la modificación de variables permite la comprensión de fenómenos (Steinle, 2002; Ferreirós y Ordóñez, 2002). Es a través de la modificación de lo que se pone en contacto con la levadura que es posible observar algunos cambios y extraer conclusiones. Cuando se añade azúcar a la levadura, ocurre la fermentación; la fermentación, al ser un proceso metabólico anaeróbico requiere del azúcar como fuente de energía para producir alcohol etílico (etanol) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), además de otros subproductos. Por el contrario, las participantes identifican que al poner la levadura en contacto con la leche no se produce ningún cambio observable; esto se debe a que la levadura no se fermenta (o “crece”, como expresan las participantes) con la leche debido a la falta de un sustrato adecuado para su metabolismo y crecimiento. La levadura requiere de azúcares fermentables, como la glucosa (provenientes de la azúcar que disponían en la actividad), para poder llevar a cabo su proceso metabólico. La leche, aunque contiene ciertos azúcares como la lactosa, no proporciona las condiciones adecuadas para el

crecimiento de la levadura; así, la levadura no es capaz de utilizar la lactosa de la misma manera que utiliza otros azúcares fermentables como la glucosa. Además, la leche es un medio rico en proteínas y grasas, pero la levadura no puede obtener la energía necesaria para su crecimiento a partir de estos componentes.

Estas conclusiones a las que se llega permiten identificar a los SV desde un enfoque auto-organizativo. Diéguez (2012) menciona que, desde este enfoque, se definen los SV a partir de la capacidad de realizar procesos metabólicos. Maturana y Varela (2004) hacen parte de este enfoque y ven el metabolismo como algo esencial a la vida. Dicho enfoque será posteriormente incluido en el énfasis equilibrado donde se sostiene que un ser vivo es cualquier sistema autónomo (y por tal se entiende un sistema lejos de la entropía) que se mantiene y constituye a sí mismo mediante el acoplamiento de procesos endergónicos (que consumen energía) y exergónicos (que libera energía). La fermentación es de estos últimos.

Aunque en esta UA, los participantes del caso no utilizan las expresiones "metabolismo" o "fermentación" en su sentido estricto, sí se establecen asociaciones con las condiciones mínimas que requiere un SV. Afirmaciones como "el azúcar podría ser la fuente de alimento" o "necesitamos azúcar que le da energía" permiten identificar cómo se reconoce la "alimentación" como un atributo esencial para la vida. Además, es posible identificar otro elemento relevante desde este enfoque, asociado a una de sus limitaciones: ningún organismo es completamente autónomo; para mantener un equilibrio, requiere un medio idóneo o la interacción con otros organismos que proporcionen las condiciones metabólicas necesarias.

Pasando al ECH *Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo*, se utiliza el ejercicio de recontextualización para continuar discutiendo sobre ambos enfoques, presentándose con mayor fuerza el informacional.

Posterior a la observación de algunos segmentos del documental *Pasteur y Koch, medicina y revolución*, (Documentales TC, 21 de enero de 2021), se seleccionaron los fragmentos asociados al medio como condición de la vida, el papel de los instrumentos para modificar las escalas (micro-macro), el papel de las comunidades científicas y el contexto

social y cultural. A partir de este material, se propuso una actividad experimental denominada “recreando los cultivos de Koch”, donde los participantes del caso debían realizar el cultivo de microorganismos. Para ello, se les proporcionó diferentes recursos para cultivar microorganismos, realizando un ejercicio de simulación de los procedimientos de sofisticación sobre los cultivos microbianos realizados por Robert Koch, Fanny Hesse y Richard Petri.

**Figura 14.** ECH: Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo



*Objetivo: Diseñar un procedimiento experimental que permita identificar algunas de las características de un SV a través de un cultivo de bacterias.*

*¿Qué características de los SV podremos observar en la actividad experimental?  
-Reproducción y alimentación.*

**Ciencia escolar**

*¿Qué procedimientos utiliza Pasteur y Koch?  
¿Qué papel juega la comunidad científica en el reconocimiento de los trabajos de cada científico?  
¿Qué similitudes identificamos entre el trabajo realizado por los científicos y el nuestro?  
¿Cómo podríamos vincular la actividad para la enseñanza de la BP?  
¿Qué características de los SV podríamos identificar?*

La siguiente UA se extrae de la transcripción de la discusión que suscita la actividad experimental sobre el cultivo de microorganismos. La guía de preguntas que orientó la discusión se encuentra en la figura 14.

[...] Fragmento (GR5)

- Investigadora: ¿Qué creen que van a ver?

- Marjory Stephenson: ¡Muchas bacterias!
- Alice Evans: En una más que en la otra.
- Ruth E. Moore: o sí creo que hay, colonias.
- Elizabeth Bugie: No creo que no hay nada. Pues que no se ve una. No se ve nada.
- Koch: **Pasteur decía que lo vivo, proviene de lo vivo y ¿Qué viene siendo lo vivo?**
- Alice Evans: ¡sí! ...**Pues lo que cogió de la mano.** Lo que... (señala la muestra)
- Fanny Hesse: Yo cogí de la poceta.

Con esta UA se puede identificar que la discusión se centró en el enfoque informacional. Esto se evidencia en expresiones como: 'Pasteur decía que lo vivo proviene de lo vivo. ¿Y qué significa lo vivo? ¡Exactamente! ... Pues lo que se tomó de la mano'. Es decir, se afirma que las colonias se formaron a partir de los microorganismos que posiblemente estaban en la poceta, y no a partir de una generación espontánea. Si bien desde esta perspectiva, se utilizan dos conceptos claves: replicación y reproducción, los participantes no los utilizan para explicar los resultados obtenidos en la actividad experimental; sin embargo, sí existe el reconocimiento de que las colonias se forman por la inoculación de un posible microorganismo presente en la poceta o en las manos.

Para dar mayor fuerza a lo que se viene discutiendo, se presentan a continuación algunas de las preguntas realizadas en la entrevista a las participantes del caso y sus respuestas. Ante la pregunta ¿qué características de los SV se podrían identificar en la actividad experimental sobre el cultivo de microorganismos?, las participantes respondieron:

[...] Membrana, reproducción, alimentación y **relación**. Simplemente coger una muestra, aislarla y luego comparar en su punto original (PE4-Fanny Hesse) y [...] entre las características que encuentro **es que se forman colonias**, e-e-e cambio de color en algunas de sustancias, las temperaturas altas desaparecerán esas bacterias (E-Fanny Hesse).

[...] las características de lo vivo que... pues se identifican en esas prácticas de laboratorio, el crecimiento, el desarrollo, la reproducción, ¡**LA RELACIÓN que se**

**da con el medio y el entorno** de todos los materiales y los seres vivos y la organización que se da con ellos! (E-Alice Evans).

[...] Creo yo que la característica que más se puede evidenciar en el laboratorio que hicimos es el de reproducción y crecimiento, **pero también la relación con otros organismos**. (C1-E-Ruth E. Moore).

[...] También me parece muy importante con la experiencia que vimos en el laboratorio mirar cuáles son las condiciones para que un ser vivo pueda, en ese caso, alimentarse, reproducirse (cierto) como lo veíamos con la gelatina, perdón con el agar, cuando tenía el caldo Knorr; entonces es fundamental mirar en qué condiciones nosotros podemos mirar también **cómo se prolifera la vida**. (C1-E-Elizabeth Bugie)

En las anteriores UA se logra destacar que la utilización de expresiones como: “relación”, “formación de colonias” y “proliferación de la vida” ponen en evidencia la apropiación conceptual alcanzada por los participantes, y que en sus primeras intervenciones era escasa. Al interior de esta dimensión conceptual, también se destacan elementos asociados a la didáctica específica, ya que esta dimensión implica no solo dominar el contenido científico, sino también comprender su estructura y las particularidades propias de la disciplina.

El trabajo alrededor del ECH *Pasteur y Koch*, al igual que en el ejemplo anterior, posibilitó establecer nexos con la experimentación de tipo cualitativa y exploratoria. A través de la elaboración del agar-agar y la recreación de los medios de cultivo propuestos por Koch fue posible que los participantes del caso reconocieran elementos importantes en esta investigación, tales como: (i) el reconocimiento de la relación equilibrada entre la teoría y la práctica como diada fundamental en la construcción de conocimiento; (ii) el reconocimiento de la actividad científica como un ejercicio social que se construye en la relación con los otros, el conocimiento y su validación no es un ejercicio desde la individualidad; y (iii) en la enseñanza de la BP se pueden recrear ejercicios similares a la ciencia, en pro de en un tipo de ciencia escolar.

Para finalizar, se puede afirmar la confirmación de algunos supuestos que la autora logró identificar en el marco conceptual. A través de los dos ECH discutidos, se constatan asociaciones conceptuales que posibilitaron abordar y cualificar el saber disciplinar y el saber epistemológico de los participantes del caso. Desde el enfoque autoorganizativo, el metabolismo se destaca como una característica indispensable para la vida: la vida es posible siempre que existan estructuras que se mantengan metabólicamente activas. Esta particularidad requiere de un medio; para el caso concreto, a través de la identificación de la levadura como un SV y la utilización de diferentes mezclas (levadura-azúcar y levadura-leche) fue posible observar procesos metabólicos. Por su parte, la elaboración de medios de cultivo sólidos posibilitó observar cómo los microorganismos realizaban diversas reacciones metabólicas que les permitieron utilizar los nutrientes del medio para obtener energía.

Desde el enfoque informacional, también se discutió cómo el refinamiento de los medios de cultivo, logrado mediante el trabajo colaborativo de Fanny Hesse, Petri y Koch, constituyó un avance significativo en la ciencia. Este refinamiento permitió el aislamiento, la identificación y la caracterización de microorganismos en un entorno estable. La reproducción es un aspecto fundamental desde este enfoque y una característica esencial de los SV. Como se afirma en el trabajo de Hickman, Robert y Larson (2000), “la vida no surge espontáneamente, sino que sólo puede proceder de vida anterior a través de un proceso de reproducción” (p.6). Este proceso puede observarse en los cultivos realizados.

Tal y como se realizó al inicio de este apartado, la nube de palabras permitió presentar una idea inicial de los atributos que el caso le otorga a los SV. Este mismo ejercicio se realizó al finalizar la intervención (Figura 15).

**Figura 15.** Comparación nube de palabras fase diagnóstica y fase de estructuración y plan de trabajo.



Como se indica en la Figura 15, existe un cambio significativo en la frecuencia de algunas palabras. En la Tabla 19 se representa la disminución, aumento, aparición y desaparición de algunas de ellas.

**Tabla 19.** Selección de palabras relevantes en término de su frecuencia.

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Palabras que Disminuyen</b>  | Alimentación, muere(n).                                     |
| <b>Palabras que desaparecen</b> | Ciclo, movimiento, respira, nacen, células.                 |
| <b>Palabras que aumentan</b>    | Reproducción, vida.   |
| <b>Palabras nuevas</b>          | Membrana, ecosistema, beneficio, condiciones, azúcar, medio |

Las palabras que disminuyeron fueron: *alimentación* y *mueren*. Esto podría deberse a que, al realizar la actividad sobre conflicto cognitivo, se discutió el caso de los organismos criptobióticos. Estos organismos disminuyen drásticamente su metabolismo, lo que reduce sus necesidades energéticas y les permite sobrevivir con recursos mínimos, situación que se logra a través de una serie de mecanismos bioquímicos y fisiológicos que protegen las células y tejidos del daño causado por las condiciones adversas. Esta característica les permite

permanecer en estado de latencia por mucho tiempo. Este ejemplo influyó probablemente en la disminución en la frecuencia de la palabra *morir*.

Dentro de las palabras que desaparecen se destacan dos: *ciclo* y *movimiento*. Ambas, como se mencionó anteriormente, corresponden a conceptos poco precisos para definir los SV, en la medida que revisten elementos que limitan su definición. Si bien, la palabra *célula* sí hace parte de una característica aceptada por la biología para definir los SV, como se indicó, podría estar asociada a la aparición de la palabra *membrana*.

Los términos *reproducción* y *vida* experimentan un incremento notable. Este fenómeno podría vincularse con la conversación desarrollada en el ECH acerca de *Pasteur* y *Pouchet*, donde se argumenta que "lo vivo solo proviene de lo vivo", lo cual podría relacionarse con el enfoque informacional. Además, durante la actividad experimental sobre el cultivo de microorganismos, se abordó el tema de la formación de colonias a partir de los microorganismos extraídos del entorno.

Complementariamente, se resalta la aparición de palabras como: *membrana*, *ecosistema*, *beneficio*, *condiciones*, *azúcar*, *medio*. La palabra *membrana* está asociado a las características del enfoque equilibrado, a través del cual se define a los SV como aquellos que poseen un límite activo semi-permeable (membrana), un aparato de transducción/conversión de energía y dos macromoléculas.

Aunque el ejercicio presentado no permite identificar la definición de este enfoque de forma extensa, si es posible hacer algunas asociaciones, dentro de las cuales se resalta la importancia de la interacción con el medio desde el enfoque ecologista, donde se visualizan palabras como: *ecosistema*, *beneficio*, *condiciones* y *medio*.

Para hacer énfasis en este último asunto, se retoma la siguiente UA, donde las participantes del caso en la entrevista destacan algunos elementos como:

[...] también me parece muy importante con la experiencia que vimos en el laboratorio mirar cuáles son las **condiciones para que un ser vivo pueda, en ese caso, alimentarse reproducirse**, (cierto) como lo veíamos con la gelatina, perdón con el agar, cuando tenía el caldo Knorr, entonces es fundamental mirar en qué condiciones, nosotros podemos mirar también como se prolifera la vida. (E-Elizabeth Bugie)

[...] las características de lo vivo que...pues se identifican en esas prácticas de laboratorio, el crecimiento, el desarrollo, la reproducción, **¡la relación que se da con el medio y el entorno de todos los materiales y los seres vivos y la organización que se da con ellos!** (E-Alice Evans).

Otra UA que permite identificar las implicaciones que derivan de las reflexiones metacientíficas para la comprensión de lo vivo, fue en la actividad del TI: estructuración y plan de acción, donde las participantes del caso al discutir sobre la necesidad de reestructurar su proyecto (Doc1) a la luz de todo lo siguiente:

[...] Fragmento (GR6)

- Alice Evans: Muy rico conocer el ciclo o el continuo, pero también vamos a ver que (pausa)... ellos ya tienen eso muy interiorizado.
- Elizabeth Bugie: Uno habla más de las mariposas porque son la más bonitas, pero también hay moscas, cucarrones...Alrededor de las mariposas... (pues) el ecosistema alrededor de las mariposas. Para mirar los seres vivos. Seguimos siendo Metanoia, pero con otro énfasis.
- Alice Evans: el ecosistema, pero con plantas que sí atraigan todos. Es que nosotros tenemos mucho lugar donde podemos hacer estos.
- Elizabeth Bugie: esto mismo alrededor de las jardineras.
- Alice Evans: por los salones de nosotros.
- Ruth E. Moore: Con esas flores que son vivas que más llaman
- Alice Evans: Atraer la zarigüeya.
- Ruth E. Moore: Un bebedero porque no solamente se va a beneficiar uno, si no otros.
- Elizabeth Bugie: El beneficio ecosistémico... para las zarigüeyas

- Alice Evans: El respeto de los niños, por los insectos y otros seres que van a llegar.
- Ruth E. Moore: A mí me gusta mucho la idea de que las grandes cuidan a las más pequeñas (haciendo alusión a las plantas hospederas y nutricias). Y que el uno se beneficia del otro. ¡Así es la vida!
- Alice Evans: sí, Así es la vida. Yo me beneficio de otro, ella de mí, y de allá. Todos nos vamos en cadena y mire la naturaleza es igual.

Si bien en la literatura referenciada para este análisis se define, desde el enfoque equilibrado, que “un ser vivo es cualquier sistema autónomo (y por tal entienden un sistema lejos de la entropía) que se mantiene y constituye a si mismo mediante el acoplamiento de procesos endergónicos (consumen energía) y exergónicos (libera energía), con capacidad para una evolución abierta” (Diéguez 2012), y el caso no llega a la definición concreta, sí se retomaron algunos elementos relevantes, tales como:

- Se reconocen los procesos de metabolismos, a través de la fermentación de la levadura trabajada en el marco de la discusión del ECH sobre *Pasteur y Pouchet*.
- Se identifica la membrana celular al realizar los cultivos de microorganismos y su observación a través del microscopio.
- El concepto de evolución abierta se abordó a través de los organismos eusociales, donde se discutió sobre la imposibilidad de reproducción de algunos individuos, pero el mantenimiento y evolución de la población a través de algunos individuos de las comunidades.

Descrito lo anterior, es importante mencionar que, si bien el análisis se centró en el componente disciplinar, se evidenció una estrecha relación de este con el componente epistemológico. Es así como, debatir elementos disciplinares en torno a las concepciones sobre los SV, se configuró en un campo fértil para discutir aspectos epistemológicos y socio-epistemológicos del conocimiento científico y, consecuentemente, se constituye en un importante recurso para la formación de profesores de ciencias de Básica Primaria en NOS. Para realizar un ejercicio más cercano con los profesores que carecen de una formación disciplinar las ciencias naturales, los ECH se configuraron en una alternativa para identificar

posibles rutas de trabajo con una visión más holística sobre ¿qué es la ciencia?, ¿cómo se elabora?, ¿qué diferencias tiene con otras formas de conocimiento?, ¿qué valores se sustentan en la ciencia en un determinado contexto?

A este respecto, autores como Adúriz-Bravo (2005) expresan que la HC provee lo que se denomina una "contextualización" para las concepciones epistemológicas. Así, la epistemología necesita aplicarse a contenidos científicos, y la narración de la ciencia es una fuente inagotable de ejemplos paradigmáticos de creación de contenidos con diversos niveles de complejidad. Por último, la sociología de la ciencia contribuye con una clara advertencia en contra el dogmatismo y el cientificismo de las visiones tradicionales sobre la ciencia.

Una UA que permite evidenciar estos aspectos, fue la respuesta obtenida de la participante Ruth E. Moore, en el marco de la actividad experimental 1 concerniente a si la levadura es o no un ser vivo. Así, cuando se le pregunta sobre la actividad experimental que realizó Pasteur y Pouchet, ella indica que: “La utilización de instrumentos y medios de cultivo sirvieron como medio de conocimiento” (PE4- Ruth E. Moore). Asimismo, menciona:

[...] Las similitudes entre los trabajos de los científicos y los trabajos que realizamos en el laboratorio las y los docentes. e-e-e tienen similitudes ... en que utilizamos este envase (el Petri) ... pues para mejorar nuestros cultivos, usamos la gelatina. Lo hicimos en diferentes medios, e-e-e en estos mismos medios evidenciaron los científicos que unos pueden ser más alterados por diferentes cultivos de microorganismos que otros. O sea que es muy importante el medio en el que se genere una investigación de microbiología. El laboratorio es un espacio donde se puede resignificar el conocimiento, en este caso en el área de ciencias naturales, e-e-e como docente considero que todos los espacios que puedan ... llevar los estudiantes, los chicos a tener observación, análisis e interpretación, son espacios que se deben vivir en el aula, pues, en el colegio, esto ambientado con las historias de los científicos. (E-Ruth E. Moore)

Las anteriores UA evidencian el reconocimiento de algunos procedimientos de la actividad científica, permitiendo así la comprensión de la estructura y las particularidades propias de la disciplina.

Pasando ahora al componente didáctico, conviene subrayar que las limitaciones que presentaban los participantes del caso en la fase diagnóstica del TI, tanto respecto a la significación sobre los SV como en relación a los aspectos asociados a la NOS, tenían una estrecha correspondencia con los contenidos que seleccionaban para su enseñanza. Es así como, al analizar los registros obtenidos en el Doc1 en una de sus primeras versiones, fue posible identificar que los énfasis que se realizan a nivel conceptual estaban focalizados en describir los procesos ontogénicos de algunos individuos. Consecuentemente, el ejercicio de enseñanza se focalizaba en presentar las características de los SV a través de lo que el caso denomina “ciclos de vida”, limitándose a presentar los mal llamados ciclo de vida de las mariposas y las plantas, que más bien deberían ser trabajados como una ontogenia cíclica, donde es posible observar algunas fases por las que pasan las unidades biológicas que se quieren estudiar. Respecto a este último aspecto, es relevante mencionar que las mariposas presentan una ontogenia diferente a las plantas y, asimismo, los insectos tienen “ciclos de vida complejos”: embrión, larva, metamorfosis, juvenil y adulto (Ibañez, 2000, citando a Istock, 1976. En la Tabla 20 se pueden identificar algunos de los contenidos organizados por los participantes de acuerdo con los grados que orientan.

**Tabla 20.** Elementos conceptuales asociados a los SV trabajados en el Doc1: Proyecto Metanoia: Transformo, cuido y convivo.

| <b>Grado</b> | <b>Contenido conceptual</b>  |
|--------------|--|
| Primero      | Seres vivos<br>Ciclo vital de las mariposas (Figura 1)   |
| Segundo      | Seres vivos<br>Las plantas y sus partes<br>Ciclo del crecimiento de una planta   |
| Tercero      | Relación de los seres vivos con su hábitat   |
| Cuarto       | Nivel de organización de los seres vivos<br>Funciones vitales de los seres vivos: Función de relación y reproducción<br>Necesidades de Energía y nutrientes de los seres vivos |



- En la imagen 17a se observan los estudiantes del grado segundo realizando siembra de semillas de plantas nutricias y hospederas.
- La imagen 17b presenta estudiantes de diferentes grados haciendo siembra de plántulas nutricias y hospederas.
- La imagen 17c presenta una de las docentes mostrándoles a los estudiantes la interacción entre la planta hospedera y los huevos de la mariposa chocolate.

A partir del trabajo realizado en la fase de estructura y plan de trabajo del TI, se organizó el proyecto siguiendo como guía el esquema presentado en la Tabla 21. Allí se evidencian los énfasis otorgados al proyecto y las relaciones que los participantes establecen entre su área de formación y otras áreas del conocimiento. Esta organización curricular resalta la multidisciplinariedad, potenciando lo que Izquierdo et al. (2016) denominan la creación de *islotos de racionalidad*, entendidos como el ejercicio en el que “las disciplinas se ponen de acuerdo en contenidos y procesos para generar mejores aprendizajes contextualizados educativamente” (p. 43). Desde este lente, la HC, y en particular los ECH, se constituyó en un recurso valioso para tal fin.

En particular, los contenidos se organizan por grupos de grados, atendiendo a la forma en la que los Estándares Básicos de Competencias para Ciencias Naturales, Lengua Castellana, Matemáticas y Sociales los tienen agrupados. Asimismo, se describen los elementos epistémicos asociados a los contenidos propios de cada disciplina, en los que es posible encontrar puntos de convergencia desde las especificidades de cada área.

Los elementos denominados como epistémicos se vinculan con los elementos conceptuales descritos en las normas técnicas curriculares para Colombia, que se ponen en diálogo con dos elementos propios de esta investigación: la naturaleza de los procedimientos, a través de la experimentación de tipo cualitativa y exploratoria, y la naturaleza del conocimiento, a través del reconocimiento de la provisionalidad de las teorías. Por su parte, los elementos socio-epistemológicos están vinculados al contexto histórico, social y cultural,

así como también al reconocimiento del trabajo colaborativo para la construcción del conocimiento.

Los elementos que constituyen la reestructuración del proyecto se encuentran inspirados en la propuesta de García-Carmona (2020), y adaptados por la investigadora a los contextos de educación básica primaria de Colombia. A través del ejercicio que se presenta a continuación es posible identificar los siguientes indicios propuestos para esta categoría:

- Se identifica un componente disciplinar, anclado en un enfoque equilibrado de las características de los SV, pero apoyado desde otras disciplinas, delimitando así claramente un contenido disciplinar de estudio.
- Se identifica la génesis de un fenómeno biológico, en particular se ejemplifica sobre el papel de Leeuwenhoek y el microscopio.
- Se reconoce el valor de una didáctica específica para la enseñanza de fenómenos biológicos, a través de la experimentación de tipo cualitativa y exploratoria.
- Se explicita un componente didáctico, en el que se identifica un ECH que permite desarrollar prácticas de aula contextualizadas y adaptadas a diferentes niveles educativos; existe un enlace entre los ECH con las normas técnicas curriculares (estándares por competencias).
- Se evidencia el componente metacientífico al reconocer la importancia de incorporar reflexiones sobre la naturaleza del conocimiento y sus procedimientos, valorando el papel que juegan las comunidades científicas y la influencia del contexto histórico, social y cultural en la construcción del conocimiento.

