



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

UNIDAD MONTERREY

**Diseño de un material didáctico para promover actitudes positivas hacia
las ciencias desde una visita a un laboratorio de investigación sobre
diversidad biomolecular**

Tesis que presenta

Jessica Beltrán Martínez

Para obtener el grado de

Maestra en Educación en Biología para la Formación Ciudadana

Directora de tesis:

Dra. Tatiana Iveth Salazar López

Agradecimientos

Agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca, sin duda la dedicación y realización de este trabajo no habría sido posible sin ésta.

Al Cinvestav Monterrey, al equipo docente de la Maestría en Educación en Biología para la Formación Ciudadana por la construcción de conocimientos, la reflexión, la apertura con los estudiantes, y la invitación a pensarnos la educación en diversos contextos. Aprendí muchísimo, su acompañamiento y enseñanzas fueron clave para el desarrollo de esta tesis. Agradecimientos especiales a la maestra Nallely por su constante revisión de redacción en las producciones de las asignaturas, sin duda fue un elemento clave para escribir este proyecto.

Gratitud infinita con mi asesora, la Dra. Tatiana Salazar, con quien compartí valiosos momentos académicos y personales. Su acompañamiento me hizo más llevadero este proceso, recordando nuestra amada Cali (Colombia) y el *alma máter*, la Universidad del Valle. Su apoyo y motivación en la recta final fueron claves para terminar con éxito este proyecto.

A mis sinodales, la Dra. Alma Adriana Gómez y el Dr. Mauricio Carrillo Tripp por hacer parte de este proceso formativo, por tomarse el tiempo y la dedicación de aportar a mi trabajo desde sus líneas de formación y trayectoria profesional. Sus comentarios me hicieron pensar desde otras perspectivas la investigación en educación en biología.

A las directivas de la escuela secundaria 5 Agustín Bassave Fernández del Valle y a la maestra de biología por su apertura y disposición para iniciar este proyecto. Tener un contacto con la escuela y los estudiantes hace que recuerde por qué decidí ser docente. Conocer de cerca la escuela mexicana me dio muchos más elementos para repensar mi práctica profesional en Colombia.

Dedicatoria

En primer lugar quiero agradecer a Dios por acompañarme en todo momento, especialmente en esta etapa de la maestría. Empacar la vida, el corazón y los sueños en una maleta con rumbo a un país desconocido ha sido un viaje transformador, lleno de lecciones valiosas que hoy concluye con éxito y la satisfacción del deber cumplido.

A la Dra. Teresa Guerra, quien extendió su apoyo como maestra, psicóloga y ser humano en momentos claves durante estos dos años, recordándome que no estamos solos y que ninguna situación por más difícil que parezca es eterna. Estoy profundamente agradecida con su constante generosidad y palabras de aliento.

A mi pequeña familia colombo mexicana: Cristian y Leo. Más que mis amigos, mis hermanos, **mi familia en tierras regias**. Gracias a Dios y a la vida por permitirme encontrarlos aquí; en las buenas y en las malas caminamos y nos apoyamos mutuamente, sin desfallecer, hasta lograr el objetivo. Una hermandad que trascendió fronteras y lo seguirá haciendo, donde *el límite no existe*.

A los roomies más dispares: Yeison y Edson, con quienes aprendí lecciones valiosas sobre la dinámica de la convivencia, las tareas y responsabilidades del hogar, así como las perspectivas académicas y de vida. Me siento honrada por haber conocido mucho sobre ustedes durante ese año de convivencia.

A mis compañeros de generación (G3) cuya riqueza cultural fue inmensa, una mezcla perfecta de foráneos en la sultana del norte, Monterrey. Aunque la pandemia nos arrebató momentos para continuar compartiendo culturalmente, los meses que pasamos juntos aprendí muchísimo de todos ustedes, desde las discusiones en clases hasta la hora del almuerzo en el comedor del Cinvestav.

México lindo y querido, muchas gracias por acogerme en este tiempo como estudiante. De ti y de Monterrey me llevo los tacos (gringas), las caguamas, el sonido del mar, los atardeceres, el día de muertos, el grito de independencia, los vallenatos, el olor a carne asada, la vista del cerro de la Silla, Chipinque, y el orgullo de ser latinoamericanos a donde quiera que vayamos.