**Tabla 21.** Reestructuración del proyecto: metanoia: transformo, cuido y convivo

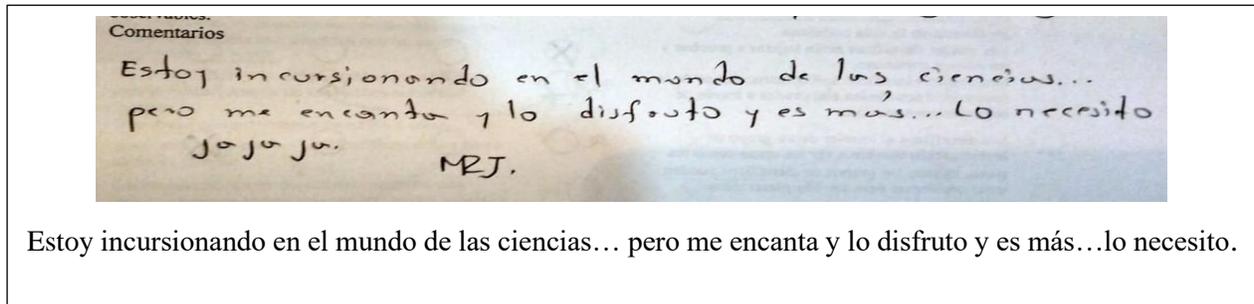
| PROYECTO METANOIA: TRANSFORMO, CUIDO Y CONVIVO  |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| <b>Grupo de grados</b>  |  | Cuarto y quinto  |  |   |
| <b>Elementos epistémicos sobre la ciencia</b>   |  |  |  |   |
| Naturaleza del conocimiento científico  |  | Provisionalidad de las teorías científicas   |  |   |
| Naturaleza de los procedimientos de la ciencia  |  | El papel de la experimentación   |  |   |
| <b>Elementos socio-epistemológicos sobre la ciencia</b>   |  |  |  |   |
| Factores internos a las ciencias  |  | El papel de las comunidades científicas  |  |   |
| Factores externos a las ciencias  |  | Contexto histórico, social y cultural  |  |   |
| <b>Dinámicas de la ciencia escolar asociadas a lo epistemológico</b>  |  |  |  |   |
| Ejercicios de introducción y preámbulo asociado a ECH: Leeuwenhoek y el microscopio   |  |  |  |   |
| Área de trabajo   | Ciencias Naturales   | Lengua Castellana  | Matemáticas  | Ciencias Sociales   |
| <b>Elementos curriculares</b>   | Entorno vivo   | Producción textual   | Pensamiento y sistemas numéricos   | Me aproximo al conocimiento como científico(a) social   |
|   | Los seres vivos presentan un límite activo.<br>Analizo el ecosistema que me rodea y lo comparo con otros.  | Produzco textos escritos que responden a diversas necesidades comunicativas y que siguen un procedimiento estratégico para su elaboración.   | Interpreto las fracciones en diferentes contextos: situaciones de medición, relaciones parte todo, cociente, razones y proporciones.   | Utilizo diversas formas de expresión (exposición oral, dibujos, carteleros, textos cortos) para comunicar los resultados de mi investigación. |
| Ejercicio transversal   |  |  |  |   |
| <b>Actividades</b>  | Construcción de microscopios, a través de la experimentación cualitativa y exploratoria.   | Elaboración de textos narrativos, expositivos y argumentativos.<br>Narrativo: Contar la historia de Leeuwenhoek.<br>Expositivo: Construcción de texto sobre hallazgos.<br>Argumentativo: Construcción de texto para persuadir o convencer. | Elaboración de escalas de medida.<br>Relación micro-macro: selección de las dimensiones adecuadas para las lentes y los componentes ópticos.<br>Elaboración de fracciones para calcular la relación entre el tamaño de la muestra y la distancia entre las lentes. | Elaboración de pieza gráfica (anuncios, carteles, folletos, logotipos, banners web, entre otros) para exponer los hallazgos.                  |
| <b>Dinámicas de la ciencia escolar asociadas a lo socio-epistemológicos</b>   |  |  |  |   |
| Simular el trabajo realizado por los científicos y científicas. Elaborar estándares de cooperación y colaboración intra e inter-equipos para participar en indagaciones científicas. Intercambiar ideas y planteamientos de indagación. Organizar y repartir las distintas tareas de planificación y ejecución de una indagación científica escolar, asignando roles a los diferentes miembros del equipo de trabajo. (García-Carmona, 2021). |  |  |  |   |
| <b>Evaluación</b>   | La evaluación formativa que se lleva a cabo durante el proceso educativo tiene como objetivo fortalecer y orientar el aprendizaje del estudiante. Se encuentra estrechamente ligada a los conceptos de retroalimentación y regulación. Se basa en un constante ciclo de retroalimentación que conduce a la toma de decisiones para ajustar el proceso de aprendizaje del estudiante. En otras palabras, implica identificar las deficiencias en el desempeño del estudiante a medida que ocurren, en lugar de esperar hasta el final del proceso. Como exploraremos más adelante, los nuevos enfoques en evaluación enfatizan la importancia de los procesos de formación. Para ello, el ejercicio es constante, utilizando diferentes estrategias que permitan identificar las habilidades diversas que tienen los estudiantes. Así mismo, se tiene en cuenta la auto, co y heteroevaluación. |  |  |   |

Continuando con la discusión sobre el componente didáctico, al cual se han asociado los indicios: Recontextualiza los ECH para desarrollar prácticas de aula pertinentes y adaptadas a diferentes niveles educativos, y establece enlaces entre los ECH con las normas técnicas curriculares, se retoma una anotación de la BC realizada por la investigadora, donde describe una situación identificada con la participante Alice Evans al finalizar el laboratorio de cultivos de microorganismos y al hacer el cierre de la actividad (ver imagen 1). De acuerdo con la UA, la participante reconoce sus limitaciones sobre el manejo disciplinar; sin embargo, reconoce igualmente su interés por aprender. Pasados unos días del desarrollo de la actividad y tratando de relacionar lo discutido con los temas de la malla curricular de la Institución para el grupo de grados cuarto-quinto, en lo relacionado con el entorno vivo en los "Niveles de organización de los SV", la participante recurrió a un video sobre la invención del microscopio, denominado *Al Ver Lo Invisible: Leeuwenhoek y el descubrimiento de un mundo microscópico* (biointeractivo, 21 de octubre de 2014), enlazado con los niveles de organización de los SV: célula, tejido, órgano, sistema y organismo.

Así, la participante consideró útil presentar a sus estudiantes cómo se había inventado el microscopio y discutir sobre las células, "si no se ven a simple vista". Como su formación es en Lengua Castellana, después de ver el video, les pide a los estudiantes realizar las siguientes actividades: (i) Elaborar una historieta donde se narre de forma sintética cómo Leeuwenhoek observa este "animáculos" con su nuevo instrumento; (ii) Elaborar una carta (tipo formal) solicitando a la Real Sociedad permitir el ingreso a Leeuwenhoek a su comunidad científica; y (iii) Dibujar un científico(a) describiendo algunas cualidades que debe tener para desarrollar su labor.

Finalmente, la participante desarrolló una actividad de laboratorio con sus estudiantes, centralizada en la construcción de un microscopio casero (BC2). En la figura 18 se muestra, a través de registro fotográfico, el proceso realizado por la participante.

**Figura 18.** Transcripción de anotaciones de participante en cuestionario tipo Likert.



Estoy incursionando en el mundo de las ciencias... pero me encanta y lo disfruto y es más... lo necesito.

mismo hecho desde dos perspectivas diferentes. En efecto, cuando diversas disciplinas convergen para analizar una situación didáctica específica, se abre un espacio de enriquecimiento multidisciplinario que potencia la comprensión y el abordaje integral del tema en cuestión. En tal sentido, este enfoque interdisciplinario permite explorar la situación desde múltiples perspectivas, combinando conocimientos, métodos y herramientas provenientes de diferentes campos del saber. Al integrar diversas disciplinas, Lengua Castellana y Ciencias Naturales para este caso específico, se pueden identificar y comprender mejor los diversos factores que influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto facilita la generación de estrategias más efectivas y adaptadas a las necesidades específicas de los estudiantes, así como el desarrollo de soluciones creativas y contextualmente relevantes. La intersección de diversas disciplinas no solo enriquece el análisis de la situación didáctica, sino que también promueve una visión más holística y enriquecedora de cómo se puede construir el conocimiento científico escolar.

Para realizar la primera actividad, *Elaboración de una historieta donde se narre de forma sintética cómo Leeuwenhoek observa “animálculos” con su nuevo instrumento*, la participante Alice Evans explicó a sus estudiantes las características del texto narrativo y la importancia de combinar imágenes y texto para contar la historia de la invención del microscopio. La participante, al momento de dar las orientaciones de la actividad (BC3), explicita que este tipo de textos se caracterizan por presentar viñetas o cuadros que contienen ilustraciones acompañadas de diálogos, narraciones o comentarios escritos. Este formato permitió narrar las historias de manera visual y atractiva, utilizando tanto la imagen como el texto para transmitir la trama, los personajes y los diálogos. A través suyo, fue posible:

- Presentar una historia de tipo sociocultural
- Reconocer la importancia de los instrumentos para la construcción de conocimiento
- Establecer enlaces con diferentes áreas del conocimiento
- Reconocer elementos asociados a la vida microscópica
- Identificar elementos socio-epistemológicos como factores internos a las dinámicas científicas.

La siguiente transcripción de las actividades realizadas por la participante ilustrar lo descrito.

**Figura 19.** Historieta. Recontextualización de ECH sobre invención del microscopio. Alice Evans

*En el siglo XVII había un vendedor que tenía 15 años y vendía telas y se llamaba Antoni Van Leeuwenhoek*

*Mientras los científicos investigaban Leeuwenhoek creaba burbujas de vidrio.*

*Y Leeuwenhoek empezó a usar materiales. Y trató de entrar a un salón científico.*

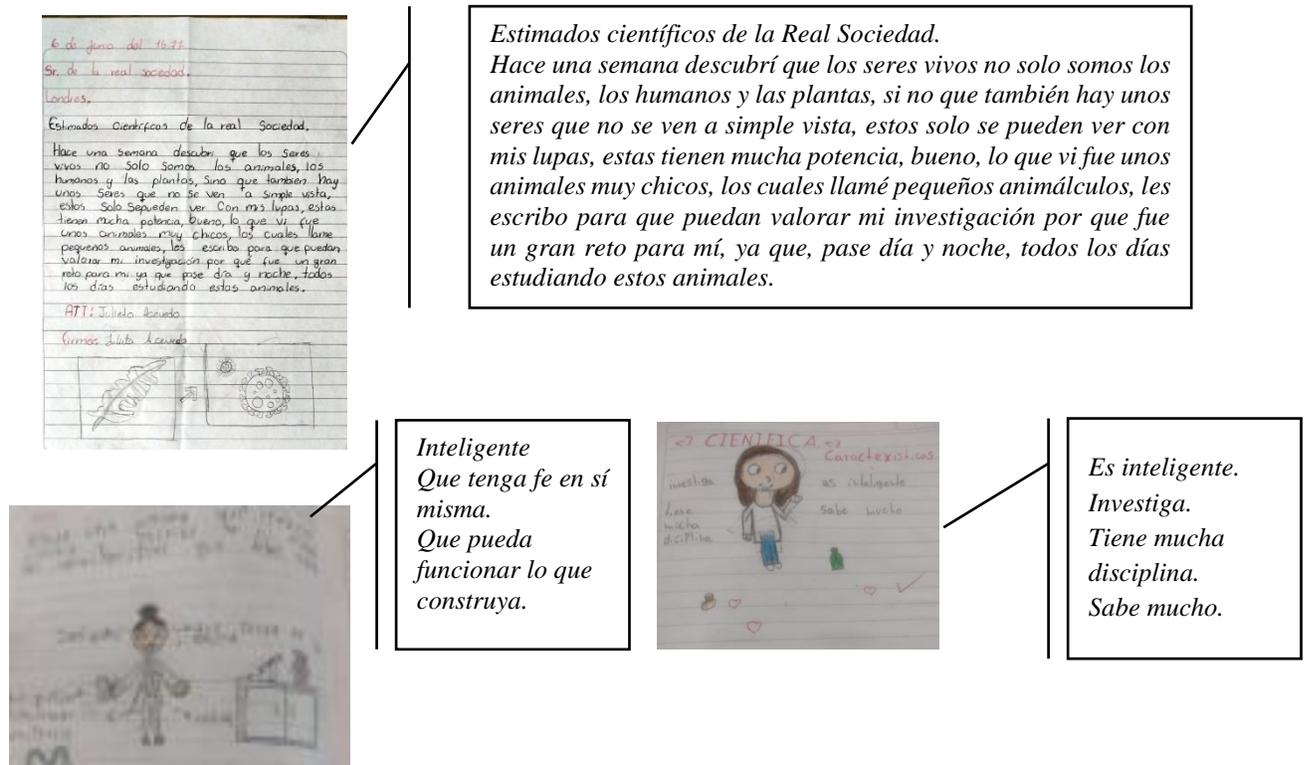
*En este entonces había una gran duda que era si había otros seres vivos y empezaron a investigar esa duda.*

*Cuando Leeuwenhoek creó la primera burbuja vio un aumento se sorprendió mucho y cuando vio pasar una hormiga vio que era como una lupa y cuando se acercó vio cosas verdes que llamó pequeños animales.*

*Y Leeuwenhoek creó el microscopio*



**Figura 20.** Producciones de los estudiantes sobre las actividades propuestas por la participante Alice Evans.



*Estimados científicos de la Real Sociedad.  
Hace una semana descubrí que los seres vivos no solo somos los animales, los humanos y las plantas, si no que también hay unos seres que no se ven a simple vista, estos solo se pueden ver con mis lupas, estas tienen mucha potencia, bueno, lo que vi fue unos animales muy chicos, los cuales llamé pequeños animalculos, les escribo para que puedan valorar mi investigación por que fue un gran reto para mí, ya que, pase día y noche, todos los días estudiando estos animales.*

*Inteligente  
Que tenga fe en sí misma.  
Que pueda funcionar lo que construya.*

*Es inteligente.  
Investiga.  
Tiene mucha disciplina.  
Sabe mucho.*

La historieta y las cartas evidencian que la participante interiorizó lo discutido en el TI, puesto que al realizar esta actividad de aula logró identificar, desde una perspectiva epistemológica, la relevancia de comprender cómo se origina y valida el conocimiento en cada área de estudio. Además, posibilitó poner en acción los métodos de enseñanza específicos para cada disciplina. Los debates derivados de la NOS pueden enriquecer el CPP desde diversas perspectivas; en este sentido, explorar los fundamentos epistemológicos, especialmente en el ámbito de la biología, se presenta como un terreno prometedor para la capacitación de docentes de ciencias en la educación primaria en cuanto a contenidos disciplinares.

Finalizada la actividad, se presnetan algunas apreciaciones de la participante, descritas en su BC4, que evidencian el aporte de las actividades realizadas:

En la práctica de laboratorio que realizamos con los estudiantes de cuarto de primaria, e-e-e... fue muy enriquecedor tanto para los estudiantes como para mí, porque soy una docente formada en Lengua Castellana [...], cuando doy ciencias naturales pues me limitaba solo

(pues) a conceptos y-y-y.. a las competencias “básicas” pero, e-e-e NUNCA, me había ido al laboratorio. Uno cuando está en formación en general de bachillerato le muestran los instrumentos, todos los elementos que hay en el laboratorio, pero yo nunca iba allá, ¿por qué? Me sentía como incapaz, no tenía muchas bases para hacerlo, pero con este apoyo de la compañera me facilitó muchos elementos, aportándome gran cantidad de experiencias, e-e-e. Ahora bien, si a mí me aportó esto a los niños mucho MÁS! ¿Por qué? Ellos estaban ansiosos, ellos consiguieron sus delantales, ellos estaban emocionados porque casi nunca habían ido a una práctica de laboratorio y como hicimos un trabajo preliminar, antes de llegar allá con la historieta, la carta. Los estudiantes de grados superiores (quinto) les ayudaban porque fue un microscopio con material reciclable. Entonces ellos se motivaron muchísimo, e-e-e... con ese microscopio buscamos por todo el colegio elementos que podríamos observar con él. Ellos eran sorprendidos porque vieron cosas que no habían visto en la realidad. Se organizaron por equipos. Pasamos de una mesa a otra para ver lo que este gran científico había descubierto, Hook, que inicialmente las llamó celdas, a esas m-m-minúsculas partes que después se llamarían células. Él las llamó primero celdas, pero en esa práctica vimos células de animales, vegetales y ¡ELLOS NO LO PODÍAN CREER! Que eso estuviera pasando a su alrededor, formularon preguntas, dieron conclusiones, esa jornada fue muy, muy gratificante. (GR3- Alice Evans)

Con la UA descrita anteriormente se explicitan algunos enlaces con autores como García-Carmona (2021), quien destaca algunas características que se evidenciaron en el análisis. Es posible entonces identificar que la participante utilizó los ECH teniendo en cuenta la adaptación del contexto fuente al de origen, se salvaguardó la fidelidad del relato fuente, es decir, conservó la naturaleza conceptual de la discusión y explicitó una perspectiva humanista de la ciencia, donde se expuso el contexto socio-cultural.

El CPP de los profesores participantes se benefició al tener espacios de formación que incorporaron asuntos sobre la HC ya que, a través suyo, fue posible que los participantes del caso transformaran su VNOS y, consigo, sus prácticas de aula. Las reflexiones suscitadas en el TI, les brindó herramientas sobre su conocimiento profesional, les proporcionó contextos, les permitió

reconocer las ideas de sus estudiantes, les permitió pensar nuevas estrategias para presentar temas complejos en los grados iniciales (como los SV y sus características), les sugirió preguntas desafiantes y, sobre todo, les permitió la reflexión sobre asuntos metacientíficos que incorporaron la recontextualización de ECH relacionados con una experimentación de tipo socio-epistemológico para la comprensión de los SV. Es a través de las discusiones de historias paradigmáticas que han tenido lugar en las ciencias que es posible enseñar cómo trabajar científicamente en distintas prácticas que son prototípicas del trabajo científico.

Finalmente, cabe resaltar que la evaluación del Doc1 fue sometido a un proceso de evaluación por parte de la Alcaldía de Medellín, en el marco de los Premios a la Calidad Educativa Ser Mejor 2023. Estos premios destacan la gestión de la comunidad educativa a través de líneas que permiten presentar múltiples experiencias innovadoras, motivadoras y vanguardistas de educadores, estudiantes y establecimientos educativos. Esta evaluación por parte de pares externos permite reconocer las potencialidades de una formación basada en la NOS que incluya actividades de indagación científica (Anexo 8). Las participantes del proyecto ganaron en Maestros Lógico Matemático, con un puntaje de 88,4.

## **5.2 Caso 2. Docentes en formación**

Como se señaló en el marco conceptual, es fundamental explorar el papel que desempeña y la forma como contribuye el componente Metacientífico en el desarrollo del CPP. Con esta premisa como referente, se analiza a continuación la manera en la que el uso de ciertos ECH relacionados con la experimentación contribuyeron al fortalecimiento de la comprensión acerca de la NOS de docentes de ciencias naturales en formación y, complementariamente, cómo se constituye en un fructífero recurso para su ejercicio docente. De la misma forma que para el caso 1, este análisis se realizó a la luz de las dos categorías propuestas: los ECH como dinamizadores de visiones sobre la NOS, y los ECH como recurso para la formación docente. En la primera de ellas, se examinan las diversas perspectivas epistemológicas que sostienen un grupo de docentes de ciencias naturales en formación; en la segunda, por su parte, se muestra cómo la HC, a través del uso de ECH, dinamizan los componentes epistemológicos, didácticos y disciplinares del CPP.

Este análisis posibilitará comprender cómo las perspectivas epistemológicas de los profesores influyen en la metodología de enseñanza que adoptan, en la forma en que presentan los conceptos científicos y en las estrategias utilizadas para fomentar el aprendizaje de sus estudiantes. A través de este apartado se pretende responder a la pregunta ¿de qué forma los ECH favorecen el conocimiento profesional del profesorado de ciencias naturales?

### ***5.2.1 Categoría 1: Los ECH como dinamizadores de visiones sobre NOS***

De la misma forma que para el caso 1, se conserva para este caso la significación sobre la NOS entendida como el conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica, configurándose en un entramado complejo que influye en la comprensión de cómo la ciencia evoluciona a lo largo del tiempo (Adúriz-Bravo 2002). En la medida que esta investigación focaliza su atención en la HC como un escenario que permite contextualizar y debatir reflexiones metacientíficas, dinamizando así las concepciones sobre la NOS, esta categoría tuvo como propósito resolver el objetivo específico de la investigación relacionado con la caracterización de las VNOS que tiene un grupo de docentes en formación, mediante una propuesta de intervención que involucró ECH asociados con la experimentación. A través de esta perspectiva, y utilizando como referencia los seis énfasis de las VNOS definidos en el marco conceptual (Teórico, Cientificista, Empírico, Anticientífico, Cultural y Equilibrado), se organizaron algunos indicios que permitieron clasificar y caracterizar las concepciones sobre NOS de los participantes.

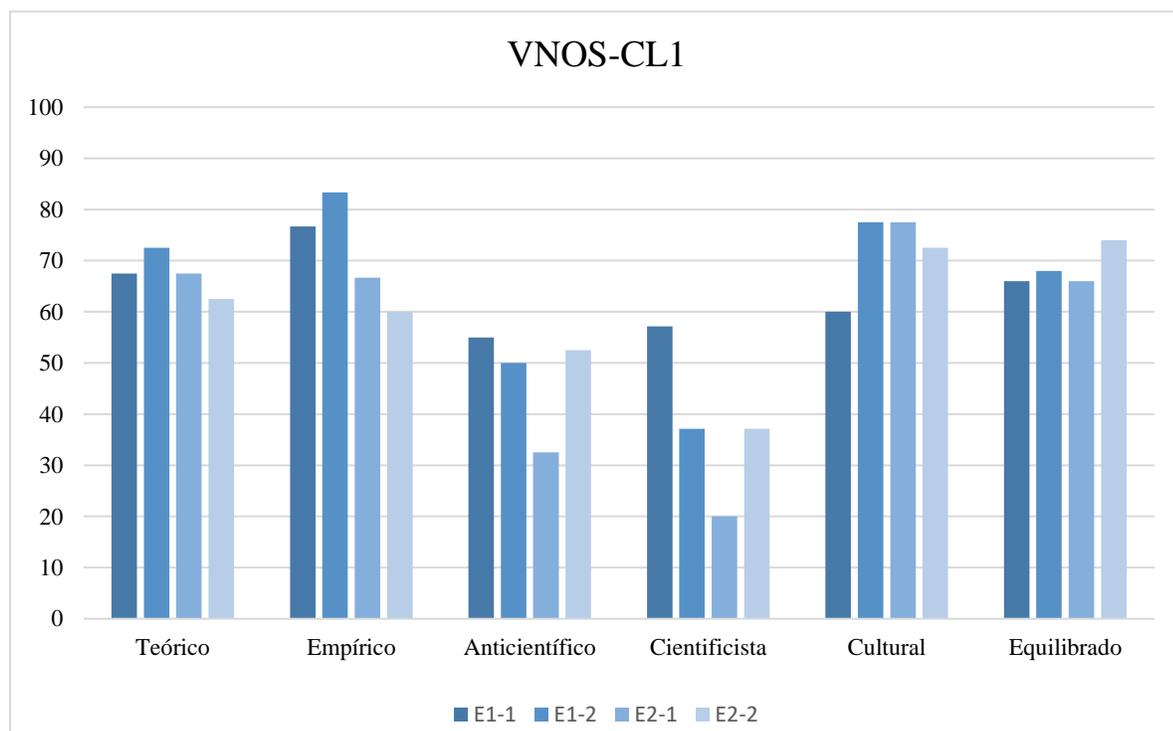
A continuación, se presentan los resultados del cuestionario tipo Likert (CL) implementado en los participantes del Caso 2 en dos momentos del Taller Investigativo (TI): en la Fase diagnóstica que se ejecutó en el curso de Práctica Pedagógica VIII, y en la Fase estructura-plan de plan de trabajo, correspondiente al curso de Práctica Pedagógica X (CL1 y CL2, respectivamente). Los participantes del caso se agruparon en dos equipos de trabajo y fueron codificados como E1-1, E1-2 y E2-1, E2-2. Las proposiciones asociadas a la NOS utilizadas en esta técnica fueron las mismas para ambos casos. Para su análisis, los valores de los grados de satisfacción otorgados por cada participante, correspondientes a cada énfasis, fueron sumados y posteriormente expresados según los valores de su peso relativo con respecto al máximo posible (100%) para cada énfasis.

Asimismo, los resultados presentados se ponen en diálogo con otras técnicas utilizadas como el Diario de Campo de los participantes (DCP) y los Cuestionarios (C).

En la gráfica xxx se presentan los resultados obtenidos de esta sistematización para los dos momentos de implementación del cuestionario (CL1 y CL2), con la intención de establecer una comparación y así poder identificar elementos que permitan evidenciar la transición entre una u otra VNOS.

La Gráfica 8 representa la sistematización de los resultados obtenidos en el Cuestionario CL1, realizado al inicio de la intervención formativa. Como se evidencia, el caso presenta un menor peso relativo para los énfasis anticientífico y científicista.

**Gráfica 8.** Niveles alcanzados por los participantes en cada énfasis CL1.

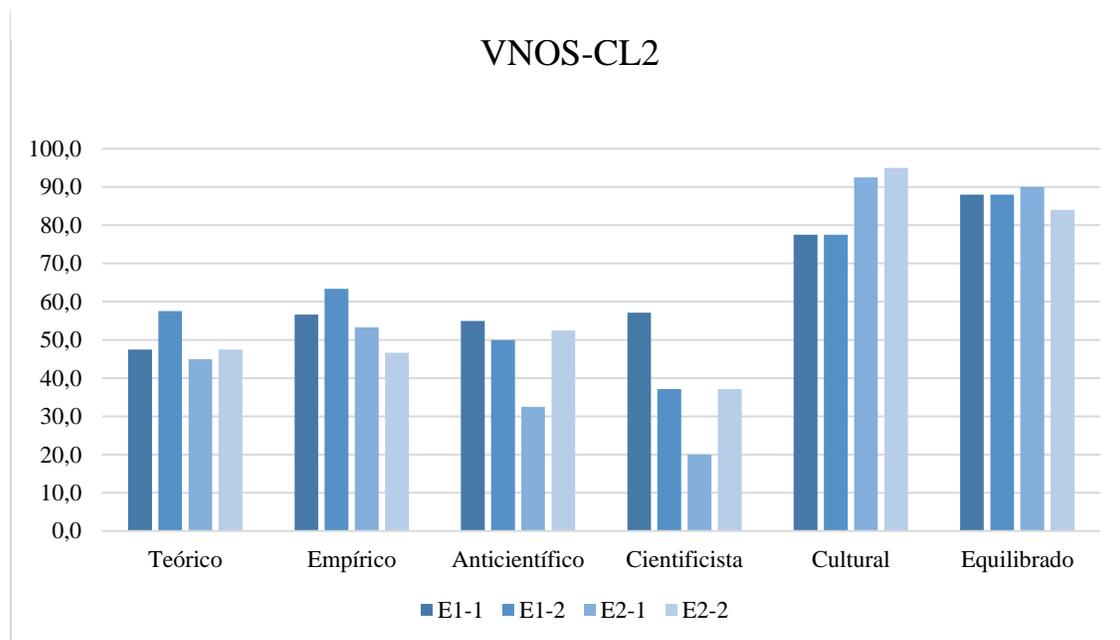


En correspondencia con lo descrito en el marco conceptual, Tamayo et al (2010) mencionan que los docentes no presentan usualmente un único énfasis, y en ocasiones pueden coincidir los valores de varios de ellos e, inclusive, puede presentarse coexistencia de perspectivas aparentemente contradictorias. El autor menciona que es posible identificar tres modelos de pensamiento de los profesores en torno al concepto de NOS: (i) docentes que están de acuerdo con todas las perspectivas epistemológicas; (ii) docentes que no concuerdan con las perspectivas epistemológicas y (iii) docentes con una coexistencia entre los énfasis teórico, empírico y equilibrado. En este caso, se identificó que los participantes del equipo E1 (E1-1 y E1-2) pertenecen a ésta última clasificación, mostrando mayores pesos relativos en los tres énfasis señalados, siendo el empírico el más alto. Por su parte, la participante E2-1 presenta mayores pesos relativos en los énfasis cultural, teórico y empírico, mientras que la participante E2-2 se inclina hacia los énfasis equilibrado, cultural y teórico.

Estando de acuerdo con autores como Duschl (1997), Adúriz-Bravo (2002;2005), Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016a), quienes mencionan que es necesario crear espacios de formación docente para discutir sobre la NOS, para comprender con mayor detalle los elementos señalados y establecer algunos enlaces, más adelante se describirán algunos ítems específicos por participante. Si bien el caso está constituido por la totalidad de los participantes, el análisis individual de algunas proposiciones permite extraer consideraciones importantes en torno a cómo los maestros en formación asumen la NOS y que implicaciones pueden suscitar estas significaciones en la forma como desarrollan su práctica pedagógica.

Complementariamente, la Gráfica 9 representa la sistematización de los resultados obtenidos en el Cuestionario CL2 al finalizar el TI, gráfica permite establecer contrastes con respecto a los resultados del inicio de la intervención representado en el gráfico anterior (Gráfica 8). Este ejercicio permite evidenciar que, si bien desde el inicio los participantes tenían un mayor peso relativo hacia los énfasis equilibrado y cultural, luego de la intervención se constata una disminución en la valoración asignada a los enfoques teórico y empírico.

**Gráfica 9.** Niveles alcanzados por los participantes por cada énfasis CL2.



Teniendo en cuenta las características del Caso 2 descritas en la metodología, puede afirmarse que, aunque los participantes de este caso han tenido cursos de formación que incluyen reflexiones metacientíficas (Práctica Pedagógica V y VI), aún persisten ideas asociadas a los énfasis teóricos y empíricos, particularmente en lo referente a la forma en que asumen la naturaleza del conocimiento y sus procedimientos, tal como se describe en el análisis de la Gráfica 9. La siguiente UA corresponde al cuestionario C realizado en el tercer semestre, donde se pregunta a los participantes: "¿Cuáles fueron los aportes que la línea de HYE le ofreció para su formación docente?". La participante E2-2 responde:

[...] Durante mis años en el colegio e incluso en la universidad, se me presentó la ciencia y su historia como una construcción lineal, esto hizo que sintiera poca cercanía con el mundo científico, sus descubrimientos y su comunidad; gracias a la línea [de Práctica Pedagógica] pude llevar la ciencia al aula como una construcción colectiva, no lineal, llena de ensayo y error, y permitirles a mis estudiantes sentir una mayor cercanía con la actividad científica. (C-SIII-E2-2)

La anterior UA permitió identificar por un lado la valoración que la participante realiza sobre los usos de la HC para la enseñanza. Por otro lado, reconoce que durante su proceso formativo persistió un modelo de ciencia tradicional, anclada en una perspectiva de tipo positivista.

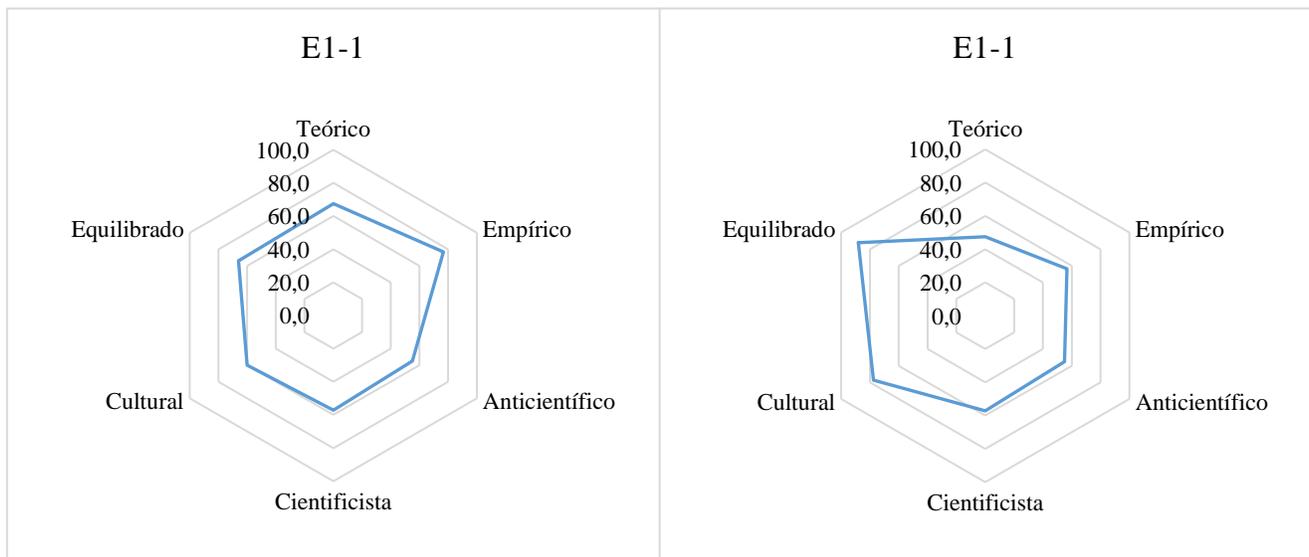
Tamayo et al (2010) mencionan que es “necesario ofrecer los escenarios adecuados y pertinentes para que los profesores de ciencias y sus estudiantes comprendan el funcionamiento de la ciencia” (p.135). En este sentido, los ECH vinculados con la experimentación que se utilizaron en la intervención se configuraron en un elemento relevante para contextualizar las reflexiones sobre la NOS, y así posibilitar a los participantes una mejor comprensión del funcionamiento de la ciencia. Si bien los participantes, en el momento del inicio de la intervención, tenían un proceso formativo robusto respecto al contenido disciplinar el cual involucra un amplio acercamiento al trabajo experimental, la forma de significar la ciencia y cómo opera estaba inclinada hacia una visión con tintes positivistas. En correspondencia con esta visión, concebían la experimentación como subsidiaria de la teoría. El trabajo realizado con los ECH vinculados a la experimentación surtió dos efectos: por una parte, permitió que los participantes del caso reconocieran las bondades que tiene el uso de la HC para la enseñanza de las ciencias; por otra parte, contribuyó a reconfigurar su visión sobre el papel que tiene la experimentación en la construcción de conocimiento científico escolar.

De forma similar a lo identificado con los profesores en ejercicio, para el presente caso de los profesores en formación se puede adelantar una caracterización colectiva de las tendencias que los participantes tienen sobre la NOS. Así, aunque se identifican algunos atributos importantes que los participantes le otorgan a la ciencia asociados a otras perspectivas, resaltan en particular aquellos relacionados con papel de la experimentación desde los énfasis teórico y empírico. Para ello se discutirán y analizarán algunas UA, correspondientes a los instrumentos DCP y C.

La primera característica identificada se evidenció entre los participantes E1-1 y E1-2, quienes al inicio de la intervención (CL1), como se mencionó anteriormente, tienen una visión sobre la NOS constituida mayoritariamente por tres énfasis epistemológicos, siendo el empírico el

de mayor relevancia. En la gráfica 10 se presentan los resultados obtenidos para el participante E1-1.

**Gráfica 10.** Comparación entre la VNOS E1-1. CL1Vs CL2



Como se indica en la gráfica 10 el participante E1-1, en el CL1 tiene una tendencia al énfasis empírico con un peso relativo de 76,7 puntos. En correspondencia con el marco conceptual, este énfasis pone el foco de atención en la observación, asumiendo que esta desempeña un papel fundamental para todas las ciencias.

De acuerdo con Tamayo et al (2010), en el énfasis empírico se resalta la percepción como acción mediada por los órganos sensoriales, en el sentido que es la vía exclusiva que nos brinda información sobre el mundo y los acontecimientos que ocurren en él. Este es precisamente reconocimiento que le otorga el participante E1-1 a la observación como elemento fundamental en la comprensión de fenómenos, como se puede reafirmar con una UA extraída de su DCP, donde menciona:

Para realizar la explicación se llevó a cabo un experimento que consistía en pasar el agua por los tres estados de la materia iniciando por el estado sólido, es decir hielo; se mostró el

hielo en diferentes formas a los estudiantes y se les pidió que dijeran si era o no lo mismo, llegando a la conclusión de que estaba compuesto por lo mismo aunque probablemente el volumen, la masa y su forma era diferente. Además se les preguntó por qué tenían esa forma exactamente y estos logran asociar que el líquido inicial adoptó la forma del molde o del recipiente que lo contenía; durante toda la actividad se intentó que los estudiantes fueran quienes por medio de hipótesis respondieran a las preguntas y así mismo, dieran paso al siguiente procedimiento a realizar. Adicionalmente durante el calentamiento los estudiantes separados en diferentes grupos se acercaron a tomar información sobre la temperatura a la cual se encontraba nuestra sustancia de análisis y aprendieron a leer el termómetro de mercurio, por último con la información recolectada se elaboró un gráfico de temperatura vs tiempo para encontrar el punto de fusión y punto de ebullición del agua.(E1-1-DCP).

El anterior fragmento pertenece a la narrativa realizada por el participante en su Diario Pedagógico durante el curso de PPVIII, que corresponde a las primeras etapas de formación en la línea de práctica. En esta UA se resalta la actividad experimental como un recurso importante para la enseñanza de los estados de agregación de la materia. Sin embargo, podría afirmarse que al describir que “se mostró el hielo en diferentes formas a los estudiantes” o en la expresión “aprendieron a leer el termómetro” hacia referencia a la observación para comprender los estados de agregación. A través de esta narrativa el participante no ahonda si discute sobre el tipo o la intensidad de las fuerzas de atracción entre las partículas que componen el agua. Frente a este último asunto, Tamayo et al (2010) mencionan que no podemos confiar ciegamente en nuestras percepciones, ya que estas nos informan sobre la apariencia externa de las cosas, no sobre sus esencias. Esto, en el ámbito de la investigación y la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es crucial, ya que muchos fenómenos no se nos presentan como realmente son. Creer en la realidad tal como nos es presentada a través de los órganos sensoriales nos ubica en una perspectiva realista ingenua, que representa un obstáculo importante para la construcción del conocimiento científico.

Sin embargo, tal y como se evidencia en la gráfica 10 al realizar el Cuestionario CL2, el participante E1-1 presenta una disminución en su valoración del mencionado énfasis empírico, evidenciándose una favorabilidad hacia los énfasis de tipo cultural y equilibrado. Esto se pone de

presente su cambio en la valoración otorgada en algunas afirmaciones, en particular en aquellas relacionadas con la forma en la que se asume la experimentación para la construcción de conocimiento científico escolar y el papel que desempeña la observación en este ejercicio.

A modo de ejemplo, a la afirmación “La observación es fundamental para todas las ciencias” (CL1-I9) el participante E1-1 le otorgó la valoración “Muy de acuerdo” al inicio de la intervención, mientras que le asignó “Muy desacuerdo”, al finalizar el TI (CL2-I9); por su parte, a la afirmación “Existe una relación equilibrada entre la experimentación y la teoría para la construcción conceptual” (CL1-I41), al inicio de la intervención le adjudicó la valoración “Ni de acuerdo, ni desacuerdo” y al finalizar el TI (CL2-I41), expresó estar “Muy de acuerdo”.

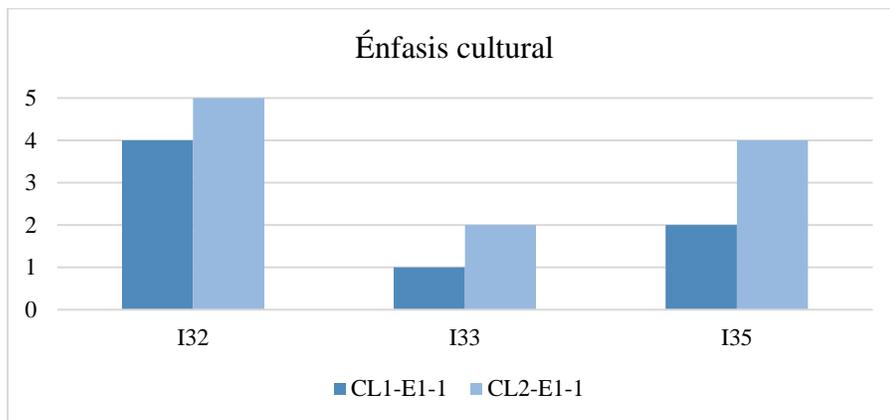
La posición que toma el participante con relación al rol de la experimentación en los procesos de construcción del conocimiento guarda correspondencia con su percepción sobre la NOS. Esta afirmación puede validarse con las siguientes UA. Al realizar los cuestionarios C-SII y C-SIII, se le pregunta: "¿Cuáles fueron los aportes que la línea de HYE le ofreció para su formación docente?" El participante responde:

A pesar de que de cierta manera ya estaba un poco familiarizado con la HFC, la línea de investigación contribuyó enormemente a mi consolidación como docente, ya que me permitió seguir reflexionado sobre mi imagen de ciencia, me acercó al concepto de NOS que era algo que no conocía, me mostró los diferentes tipos de historia que se llevan al aula y me hizo más consciente de lo que como docente estaba haciendo en el aula, al punto de hacerme reflexionar sobre la idea de ciencia que estaba compartiendo y me hizo consciente de cómo ciertas actividades que no eran pensadas de forma explícita e intencional, bajo esta línea sí estaban relacionadas con ella. Gracias a la línea, logré consolidarme como una docente de ciencias que no transmite verdades, si no que construye con sus estudiantes conocimiento científico escolar, lo comparte y lo transforma. (C-SIII-E1-1)

En la narrativa presentada por el participante emergen algunas expresiones interesantes que permiten evidenciar el cambio que suscitaron los espacios de formación y que se vinculan con ítems correspondientes al énfasis cultural.

Una de las expresiones que merece atención es aquella en la que el participante menciona que debe “seguir reflexionado sobre (su) imagen de ciencia”. Algunos autores como Hodson (2003), Aduriz-Bravo (2005), Oliva-Martínez y Acevedo-Díaz (2005), Romero et al., (2016), y Lires (2024) mencionan que los profesores de ciencias actúan y condicionan el desarrollo de su docencia según las concepciones que tienen sobre la NOS. Teniendo en cuenta estas consideraciones, es relevante mencionar el cambio en las valoraciones que este participante dio a ciertas afirmaciones de cuestionario sobre VNOS como lo son: “Las teorías científicas están sujetas a pruebas y revisiones continuas” (I32), “los hechos científicos son construcciones de la comunidad académica elaboradas a través de negociaciones sociales” (I33) y “la empresa científica se sitúa en las escenas históricas, políticas, culturales y sociales específicas; así, las preguntas científicas, métodos y resultados varían según el tiempo, lugar y propósito” (I35); mientras que en el Cuestionario inicial (CL1) tales valoraciones fueron “Algo de acuerdo”, “Muy en desacuerdo” y “Algo en desacuerdo”, respectivamente, en el Cuestionario final (CL2) dichas valoraciones fueron: “Muy de acuerdo”, “Algo en desacuerdo” y “Algo de acuerdo”, respectivamente (gráfica 11). Con este cambio de percepción sobre estos asuntos de la NOS, no es gratuito que en la UA señalada el participante manifieste que “logré consolidarme como una docente de ciencias que no transmite verdades, si no que construye con sus estudiantes conocimiento científico escolar, lo comparte y lo transforma” (C-SIII-E1-1)

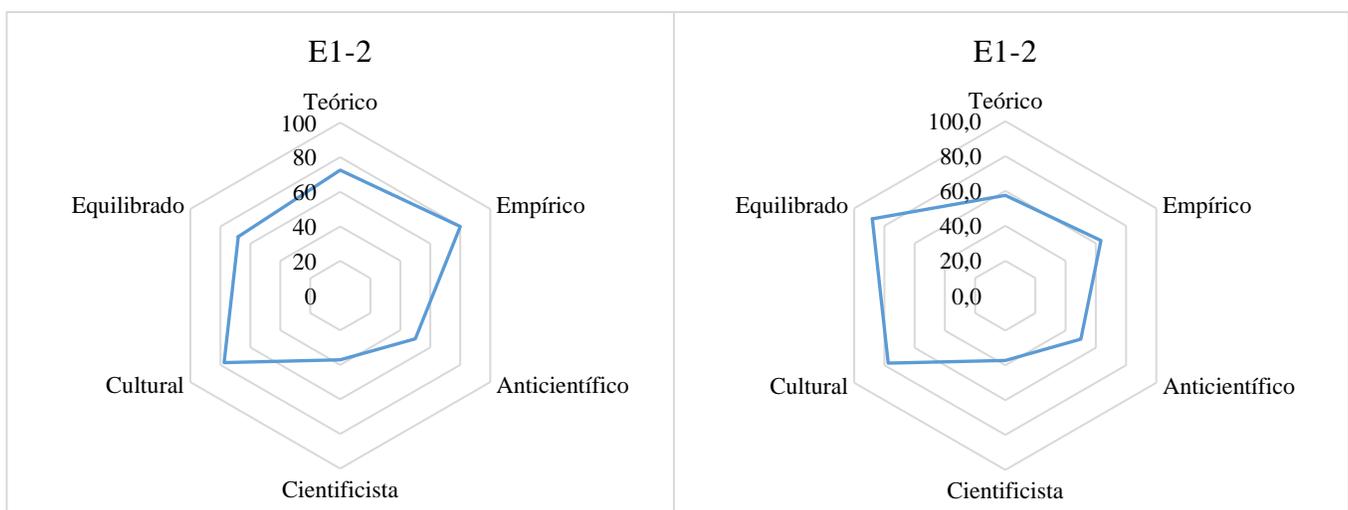
**Gráfica 11.** Comparación respuestas del participante E1-1 a los ítems 32, 33 y 35 del énfasis cultural. CL1 Vs CL2.



Así, el énfasis cultural que tiene el participante E1-1 permite identificar que reconoce los aportes de diversas culturas al progreso de la ciencia y la tecnología, así como la estrecha relación entre estas dimensiones con los factores históricos y políticos y la influencia de la financiación en los resultados de la investigación.

Pasando al participante E1-2, y como se indicó anteriormente, los resultados obtenidos, lo agrupan de forma similar al participante E1-1. Ambos exhiben similitudes con relación a su visión sobre la NOS; presentando inclinación por los énfasis: empírico, cultural y teórico.

**Gráfica 12.** Comparación entre la VNOS E1-1. CL1Vs CL2



Al igual que el participante E1-1, el énfasis empírico tiene implicaciones significativas en la manera de interpretar la experimentación. Desde esta perspectiva, la observación y la experimentación cuidadosa son los medios a través de los cuales se explican los hechos del mundo. Retomando las ideas de autoras como Iglesias (2004), se menciona que existe una visión clásica de relacionar la teoría y la práctica, caracterizada por asumir posiciones de subordinación de una sobre otra. Desde este punto de vista, la experimentación puede ser vista como una herramienta para llegar a la teoría o para confirmarla. Independientemente del orden en el que ocurra, la experimentación siempre será un instrumento para teorizar. Las nuevas propuestas (Steinle, 2002 y Ferreirós y Ordóñez, 2002; Romero et, al. 2016 y Romero y Rodríguez-Ramírez, 2023) hacen un llamado a establecer una relación de paridad. Tanto la teoría como la práctica son fundamentales en la construcción de conocimiento.

Esta relación entre la teoría y la práctica, fue objeto de análisis en este participante. Una UA que permitió identificar los cambio que suscita la intervención respecto a la relación de paridad en la experimentación entre teoría y práctica, se evidenció en la afirmación que realiza el participante E1-2 en el cuestionario C-S1, al finalizar el curso de PPVIII, cuando se le solicitó describir los aportes que la línea de HFC le había brindado a su formación docente, a lo que el participante responde:

Los aportes que me ha ofrecido la línea es la aplicación experimental con los estudiantes, cuestionando así las prácticas que se realizaban. Además de eso, me ha dado otra perspectiva de la enseñanza dejando los extremos teórico-experimentales, dando así un balance de ambos términos (C-SI -E1-2).

Esta UA, deja en evidencia un transitar entre el valor que le otorga a la experimentación. Como se indicó, desde las nuevas perspectivas de significar la experimentación, es necesario establecer relaciones de paridad entre la teoría y la práctica, donde la experimentación tenga una carga teórica y la teoría una carga experimental.

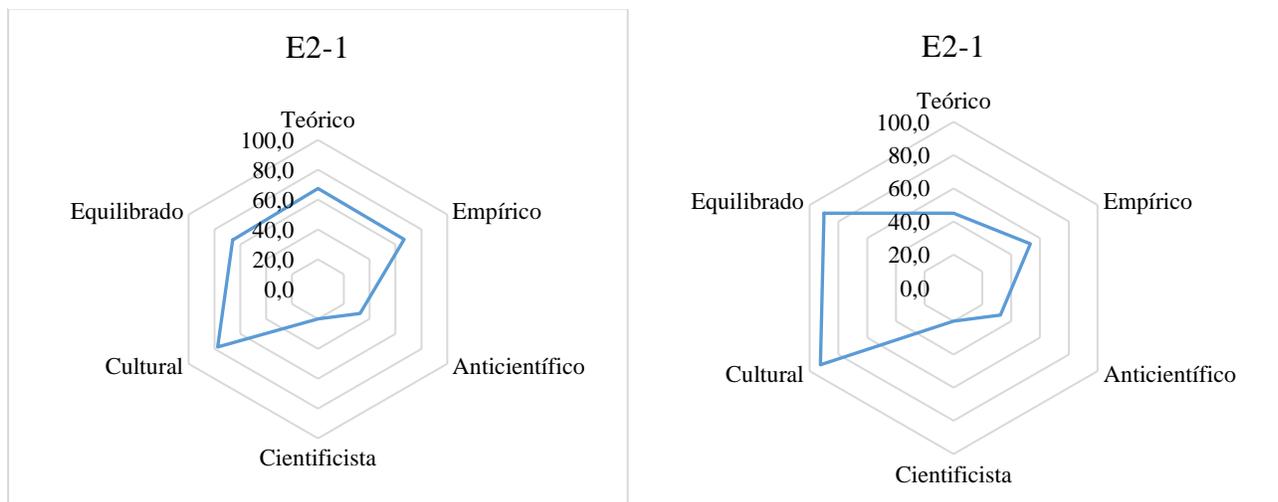
Una segunda UA que permite reconocer un cambio sobre la VNOS del participante E1-2, corresponde a la respuesta obtenida cuando se le solicita describir los aportes que la línea de HFC le había brindado a su formación docente, durante el curso de PPX:

El principal aporte que me deja la línea HYE en mi formación docente, es el reconocimiento de la formación crítica y política desde procesos más humanizantes de la actividad científica, pues al problematizar los usos de la ciencia e integrar aspectos de la naturaleza del conocimiento y naturaleza de procedimientos con factores de sociología interna y externa de la ciencia, se enriquecen las dinámicas metacientíficas en la construcción del conocimiento científico desde la escuela. (E1-2-C-SIII).

Esta UA evidencia que el participante reconoce la importancia de la alfabetización científica, mencionando el "reconocimiento de la formación crítica y política desde procesos más humanizantes de la actividad científica". Además, como se destacó en el marco conceptual, McComas (2008) menciona varias ventajas que aporta la NOS en la enseñanza de las ciencias. Entre estas, destaca su valor utilitario, ya que permite reconocer la importancia de los procesos científicos y tecnológicos en la vida cotidiana; la expresión "problematizar los usos de la ciencia" lo demuestra. También, en la expresión "formación crítica y política", resalta su valor democrático, puesto que posibilita la toma de decisiones informadas en ámbitos socio-científicos. Por último, la expresión "dinámicas metacientíficas en la construcción del conocimiento científico desde la escuela" reconoce la importancia de un aprendizaje científico escolar.

A continuación, se presentan los resultados del CL de la participante E2-1 (gráfica 13). Los tres énfasis que presenta con mayor peso relativo en la fase diagnóstica del TI son; el cultural, el teórico y el empírico. Contrario a lo presentado anteriormente, el análisis se quiere centrar en mostrar las implicaciones que tiene tomar una postura epistemológica de corte teórico para el desarrollo de las actividades experimentales.

**Gráfica 13.** Comparación entre la VNOS E2-1. CL1Vs CL2



Si bien la diferencia entre los resultados obtenidos entre el énfasis teórico y el empírico no son muy amplios. Es posible identificar algunos detalles relevantes. Desde un enfoque teórico, en contraste con un enfoque empírico, la experimentación se utiliza para comprobar la teoría, ya que las teorías ayudan a los científicos a interpretar sus observaciones. Desde esta lente, las actividades experimentales se diseñan con la intención de comprobar los referentes teóricos. La siguiente UA, extraída del diario de campo de la participante (DCP-E2-1-SI) permite identificar esta relación.

Contrario a la situación anterior, esta participante pone como énfasis lo teórico para comprobar lo que había enseñado. Como se ha venido mencionando Hacking (1996), Ferreirós y Ordoñez (2002), Steinle (1997) e Iglesias (2004), reclaman la necesidad de reflexionar sobre la relación entre teoría y práctica. Estos autores proponen cambiar la visión clásica de esta relación, caracterizada por asumir la experimentación como subsidiaria de las construcciones teóricas, al concebirla como una simple herramienta para corroborar hipótesis o constatar leyes. Dichas reflexiones apuntan a despojarse de una visión teoreticista, entendida como la tendencia, en la dinámica científica, a privilegiar la teoría sobre la experimentación, y pasar a una perspectiva que permita comprender la estrecha relación existente entre teoría y práctica.