Colombia tierra querida, me siento agradecida y orgullosa de haber nacido en tus territorios y llevar tu nombre en alto. Para mi familia sólo tengo profundo agradecimiento por impulsarme a realizar esta ilusión; a mi mamá por su ejemplo de vida y superación que me ha mostrado durante toda su vida. A mi abuela y mi abuelo (QEPD), gracias por recalcar desde pequeña la importancia del estudio. A mi tía Ana, por nunca dejar de creer en mis capacidades y apoyarme en toda adversidad en la vida.

A Daniel, por haberme acompañado y apoyado desde el amor en lo humano, lo profesional y lo académico, incluyendo el pregrado y el posgrado. A Aurora por llegar a mi vida; por representar luz, esperanza y motivación para continuar y terminar victoriosa esta tesis. Dios te guarde siempre mi niña linda, te amo muchísimo.

*Estaré donde menos lo esperes
por ejemplo, en un árbol añoso
de oscuros cabeceos.*

*Estaré en un lejano
horizonte sin horas
en la huella del tacto
en tu sombra y mi sombra.*

*Y ojalá pueda estar
de tu sueño en la red
esperando tus ojos
y mirándote.*

Mario Benedetti.

Resumen

El abordaje de contenidos actitudinales en la enseñanza de las ciencias ha sido poco trabajado dada la prevalencia de contenidos conceptuales en el currículo escolar. En este sentido, la literatura sugiere que el énfasis en los conocimientos conceptuales genera visiones estereotipadas sobre las ciencias lo cual tiene una incidencia en la consolidación de actitudes hacia la actividad científica, que para la educación secundaria suele reportarse como negativa. Por tanto, en la presente investigación se busca diseñar y producir un material didáctico que promueva actitudes positivas hacia las ciencias naturales desde el abordaje de ideas relacionadas con la naturaleza de las ciencias y la visita a un laboratorio de diversidad biomolecular. Para alcanzarlo, se emplearon cuatro fases metodológicas conformadas por un diseño inicial, la valoración del diseño inicial por un panel de expertos, la toma de decisiones sobre los comentarios del panel de expertos y el rediseño del material didáctico. Como resultado, se elaboraron dos guías didácticas: una guía para el docente que se concibe para brindar orientaciones didácticas y una guía para el estudiante, la cual incluye la secuencia de actividades. Finalmente, se resalta la apuesta sobre el diseño y producción de materiales didácticos que señalen la importancia de la formación en actitudes positivas hacia las ciencias en los estudiantes, y la necesidad de renovar la enseñanza con nuevas formas de intervención en el aula, como lo es una salida de campo a un laboratorio de investigación.

Palabras clave: *naturaleza de las ciencias, actitudes hacia las ciencias, salidas de campo, contenidos actitudinales, enseñanza de las ciencias.*

Abstract

The approach to attitudinal content in science teaching has not been widely studied given the prevalence of conceptual content in the school curriculum. In this sense, the literature suggests that the emphasis on conceptual knowledge generates stereotyped views about science, which has an impact on the consolidation of attitudes towards the scientific activities, which in high school education is usually reported as negative. Therefore, this research aims to design and produce a didactic material that promotes positive attitudes towards natural sciences from the approach of ideas related to the nature of science and the visit to a laboratory of biomolecular diversity. To achieve this, four methodological phases were used, consisting of an initial design, evaluation of the initial design by a panel of experts, decision making on the comments of the panel of experts, and redesign of the didactic material. As a result, two didactic guides were elaborated: a teacher's guide conceived to provide didactic orientations and a student's guide, which includes the sequence of activities. Finally, we highlight out the bet on the design and production of didactic materials that focus in the importance of the formation of positive attitudes towards science in students and the need to renew teaching with new forms of intervention in the classroom, such as a field trip to a research laboratory.