Sin embargo, la participante muestra una fuerte inclinación teoreticista, al considerar la experimentación principalmente como un medio para validar teorías preexistentes. Desde la distinción que se ha venido mencionando (cuantitativa/cualitativa-guiada/exploratoria); Ferreiróz y Ordóñez, (2002) mencionan que una experimentación de tipo cuantitativa guiada asume que todo el proceso de elaboración de teorías científicas comienza con mediciones y datos cuantitativos precisos. Contrario a esta consideración, al finalizar el proceso formativo, en la fase de estructuración, la participante transforma su visión y asume los experimentos cualitativos como una alternativa para el diseño de actividades, reconociéndolos como una parte fundamental en los procesos de formación de conceptos. La siguiente UA, extraída del DCP de la participante, permite identificar como la elaboración de agar-agar, le permitió discutir un enfoque informacional sobre la vida, en términos de comprender que los microorganismos se reproducen a partir de una muestra (lo vivo solo proviene de lo vivo).

Posteriormente, les entregamos una hoja con indicaciones básicas sobre cómo hacer la receta para cocinar a microorganismos, aclarando que no la debían seguir al pie de la letra y que podían hacer modificaciones según lo que ellos pensaran que les podía gustar más a los microorganismos. Los estudiantes se mostraron muy emocionados, al inicio un poco confundidos sobre cómo comenzar, pero luego más libres y confiados. Uno de los primeros pasos en la receta fue esterilizar las cajas de Petri, por lo que se habló con ellos al respecto y llegaron a la conclusión de que se hacía para matar ciertos microorganismos. Las variaciones más comunes en sus experimentos fueron la cantidad de agua y la cantidad de agar, ya que agregaron muchísimo de ambos ingredientes, incluso el agar les causó mucha curiosidad y todos se lo querían comer. Otro aspecto por resaltar durante la ejecución del experimento es que los estudiantes creían que al hacer el agar ya había microorganismos, por lo que se les dijo que esa era solo su comida y un medio para hacer que crecieran, por lo que después de terminado el medio de cultivo debían poner los microorganismos de sus manos ahí.(DCP-E2-1-SIII).

La anterior UA permite identificar el papel que le otorga la participante al refinamiento de los instrumentos para la comprensión de los fenómenos. Este asunto, y el ejemplo que se describe,

corresponde a las discusiones que se desarrollaron en la fase de líneas de acción donde se trabajó el ECH: Pasteur y Koch. Una segunda UA que reafirma el cambio de visión sobre la NOS, a través del uso de la HC y la experimentación se expresa en la siguiente anotación de la participante en su diario de campo:

En esta sesión fue clave porque mostró de forma vivencial algunas de las cosas que estamos tratando en el proyecto de investigación de forma teórica. Por ejemplo, con la actividad experimental con las lupas pudimos ver en acción la experimentación cualitativa exploratoria y cómo está ligada a la forma en la que muchos instrumentos claves en la ciencia se fueron elaborando. Esta actividad no solo conectó a los estudiantes con la historia del microscopio si no también con su propia capacidad de crear a partir de la exploración y la imaginación. De hecho, uno de los estudiantes decía que estaba creando un microscopio y todos se emocionaban con eso. El otro momento clave fue el video con la historia del microscopio, no solo porque permitió que los estudiantes conectaran de forma más directa la actividad experimental y la historia, sino también porque nos mostró las reflexiones que ellos sacan al respecto. Estas reflexiones fueron por ejemplo en torno a que no una sola persona creó el microscopio si no que varias fueron trabajando en su desarrollo y mejorándolo, lo cual nos acerca a la importancia de la colaboración científica. Los estudiantes también reflexionaron sobre la ciencia como algo que se construye a partir del ensayo y el error porque fue eso precisamente lo que ellos hicieron con las lupas. (DCP-E2-1-SIII).

Lo que la participante refiere en su DCP, permite identificar que favorece espacios de clase en los que se discute de forma explícita elementos asociados a la naturaleza del conocimiento (características de las teóricas), a la naturaleza de los procedimientos (experimentación cualitativa exploratoria) y asuntos socio-epistemológicos (colaboración científica).

Para finalizar el análisis de esta categoría, se presentan los resultados obtenidos de la participante E2-2 (gráfica 13) respecto a sus concepciones sobre NOS, tanto para el inicio de la intervención (CL1), como tras la implementación (CL2). A través de estas gráficas, se evidencia que al inicio de la intervención predominan los énfasis equilibrado, cultural y teórico. Al finalizar

la implementación, los énfasis cultural y equilibrado se mantienen y aumentan, mientras que el teórico disminuye.

**Gráfica 14.** Comparación entre la VNOS E2-2. CL1Vs CL2



Si bien puede decirse que sus niveles iniciales son altos para la perspectiva sobre la NOS que se quería formar, i.e. los énfasis cultural y equilibrado, es posible identificar ciertos asuntos sutiles pero relevantes. Se observa, por ejemplo, un cambio en las valoraciones que la participante otorga al enunciado I9: “La observación es fundamental para todas las ciencias” relacionado con el rol de la observación. Al inicio de la intervención en el CL1, la participante valoró el enunciado con "Algo de acuerdo", mientras que al finalizar en CL2, la valoración cambió a "Muy en desacuerdo". Esta percepción inicial de la observación como la única forma válida también se evidenció también en la UA extraída del Diario de Campo del Participante (DCP-E2-2).

Empecé esta práctica hablándoles del ciclo de vida de las moscas, y posteriormente de lo que se encontraría cada uno en su puesto de trabajo, más lo que se suponía ellos debían observar y realizar en el laboratorio. Los estudiantes estuvieron motivados, aunque se les dificultó estar atentos durante la explicación. En la siguiente hora tuve otro laboratorio de moscas pero esta vez con 9C, en el que realicé la misma explicación; los estudiantes tuvieron un comportamiento muy similar y ambos grupos pudieron concluir la práctica de la manera esperada.(DCP-E2-2).

De forma similar a las valoraciones del Cuestionario CL1, este fragmento de la actividad realizada por la participante permite evidenciar el papel que le otorga a la observación. En particular, la forma en la que la participante orienta la actividad experimental en estos primeros momentos de su PPVIII, corresponde a su propia visión sobre el rol que juega la observación en la comprensión de fenómenos. Según Tamayo et al (2010), “parece claro que los modelos de enseñanza empleados por los profesores responden a las creencias y supuestos que ellos tienen; en consecuencia, las formas de proceder en el aula, los juicios y las valoraciones son coherentes con estos modelos intuitivos de enseñanza” (p.135). Si la participante asume inicialmente que la observación, es una actividad mediada por los órganos de los sentidos y que ésta nos informa acerca del mundo y de los fenómenos que en él suceden, de esta forma orientará su ejercicio de enseñanza.

Otro elemento que apoya lo que se viene discutiendo sobre la forma en la que la participante asume la experimentación en los procesos de construcción de conocimiento, se evidencia en una de las anotaciones realizadas por la participante en su Diario de Campo (DCP). En el describe una actividad realizada con uno de los grupos de noveno grado.

Cada grupo debía tener su diagrama de flujo con la claridad de los pasos a seguir, así que los leyeron y empezaron a solicitarnos los reactivos, la idea era que hicieran dos filas, una para los sólidos y otra para los líquidos, esto con el fin de que no se contaminaran los reactivos por una mala manipulación por parte de los estudiantes, yo fui la encargada de dispensarles los reactivos en estado sólido lo que me tuvo ocupada toda la sesión. (DCP-SI-E2-2).

Este tipo de prácticas podrían asociarse con una experimentación tipo recetario, propia de una visión teoreticista que la participante podría tener. Como se indicó en el caso anterior, y retomando de nuevo los referentes conceptuales, existe una dificultad en la forma de signicar la naturaleza de los procedimientos desde esta perspectiva. Esta perspectiva del rol que tiene la experimentación en la naturaleza de los procedimientos científicos puede asociarse con uno de los enunciados del énfasis teórico: “Las teorías sirven para orientar las observaciones, es decir, las teorías nos dicen qué podemos ver” (I2), donde la valoración dada de “Ni de acuerdo, ni desacuerdo” evidencia que no es relevante para esta participante la relación de paridad que se puede

establecer entre la teoría y la práctica para el desarrollo de actividades experimentales y por consiguiente para la construcción de conocimiento científico escolar.

Sin embargo, al transitar por el proceso formativo es posible evidenciar una transformación en la forma en como se asume la actividad experimental. Las siguientes UA, extraída del DCP, permiten identificar estos cambios:

A mi parecer, la parte experimental de esta sesión ha sido una de las más adecuadas hasta ahora. Esto debido a que, primero, los estudiantes tuvieron la oportunidad de realizar mucha exploración, juntaban diferentes lupas para poder ver mejor, se emocionaban con sus observaciones y las querían compartir con los demás integrantes y con nosotras las profesoras. En segundo lugar, porque fue una actividad muy vinculada al desarrollo histórico del microscopio, lo que les permitió ligarse a la historia y sentir que ellos mismos estaban haciendo descubrimientos. En un principio, al empezar a planear las unidades didácticas yo estaba dudosa porque justo esta actividad experimental me parecía muy sencilla y pensaba que tal vez no le iba a gustar mucho a los estudiantes. Ahora entiendo el valor de estas actividades simples pero que requieren mucha participación y autonomía por parte de los estudiantes, y que además tienen mucho potencial en cuanto al aspecto de motivación en los chicos. (DCP-E2-2-SIII).

Pudimos observar durante esta sesión que la experimentación cualitativa-exploratoria puede tener, además de los pros que ya se han abordado en el trabajo escrito [hace referencia al TG], beneficios en cuanto al aspecto emocional de los estudiantes durante la experimentación. Los chicos y chicas al ver que tienen autonomía y control en su proceso, que sus aportes e ideas importan en el grupo y que hay cabida al error y la repetición, se ven motivados y emocionados con las actividades. (DCP-E2-2-SIII).

Ambas UA permiten identificar asuntos relevantes. Primero, se reconocen las potencialidades de la experimentación cualitativa y exploratoria. Segundo, se hace uso de la HC para acompañar la actividad experimental. Tercero, se vinculan las emociones a este tipo de

experimentación, un aspecto novedoso que merece atención. La relación entre experimentación y emociones es importante porque estas pueden influir en la forma en que los estudiantes perciben y participan en actividades científicas. La experimentación cualitativa y exploratoria, que a menudo implica descubrimiento y creatividad, puede generar entusiasmo, curiosidad y un sentido de logro.

Se suma a estaS UA las respuestas obtenidas en el CL1-CL2, en el ítem 41: “Existe una relación equilibrada entre la experimentación y la teoría para la construcción conceptual” (I41), para el cual en el CL1, se le otorga una valoración de “Ni de acuerdo, ni desacuerdo”, mientras que al finalizar la intervención, en el CL2, su valoración pasa a ser “Muy de acuerdo”. Ese cambio en las valoraciones otorgadas por la participante reafirman el valor que le otorga a la relación de complementariedad entre la teoría y la práctica. La valoración "Ni de acuerdo, ni en desacuerdo" denota la poca relevancia que este ejercicio dialéctico tenía al inicio, en contraste con su postura final.

### ***5.2.2. Categoría 2: Los ECH como recurso para la formación docente***

La formación docente debe abordarse desde una perspectiva integral que permita el reconocimiento de los tres niveles que agrupa el CPP: el disciplinar, el epistemológico y el didáctico (Adúriz-Bravo, 2005). En primer lugar, es fundamental valorar la comprensión de los elementos conceptuales de las disciplinas específicas que los docentes enseñan, hecho que implica que no solo es importante comprender el contenido disciplinar específico, sino también entender su estructura y sus conexiones con otras áreas del conocimiento; en segundo lugar, a nivel epistemológico, se destaca la importancia de comprender cómo se produce y valida el conocimiento; en tercer lugar, es esencial reflexionar sobre cómo se enseña esa disciplina específica.

Como se señaló en el capítulo IV, la investigación tuvo ciertas particularidades respecto a los casos seleccionados y analizados. Por una parte, en el caso C1, docentes de ciencias naturales en BP en ejercicio con una amplia trayectoria docente y, por consiguiente, con una mayor experiencia didáctica, pero con escasa formación disciplinar y epistemológica. Por otra parte, en el

caso C2, docentes de ciencias naturales en formación con un conocimiento solvente en las dimensiones disciplinar y epistemológica, pero con escasa experiencia didáctica. Dichas particularidades posibilitaron configurar un presupuesto, a saber: la HC, contextualizada a través de ECH, se podría constituir en un importante recurso para mejorar la formación docente en ambos grupos de profesores, atendiendo a sus particularidades, es decir, favoreciendo la formación disciplinar y epistemológica para los profesores de caso C1, y contribuyendo a la formación didáctica para los docentes del caso C2. Como se ha mostrado a través de la categoría anterior, este presupuesto se ha venido confirmando y se profundizará aún más en ello en la presente categoría.

Los instrumentos utilizados para registrar información sobre esta categoría incluyen el DCP, C y Documentos (Doc2). Este último instrumento fue especialmente importante, ya que, permitió identificar cómo los participantes del caso relacionaban los elementos discutidos en el marco conceptual; con relación a la NOS, los ECH vinculados con la experimentación y el enfoque didáctico basado en prácticas científicas.

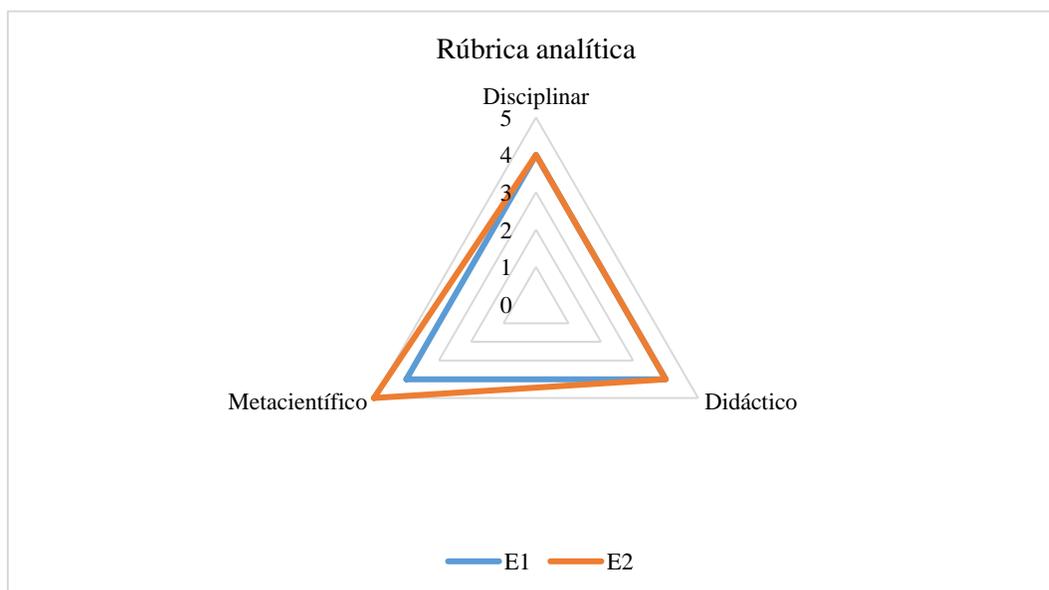
El ejercicio de análisis que aquí se presenta examina minuciosamente el trabajo realizado por dos grupos, E1 y E2, que conforman el caso de estudio. Aunque se integran diversas técnicas en el diálogo, el análisis se centra en el Doc 2, que corresponde al informe final del proyecto de investigación que los grupos debían de proponer y desarrollo en el marco de su Práctica pedagógica, y que se constituyó en su Trabajo de Grado para optar al título de Licenciados en Ciencias Naturales. Como se describió en la metodología, para otorgar una valoración al Doc 2 se utilizó una rúbrica analítica (Anexo 8), a través de la cual evaluaron ciertos criterios asociados a los tres componentes del CCP (disciplinar, didáctico y metacientíficos), valorados según tres niveles: medio, alto y superior (equivalentes los valores 1, 3 y 5, respectivamente, en una escala de 1 a 5).

En la Tabla 22 se presentan los criterios considerados, asociados a las dimensiones del CCP, y se muestran los resultados obtenidos tras el ejercicio evaluativo.

**Tabla 22.** Sistematización de la valoración rúbrica analítica

|                       | CRITERIOS  | E1 | E2 |
|-----------------------|--|----|----|
| <b>Disciplinar</b>    | Demarcación del contexto disciplinar   | 3  | 5  |
|                       | Identificación de la génesis y desarrollo histórico de un fenómeno biológico   | 3  | 3  |
|                       | Relación entre la génesis de fenómenos biológicos con las normas técnicas curriculares del contexto.                         | 5  | 5  |
|                       | <b>Promedio</b>  | 4  | 4  |
| <b>Didáctico</b>      | Recontextualización de textos de primera fuente.   | 4  | 4  |
|                       | Originalidad y creatividad en la recontextualización   | 5  | 5  |
|                       | Incorporación de estrategias pedagógicas diversificadas y adecuación para diferentes niveles educativos.                     | 3  | 3  |
|                       | <b>Promedio</b>  | 4  | 4  |
| <b>Metacientífico</b> | Relevancia de los fragmentos históricos para discutir elementos epistémicos.   | 5  | 5  |
|                       | Reconocimiento de una relación de paridad entre la teoría y práctica para la construcción de conocimiento científico escolar | 3  | 5  |
|                       | Identificación de elementos socio-epistemológicos en la construcción de conocimiento.  | 5  | 5  |
|                       | <b>Promedio</b>  | 4  | 5  |

**Gráfica 15.** Resultados rúbrica analítica del Doc2.



Como se indica en la gráfica 15, cada uno de los equipos que conforman el caso obtuvieron en la valoración niveles altos y superiores, siendo mucho mayor la valoración del equipo E2 en comparación con E1. Los componentes; didáctico y disciplinar alcanzan valoraciones similares,

esto debido a que las secuencias didácticas que ambos grupos propusieron cumplieron de forma satisfactoria con los criterios de valoración y obteniendo los niveles más altos.

En particular, la recontextualización de los fragmentos históricos fue efectiva y facilitó de manera clara y coherente la adaptación de su fuente de origen al contexto de implementación para comprensión de los fenómenos biológicos.

Este ejercicio de recontextualización fue notablemente original y creativo, además de preservar las discusiones epistemológicas sobre fenómenos biológicos. Según lo descrito en el marco conceptual, la recontextualización debe tener claro "el movimiento del contexto primario de producción discursiva al contexto secundario de reproducción discursiva" (Bernstein y Díaz, 1985, p.43). Con esta definición en mente, los textos de primera fuente son aquellos escritos por científicos(as). Sin embargo, en esta investigación también resultan útiles las narraciones realizadas por algunos historiadores, que, aunque no son estrictamente primarias, analizan y comentan textos de científicos(as).

Así, el contexto de origen utilizado por el equipo E1 fue la narrativa de Acevedo-Díaz y García-Carmona (2017) sobre Rosalind Franklin y la estructura molecular del ADN. Por su parte, el equipo E2 utilizó como contexto primario los trabajos de Latour (1995) sobre Louis Pasteur. Esta elección del contexto primario hizo que la valoración obtenida en este ítem no fuera más alta. Según la definición estricta de los autores de referencia (Bernstein y Díaz, 1985), la máxima valoración (5) se otorga a la utilización de textos de primera fuente, mientras que el uso de textos de historiadores o didactas se sitúa en un nivel intermedio (4).

El contexto secundario, para ambos equipos, fueron los contextos educativos donde los participantes del caso desarrollaron su Práctica Pedagógica, focalizados en un nivel y grado educativo específico, y atendiendo a las organizaciones curriculares particulares.

Siguiendo Bernstein y Díaz (1985), la recontextualización se realiza en un entorno particular conocido como "contexto de recontextualización", el cual organiza un campo o parte de

él, donde las posiciones, actores y métodos regulan cómo los textos se transmiten entre el contexto original y el contexto educativo. Estos textos creados incluyen elementos, temas, declaraciones y teorías que han sido previamente identificados con una intención pedagógica, es por ello por lo que deben guardar relación con las normas técnicas curriculares donde se estén utilizado.

El equipo E1 utilizó como estrategia para la recontextualización un diálogo entre algunos personajes que relatan la historia de la construcción de la estructura del ADN, mientras que el equipo E2 utilizó la experimentación de tipo cualitativa y exploratoria sobre la sofisticación de los medios de cultivo y la invención del microscopio. Sin embargo, aunque ambos equipos exhibieron cierto grado de adaptación y contextualización de los fragmentos históricos para los niveles educativos correspondientes, esta adaptación pudo ser más detallada y precisa, en particular, con relación a las necesidades y capacidades de los estudiantes en diferentes etapas de aprendizaje.

Respecto a la dimensión del saber didáctico, Adúriz-Bravo (2002) resalta que es necesario proponer espacios formativos que velen por la sincronización de los contenidos disciplinares, pedagógicos, y didácticos que los docentes reciben tanto en su formación como en su práctica. Es por ello que, durante el proceso formativo, se realizan ejercicios de discusión sobre la HC similares a aquellas del caso C1.

Así, la HC provee lo que se denomina una "contextualización" para las concepciones epistemológicas (Adúriz-Bravo, 2005). La epistemología necesita aplicarse a contenidos científicos, y la narración de la ciencia es una fuente inagotable de ejemplos paradigmáticos de creación de contenidos con diversos niveles de complejidad. Por su parte, la sociología de la ciencia contribuye con una clara advertencia contra el dogmatismo y el cientificismo de las visiones tradicionales sobre la ciencia. Teniendo esto como referente, a continuación se presentan dos UA extraídas del Taller Investigativo que permiten evidenciar el ejercicio realizado por el caso.

La primera UA (PE1-E1/PE1-E2), corresponde a una actividad en la que se observó un video, asociado al ECH elegido, denominado *Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo*, y se les solicitó a los participantes del caso realizar una portada de periódico. A cada equipo

se le otorgó un énfasis, siendo para el equipo E1: el papel de la experimentación y para equipo E2: El contexto social y cultural. La segunda UA (PE2-E1) corresponde a un ejercicio de recontextualización realizado por E1, luego de leer la controversia entre Pasteur y Pouchet. (Figura 21)

**Figura 21.** Producción escrita de E1 Y E2. Transcripción de portada de periódico.

The figure shows two hand-drawn newspaper covers. The first, labeled PE1-E1, is titled 'SCIENCE Exotiques' and discusses the discovery of anthrax by Louis Pasteur. It compares an empirical method using rabbits and eyes of oxen with a more methodological approach using inoculation. The second, labeled PE1-E2, is titled 'LA GUERRE' and discusses the discovery of the germ of anthrax by Robert Koch during the invasion of France by Germany. It highlights the scientific method over empirical methods and mentions the development of the Pasteur vaccine.

**PE1-E1**

*Médico poco reconocido usa un sistema empírico que se basa en usar conejos, ojos de Buey en la estancia de su casa...  
Con la gran ayuda de su hija descubre el origen de la enfermedad del carbunco.*

*Pasteur ya en un sistema más metodológico (la inoculación) da razón a la vacuna contra la enfermedad del carbunco.*

**PE1-E2**

*Empirismo VS método científico*

*Koch y Pasteur.  
Dos científicos de diferentes orígenes. El método científico sobre una creatividad empírica.*

*Alemania invade Francia  
La guerra continua*

*No se reconoce el descubrimiento inicial de Koch que impulsa las publicaciones de Pasteur.*

Al analizar los enunciados elaborados por los participantes, se pueden inferir algunos elementos importantes. Si bien este primer ejercicio permitió discutir los elementos

epistemológicos de interés y resaltar el papel de la experimentación y el contexto donde tiene lugar la controversia en el desarrollo de conocimiento científico, aún se tiene una visión epistemológica de tipo empirista y un tanto científicista, perspectiva que puede identificarse en expresiones como: “Empirismo VS método científico” y “descubrimiento”. Izquierdo (2000) menciona, al respecto, que el modelo predominante de la ciencia a mediados del XX privilegiaba el método científico como recurso verificador del conocimiento. Estableciendo relaciones de esta visión sobre la ciencia con el papel que juega la experimentación en la construcción del conocimiento, es posible afirmar que este modelo de racionalidad científica presentaba la experimentación y la teoría de forma separada, siendo la experimentación subsidiaria de la teoría. Al reconocer que la ciencia no opera de esta forma, se “evolucionó hacia la aceptación de que la experimentación y la teoría se condicionan de tal modo que resultan difícilmente separables” (Izquierdo, 2007, p.33). Es de anotar que este ejercicio fue una de las actividades iniciales que se realizaron, razón por la cual aún persistían estas visiones sobre la ciencia, tal como se discutió en la categoría anterior.

Posteriormente, apoyada en el ECH con énfasis en la actividad experimental, se realizó otra actividad a través de la cual fue posible movilizar transformaciones en las visiones que presentaban los participantes sobre la relación teoría-práctica, así como también respecto al papel de los instrumentos en la comprensión de fenómenos (Figura 22). La actividad desarrollada era similar a la realizada en el C1, consistía en identificar si la levadura, era o no, un SV. Para ello, disponían de varios elementos y debía proponer un procedimiento que les permitiera llegar a conclusiones sobre este asunto.

**Figura 22.** Registro fotográfico del trabajo realizado con docentes en formación.



Este cambio en las concepciones sobre la relación teoría-práctica se evidencia en otra UA correspondiente al equipo E2, donde las participantes incorporan en su TG, actividades de este tipo. En particular, identifican en la génesis de la microbiología un campo útil para diseñar actividades experimentales cualitativas y exploratorias, fomentando una relación de paridad entre teoría y práctica. La siguiente UA permite identificar estos aspectos.