Key words: *nature of science, attitude towards science, field trip, attitudes contents, science teaching.*

Tabla de Contenido

Introducción.....	11
Justificación.....	11
Capítulo 1. Revisión de antecedentes.....	17
1.1 Las investigaciones que han explorado las actitudes hacia las ciencias.....	19
1.2 Las investigaciones que plantean la salida de campo a centros de investigación.....	26
1.3 Ideas previas de los estudiantes sobre los virus reportados en la literatura....	35
Capítulo 2. Planteamiento del Problema.....	39
Objetivos.....	42
Objetivo general.....	42
Objetivos específicos.....	42
Capítulo 3. Marco Teórico.....	43
3.1 Principios teóricos.....	43
3.1.1. <i>Capital cultural y su relación con las salidas de campo.....</i>	<i>43</i>
3.1.2. <i>La naturaleza de las ciencias y sus dimensiones.....</i>	<i>45</i>
3.1.3. <i>Las actitudes hacia las ciencias.....</i>	<i>54</i>
3.1.4. <i>Morfología viral.....</i>	<i>60</i>
3.1.5. <i>Replicación viral.....</i>	<i>63</i>
3.2 Principios de diseño.....	64
3.2.1 <i>El material didáctico.....</i>	<i>64</i>
3.2.2 <i>Las salidas de campo como estrategia didáctica.....</i>	<i>66</i>
3.2.3 <i>Las ideas previas como referente de partida para el diseño del material didáctico</i>	<i>71</i>
3.2.4 <i>El modelo de Sanmartí. Planificación de actividades del material didáctico.....</i>	<i>72</i>
Capítulo 4. Marco metodológico.....	75
4.1 La investigación cualitativa.....	75
4.2 El contexto de la investigación.....	76
4.3. Fases de diseño del material didáctico.....	78
4.3.1. <i>Fase 1. Diseño inicial del material didáctico.....</i>	<i>79</i>
4.3.2. <i>Fase 2. Evaluación de la primera versión del material didáctico.....</i>	<i>83</i>
4.3.3. <i>Fase 3. Reflexión sobre la toma de decisiones implicada en la construcción del material didáctico.....</i>	<i>85</i>
4.3.4. <i>Fase 4. Rediseño del material didáctico.....</i>	<i>87</i>

Capítulo 5. Resultados.....	89
5.1 Fase 1. Diseño inicial del material didáctico	89
5.1.1. <i>Cuestionario 1: Ideas de los estudiantes sobre la experimentación en la actividad científica</i>	<i>89</i>
5.1.2. <i>Cuestionario 2: Actitudes sobre la naturaleza de las ciencias</i>	<i>97</i>
5.2 Fase 2. Evaluación de la primera versión del material didáctico.....	123
Sección 1. <i>Escala Likert</i>	<i>124</i>
Sección 2. <i>Preguntas abiertas y recomendaciones</i>	<i>128</i>
5.3 Fase 3. Reflexiones implicadas en el diseño del material didáctico	135
5.4 Fase 4. Rediseño del material didáctico.....	144
5.4.1 <i>Guía del docente.....</i>	<i>144</i>
5.4.2 <i>Guía del estudiante.....</i>	<i>147</i>
Capítulo 6. Conclusiones.....	150
6.1 Fortalezas, limitaciones y retos del diseño y producción del material didáctico.....	150
6.2 Aportes del proceso de producción de un material didáctico en la formación y ejercicio profesional docente	156
Referencias bibliográficas.....	159
Anexos.....	173
Anexo 1. Artículos revisados para la construcción de los antecedentes.	173
Anexo 2. Cuestionario 1 para exploración ideas previas	176
Anexo 3. Cuestionario 2 sobre exploración de ideas previas	183
Anexo 4. Instrumento de evaluación de la secuencia didáctica	185

Listado de Tablas

Tabla 1. Bases de datos consultadas y artículos seleccionados de cada una.	18
Tabla 2. Investigaciones sobre las actitudes hacia las ciencias.	19
Tabla 3. Esquematzación de las actitudes hacia las ciencias que han explorado los estudios.	24
Tabla 4. Países donde se desarrollan los trabajos seleccionados.	27
Tabla 5. Instrumentos utilizados en la valoración de las actitudes antes y después de las salidas de campo.	34
Tabla 6. Aspectos de la NdC en la visión de consensos. Adaptado de Lederman (2002).	46
Tabla 8. Relación entre material didáctico y aspectos curriculares. Fuente: Elaboración propia.	81
Tabla 9. Actividades incluidas en el diseño inicial del material didáctico.	82
Tabla 10. Implicaciones de los comentarios para el rediseño del material.	86
Tabla 11. Respuestas obtenidas en la pregunta exploratoria del cuestionario 1.	89
Tabla 12. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 2.	98
Tabla 13. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 5.	100
Tabla 14. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 6.	102
Tabla 15. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 7.	103
Tabla 16. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 8.	105
Tabla 17. Actitudes hacia NdC encontradas en estudiantes en el cuestionario 2.	108
Tabla 18. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 1.	112
Tabla 19. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 3.	113
Tabla 20. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 4.	115
Tabla 21. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 9.	117
Tabla 22. Actitudes de vocación científica en estudiantes en el cuestionario 2.	121
Tabla 23. Valoración de los expertos sobre las categorías de evaluación del material didáctico.	124
Tabla 24. Comentarios de los expertos sobre las preguntas abiertas en el instrumento de evaluación.	129
Tabla 25. Construcción de categorías de análisis sobre criterios de evaluación y preguntas abiertas. Fuente: Elaboración propia.	131
Tabla 26. Toma de decisiones sobre criterios de evaluación y preguntas abiertas.	136

Listado de Figuras

Figura 1. Dimensiones de la NdC para el diseño del material didáctico. Fuente: Elaboración propia.....	48
Figura 2. Clasificación de la profesión científica. Fuente: Elaboración propia	50
Figura 3. Componentes que influyen sobre las actitudes. Adaptado de Kind, Jones y Barmby (2007).....	54
Figura 4. Tipos de actitudes hacia las ciencias que se reportan en la literatura. Fuente: Elaboración propia.....	56
Figura 5. Relaciones teóricas entre la NdC y las actitudes hacia las ciencias	58
Figura 6. Relaciones entre las dimensiones de la naturaleza de las ciencias y las actitudes hacia las ciencias. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 7. Estructura de un virus envuelto. Adaptado de Modrow, Falke, Truyen y Schätzl (2013).....	60
Figura 8. Tipos de estructura viral. Tomado de Carter y Saunders (2007)	61
Figura 9. Organización temática para las visitas a laboratorios científicos. Adaptado de Watanabe y Kawamura (2006).....	68
Figura 10. Organización conceptual para las visitas a laboratorios científicos. Adaptado de Caramello et al. (2010)	68
Figura 11. Fases para secuenciar las actividades didácticas. Adaptado de Sanmartí (1997)..	73
Figura 12. La escuela vista desde el interior. Fuente: Elaboración propia	77
Figura 13. Fases consideradas para el diseño del material didáctico.	79
Figura 14. Portada de la guía del docente.....	144
Figura 15. Resumen de actividades de la guía del docente.	145
Figura 16. Estructura de las actividades en la guía del docente.	146
Figura 17. Actividades sugeridas en la salida de campo para la guía del docente.	146
Figura 18. Portada de la guía del docente.....	147
Figura 19. Estructura de las fichas de trabajo en la guía del estudiante.	148

Introducción

La investigación en la enseñanza de las ciencias ha reportado en numerosos trabajos que los currículos escolares tienden a priorizar los contenidos de tipo conceptual y procedimental, olvidando el campo actitudinal y valorativo (Gil y Manzanal, 2016; Moreira, 1994; Parcerisa, 1996; Vásquez y Manassero, 2009). Así mismo, este contenido parece sobrevalorarse al considerarse subjetivo y poco articulado con la evaluación sumativa que predomina en las aulas. Optar por enseñar contenidos actitudinales relacionados con el interés por las ciencias y la valoración social de esta actividad, tiene una relevancia particular, y es que, conocer sobre éstas puede ayudar a reelaborar visiones sobre las ciencias y favorecer el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias; comprender sus propósitos y valorar social y personalmente su impacto en la vida cotidiana, permitiéndole a los estudiantes comprender el valor que tiene la producción de conocimiento científico para vivir en este mundo.