Puntualmente, en cuanto a los instrumentos, se destacan los medios de cultivo hechos con agar-agar en cajas de Petri y el microscopio, ya que estos fueron claves en las actividades del semillero que permitieron construir conceptos acerca de la microbiología y a su vez, tienen un papel fundamental en el desarrollo histórico de esta disciplina. [...] Es aquí donde entra la importancia del abordaje de los microorganismos y su impacto en la vida cotidiana, lo que permite a los participantes extrapolar estos conocimientos a otras situaciones de su vida y posteriormente les ayuda a tomar decisiones basadas en conocimientos científicos. (Doc\_E2)

Esta UA permite reconocer la transformación del papel que se le otorga a la actividad experimental, en particular respecto a los instrumentos. Tal y como se describió en el marco conceptual, la experimentación exploratoria está presente en las primeras fases del desarrollo de una ciencia. En la medida que esta clase de experimentación acontece cuando se está aún lejos de tener conceptos y principios teóricos adecuados y bien desarrollados, su finalidad principal es la identificación y estabilización de regularidades empíricas en alguna clase particular de fenómenos (Steinle, 2002). En la UA se puede inferir que las participantes del caso reconocen en el desarrollo de microbiología este tipo de experimentación, por tanto, ven como un campo potente llevarlo a sus contextos de práctica.

La segunda UA (PE2-E1) permitió identificar cómo se realizó ejercicio formativo entorno a los usos de la HC para la enseñanza; la constituye la siguiente narrativa realizada por equipo E1, donde se le solicitó que elaborara la recontextualización de la controversia entre Pasteur y Pouchet, sobre el origen de la vida, con el propósito de presentarla en la enseñanza de la básica primaria.

**¿Cómo vemos los gérmenes la vida?**

Érase una vez, un grupo de microbios que vivían en París estaban escuchando una discusión acerca de su origen entre dos señores. Uno de **aspecto barbado, malacara** y con unas medias gafas, se llamaba Pouchet, el otro **más joven y muy buen conversador** se llamaba Pasteur [...]

**Narrador:** En fin, estos microbios estaban muy curiosos por esa discusión y querían saber lo que decían estos señores.

**Hijo Microbio:** Lo que están hablando esos dos señores, acerca de cómo surgió la vida. El señor que se llama Pouchet dice que la vida surge de la nada, como por arte de magia, mientras que Pasteur creía que la vida solo proviene de la vida”.

**Mamá Microbio:** Interesante, hijo. También estoy escuchando y es algo interesante por lo que **ellos pelean**, pero hablan acerca de la experimentación. Pouchet hacía experimentos en los que ponía cosas como paja y trozos de carne en frascos y los sellaba herméticamente. Decía que, después de un tiempo, veía pequeños bichitos en el interior de los frascos, ¡como si hubieran aparecido de la nada! Estaba convencido de que esto probaba que la vida podía surgir por sí sola.

**Hijo Microbio:** Mamá, ¿tú crees que venimos de la nada? Porque yo veo que yo vine de ti y los bichos que ellos dicen son muchísimo más grandes que nosotros.

**Mamá Microbio:** Es que es difícil, hijo, porque ellos vienen de estos primos lejanos de nosotros que son las células eucariotas, pero ambos venimos de otras moléculas que no tienen vida, pero que juntas crean seres vivos como nosotros. Por ejemplo, mira a Pasteur, no está de acuerdo. Él piensa que los bichitos que aparecen en los frascos de Pouchet vienen del aire y no de la nada. Al parecer, Pasteur está diseñando un experimento ingenioso. Mira que está creando unos matracos de cuellos largos y delgados.

**Hijo Microbio:** Mira mamá, está calentando el contenido de los matracos y, lo más importante, dobló el cuello de algunos de ellos en forma de S, de manera que el aire no pudiera entrar fácilmente. A otros matracos les dejó el cuello recto.

**Narrador:** Y así terminó la historia de la gran pelea entre Pasteur y Pouchet, que nos enseñó que, en la ciencia, a veces hay que hacer experimentos muy ingeniosos y **que los aliados nos pueden ayudar mucho**. Louis Pasteur nos mostró que la vida no aparece de la nada, sino que siempre viene de algo vivo, y eso cambió la forma en que entendemos el mundo. Pouchet nos enseñó que era un gran habilidoso para la experimentación y por eso merece su **respeto y reconocimiento en la comunidad**, y que gracias a todas estas controversias conocemos como funciona la ciencia. (PE-E1-1 y E1-2)

En esta UA es posible identificar cómo los participantes incorporan lo discutido en el proceso formativo. En efecto, el ECH reconstruido por las participantes, denota una apropiación de los elementos constitutivos de este tipo de relatos para la explicitación de aspectos asociados a la NOS.

En este sentido, en el marco conceptual se mencionó que estas narrativas se definen como aquellos relatos que corresponden a hitos sobre el desarrollo de las ciencias. Estos se configuran en una serie de acontecimientos de un relato más amplio y que fueron relevantes para la génesis de un fenómeno en consideración. En esta UA se puede identificar los aspectos relevantes de la controversia entre Pasteur y Pouchet sobre el origen de la vida, posibilitando, a través de su narración, discutir elementos asociados a la naturaleza del conocimiento (coexistencia de teorías rivales) y naturaleza de los procedimientos (experimentación), así como también elementos socio-epistemológicos como la personalidad de los científicos y el papel de la comunidad científica.

Con relación a este último elemento, en la trama narrativa propuesta, es posible identificar personajes (científicos) con diferentes roles, así como también se puede apreciar de forma explícita el carácter humano de la ciencia, las personalidades de los científicos y sus rivalidades, intereses y asociaciones. Expresiones como “aspecto barbado, malacara”, “más joven y muy buen conversador”, “ellos pelean”, “que los aliados nos pueden ayudar mucho” y “respeto y reconocimiento en la comunidad” posibilitan que el público receptor pueda identificar cómo la personalidad del científico influye en el desarrollo de los sucesos históricos y el papel que tiene la comunidad científica en la construcción de conocimiento.

En el ámbito epistemológico, se destaca la provisionalidad del conocimiento científico y la disputa entre teorías rivales: “biogénesis y abiogénesis”. Así, este ECH evidenció cómo las teorías científicas pueden ser reevaluadas, discutidas y modificadas, a la vez que, a través suyo, se resalta la importancia de la experimentación en la ciencia, al ejemplificar los procedimientos realizados por Pasteur y Pouchet.

Otro elemento importante de la narrativa es que valora los aportes de ambos científicos indiferenciadamente; esto se evidencia en la parte final donde mencionan “Louis Pasteur nos mostró que la vida no aparece de la nada, sino que siempre viene de algo vivo, y eso cambió la forma en que entendemos el mundo. Pouchet nos enseñó que era un gran habilidoso para la experimentación y por eso merece su respeto y reconocimiento en la comunidad, y que gracias a todas estas controversias conocemos como funciona la ciencia”. Respecto a este asunto se retoman las ideas de Latour (1991), quien señala que no es fácil definir ganadores y perdedores en esta controversia debido a las particularidades socio-epistémicas que tuvieron lugar en su desarrollo.

Por último, es posible identificar que el ejercicio de recontextualización es original y creativo, a la vez que salvaguarda las discusiones epistemológicas y socio-epistemológicas sobre el origen de la vida. Además, se evidencia que se adapta al nivel educativo que se le solicita, demostrando una comprensión de las necesidades y capacidades de los estudiantes en diferentes etapas de aprendizaje.

Aduriz-Bravo (2002) menciona que es necesario velar por una formación en ciencias con reflexiones epistemológicas que exalten los logros de las ciencias, pero también explicita sus obstáculos y los aspectos internos y externos a las comunidades científicas. Sin duda, las reflexiones de tipo epistemológico permiten discutir elementos del saber disciplinar y didáctico. Al utilizar la HC, es posible generar reflexiones sobre qué es la ciencia y cómo funciona, reconociendo su naturaleza.

Ahora bien, como se viene mencionando, es necesario establecer una sincronización de los contenidos disciplinares, pedagógicos y didácticos que los docentes reciben en su formación con su práctica docente. Es por ello que, a continuación, se presentan dos UA que corresponden a la estructura de propuestas de enseñanza realizadas por los participantes para ser implementadas en contextos de aula, fundamentadas en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas propuesto de García-Carmona (2021), el cual es considerado como un enfoque interesante para la discusión sobre la NOS en contextos escolares. En tales propuestas de enseñanza se incorpora explícitamente la HC para la alfabetización científica escolar.

Figura 23 Enfoque didáctico E1.

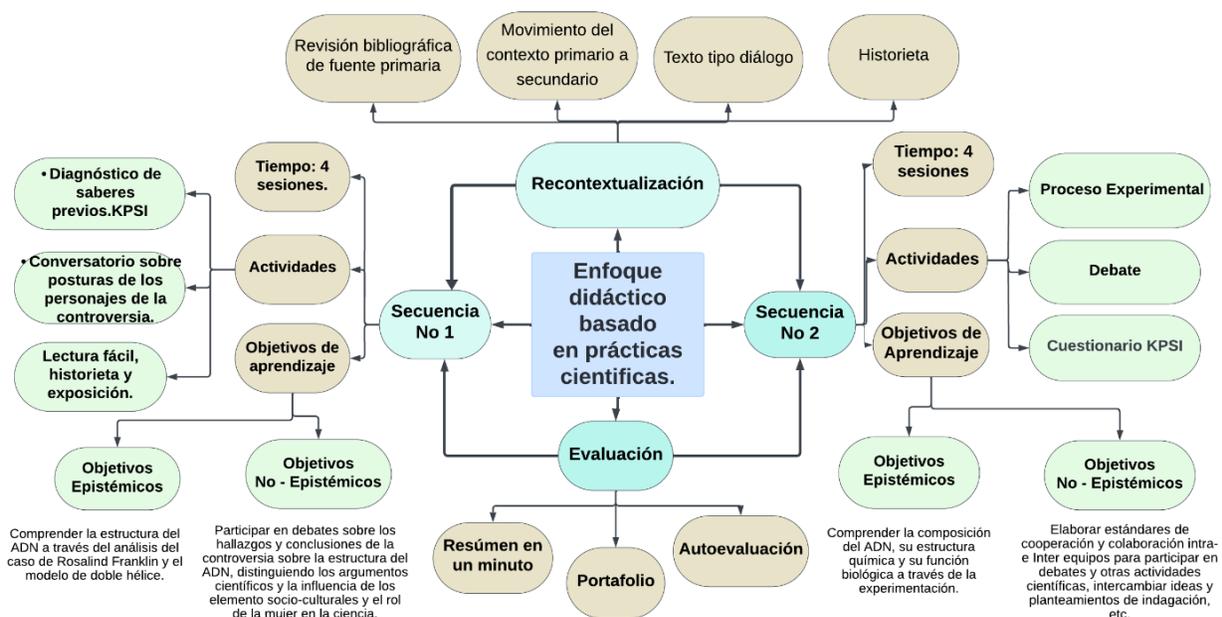
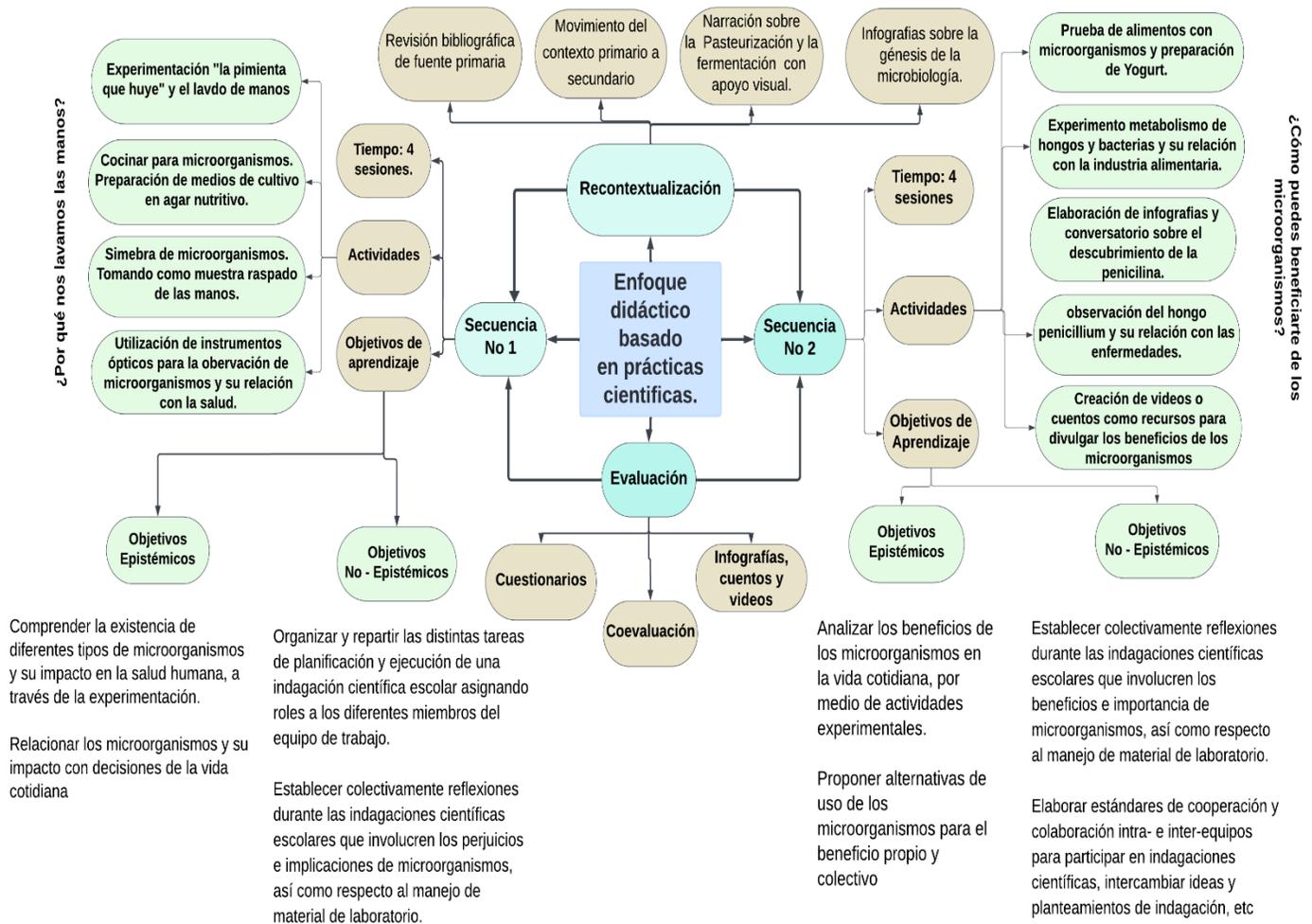


Figura 24. Enfoque didáctico E2.



Retomando nuevamente los criterios de la rúbrica analítica, a continuación, se describen algunos elementos relevantes sobre la intervención realizada por el caso.

Con relación al componente disciplinar, cada uno de los dos equipos que constituye el caso, seleccionaron un contexto disciplinar, siendo para E1, la comprensión de la estructura del ADN y para E2, el desarrollo de la microbiología. Cada uno de ellos, rastreó diferentes fuentes que les permitió tener una comprensión del desarrollo histórico de cada uno de los temas y establecieron relaciones con las normas técnicas curriculares del contexto donde realizaron la intervención. Como se indicó en el apartado 4.2 sobre el ejercicio descriptivo, uno de los criterios para

seleccionar a los participantes de este caso fue la elección de contenidos disciplinarios relacionados con la biología, especialmente aquellos asociados a las características de los sistemas vivos. A partir del contenido conceptual seleccionado por ambos equipos, es posible discutir el enfoque informacional y autoorganizativo. Un elemento importante presente en ambos casos es la diversificación de las estrategias utilizadas, lo cual promueve la participación y la presentación de la información de múltiples maneras. Además, esta diversificación está en consonancia con la propuesta de la autora Pujol (2003), quien sostiene que la enseñanza en ciencias debe fomentar el pensamiento, el habla, la acción, el trabajo en interacción y la autorregulación del aprendizaje. En relación con este último aspecto, también se valora la implementación de una evaluación formativa que incluye elementos como la autoevaluación y la coevaluación.

Ambos equipos llevaron a cabo ejercicios de recontextualización, como se indicó anteriormente. No obstante, se identificaron algunas diferencias en este aspecto. El equipo E1 empleó diversas estrategias, las cuales se describen en la Figura 24. Entre ellas, se destacan las siguientes: primero, presentaron un texto en formato de diálogo en el que, durante una conversación casual, se discutía la controversia entre Rosalind Franklin y Watson y Crick. Esta actividad central fue complementada con una historieta enfocada en la discusión de elementos socio-epistemológicos, especialmente el rol de la mujer en la ciencia. La tercera actividad consistió en una práctica experimental en la que se extrajo ADN de algunas frutas. Aunque esta actividad no permitió observar la estructura del ADN, sí facilitó la identificación de sus filamentos precipitados. Todas estas estrategias se utilizaron para lograr una comprensión disciplinar del tema y el reconocimiento de cuestiones socio-epistemológicas. Finalmente, realizaron un debate crítico en el que se formaron dos equipos con posturas opuestas: uno a favor de Rosalind Franklin y otro de Watson y Crick. En la Figura 26 se presentan algunos hallazgos obtenidos por el equipo E1 durante sus intervenciones, como apoyo a este análisis.

**Figura 25.** Intervención realizada por E1.

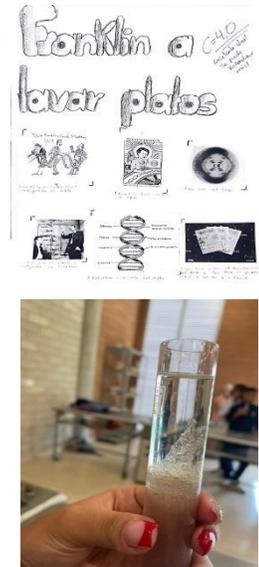
Para esta parte del debate, se mencionaban los modelos del ADN

**A4** : “Ciertamente el modelo de triple hélice que produjeron Watson y Crick fue el más cercano y coherente cuando no había otros”.

**B2**: "En base a los estudios de Rosalind Franklin. Es correcto decir que el modelo de triple hélice es químicamente incorrecto, y en base a esto Rosalind Franklin, En 1952. Publicó un informe científico(...) donde publicó sus estudios y mediciones exactas que le permitirán llegar al modelo de doble hélice”. (...) Retomando a la importancia del modelo de tres hélices, el participante A4 dice: “En ese momento era el más cercano...Más aproximado”

**B1**: De hecho, eso es mentira porque Franklin había propuesto el modelo de doble hélice antes de que Watson & Crick propusieran el de triple hélice”

**B3**: “En esa estructura de tres hélices, Rosalind hizo muchas observaciones y se dio cuenta que no era nada viable ya que tenía muchos errores que había que tener en cuenta”. (DEBB3)



**Nota:** Se respeta la transcripción literal de los participantes

Como se ha mencionado, la forma en la que se significa la ciencia tiene correspondencia con la forma que se enseña. Es por esta razón, que las secuencias didácticas que realizan los participantes permiten identificar apuestas significativas sobre NOS. La siguiente UA fue retomada del TG del equipo E1, en el aparatado de conclusiones y permite confirmar esta afirmación.

Específicamente, el uso de controversias científicas acerca de la estructura del ADN favoreció al desarrollo de habilidades del pensamiento crítico al basarse en características discursivas que corresponden a lo dialógico y lo dialéctico; es a partir de estas estrategias dialógicas como lo es el debate, que este tipo de enfoque y el uso de la HC permiten un intercambio de ideas de acuerdo con dos posturas definidas: una de ellas a favor de Watson y Crick y la otra a favor de Rosalind Franklin. Es a partir de estas posturas que se desarrolla la capacidad de formular preguntas, contra preguntas y contraargumentos y es posible dilucidar asuntos epistémicos y no epistémicos en la HC. (DOC2-E1)

Pasando al equipo E2, se destaca que utilizó como estrategia de recontextualización narraciones tipo relatos acompañadas de imágenes para presentar la génesis de la microbiología, destacando el papel de la actividad experimental en este proceso. Este equipo empleó algunas de las estrategias e historiadores trabajados en el TI. La organización de las actividades (figura 25) se agrupó en dos conjuntos: el primero permitió discutir los perjuicios de algunos microorganismos a través de la pregunta ¿Por qué nos lavamos las manos?; el segundo tenía la intención de discutir los beneficios de los microorganismos mediante la pregunta ¿Cómo puedes beneficiarte de los microorganismos? Este equipo mostró interés por desarrollar la habilidad del siglo XXI asociada con la responsabilidad personal y social. Por ello, la organización de las actividades permitía discutir en todo momento la importancia de una alfabetización científica para la toma de decisiones fundamentadas en relación, por ejemplo, con la vacunación, el uso adecuado de medicamentos, hábitos de autocuidado, entre otros

Se ha evidenciado a lo largo de este apartado cómo el uso de ECH favorece la formación docente, posibilitando la confirmación de la existencia de una estrecha relación entre la forma en la que los docentes significan la ciencia y la forma en la que la enseñan. Como un apoyo a estas afirmaciones se presentan las siguientes UA extrañas del DOC2:

Como prospectiva, genera emoción la posibilidad de seguir aplicando este tipo de prácticas en la forma de enseñar HC, esta experiencia ha fortalecido el compromiso de los autores con la educación y ha mejorado su capacidad para inspirar a los estudiantes a explorar la historia de una manera más profunda y significativa adoptando metodologías innovadoras; lo anterior se considera, contribuye a crear un ambiente de aprendizaje estimulante y enriquecedor que preparará a futuros estudiantes a enfrentar los desafíos del mundo actual. [...]

[...] Con referencia a asuntos epistémicos y no epistémicos acerca de la HC y la NOS es posible resaltar en asuntos epistémicos el uso de la controversia, organizada y presentada a través de las secuencias didácticas como estrategia que contribuyó a la comprensión conceptual de la estructura del ADN las actividades de recontextualización fueron fundamentales en los procesos de adquisición de aprendizaje relacionados con

asuntos epistémicos y se evidencia cambios significativos en la apropiación conceptual de los estudiantes. Por otro lado, acerca de los asuntos no epistémicos, se puede observar que los elementos de la controversia se centran en su mayoría a aquellos asuntos de género, contexto social, relaciones interpersonales de los científicos, dando por hecho que reúne más elementos no epistémicos que epistémicos; incluso estos mismos se evidencian en los hallazgos que indican un número significativo de UA de estos asuntos. [...] (DOC-E1)

[...] Teniendo en cuenta las experiencias vividas en el semillero de microbiología, la información que se pudo registrar en ese espacio, y las reflexiones y el análisis que surgieron al poner en diálogo esto con la teoría, la HFC y nuestra visión como investigadoras, podemos decir que efectivamente la experimentación cualitativa exploratoria en la EC aporta al desarrollo de la responsabilidad personal y social y el trabajo colaborativo; ya que esto se evidenció en la manera en la que los participantes del semillero escolar de microbiología lograron, a partir de la experimentación y el trabajo en equipo, construir conceptos en torno a la microbiología, comprender su desarrollo histórico, recrearla en el laboratorio, y apropiarse de los conocimientos que ella brinda, para desde la relación y el trabajo con otros, tomar decisiones informadas y con sentido crítico en aras de alcanzar el bienestar propio y el colectivo. [...] (DOC-E2)

Las UA mencionadas evidencian las potencialidades que este tipo de enfoques puede ofrecer. A través del diseño y ejecución de su proyecto investigativo, y desempeñando el doble rol de docentes e investigadores, se alcanzaron conclusiones relevantes. Estas conclusiones permiten discutir aspectos tanto *de* las ciencias como *sobre* la ciencia en general. En cuanto a lo disciplinar, se evidencian la apropiación de conceptos como la “comprensión conceptual de la estructura del ADN” y la “construcción de conceptos en torno a la microbiología”. En lo que respecta a los elementos sobre la ciencia, se destacan aspectos como “la relación y el trabajo con otros, la toma de decisiones informadas y con sentido crítico para alcanzar el bienestar propio y colectivo”, así como el reconocimiento de “asuntos de género”.

Para finalizar este apartado, es importante destacar que el proceso formativo del caso 2 permitió empoderar a los participantes en su ejercicio docente. No solo se fortalecieron las prácticas de aula para enfrentar los múltiples retos de la educación actual, sino también su formación investigativa. En particular, los integrantes del E2 participaron en eventos académicos sobre didáctica de las ciencias, y su trabajo de grado fue valorado externamente, obteniendo la máxima calificación.

### **5.3. Tejiendo relaciones entre los casos**

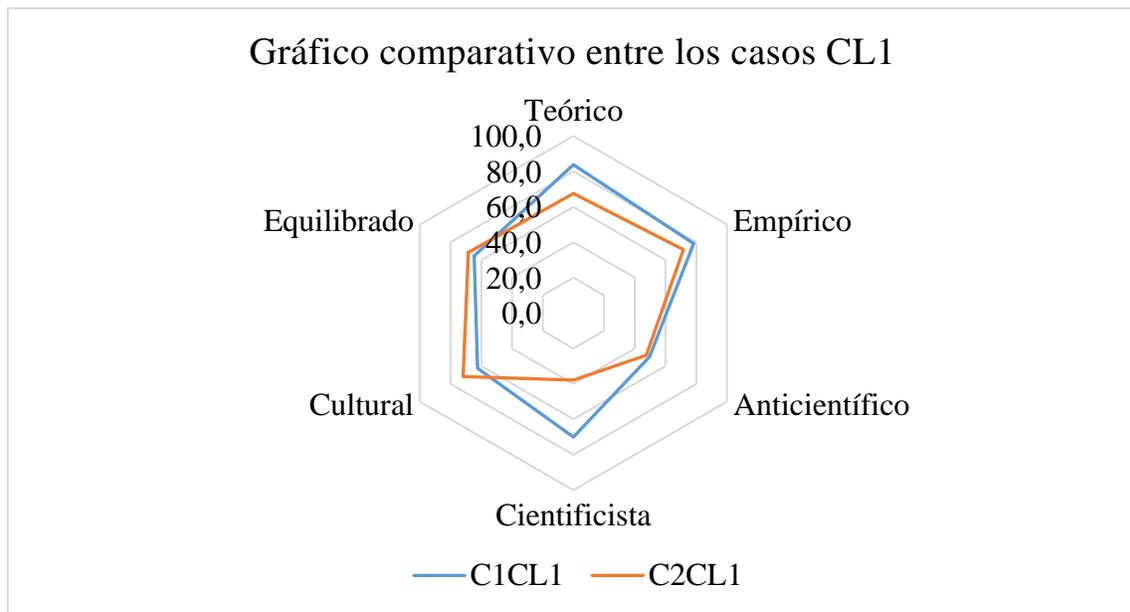
El ejercicio de sistematización y análisis de la información registrada permite identificar importantes relaciones entre los casos estudiados. A continuación, se discuten similitudes y diferencias en las VNOS que presentan los participantes de la investigación, tanto al inicio como la final de la intervención, puestas en relación con su formación precedente y los contextos particulares donde desarrollan su ejercicio docente. Complementariamente, fundamentados en estas relaciones identificadas, se examinan los aportes específicos del uso de ECH en el mejoramiento de los componentes disciplinar, epistémico y didáctico de su conocimiento y ejercicio docente.

Un primer aspecto a resaltar, tanto en el caso C1 de docente en ejercicio como en el caso C2 de docentes en formación, es la coexistencia de varios énfasis epistemológicos respecto a las concepciones sobre NOS. De la misma manera como lo reportan algunas investigaciones discutidas en el Marco Conceptual (Tamayo et al., 2010), los análisis de la primera categoría ponen en evidencia que cada uno de los participantes que conformaron los casos no presentan ideas en torno a qué es la ciencia y cómo funciona y se desarrolla la dinámica científica que correspondan a un único y exclusivo énfasis epistemológico, sino que sus concepciones sobre estos asuntos están distribuidas y “conviviendo” simultáneamente en los énfasis identificados, incluso a pesar de que algunos de ellos son contrarios entre sí.

Un segundo aspecto relevante es que, aun cuando se presenta dicha concomitancia en los énfasis epistemológicos, se identifica en los participantes una tendencia hacia ciertos énfasis

específicos. Tal tendencia, al inicio de la intervención, es por los énfasis: teórico, empírico y científico, en el caso C1, mientras que se da por los énfasis: cultural, empírico y equilibrado, y con una importante valoración también del teórico, en el caso C2. La gráfica 16 presenta la tendencia de tales énfasis al inicio de la intervención, para cada uno de los casos estudiados.

**Gráfica 16** Estudio comparativo entre CL1- C1 Y C2.



Estos hallazgos permiten afirmar el efecto que aún persiste de la “concepción heredada” de la filosofía de las ciencias (Izquierdo, 2000; Iglesias, 2002). De acuerdo con estas autoras, el modelo predominante de la ciencia a mediados del siglo XX privilegiaba el denominado método científico como único recurso válido para alcanzar (por vía inductiva o deductiva) el conocimiento científico. Desde esta perspectiva, el conocimiento teórico se obtenía a partir de la experimentación rigurosa siendo la ciencia un “conjunto organizado y validado de conocimientos que explican cómo es el mundo en que vivimos” (Izquierdo, 2000, p. 39), modelo que, según la autora, aún perdura al ser transmitido por las prácticas tradicionales de enseñanza y los medios masivos de comunicación. En efecto, esta concepción heredada del conocimiento científico resalta indistinta y separadamente la dimensión teórica y la dimensión empírica de la dinámica científica, asumiendo una relación de subordinación de la experimentación respecto de la teorización.

Los análisis adelantados en la primera categoría constatan, en este sentido, que los docentes en ejercicio y en formación tienen una importante tendencia a significar la teoría como un conjunto de verdades que son previas y orientan la investigación científica, o bien como un fin al que hay que llegar (énfasis teórico); la experimentación, por su parte, se concibe como un mecanismo para verificar y constatar hechos previstos por las teorías preexistentes, o como único procedimiento fiable para alcanzarlas (énfasis empírico). Es en este sentido que el “método científico” se configura como el recurso utilizado en la ciencia escolar para verificar las teorías; aunque en los casos estudiados no se hizo explícito el uso del término método científico, sí fue posible identificar el uso de la experimentación cuantitativa y guiada como un recurso para verificar o constatar los aspectos conceptuales enseñados.

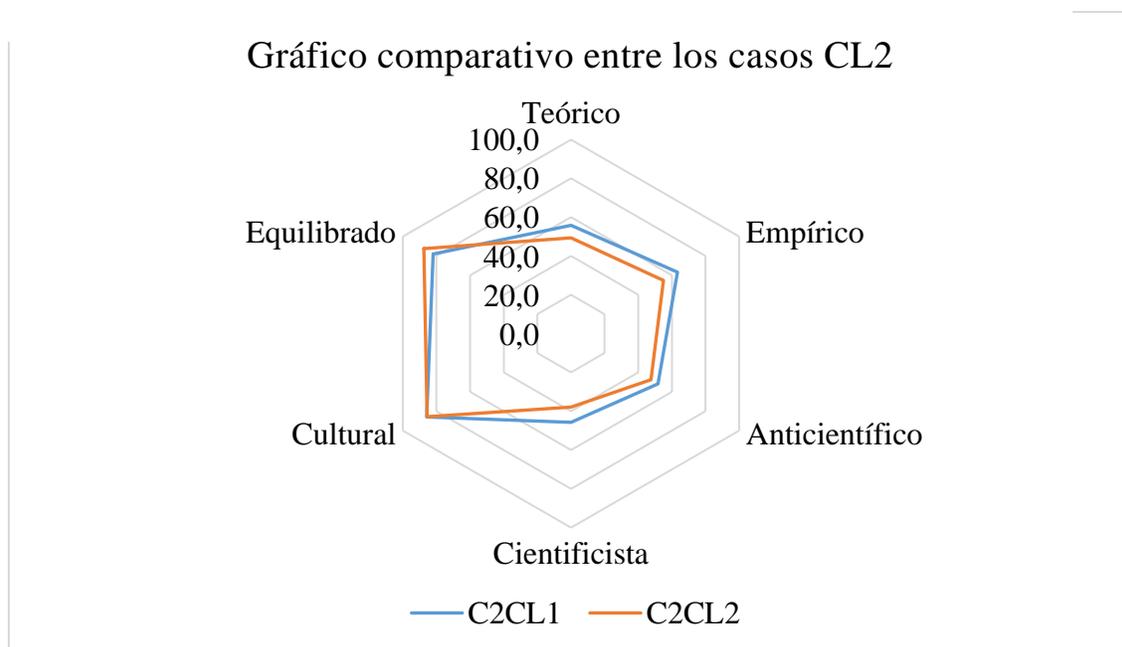
De forma complementaria a estas similitudes en las concepciones de ciencia de los casos estudiados, es relevante resaltar algunas diferencias identificadas. A este respecto, es importante destacar que, al inicio de la intervención, mientras que el caso C1 presenta mayores niveles que el C2 en los énfasis empírico, teórico y principalmente científicista, estos valores contrastan con los mayores niveles del caso C2 respecto al caso C1 para los énfasis cultural y equilibrado.

Esta habitual significación concepción heredada de la ciencia y su dinámica, explícita para ambos grupos de docentes a través de los énfasis teórico y empírico, así como las diferencias identificadas (mayor valoración en el énfasis científicista para el caso de los profesores en ejercicio de BP, caso C1, frente mayor valoración en los énfasis cultural y equilibrado para el caso de profesores en formación, caso C2), están relacionadas con la forma particular que los docentes aprenden ciencia, y que posteriormente replican en su ejercicio docente. Por una parte, para el caso C1, tal visión de ciencia deviene de sus concepciones espontáneas e ingenuas, en correspondencia con el hecho de ser docentes que no tiene una formación disciplinar en las ciencias, concepciones que a su vez son deformadas por la poco adecuada divulgación que realizan los medios masivos de comunicación. Por otra parte, para el caso C2, la tendencia a estos énfasis puede tener su origen en los programas de formación docente que habitualmente ofrecen una amplia formación disciplinar, con una cierta inclusión de reflexiones metacientíficas. En este último sentido, aunque –en el mejor

de los casos– en las recientes versiones de los programas de formación de profesores de ciencias se han mantenido algunos cursos relacionados con la historia, la filosofía o la sociología de las ciencias, estos no son suficientes para desarrollar una visión adecuada sobre la NOS desde el dominio específico; se suma a esto, que ciertos en programas de formación, como al cual pertenecen los participantes del caso C2, no existen cursos específicos de HFC sino que dichas reflexiones se abordan desde la Práctica Pedagógica, situación que si bien es importante resulta insuficiente a la hora de formar una concepción de ciencia crítica y más fiel a los desarrollos contemporáneos y a las reflexiones de la dinámica científica.

Luego de realizar el ejercicio formativo propuesta en la investigación, a través del TI fue posible identificar cambios significativos en la forma que los docentes participantes de ambos casos conciben asuntos de la NOS. En la gráfica xx se presentan los resultados de la sistematización del CL2 para ambos casos, C1 y C2.

**Gráfica 17.** Estudio comparativo entre CL2- C1 Y C2.



Como se evidencia en la gráfica, es posible identificar una notable similitud en las concepciones sobre NOS de los participantes de ambos casos, a saber: una marcada inclinación hacia los énfasis equilibrado y cultural, y la correlativa disminución de los énfasis teórico, empírico y científicista. Si bien, como se ha descrito, al inicio de la intervención los participantes del caso C2 ya manifestaban cierta tendencia a los énfasis equilibrado y cultural, al transitar por el proceso formativo fue posible identificar cambios importantes en los docentes de ambos casos respecto a sus visones sobre qué es y cómo opera la actividad científica, involucrando explícitamente –a la vez– elementos sobre los asuntos socio-epistemológicos propios de su desarrollo histórico como empresa cultural.

Esta notable inclinación hacia los énfasis equilibrado y cultural permite reconocer en los participantes una visión más crítica y reflexiva sobre la NOS, coincidente con las nuevas propuestas de dominio específico que centran la atención en elementos como: el reconocimiento e inclusión en la enseñanza de las ciencias de los componentes epistemológicos (i.e. relativos a naturaleza los contenidos y de los procedimientos científicos) y socio-epistemológico (i.e. relativos a la sociología interna y externa de la ciencia) como elementos constitutivos de la NOS, así como la identificación de la HC como una alternativa potente para abordar y contextualizar reflexiones metacientíficas en contextos educativos.

Por su parte, la correlativa disminución de los énfasis teórico, empírico y científicista, pone en evidencia el reconocimiento que la ciencia no opera ni se desarrolla basada en una separación de las dimensiones teórica y experimental, sino que, por el contrario, tales dimensiones se conjugan y condicionan dialécticamente, y son constitutivas de la dinámica científica. En este orden de consideraciones, los profesores de ambos casos estudiados reconocieron en la experimentación de tipo cualitativa y exploratoria un campo alternativo y fértil para discutir asuntos relacionados con la NOS.

Como último elemento aspecto a resaltar, se presentan algunos enlaces identificados entre los usos de ECH y el desarrollo del CPP. Como ya se ha venido indicado, los componentes disciplinar (conocimiento específico de la disciplina científica), epistemológico (comprensión de

la naturaleza y fundamentos del conocimiento) y didáctico (métodos, estrategias de enseñanza, elementos contextuales, gestión del aula y evaluación), constituyen una relación tripartita y, como tal, son componentes que debe ser abordados de forma simultánea en los procesos de formación docente. Por las formas particulares de considerar la NOS (presentadas en el Marco Teórico), en esta investigación se asume que estos componentes están tan estrechamente relacionados hasta el punto de que, en ocasiones, puede presentarse un solapamiento entre algunos de ellos, en particular entre los componentes disciplinar y epistemológico.

En este sentido, dadas las características particulares del caso C1, sus participantes cuentan con una amplia experiencia en el componente didáctico, pero una insuficiente formación en los componentes disciplinar y epistemológico; los participantes del caso C2, por su parte, presentan un nivel de formación importante en los componentes disciplinar y epistemológico, pero cuentan con una escasa experiencia en el componente didáctico.

Respecto al caso C1, al presentar un limitado conocimiento específico de las ciencias naturales, los participantes al inicio de la intervención difícilmente podían proponer actividades de aula para la comprensión de la naturaleza y fundamentos del conocimiento en la BP. No obstante, al transitar por el ejercicio formativo fundamentado en el uso de ECH centrados en la experimentación, fue posible otorgar herramientas teóricas y prácticas que les permitieron diseñar propuestas de aula más holísticas, apoyadas en la HC y que posibilitaron el desarrollo de la comprensión sobre qué es la ciencia y cómo opera. Asimismo, fue posible reconfigurar el valor que se le otorga a la ciencia: configurando una nueva visión sobre la NOS fue posible que los participantes del caso reconocieran su utilidad, al otorgar sentido a los saberes científicos en la vida cotidiana.

Con relación al caso C2, su escasa experiencia en el componente didáctico se reafirma con los hallazgos obtenidos en los instrumentos CG y DCP que se realizaron con los participantes, a través de los cuales manifestaron sus limitaciones al tener que resolver algunas situaciones en el contexto donde realizaban su Práctica Pedagógica; por ejemplo, es posible identificar cómo las reflexiones realizadas en la intervención les permitieron atender y gestionar mejor las situaciones que se les presentaban en su ejercicio docente, tales como las emociones de inseguridad en el

manejo de grupo. Es de anotar que los docentes en formación debían hacer lectura de su DCP en las sesiones presenciales, para discutir y analizar las situaciones planteadas en conjunto; este ejercicio posibilitó que las tensiones, logros y dudas fueran socializadas y discutidas, configurándose en un elemento importante para su conocimiento profesional. Asimismo, a través de este componente didáctico posibilitó discutir con los participantes elementos contextuales, el proceso de enseñanza y aprendizaje, gestión del aula, normas técnicas curriculares y el papel que se le otorga a la evaluación.

Para finalizar, se destacan las potencialidades del enfoque didáctico basado en prácticas científicas para la enseñanza de asuntos metacientíficos en contextos escolares. Este enfoque permite discutir elementos epistemológicos y socio-epistemológicos, al mismo tiempo que se desarrollan actividades de aula atractivas que promueven una educación contextualizada. Cada uno de sus componentes permitió plantear objetivos de aprendizaje claros, identificar los elementos epistemológicos y socio-epistemológicos a desarrollar, implementar metodologías diversificadas, novedosas e inclusivas, y establecer un plan de evaluación formativa.

## Capítulo VI. Consideraciones finales y conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones generales, concernientes tanto a aspectos conceptuales como metodológicos, obtenidas tras el ejercicio investigativo expuesto, a la vez que se enuncian ciertas líneas de investigación que podrían continuarse desarrollando, a propósito de la propuesta planteada.

En primera instancia, el hecho que los docentes de ciencias naturales de BP de nuestro contexto colombiano usualmente no cuentan con una formación inicial en ciencias naturales, ha puesto en evidencia algunas dificultades en la enseñanza de las ciencias en estos grados. La primera de ellas está asociada a la restringida forma de significar la NOS por parte de los profesores en ejercicio, limitándose a la coexistencia de visiones epistemológicas teóricas, empíricas y científicas. En efecto, la conjunción de estas perspectivas tiende a considerar que la ciencia está constituida por un conjunto de verdades preexistentes (las teorías), que bien guían la investigación científica o que se constituyen en el exclusivo objetivo a alcanzar; visión de ciencia que está estrechamente relacionada, en particular, con concebir la experimentación como una herramienta para confirmar y comprobar los hechos predichos por teorías establecidas o como el único método confiable para llegar a ellas. La segunda, por su parte, está relacionada con las implicaciones que esta insuficiente formación disciplinar tiene en la enseñanza de los fenómenos biológicos en BP. Esto se ha puesto en evidencia a través de la presencia de ideas alternativas sobre la noción de SV, en las que prima la tendencia a definirlos con relación a su movimiento y al cumplimiento de un aparente "ciclo de vida", concepciones descritas en el denominado enfoque no-diferenciado. Adicionalmente se identificó que, aunque los profesores de ciencias naturales en ejercicio (caso C1) eran conscientes de la importancia de realizar, en su práctica docente, ejercicios interdisciplinarios en la BP, por su insuficiente conocimiento disciplinar y su colateral visión limitada de NOS, no se sentían con la suficiente solvencia y seguridad para ejecutar acciones tendientes a ello.

A través de los ECH *Pasteur y Pouchet: la vida entre caldos y matraces* y *Pasteur y Koch: la sofisticación de los medios de cultivo*, fue posible atender a las mencionadas dificultades. Por

una parte, a través de las discusiones que suscitaron ambas narrativas históricas propuestas y abordadas, los participantes del caso C1 reconocieron elementos sobre la naturaleza del conocimiento, la naturaleza de sus procedimientos y la influencia de los factores socio-epistemológicos en los procesos de construcción del conocimiento. Así, el registro de los datos obtenidos a través de los instrumentos diseñados y su posterior sistematización y análisis, permitió reconocer, en los profesores de BP en ejercicio, el mejoramiento de su comprensión de asuntos acerca de la NOS, vía la configuración de una perspectiva explícita, reflexiva y contemporánea; se evidenció, en particular, un aumento en la valoración de sus visiones epistemológicas hacia perspectivas de corte cultural y equilibrado, situación que trajo consigo un cambio en la forma de significar qué es la ciencia y cuáles son sus procedimientos, y una consecuente correlación entre esta nueva VNOS y sus ejercicios de enseñanza.

Asimismo, el abordaje y discusión del ECH *Pasteur y Pouchet* permitió identificar un notable cambio respecto a las ideas iniciales que los participantes del caso C1 tenían sobre los SV: aunque tras la intervención persistieron algunas ideas alternativas, se evidenció un reconocimiento del enfoque auto-organizativo, complementado con una importante comprensión del enfoque integrador. Al realizar la lectura de la controversia, observar el video correspondiente y realizar la actividad experimental, los participantes del caso C1 adelantaron un importante ejercicio comprensivo: de un lado, reconocieron asuntos asociados con la naturaleza del conocimiento (como la provisionalidad de las teorías, en particular la biogénesis y la abiogénesis) y con la naturaleza de los procedimientos (como el papel de la experimentación), hecho que posibilitó la asimilación de la perspectiva equilibrada entre la teoría y la práctica propio de la experimentación de tipo cualitativa y exploratoria, y su consecuente adecuación en los contextos de aula; de otro lado, identificaron la necesidad del metabolismo como característica indispensable para la vida, en el sentido que no es posible la vida en tanto no se encuentren estructuras que se mantienen metabólicamente. Respecto a este último aspecto, el suministro de algunos elementos a la levadura, en las actividades experimentales analizadas, permitió identificar las necesidades metabólicas, que si bien los participantes no utilizaron explícitamente el término preciso, sí lo asociaron con términos como alimentación y energía. Complementariamente, con relación a los elementos socio-

epistemológicos, fue posible reconocer el papel de las comunidades científicas y la influencia del contexto donde se lleva a cabo el ECH, como un aspecto constituyente de la dinámica científica.

El estudio del ECH *Pasteur y Koch*, por su parte, permitió reconocer el enfoque informacional, y la teoría de la biogénesis desde la cual "lo vivo solo proviene de lo vivo". En efecto, a través de la sofisticación de los medios de cultivo discutidos a través de esta narrativa, los participantes reconocieron la importancia de los instrumentos para la comprensión de fenómenos biológicos como aquel relacionado con la noción de ser vivo. Mediante la visualización del documental "Pasteur y Koch: Medicina y Revolución" y la elaboración de medios de cultivo, se consolidó la comprensión del enfoque autoorganizativo y se vinculó con el enfoque informacional, resultando en una comprensión integradora de los seres SV. Con relación a asuntos sobre NOS, se afianzó la discusión sobre la provisionalidad del conocimiento y se establecieron nexos más fuertes con el reconocimiento de una carga experimental de la teoría; complementariamente, se explicitó la importancia de los elementos socio-epistemológicos, tales como la rivalidad entre científicos, la colaboración científica y, con mayor énfasis, la influencia de la política en la ciencia, en la constitución y desarrollo de la actividad científica.

No obstante, a pesar de estos importantes cambios en las concepciones de los profesores participantes sobre la NOS, también se identificaron ciertas posiciones renuentes a su implementación en los contextos de enseñanza. Esta actitud por parte de algunos docentes participantes del caso C1 se justifica por el importante esfuerzo que implica el ejercicio de recontextualización de los ECH en la BP, el limitado dominio de ciertos elementos disciplinares de las ciencias naturales y lo complejo que resulta identificar puntos de contacto entre las diferentes disciplinas que se enseñan. Esta falta de disposición por parte de algunos de los docentes participantes se configura en una debilidad de la enseñanza de las ciencias en la educación BP, aspecto por el cual se hace necesario diseñar e implementar propuestas de formación continua que fortalezcan el CPP, sin que se considere como una carga laboral extra a los diferentes compromisos y quehaceres que ya desempeñan los docentes.

Contrario a esta posición, la mayoría de los participantes de los casos estudiados consideran que este tipo de propuestas son muy útiles para combatir una enseñanza tradicional centrada en contenidos, que no articula las diferentes disciplinas y que deriva en una desmotivación por parte de los estudiantes al no ver utilidad a lo que se aprende en la escuela. Estos docentes ven en las iniciativas propuestas un campo potente para generar una alfabetización científica que responda a los retos de una educación contextualizada, favoreciendo ejercicios donde las diferentes disciplinas se integran para promover mejores aprendizajes. Esto implica no solo conocer las ciencias y sus contenidos, sino también entenderlas en un sentido más amplio: saber qué son, cómo se desarrollan, qué las distingue de otras actividades y producciones humanas, cómo evolucionan a lo largo del tiempo y cómo interactúan con la sociedad y la cultura.

En segunda instancia, este trabajo investigativo permite afirmar que no cualquier forma de incorporar la HC en los contextos de enseñanza es adecuada para fortalecer una visión explícita y reflexiva sobre la NOS. Los ECH que se utilicen con este propósito, ejemplificados con los discutidos sobre *Pasteur y Pouchet* y *Pasteur y Koch*, deben tener ciertos atributos esenciales. Para que satisfagan los propósitos previstos, estos ECH han de ser fragmentos de narrativas científicas que representen hitos en el desarrollo de las ciencias y que, por su relevancia, merezcan ser revalorados y discutidos, teniendo presente en todo momento que deben ser un claro ejemplo de la *historicidad* de las ciencias. Asimismo, para configurarse como una potente herramienta educativa, es necesario adelantar con ellos un proceso de recontextualización que permita trasladar los textos y significados del entorno primario de producción discursiva (contexto científico) al ámbito educativo; proceso para el cual es preciso definir previamente qué elementos específicos sobre la naturaleza del conocimiento y de los procedimientos, así como cuáles factores internos y externos a la ciencia, se desean fortalecer en el contexto escolar.

En este sentido, la organización de la propuesta formativa a partir de las cuatro fases del Taller Investigativo (encuadre, diagnóstico, líneas de acción y estructura-plan de trabajo) fue un recurso importante y surtió los efectos que se esperaba encontrar. El encuadre permitió poner en contexto a los participantes, exponiendo los retos que impone la educación en ciencias en el siglo XXI, y constituyéndose en un ejercicio de reflexión y crítica sobre la propia práctica docente; el

diagnóstico, por su parte, posibilitó explicitar las ideas presentes sobre la NOS; durante las líneas de acción se trabajaron los ECH seleccionados, posibilitando un ejercicio de formación sobre el CPP; por último, en la estructura y plan de trabajo, los profesores participantes de ambos casos estudiados seleccionan, recontextualizan y aplican otros ECH de acuerdo con sus intereses pedagógicos y didácticos.

De la misma forma, el enfoque didáctico basado en prácticas científicas propuesto, con sus correspondientes adecuaciones adelantadas (proceso de recontextualización, identificación de competencias a desarrollar y la clarificación de los elementos epistemológicos y socio-epistemológicos), se identifica como un camino prometedor para la reflexión de la NOS en diferentes niveles educativos en contextos colombianos. A través de este enfoque didáctico se posibilitó que los participantes del caso C1 adelantaran propuestas de enseñanza desde la interdisciplinariedad, y que los participantes del caso C2 encontraran, a través suyo, un recurso para fortalecer el componente didáctico.

Respecto a la formación inicial de docentes de ciencias, la tesis documenta la necesidad de incluir las reflexiones metacientíficas, tanto a través de cursos específicos de HFC como en los cursos disciplinares de las ciencias. Esta situación se evidenció con el análisis de los resultados obtenidos en los instrumentos para el registro de la información, en particular el cuestionario tipo Likert y los DCP. A través de tal análisis se revela que, aunque los docentes en formación participantes del caso C2 habían abordado ya en su plan de estudios dos cursos que incorporan las discusiones metacientíficas, estos son insuficientes para una formación crítica sobre asuntos de NOS. En este sentido, cabe resaltar que si bien, a diferencia del C1, al inicio de la intervención existía un reconocimiento de los énfasis cultural y equilibrado por parte de los participantes de caso C2, también coexistían algunas tendencias hacia los énfasis teórico y empírico, visiones sobre NOS que se hicieron evidentes en la forma en que asumían la experimentación, como se discutió en la primera categoría. En este orden de consideraciones, es fundamental que los futuros docentes de ciencias comprendan adecuadamente los métodos y procesos científicos, dentro de ellos el papel que tiene la experimentación en la construcción del conocimiento, además de estar familiarizados con reflexiones surgidas de la HFC, de manera tal que posean un abanico de posibilidades que les

permitan contextualizar el conocimiento científico. Esto implica, por ejemplo, explorar cómo se construyen y se modifican las teorías científicas, el papel de la comunidad científica en la validación del conocimiento y la influencia de factores socioculturales en el desarrollo científico. Incorporar reflexiones metacientíficas en la formación docente también significa fomentar una actitud crítica y reflexiva hacia la ciencia.

Al transitar por el proceso formativo asociado la intervención de esta investigación, de forma similar al caso de los docentes en ejercicio, se evidenció en los participantes del caso C1 una transformación en sus formas de concebir la NOS, en particular respecto al valor otorgado a la relación equilibrada entre la teoría y la práctica propio de una experimentación de tipo cualitativa y exploratoria. Esto dejó en evidencia la importancia de generar espacios donde los futuros docentes sean capaces de cuestionar y analizar críticamente las prácticas científicas, reconocer las limitaciones y el alcance del conocimiento científico, y entender la ciencia como un proceso dinámico y en constante evolución. En correspondencia con esta nueva visión sobre la NOS desde el dominio específico, fue posible identificar la inclusión en la enseñanza de los componentes epistemológicos y socio-epistemológico como elementos fundamentales en propuestas didácticas.

En este orden de consideraciones, los ECH se han configurado como mediadores para discutir asuntos epistemológicos, disciplinares y didácticos. El ejercicio formativo siempre puso en diálogo estos los componentes constitutivos del CPP, haciendo conscientes a los docentes de la necesidad de tener una posición explícita y reflexiva sobre la NOS. Las reflexiones suscitadas a través de los ECH con relación a la naturaleza del conocimiento y la naturaleza de los procedimientos, i.e. provisionalidad de las teorías, experimentación cualitativa y exploratoria, así como respecto a los asuntos socio-epistemológicos, i.e. el papel de las comunidades científicas y el contexto social y cultural, posibilitaron tener una visión más actual sobre qué es y cómo funciona la ciencia. Las reflexiones metacientíficas, se constituyeron de esta forma en un punto de apoyo para motivar a los docentes a explorar y adaptar otros ejemplos de la HC para la enseñanza y el desarrollo de las llamadas habilidades del siglo XXI.

Sin duda, el fortalecimiento de las visiones sobre la NOS se configuró en una herramienta para la enseñanza de las ciencias que promueve una alfabetización científica, en el sentido que a través de los ECH fue posible el desarrollo de los componentes disciplinar, didáctico y epistemológico, como una triada fundamental en la formación de docentes. Con esto se reafirma lo descrito en otras investigaciones (Izquierdo, 2007; Tamayo, 2010; Amador-Rodríguez, Valencia, Lozano, Flórez y Adúriz-Bravo, 2022) sobre la correspondencia entre una visión explícita, reflexiva y sólida sobre aspectos metacientíficos y las propuestas de enseñanza que atiendan a los desafíos de una sociedad globalizada, digitalizada e interconectada, caracterizada por avances tecnológicos rápidos y constantes, cambios demográficos significativos, una creciente conciencia y preocupación por la sostenibilidad y el medio ambiente, y una mayor diversidad e inclusión social.

Precisamente debido a dificultades y limitaciones documentadas en esta investigación, la enseñanza de las ciencias en la Educación Básica y Primaria se constituye en un campo con amplias posibilidades de investigación. Es este sentido, es crucial fortalecer los programas de formación nacionales para que fomenten alianzas y promuevan iniciativas de formación continua para los docentes en ejercicio, que les posibilite establecer conexiones entre las distintas áreas del currículo, y no solo centrarse en el desarrollo de habilidades de lectoescritura y lógico-matemáticas, como ha sido tradicionalmente el énfasis en estos niveles educativos. La HC, y al interior suyo, la experimentación de tipo cualitativo y exploratorio, son herramientas poderosas para incidir en la alfabetización científica y en el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias en estos niveles. Esta investigación ha identificado como campo abierto para explorar las posibles relaciones que se pueden establecer, en la enseñanza de las ciencias, entre la experimentación cualitativa y exploratoria y las emociones. Este hallazgo fue identificado paralelamente tanto por la investigadora como por uno de los equipos del caso C2. Los equipos, al realizar sus intervenciones en el aula, observaron que la implementación de sus secuencias de aprendizaje permitió reconocer emociones como alegría, motivación, asombro, diversión e inspiración entre los estudiantes que participaron en este tipo de experimentación. Por su parte, la investigadora observó que en el caso C1 se desarrolló una mayor motivación entre los docentes cuando asumían este tipo de experimentación, quienes disminuyeron sus temores sobre el limitado dominio conceptual y se

arriesgaron a implementar enfoques de enseñanza cooperativa. En estos enfoques, cada participante contribuyó con sus fortalezas específicas para proponer actividades, fomentando un ambiente de colaboración y creatividad.

La relación entre la experimentación de tipo cualitativa y las emociones se configuran en un campo que merece mayor atención. La capacidad de estas experiencias para evocar respuestas emocionales positivas puede ser crucial para el aprendizaje, ya que las emociones influyen en la motivación, el compromiso y la retención del conocimiento. La alegría y la diversión pueden hacer que los estudiantes se sientan más conectados y comprometidos con la materia, mientras que el asombro y la inspiración pueden despertar su curiosidad y deseo de aprender más. Además, la disminución de los temores entre los docentes al adoptar enfoques que incluyan la NOS y la experimentación de tipo cualitativa, no solo benefician a los estudiantes, sino también a los docentes. Este enfoque puede promover un ambiente de enseñanza más dinámico y receptivo, donde los docentes se sienten empoderados para innovar y adaptar sus métodos en función de las necesidades y respuestas emocionales de sus estudiantes.



## Referencias

- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016a). «*Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado*». *Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13(1), 3-19. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2949/2680>
- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2016b). *Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia: fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur versus Liebig sobre la fermentación*. Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad, 11(33), 203-226. <https://www.redalyc.org/pdf/924/92447592011.pdf>
- Acevedo-Díaz, J. A., & García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Los Libros de la Catarata.
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. (2017). *Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia*. Educación Química, 28(3), 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.12.003>
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. [Tesis de Doctorado, Universitat Autònoma de Barcelona] <https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2001/tdx-1209102-142933/tdx.html>
- Adúriz-Bravo, A. (2002). Un modelo para introducir la naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias. *Pensamiento Educativo*, 30(1), 315–330. <https://ojs.uc.cl/index.php/pel/article/view/26415>
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2007). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Revista de Educación en*

*Ciencias*, 8(1), 15–30. <https://cmapspublic.ihmc.us/rid%3D1P1N3358L-743Y59-2G2Y/U1%20AdurizBravo.pdf>

Adúriz-Bravo, A. [Canal ISEP] (2022). *La naturaleza de la ciencia en la formación del Profesorado de Ciencias Naturales* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-ZRzKzkH0bI&t=2404s>

Aguirregabiria Barturen, J., y García Olalla, A. M. (2020). *Aprendizaje basado en proyectos y desarrollo sostenible en el Grado de Educación Primaria*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 38(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2717>

Amador-Rodríguez, R. Y., y Adúriz-Bravo, A. (2017). *Concepciones emergentes de naturaleza de la ciencia (NOS) para la didáctica de las ciencias*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 3499-3504. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337111/427980>

Andrade-Lotero, L. A. (2012). *Teoría de la carga cognitiva, diseño multimedia y aprendizaje: un estado del arte*. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5(10), 75-92. <https://www.redalyc.org/pdf/2810/281024896005.pdf>

Arabit, J., y Prendes, M. (2020). *Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades*. *Pixel-Bit. Revista De Medios y Educación*, 57, 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>

Aragón, L., y Cruz, I. (2016). *¿Cómo es el suelo de nuestro huerto? El aprendizaje basado en problemas como estrategia en educación ambiental desde el grado de maestro/a en educación infantil*. *Revista didáctica de las ciencias experimentales y sociales* (30), 171-188. <https://doi.org/10.7203/dces.30.6475>

Ayala-Villamil, L. A. (2020). *Conceptualización de naturaleza de la ciencia: el desarrollo de dos enfoques*. *Noria Investigación Educativa*, 2(6), 105-128. <https://doi.org/10.14483/25905791.16653>

Ballesteros, M., Paños, E., y Ruíz, J. (2018). *Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto*. *Enseñanza de las*

- ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 36(1), 79-98. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2274>
- Bernstein, B., y Díaz, M. (1985). *Hacia una teoría del discurso pedagógico*. Revista colombiana de educación, (15). <https://core.ac.uk/download/pdf/234805273.pdf>
- Caiman, C., Jakobson, B. (2019). *The Role of Art Practice in Elementary School Science*. Sci & Educ, (28), 153-175. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00036-2>
- Camejo, I., y Galembeck, E. (2021). *Formação de professores de ciências em tempos de pandemia: uma estratégia de EAD sobre enfoques construtivistas e remotos do laboratório didático de ciências*. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática, 17(39), 201-216. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v17i39.11208>
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso*. Paidós.
- Candela, A., Naranjo, G., y de la Riva, M. (2014). *¿Qué crees que va a pasar? Las actividades experimentales en clases de Ciencias*. Ediciones SM-Cinvestav.
- Candela, M. A. (2020). *30 años de Investigación sobre Ciencia en el Aula*. *Investigación en la escuela*, (100), 23-36. <https://dx.doi.org/10.12795/IE.2020.i100.03>
- Cantó-Doménech, J., de Pro Bueno, A., y Solbes, J. (2016). *¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(3), 25-50. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870>
- Cantó-Doménech, J., de Pro Bueno, A., y Solbes, J. (2018). *La educación científica en infantil contribución a su aprendizaje desde la formación del grado de maestro/a en educación infantil*. [Tesis de doctorado, Universidad de Murcia] <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/61359>
- Cañadas I., y Sánchez, A. (1998). *Categorías de respuesta en escalas tipo Likert*. *Psicothema*, 623-631. <https://www.psicothema.com/pdf/191.pdf>
- Cisterna, F. C. (2005). *Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa*. *Theoria*, 14(1), 61-71.

- Cobo Huesa, C., Abril, A. M., y Romero, M. (2019). Propuesta didáctica en la formación de profesorado para trabajar naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico. *Ápice. Revista De Educación Científica*, 3(1), 15–28. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.1.4630>
- Congreso De La República De Colombia (1994, 8 de febrero) *Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la ley general de educación*. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)
- Corni, F., Fuchs, H., y Dumont, E. (2019). *Conceptual metaphor in physics education: roots of analogy, visual metaphors, and a primary physics course for student teachers*. Journal of Physics: Conference series. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1286/1/012059>
- Cuellar, L., Quintanilla, M., y Marzàbal, A. (2010). *La importancia de la historia de la química en la enseñanza escolar: análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores en formación*. *Ciência & Educação (Bauru)*, 16(2), 277-291. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000200001>
- De la Blanca, S., Hidalgo, J., y Burgos, C. (2013). *Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 979-983. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/295136>.
- De las Heras, M., y Jiménez, R. (2011). *Experiencias investigadoras para el estudio de los seres vivos*. *Investigación En La Escuela*, (74), 35-44. <https://doi.org/10.12795/IE.2011.i74.03>
- De Pro-Bueno, A., y Rodríguez, J. (2010). *Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en Educación Primaria*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(3), 385-404. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/210807>
- Di Mauro, M., Furman, M., y Bravo, B. (2015). *Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4to año*. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 10(2), 1-11. <https://www.redalyc.org/journal/2733/273343069001/html/>
- Diéguez, A. (2012). *La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología*. Ediciones de intervención cultural.

- Doménech, J. C., de Pro Bueno, A., y Solbes, J. (2016). *¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 34(3), 25-50. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870>
- Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias: importancia de las teorías y su desarrollo*. Narcea Ediciones.
- Dyson, F. (1999). *Origins of Life*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511546303>
- Emden, M., y Gerwig, M. (2020). *Can Faraday's The Chemical History of a Candle Inform the Teaching of Experimentation? An Hermeneutic Approach for Teaching Scientific Inquiry from a Proven Historical Exemplar*. Science & Education, 29, 589-616. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3874593>
- Erduran, S., y Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Springer.
- Evangelista, I., Farina, J., Pozzo, M., Dobboletta, E., Alves, G., García-Zubía, J., y Gustavsson, I. (2017, 13-15 septiembre). *Enseñanza de Ciencias en Nivel Secundario: Experimentación Remota Usando VISIR*. [Sesión de Congreso]. *En 1er. Congreso Latinoamericano de ingeniería*. Entre Ríos, Argentina. [https://www2.isep.ipp.pt/visir/uploads/Dissemination/CLADI\\_2017\\_paper\\_299.pdf](https://www2.isep.ipp.pt/visir/uploads/Dissemination/CLADI_2017_paper_299.pdf)
- Ferreirós, J., y Ordóñez, J. (2002). *Hacia una filosofía de la experimentación*. Towards a philosophy of experiment. Theoria: An International Journal for Theory, History and Foundations of Science, 17(2(44)), 209–219. <http://www.jstor.org/stable/23918471>
- Font, C. M. (2010). *¡Saquen el libro de texto! Resistencia, obstáculos y alternativas en la formación de los docentes para el cambio educativo*. Revista de educación, 352, 583-597. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/dam/jcr:f9846300-b00e-4933-8f9e-711f1b1537ae/re35226-pdf.pdf>
- Fredricks, D. N., y Relman, D. A. (1996). *Sequence-based evidence of microbial disease causation: When Koch's postulates don't fit*. Clinical microbiology reviews, 9(1), 18–33. <https://doi.org/10.1128/CMR.9.1.18>

- Fuentes, A., y Mosquera, C. (2019). *Formación del profesor. Un reto desde la enseñanza de las ciencias en la básica primaria*. En E. Serna (Ed.), *Revolución en la formación y en la capacitación para el siglo XXI* (2 ed., Vol. 1, pp. 396-406). Instituto Antioqueño de Investigación.
- Fumagalli, L. (1997). *La Enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal. Argumentos a su favor*. En H. Weisman (Ed.), *Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones* (pp. 15-35). Paidós Educador.
- Furman, M. G., Luzuriaga, M., Taylor, I., Anauati, M. V., y Podestá, M. E. (2018). *Abriendo la «caja negra» del aula de ciencias: un estudio sobre la relación entre las prácticas de enseñanza sobre el cuerpo humano y las capacidades de pensamiento que se promueven en los alumnos de séptimo grado*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(2), 81-103. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2519>
- Furman, M. G., y Podestá, M. E. (2014). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Editorial Aique Educación.
- García-Carmona, A. (2021). *Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1). [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1108](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108)
- García, A., y Moreno, Y. (2020). *La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria*. *Bio-grafía*, 13(24), 149-158. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.12.num24-10361>
- García, E., y Estany, A. (2010). *Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias*. *Praxis filosófica*, (31), 7-24. <https://www.redalyc.org/pdf/2090/209020106001.pdf>
- García-Carmona, A. (2021). *Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1108. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1108](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108)
- García-Carmona, A., y Manchón-Gordón, A. (2018). *¿Qué investigación didáctica en el aula de física se publica en España? Una revisión crítica de la última década para el caso*

- de la educación secundaria. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(2), 125-141.  
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/342052>.
- Gijón, A., y García-Pérez, F. (2019). ¿Ayudan los libros de texto a comprender la realidad fluvial de la ciudad? *Revista de humanidades*, (37), 209-234.  
[https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/articulos-de-opinion/2019-09-cuello-garcia\\_tcm30-499258.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/articulos-de-opinion/2019-09-cuello-garcia_tcm30-499258.pdf)
- Gómez, A., Rentería, Y., Balderas, R., y Canedo, S. (2017). *Modelización sobre seres vivos: Educación emocional en niños y niñas de seis y siete años de edad*. En M. Quintanilla (comp.), *Enseñanza de las ciencias e infancia. Problemáticas y avances de teoría desde Iberoamérica* (pp. 139-150). Bellaterra.
- Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación*, 6, MCGRAW-HILL
- Herrero, L. (2006). ¿Qué es la vida? ¿La ciencia, se atreve a definirla? *Diálogos Revista Electrónica*, 7(1), 1-35. <https://doi.org/10.15517/dre.v7i1.6183>
- Herrero, M., Torralba, A., y del Moral, E. (2020). *Revisión de investigaciones sobre el uso de juegos digitales en la enseñanza de las ciencias de la vida en Primaria y Secundaria. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 38(2), 103-119. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2806>
- Hodson, D. (2003). *Time for action: Science education for an alternative future*. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Hodson, D. (2008) *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*, DOI:[10.1163/9789087905071](https://doi.org/10.1163/9789087905071)
- Hodson, D. (2013). *La educación en ciencias como un llamado a la Acción*. *Archivos de ciencias de la educación*, 7(7), 1-15.  
[https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf](https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf)

- Hoyos, C. (2000). *Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal Editora.
- Ibáñez, C. M. (2020). *Sobre el uso de los conceptos de ciclo de vida e historia de vida en ecología y evolución*. *Gayana (Concepción)*,84(2), 93-100.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382020000200093>
- Iglesias, M. (2004). *El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental*. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 20(44), 99-119.  
[https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1012-15872004000200006](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-15872004000200006)
- Irzik, G. y Nola, R. (2010). *A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education*. Springer Science+Business. DOI 10.1007/s11191-010-9293-4
- Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, Á., Quintanilla Gática, M., y Adúriz Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Izquierdo, M. (2000). *Fundamentos Epistemológicos*. En F. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 35-64). Editorial Marfil.
- Latorre, A., Del Rincón, D., & Arnal, J. (2021). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Ediciones experiencia.
- Latour, B. (1991). *Pasteur y Pouchet: heterogénesis de la historia de las ciencias*. En M. Serres (coord.), *Historia de las ciencias* (pp. 477-502). Cátedra.
- Latour, B. (1995). *Dadme un laboratorio y moveré el mundo*. En J. M. Iranzo, R. Blanco, T. González, C. Torres, A. Cotillo (1995) (Eds.), *Sociología de la ciencia y la tecnología* (pp. 237-258). Madrid: CSIC.
- Lederman, D. (2018). *La siempre cambiante contextualización de la naturaleza de la ciencia: documentos recientes sobre la reforma de la educación científica en los Estados Unidos y su impacto en el logro de la alfabetización científica*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(2), 5-22.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2661>
- Lederman, D. (2018). *Who is studying online (and where)*. *Inside Higher Ed*, 5.

- Lederman, N. G. (1992). *Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research*. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331–359.
- Lederman, N. G. (2007) *Nature of science: Past, present, and future*. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. I, pp. 831–879). Mahwah: Lawrence Erlbaum Publishers.
- Margulis, L., y Sagan, D. (1996). *¿Qué es la vida?*. Tusquest Editores
- Margulis, L. (1998). *Symbiotic planet, a new look at evolution*. Editorial Basic Books.
- Martínez, L. G. (2016). *Más allá de la calificación. Instrumentos para evaluar el aprendizaje*. [https://www.researchgate.net/publication/329759741\\_Mas\\_alla\\_de\\_la\\_calificacion\\_Instrumentos\\_para\\_evaluar\\_el\\_aprendizaje\\_Concepcion\\_Universidad\\_de\\_Concepcion\\_2016](https://www.researchgate.net/publication/329759741_Mas_alla_de_la_calificacion_Instrumentos_para_evaluar_el_aprendizaje_Concepcion_Universidad_de_Concepcion_2016)
- Matthews, M. R. (1994). *Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual*. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 255-277. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4447>
- Maturana, H., y Varela, F. (2004). *De máquinas y seres vivos: autopoiesis, la organización de lo vivo*. Grupo Editorial Lumen,
- McComas, W. F. (1998). *The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths*. En: W.F. McComas (eds) *The Nature of Science in Science Education*. *Science & Technology Education Library*, 5, 53-70. [https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5\\_3](https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5_3)
- McComas, W. F. (2015). *The nature of science & the next generation of biology education*. *The American Biology Teacher*, 77(7), 485-491.
- Medina, O. (2011). *El concepto de ser vivo: una relación entre el pensamiento del estudiante y el desarrollo histórico de la ciencia*. [Tesis de Maestría, Universidad del Valle]. <https://hdl.handle.net/10893/3892>
- Méndez, M., y Boude, O. (2021). *Uso de los videojuegos en básica primaria: una revisión sistemática*. *Revista Espacios*, 42(1), 66-80. <https://revistaespacios.com/a21v42n01/a21v42n01p06.pdf>
- Montero, I., y León, O. G. (2002). *Clasificación y descripción de las metodologías de investigación en Psicología*. *International journal of clinical and health psychology*, 2(3), 503-508. [https://www.aepc.es/ijchp/articulos\\_pdf/ijchp-53.pdf](https://www.aepc.es/ijchp/articulos_pdf/ijchp-53.pdf)

- Ocelli, M., y Valeiras, B. (2013). *Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 31(2), 133-152. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.761>
- Oliva, J., y Martínez, J. (2005). *La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2(2), 241-250. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3923/3490>
- Ortiz, G., y Cervantes, M. (2015). *La formación científica en los primeros años de escolaridad*. Panorama, 9(17), 10-23. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v9i17.788>
- Ortiz, J., y Greca, L. (2017). *Propuesta de una programación didáctica de ciencias de la naturaleza en educación primaria a través de la indagación científica*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, Extra, 5341-5346. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337699/428498>
- Packer, M. (2018). *La ciencia de la investigación cualitativa*. Universidad de los Andes.
- Park, W., y Song, J. (2018). *Goethe's Conception of "Experiment as Mediator" and Implications for Practical Work in School Science*. Science & Education, 27(1), 39-61. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9965-z>
- Pujol, R. (2003). *Didácticas de las ciencias en la educación primaria*. Editorial Síntesis Educación.
- Quintana, A. (2006). *Metodología de investigación científica cualitativa*. En: Montgomery, W. (Eds.) (2006). *Psicología: Tópicos de actualidad*. Lima: UNMSM.
- Quintanilla, M. (2017). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. Fondo de Cultura Económica.
- Quintanilla, M. (comp.). (2017). *Enseñanza de las ciencias e infancia. Problemáticas y avances de teoría desde Iberoamérica*. Bellaterra.
- Quintanilla, M., y Adúriz-Bravo, A. (2022). *Enseñanza de las ciencias para una nueva cultura docente: Desafíos y oportunidades*. Ediciones UC.
- Rapley, T. (2014). *Los análisis de conversación, de discurso y de documentos en investigación cualitativa* (Vol. 7). Ediciones Morata.

- Restrepo-Durán, D., Cuello-Montañez, L., y Contreras-Chinchilla, L. (2015). *Juegos didácticos basados en realidad aumentada como apoyo en la enseñanza de biología*. *Ingeniare*, (19), 99-116. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.19.528>
- Rivera Cañón, L. (2013). *Enseñanza aprendizaje del concepto de ser vivo en estudiantes de básica primaria* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21265>
- Rivera (2016)
- Rivero, A., del Pozo, R., Solís, E., Azcárate, P., y Porlán, R. (2017). *Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(1), 29-52. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2068>
- Rodríguez, D., y Romero, Á. (2023). *Episodios históricos en la enseñanza de las ciencias en Básica Primaria. El caso del concepto de ser vivo y su relación con la experimentación*. *Bio-grafía*. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18170>
- Romero Chacón, Á., Aguilar Mosquera, Y., y Mejía, L. S. (2016). *Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación*. *CPU-e*. *Revista de Investigación Educativa*, (23), 75-98. <https://doi.org/10.25009/cpue.v0i23.2160>
- Romero, Á., y Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Romero, M., y Quesada, A. (2014). *Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 32(1). <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Schwartz, M. (Director). (2018). *Pasteur et Koch – Un duel de géants dans la guerre des microbes* [Documental]. Martange Production.
- Sáez Bondía, M. J., y Clavero Pagés, N. (2016). *Hipatia de Alejandría: La Dama de las Ciencias. Una propuesta interdisciplinar en primaria a través del uso de textos*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 628-642. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2995>

- Sánchez, M. P. R., Armas, W. J., & Sigala-Paparella, S. P. (2023). *Análisis cualitativo por categorías a priori: reducción de datos para estudios gerenciales*. *Ciencia y Sociedad*, 48(2), 83-96. DOI [10.22206/CYS.2023.V48I2.PP83-96](https://doi.org/10.22206/CYS.2023.V48I2.PP83-96)
- Stake, R. (2020). *Investigación con estudio de casos*. Editorial Morata. [https://edmorata.es/wp-content/uploads/2022/06/STAKE.InvestigacionEstudioCasos\\_prw-1.pdf](https://edmorata.es/wp-content/uploads/2022/06/STAKE.InvestigacionEstudioCasos_prw-1.pdf)
- Steinle, F. (1997). *Entering New Fields: Exploratory Uses of Experimentation*. *Philosophy of science*, 64(S4), S65-S74. <https://doi.org/10.1086/392587>
- Steinle, F. (2002). *Experiments in History and Philosophy of Science*. *Perspectives on Science*, 10, 408-432. <http://dx.doi.org/10.1162/106361402322288048>
- Tamayo, O., E., Sánchez, C. y Buriticá, O. (2010). *Concepciones de naturaleza de la ciencia en profesores de educación básica*. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 6(1), 133-169. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134124444008.pdf>
- Torralba, A., Montejo, J., Herrero, M. y García, J. (2018). *Formación lúdica de docentes: juguetes científicos en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. En M. Fueyo (coord.) *XI Jornadas de Innovación Docente 2018, Libro de Actas* (pp. 76-89). Oviedo: Centro de Innovación docente, Universidad de Oviedo.
- Tuay, R., Giordano, E., y Testa, M. (2017). *El sentido de hacer ciencia con los niños*. En M. Quintanilla (comp.), *Enseñanza de las ciencias e infancia*. Problemáticas y avances de teoría desde Iberoamérica (pp. 91-112). Bellaterra.
- Ullmann, A. (2007). *Pasteur-Koch: Distinctive ways of thinking about infectious diseases*. *Microbe-American Society for Microbiology*, 2(8), 383. <http://www.antimicrobe.org/h04c.files/history/Microbe%202007%20Pasteur-Koch.pdf>
- Volcy, C., (2008). *Génesis y evolución de los postulados de Koch y su relación con la fitopatología. Una revisión*. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 107-115. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314729013>

Anexos

Anexo 1. Diario de Campo Pedagógico.

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|  <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA<br/>Facultad de Educación</p>   | <b>FACULTAD DE EDUCACIÓN</b>                                 |  |  |
|   | <b>DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES</b> |  |  |
|   | <b>Licenciatura en Ciencias Naturales</b>                    |  |  |
|   | <b>Práctica Pedagógica VIII (2023-I)</b>                     |  |  |
|   | <b>Profesores:</b>   | Diana María Rodríguez<br>Ángel Romero Chacón | E-mail: dmaria.rodriguez@udea.edu.co<br>E-mail: angel.romero@udea.edu.co |
| <b>DIARIO PEDAGÓGICO</b>  |  |  |  |
| <b>Institución Educativa</b>  |  |  |  |
| Alfonso Upegui Orozco   |  |  |  |
| Ubicación: Robledo  |  | Grado: 6 y 7                                 |  |
| Investigador: Juan Diego Motato Betancur  |  | Fecha: 18 agosto 2023                        |  |
| Acompañamiento N°   | Hora de inicio   | Hora de Finalización                         | N° de estudiantes Asistentes   |
| 1   | 6:15   | 12:15  | 40   |
| <b>Temáticas desarrolladas</b>  |  | <b>Competencias</b>                          |  |
| Tejidos del cuerpo<br>Dominios y reinos de la naturaleza  |  | Comprensión de lectura<br>Escucha activa     |  |
| <b>Descripción (Registro detallado de la práctica pedagógica)</b>   |  |  |  |
| <p>Durante esta semana en el centro de práctica, se ejecutó la planeación de la clase que me asigno la docente cooperadora en la cual se debía explicar las temáticas de dominios y reinos de la naturaleza para el grado sexto y tejidos del cuerpo para los estudiantes del grado séptimo, teniendo en cuenta comentarios de la profesora Martha sobre la dificultad evidenciada en habilidades de lectura y comprensión de esta, planeo la clase por medio de una lectura que permitiese a los estudiantes comprender algunos conceptos importantes acerca de la temática según el grado a través de esta lectura, con el fin de realizar una clase un poco más activa, se dividió la lectura en fragmentos o párrafos cortos y se le asigno uno a cada equipo, además, todos los grupos debían completar una tabla con información sobre la lectura que dependía a su vez de la escucha activa de la información proporcionada por los otros grupos, esta actividad también permitió que los estudiantes leyeran en voz alta, permitiendo mejorar también habilidades para hablar en público y promoviendo que los estudiantes logaran levantaran su voz para poder ser escuchados por los demás estudiantes.</p> |  |  |  |
| <b>Reflexión crítica (posturas sobre la práctica pedagógica, resaltar fortalezas y aspectos a mejorar)</b>  |  |  |  |
| <p>Si bien la actividad de lectura grupal y la idea de poner atención a la lectura de los demás compañeros para completar la información requerida es muy buena y permite la atención constante de los estudiantes, sin embargo el hecho de estar en grupos genero gran distracción e indisciplina la cual dificulto la escucha y el tono de voz de los compañeros no es muy alto, lo cual genera dificultad para la escucha y desmotivación por otros grupos lo cual dificulto el desarrollo correcto de la actividad, vale afirmar que los estudiantes que se interesaron por prestar atención disfrutaban la actividad y logran entender los conceptos enseñados, sin embargo queda una sensación de sin sabor debido a la dificultades para la aplicación de la actividad debido a la indisciplina general y el desinterés de algunos</p>   |  |  |  |

estudiantes, al preguntarle a los estudiantes como mejorar el desarrollo de la actividad proponen realizar la lectura en grupos pequeños y de manera individual.

**Intervención** (Propuesta para superar los aspectos a mejorar)

Pensando en cuanto a posibles estrategias para la aplicación de la actividad no se si sería viable la lectura en grupos pequeños, pues lo que se busca es que la lectura sea más dinámica, promover la escucha el respeto por el otro y la comprensión de lectura, entonces considero que de esta manera posiblemente no se logran los objetivos planteados, yo creo que lo que debe mejorar es el control del grupo de mi parte y posiblemente mostrarlo más como una actividad evaluable para llamar más la atención o alguna estrategia para motivar a la atención.

**Adecuaciones curriculares** (Estrategias para las barreras del aprendizaje y la participación)

Lectura fácil, corta y sin palabras técnicas.

## Anexo 2. Formato cuestionario Likert.

### CUESTIONARIO TIPO LIKERT V2

Usted ha sido invitado a participar en el Proyecto de Investigación titulado *Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia*. Cuyos investigadores son la profesora Diana María Rodríguez Ramírez (Investigador Principal) y el profesor Ángel Enrique Romero Chacón (Asesor).



El objetivo del estudio es analizar la manera en la que el uso de episodios científicos históricos relacionados con la experimentación contribuye al fortalecimiento de la comprensión acerca de la Naturaleza de las Ciencias en docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación.

Si Usted está de acuerdo, la discusión que se dé dentro de este grupo se realizarán registros fotográficos y se grabará en audio y video, con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

A continuación se realizan una serie de preguntas sobre su formación, experiencia docente y algunos elementos referidos a la investigación. Responda sin temor a recibir críticas sobre su ejercicio, ya que, todos sus aportes son muy valiosos para la investigación.

La escala de Likert es un método de medición utilizado por los investigadores con el objetivo de evaluar la opinión y actitudes de las personas. En esta investigación se requiere identificar que tan de acuerdo o en desacuerdo se encuentra sobre algunas afirmaciones en relación con las dinámicas científicas. Marque con un X la puntuación que considere más acorde con las afirmaciones descritas en la primera columna.

| Afirmaciones sobre las dinámicas científicas   |                       |                       |                              |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|  | Muy de acuerdo        | Algo de acuerdo       | Ni de acuerdo, ni desacuerdo | Algo en desacuerdo    | Muy desacuerdo        |
| En general, los científicos planean las investigaciones trabajando a lo largo de líneas sugeridas por teorías, que a su vez están basadas en conocimientos anteriores. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Las teorías sirven para orientar las observaciones, es decir, las teorías nos dicen qué podemos ver.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| El objetivo de las pruebas científicas es averiguar qué explicación de un fenómeno es más probable que sea correcta.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| El objetivo de las pruebas científicas es averiguar qué explicación de un fenómeno es más probable que sea correcta.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Para ser aceptadas, las teorías científicas deben estar respaldadas por mucha evidencia.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Una teoría es una estructura lógica de hechos e hipótesis que intentan explicar conjuntos de fenómenos naturales y, por eso, pueden probarse en el mundo natural       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| A diferencia de muchas otras profesiones, la ciencia es casi siempre un esfuerzo solitario   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| La investigación científica no está influenciada por la sociedad y la cultura porque los científicos están capacitados para realizar estudios "puros" e imparciales    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| La observación es fundamental para todas las ciencias  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Un científico no debe permitir que sus ideas preconcebidas influyan en la observación.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

### Anexo 3. Lista de Preguntas.



#### Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia

##### TALLER INVESTIGATIVO

ENCUENTRO N: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

##### PARTICIPANTES

1. ¿Qué entendemos por actividad experimental?
2. ¿En qué momento del proceso académico podríamos utilizar las actividades experimentales?
3. ¿Qué relación podríamos establecer entre la teoría y la práctica experimental?
4. ¿Qué papel jugó la experimentación en los trabajos de Pasteur y Pouchet?
5. ¿En la escuela se puede simular el trabajo que realizan los científicos?
6. Describa, ¿cuáles temores la limitan para realizar actividades experimentales con los niños?
7. ¿Qué características (3) me permiten decir que estoy ante un ser vivo?
8. ¿Todos los seres vivos las cumplen?
9. ¿Cómo podría explicarlas a mis estudiantes haciendo uso de las estrategias trabajadas?

### Anexo 4. Cuestionarios autogestionables.

Formulario 1

<https://forms.gle/bmFB6Qo3UVcwpCos9>

Formulario 2

<https://forms.gle/um5QLStpLcxH5p4s6>

### Anexo 5. Matriz de análisis.

EPISODIOS CIENTÍFICOS HISTÓRICOS PARA FORTALECER UNA PERSPECTIVA REFLEXIVA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

|  Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia |  |                    |  |  |   |
|---|--|--------------------|--|--|---|
| Objetivo  | Caracterizar los cambios en la VNDS que tienen docentes de ciencias naturales, en ejercicio y en formación, cuando participan de una propuesta formativa basada en ECH asociados a la experimentación. |                    |  |  |   |
| Instrumentos  | Cuestionario, producción escrita.  |                    |  |  |   |
| Seudónimo   | Características de los seres vivos   | Cuestionario1- NOS | Enfoques sobre las características de los seres vivos        |  |   |
| Marjory Stephenson  | Enfoque autoorganizativo   | Énfasis empírico   | Informacional  | Autoorganizativo   | Integrador                                    |
| Elizabeth Bugie   | Enfoque informacional-autoorganizativo-Ciclo de vida   | Énfasis cultural   | Pone énfasis en la capacidad autoreproductiva o replicativa. | Autonomía de los organismos, en su capacidad de automantenerse   | Sistema autónomo con capacidad para evolución |
| Robert Koch   | Enfoque informacional-autoorganizativo-Ciclo de vida   | Énfasis teórico    | Énfasis en términos de Naturaleza de las ciencias            |  |   |
| Ruth E. Moore   | Enfoque informacional-autoorganizativo   | Énfasis teórico    | Teórico  | Realidad intrenalizada por los sujetos tal como está.  |   |
| Fanny Hesse   | Ciclo de vida  | Énfasis teórico    | Empírico   | Asociado con el método científico.   |   |
| Alice Evans   | Enfoque informacional-Ciclo de vida  | Énfasis teórico    | Cultural   | Influencia de aspectos sociales en el desempeño de los científicos.  |   |
|   |  |                    | Anticientífico   | Poca fiabilidad en la ciencia.   |   |
|   |  |                    | Cientificista  | El método científico debe seguirse en todas las áreas del conocimiento.  |   |
|   |  |                    | Equilibrado  | Se reconoce la ciencia como uno de los caminos para conocer la naturaleza, en el cual juega un papel importante la subjetividad. |   |

Anexo 6. Protocolo ético.



Grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza

**FORMATO CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**Proyecto de Investigación Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia.**

Investigadores: Diana María Rodríguez Ramírez, Investigador Principal  
 Ángel Enrique Romero Chacón. Asesor.

Estimado participante:

### **Introducción.**

Usted ha sido invitado a participar en el Proyecto de Investigación titulado *Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia*. Cuyos investigadores son la profesora Diana María Rodríguez Ramírez (Investigador Principal) y el profesor Ángel Enrique Romero Chacón (Asesor).

El objetivo del estudio es Analizar la manera en la que el uso de episodios científicos históricos relacionados con la experimentación contribuye al fortalecimiento de la comprensión acerca de la Naturaleza de las Ciencia en docentes de ciencias naturales en ejercicio y en formación. El estudio se está realizando con profesores en ejercicio y vinculados a la básica primaria de la secretaria de Educación de Medellín, en la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco y con profesores en formación de la facultad de educación de la Universidad de Antioquia en las licenciaturas de Física y Ciencias Naturales.

### **Procedimientos**

Si Usted acepta participar en el estudio:

Se le solicitará que realice lectura de algunos fragmentos de la historia de las ciencias y que responda algunas preguntas en relación con el contenido de estos textos y sus apreciaciones sobre la naturaleza de las ciencias.

Si Usted está de acuerdo, la discusión que se dé dentro de este grupo se realizarán registros fotográficos y se grabará en audio y video, con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

### **Beneficios**

De participar de todo el estudio los beneficios directos que recibirá Usted son los resultados de los hallazgos y análisis del estudio, y la posibilidad de contribuir a desarrollar una enseñanza de las ciencias más adecuada y contextualizada. Si Usted participa en al menos 80% de las actividades propuestas en el estudio, recibirá una constancia de participación por parte del Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su enseñanza –ECCE. No se contempla ningún otro tipo de beneficios.

### **Confidencialidad / Devolución de la información**

La información obtenida en el estudio será de carácter confidencial, y se guardará el anonimato. Esta información será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto para el posterior desarrollo de informes y publicaciones en textos de divulgación y en revistas científicas. Aun cuando no podemos garantizar que los otros asistentes al grupo de discusión guarden la confidencialidad de la información que se discuta, se les invitará a que eviten comentarla con otras personas. Para asegurar la confidencialidad de sus datos, Usted quedará identificado(a) con un número, o con un seudónimo, y no con su nombre, lo que garantizará el compromiso de los investigadores de no identificar las respuestas y opiniones de los participantes de modo personal. Todos los análisis y resultados del estudio le serán dados a conocer en primera instancia a Usted, para su conocimiento y validación. Igualmente, una vez terminado el estudio, se hará un encuentro con todos los participantes para presentar los hallazgos y conclusiones; esto con la intención de recibir sus observaciones y sugerencias, las cuales serán tenidas en cuenta en el informe final.

### **Riesgos Potenciales/Compensación**

Su participación en este estudio no involucra ningún riesgo o peligro para su salud física o mental. Los encuentros se realizarán en la Universidad, lo cual evitará que Usted tenga que desplazarse a otros lugares. Los riesgos potenciales que implican su participación en el grupo de discusión son mínimos; si alguna de las preguntas o temas que se traten le hicieran sentir un poco incómodo(a), tiene el derecho de no comentar al respecto. Igualmente, es importante precisar que Usted no recibirá pago alguno por participar en el estudio, y tampoco tendrá costo alguno para Usted.

### **Participación Voluntaria/Retiro.**

Su participación en este estudio es voluntaria. Su decisión de participar o no, no afectará sus derechos como profesor (a). Si Usted decide participar en este estudio, es libre de cambiar de opinión y retirarse en el momento que Usted así lo quiera, sin recibir ningún tipo de sanción; en tal caso, la información que se haya recogido hasta la fecha será descartada y eliminada del estudio.

### **Datos de contacto:**

Cualquier pregunta que Usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar a la profesora Diana María Rodríguez Ramírez, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, e-mail: [dmaria.rodriguez@udea.edu.co](mailto:dmaria.rodriguez@udea.edu.co) o con el profesor Ángel Enrique Romero Chacón, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, e-mail: electrónico: [angel.romero@udea.edu.co](mailto:angel.romero@udea.edu.co).

Agradecemos desde ya su colaboración, cordialmente:

Profesores: Diana María Rodríguez Ramírez, Investigador Principal.  
Ángel Enrique Romero Chacón, Asesor.

### **ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo \_\_\_\_\_, identificado con C.C. \_\_\_\_\_, acepto participar voluntariamente en la investigación *Episodios Científicos Históricos como recurso para fortalecer una perspectiva reflexiva sobre la Naturaleza de la Ciencia*, a cargo de los docentes, Diana María Rodríguez Ramírez y Ángel Enrique Romero Chacón, docentes de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación. En relación a ello, acepto participar en las actividades individuales y en el grupo de discusión, y consiento que se realicen registros fotográficos y grabaciones en audio y vídeo.

Declaro haber sido informado que las fuentes de información como escritos, intervenciones en el grupo de discusión, registros fotográficos, grabaciones de audio y video, se constituyen en bases de datos para los propósitos señalados, y que estos datos que se recojan serán de carácter confidencial y no se usarán para ningún otro propósito fuera de los de este estudio.

Declaro haber sido informado/a que mi participación no involucra ningún daño o peligro para mi salud física o mental, que es voluntaria, que puedo hacer preguntas en cualquier momento del estudio y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno

para mí. De igual forma declaro haber sido informado/a que por mi participación no tendré ninguna compensación económica.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de cada participante de modo personal.

Declaro saber que la información que se obtenga será guardada por el investigador responsable en dependencias de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y será utilizada sólo para este estudio.

Este documento se firma en dos ejemplares, quedando uno en poder de cada una de las partes.

Nombre del participante:

Identificación:

Firma:

## Anexo 7. Participación al programa de calidad educativa.

NOTIFICACIÓN PROGRAMA "RECONOCIMIENTO AL MEJORAMIENTO EDUCATIVO PARA LA CALIDAD" MEDELLIN 2023

Recibidos x

Ser Mejor <sermejor@medellin.edu.co>  
para mí, Eduardo ▾

jue, 2 nov 2023, 12:08 ☆ ☺ ↶ ⋮

Respetado  
**DIANA MARIA RODRIGUEZ**

Recibe un abrazo fraterno,

Te notificamos que la postulación "METANOIA", presentada en la categoría **Maestros - Lógico Matemático**, que tuvo un corte de **88**, para determinar a los finalistas; obtuvo un puntaje de **88,4**; lo que significa que pasa a la fase final del programa de reconocimientos.

Para la Secretaría de Educación del Municipio de Medellín ha sido muy importante tu participación en los Premios a la Calidad Educativa "Ser Mejor", en su versión 2023. Tu experiencia será transferida en el Distrito a través de la ruta de divulgación del saber pedagógico.

La fase final del programa es el juzgamiento, el cual se da en el marco de lo dispuesto en el acuerdo 044 de 2017 y el decreto 0540 de 2018.

Te compartimos los comentarios generales de la valoración de tu postulación:

"La propuesta es robusta, bien estructurada y con un enfoque claro en la interdisciplinariedad y la participación activa. Aborda un problema significativo con soluciones innovadoras y enfatiza la apropiación comunitaria y la sostenibilidad. Sin embargo, es esencial profundizar en la planificación de la sostenibilidad, la evaluación, identificación de riesgos, indicadores de impacto y estructura de participación comunitaria para garantizar su éxito a largo plazo. Se recomienda efectuar una sistematización de la propuesta pues no se evidencia de manera concreta."

Los ganadores se conocerán en la gala del 23 de noviembre a las 6:00 p.m. en el Teatro Metropolitano José Gutiérrez Gómez, pronto recibirá la invitación.

Premios a la  
**CALIDAD  
EDUCATIVA**  
Ser Mejor **2023**

**18 años**

**¡Felicitaciones!**

Te experiencia significativa es  
**finalista**

Gracias por participar y hacer parte de la  
**Transformación Educativa** de Medellín



**Alcaldía de Medellín**  
Distrito de  
Ciencia, Tecnología e Innovación

### Anexo 8. Rúbrica analítica.

La siguiente rúbrica tiene como objetivo evaluar los documentos construidos por los participantes de cada caso. Para su elaboración, se utilizan los indicadores descritos en una de las categorías de análisis.

- Contexto disciplinar: Delimita claramente un contenido disciplinar de estudio e identifica la génesis de un fenómeno biológico.
- Contexto meta científicos: Reconoce la importancia de incorporar reflexiones sobre la naturaleza del conocimiento y sus procedimientos, así como también, el papel que juegan las comunidades científicas y la influencia del contexto histórico, social y cultural en la construcción del conocimiento.
- Contexto didáctico: Identifica ECH que le permite desarrollar prácticas de aula contextualizadas y adaptadas a diferentes niveles educativos y que se vinculan con las normas técnicas curriculares.

| CRITERIOS                                 | NIVELES  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|
|   | Superior (5)   |  | Alto (3)   |  | Medio (1)  |  |
| Demarcación del contexto Disciplinar.     | El contexto disciplinar es excepcionalmente claro, detallado y muestra una comprensión profunda sobre la génesis de un fenómeno biológico. |  | El contexto disciplinar es claro y contiene detalles relevantes sobre la génesis de un fenómeno biológico, aunque la profundidad de la comprensión podría ser mayor. |  | El contexto disciplinar proporcionado es básico y presenta información limitada (ausente) sobre la génesis de un fenómeno biológico, mostrando una comprensión superficial del tema. |  |
|   | E1   |  | E1   |  | E1   |  |
|   | E2   |  | E2   |  | E2   |  |
| Identificación de la génesis y desarrollo | Identifica textos de primera fuente y se apoya en  |  | Identifica algunos historiadores o didactas de las ciencias que le   |  | Utiliza fuentes secundarias y narraciones de diferente tipo para comprensión del   |  |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| histórico de un fenómeno biológico.   | historiadores para la comprensión exhaustiva sobre la génesis de un fenómeno biológico.   | permiten desarrollar una buena comprensión del desarrollo histórico de fenómenos biológicos.   | desarrollo histórico de fenómenos biológicos.   |
|   | E1  | E1   | E1  |
| Relación entre la génesis de fenómenos biológicos con las normas técnicas curriculares. | E2  | E2   | E2  |
|   | Relaciona de manera precisa y coherente los contenidos específicos de la biología con algunos ECH teniendo en cuenta para ello estrategias y métodos específicos que faciliten el aprendizaje de la disciplina. | Relaciona los contenidos específicos de la biología con los ECH y diseña estrategias y métodos de enseñanza que se adapten mejor a la materia, utilizando materiales y recursos específicos que faciliten el aprendizaje de la disciplina. | No logros identificar puntos de contacto entre contenidos específicos de la biología con ECH.   |
|   | E1  | E1   | E1  |
|   | E2  | E2   | E2  |
| Recontextualización de textos de primera fuente.  | La recontextualización de los fragmentos históricos es altamente efectiva y facilita de manera clara y coherente la adaptación de su fuente de origen al  | La recontextualización de los fragmentos históricos es efectiva y contribuye en cierta medida a la adaptación de su fuente de origen al contexto de implementación para la comprensión de los fenómenos biológicos,                        | La recontextualización de los fragmentos históricos es limitada, ausente o poco efectiva en la adaptación de su fuente de origen al contexto de implementación para la comprensión de los fenómenos biológicos, mostrando falta de claridad |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | contexto de implementación para la comprensión de los fenómenos biológicos.  | aunque podría haber algunas áreas donde la claridad y coherencia necesiten mejorarse.  | y coherencia en la conexión entre la historia y la biología.  |
|  | E1   | E1   | E1  |
|  | E2   | E2   | E2  |
| Originalidad y creatividad en la recontextualización.    | La presentación del ejercicio de recontextualización es notablemente original y creativa, además salvaguarda las discusiones epistemológicas sobre los fenómenos biológicos. | La presentación del ejercicio de recontextualización muestra cierto grado de originalidad y creatividad en el enfoque para seleccionar y recontextualizar los fragmentos históricos, aunque esta originalidad podría ser más pronunciada y la perspectiva sobre la relación entre historia y biología puede ser más clara. | La presentación del ejercicio de recontextualización está ausente o carece de originalidad y creatividad en su enfoque para seleccionar y recontextualizar los fragmentos históricos, mostrando una falta de perspectiva única y reflexiva sobre la relación entre historia y biología. |
|  | E1   | E1   | E1  |
|  | E2   | E2   | E2  |
| Incorporación de estrategias diversificadas y adecuación | Los fragmentos históricos y la recontextualización están cuidadosamente  | Existe cierto grado de adaptación y contextualización de los fragmentos históricos   | La adaptación y contextualización de los fragmentos históricos para diferentes niveles  |

|   |   |   |  |  |    |  |
|---|---|---|--|--|----|--|
| <p>para diferentes niveles educativos.</p>  | <p>adaptados y contextualizados para cada nivel educativo específico, demostrando una comprensión profunda de las necesidades y capacidades de los estudiantes en diferentes etapas de aprendizaje, estableciendo además coherencia con las normas técnicas curriculares.</p> | <p>para diferentes niveles educativos, aunque esta adaptación puede ser más detallada y precisa. Se reconoce parcialmente las necesidades y capacidades de los estudiantes en diferentes etapas de aprendizaje, aunque la coherencia con las normas técnicas curriculares podría mejorarse.</p> | <p>educativos es limitada, ausente o poco clara, mostrando una falta de comprensión de las necesidades y capacidades de los estudiantes en diferentes etapas de aprendizaje. La coherencia con las normas técnicas curriculares no se establece de manera adecuada.</p>                              |  |    |  |
|   | E1  |   | E1   |  | E1 |  |
|   | E2  |   | E2   |  | E2 |  |
| <p>Relevancia de los fragmentos históricos seleccionados para discutir elementos epistemológicos.</p> | <p>Los fragmentos históricos seleccionados permiten identificar las características de las teorías, así como las metodologías científicas y papel que juega la experimentación en la</p>  | <p>Los fragmentos históricos seleccionados proporcionan cierta identificación de las características de las teorías y las metodologías científicas, así como también, una comprensión básica del papel de la experimentación en la construcción del</p>   | <p>Los fragmentos históricos seleccionados presentan una identificación limitada, ausente o poco clara de las características de las teorías y las metodologías científicas, así como del papel de la experimentación en la construcción del conocimiento, mostrando una comprensión superficial</p> |  |    |  |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | construcción del conocimiento.   | conocimiento, aunque podría haber una integración más profunda y clara de estos aspectos.  | o ausente de estos conceptos.   |
|  | E1   | E1   | E1  |
|  | E2   | E2   | E2  |
| Reconocimiento de una relación de paridad entre la teoría y práctica para la construcción de conocimiento científico escolar | Reconoce que en la construcción de conocimiento de algunos fenómenos biológicos se establece una relación de paridad entre la teoría y la práctica y desarrollar prácticas de aula que permiten evidenciar una experimentación de tipo cualitativa y exploratoria. | Reconoce que en la construcción de conocimiento de algunos fenómenos biológicos se establece una relación de paridad entre la teoría y la práctica, aunque las prácticas de aula este elemento no se evidencia de forma clara. | Escasamente se evidencia una relación de paridad entre la teoría y la práctica. |
|  | E1   | E1   | E1  |
|  | E2   | E2   | E2  |

|   |   |  |   |  |  |  |
|---|---|--|---|--|--|--|
| Identificación de elementos socio-epistemológicos en la construcción de conocimiento. | Reconoce el papel que juegan las comunidades científicas en los procesos de construcción del conocimiento y la influencia del contexto histórico, social y cultural en el desarrollo de la ciencia. |  | Reconoce parcialmente el papel que juegan las comunidades científicas en los procesos de construcción del conocimiento y la influencia del contexto histórico, social y cultural en el desarrollo de la ciencia, aunque podría haber una comprensión más profunda y completa de estos aspectos. |  | Presenta una comprensión limitada o ausente del papel que juegan las comunidades científicas en los procesos de construcción del conocimiento y la influencia del contexto histórico, social y cultural en el desarrollo de la ciencia, mostrando falta de reconocimiento de estos aspectos fundamentales en el análisis científico. |  |
|   | E1  |  | E1  |  | E1   |  |
|   | E2  |  | E2  |  | E2   |  |