Conforme a esa relevancia de valorar positivamente la actividad científica y sus productos, esta tesis es un esfuerzo por hacer una propuesta para promover actitudes positivas hacia las ciencias en estudiantes de secundaria. La literatura reporta que la actitud que tenemos hacia algo esta mediada por el conocimiento que tenemos de este. Por otro lado, los resultados de investigación de la Educación en Ciencias informan que los estudiantes tienen visiones estereotipadas sobre la actividad científica, las cuales afectan las actitudes hacia ésta. De esa forma, la apuesta es ampliar las visiones que los estudiantes tienen sobre la naturaleza de las ciencias, con la intención de que al conocer un poco más sobre éstas se logre la promoción de actitudes positivas. La propuesta para ampliar dichas visiones es acercar el campo de las ciencias al campo escolar, por medio de la visita a un laboratorio de investigación científica. Con esta propuesta se pretenden generar un espacio de diálogo entre estudiantes y científicos que permitirá conocer de la voz de los profesionales de las ciencias características de ésta.

El trabajo se encuentra estructurado en seis capítulos. Como punto de partida, se presenta la justificación de esta investigación en torno a la necesidad de concentrar la atención en el componente actitudinal como parte del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, buscando la promoción de actitudes positivas entre los estudiantes de secundaria. El primer capítulo ahonda en la revisión bibliográfica inicial sobre las actitudes hacia las ciencias y las salidas de campo como estrategias para promocionarlas. De modo que, al identificar estos elementos en investigaciones empíricas se recogen ideas para estructurar el diseño del material didáctico.

El segundo capítulo expone el planteamiento del problema sobre la planificación de los contenidos curriculares en ciencias naturales y en particular, sobre los contenidos actitudinales que han sido poco abordados en las aulas. Así mismo, se problematiza la necesidad de articular el campo científico y el campo escolar a través de las visitas a laboratorios científicos dados los avances que permean a la sociedad y que afectan su calidad de vida. El tercer capítulo incluye el marco teórico desde el cual se desarrollan dos principios

de interés para la elaboración del material didáctico: principios teóricos y principios de diseño. Cada uno revisa los aportes de la literatura para comprender el problema de investigación.

El cuarto capítulo presenta el marco metodológico empleado para el diseño y producción del material didáctico, el cual se compone de cuatro fases: diseño inicial, evaluación por juicio de expertos, reflexiones sobre la toma de decisiones en el diseño y rediseño del material didáctico. Así mismo, se incluyen los instrumentos de recolección de la información y la manera en que fueron usados para construir el material didáctico. El quinto capítulo expone los hallazgos más relevantes sobre los datos recolectados para la producción del material didáctico, entre ellos las ideas previas de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias y sus actitudes hacia éstas, así como la valoración del material por juicio de expertos. También se incluye un apartado con las reflexiones sobre la toma de decisiones respecto a los comentarios de los expertos en el diseño inicial. Como resultado, se presenta el rediseño del material didáctico que es producto de esta tesis: el material didáctico dirigido al docente y al estudiante como herramientas para promocionar actitudes positivas hacia las ciencias desde la visita a un laboratorio de investigación.

Por último, en el sexto capítulo se comparten algunas conclusiones que se derivan de unas reflexiones sobre la experiencia en el diseño y producción del material didáctico considerando tres aspectos de interés: las fortalezas y debilidades en el diseño del material didáctico, sus implicaciones para su implementación en el aula, y los aportes al proceso formativo y al ejercicio profesional docente.

Justificación

Actualmente los avances en ciencias y tecnologías representan un aspecto fundamental para el desarrollo de las naciones ya que, facilitan las actividades diarias, aportan en el progreso económico y dan respuesta a las necesidades de la sociedad. Para Maldonado (2016) los avances científicos aumentan su importancia en la medida que impacten significativamente a la sociedad, dado que éstos constituyen elementos importantes para la consolidación del capital cultural y científico que provee cada nación a sus ciudadanos y ciudadanas (Watanabe y Kawamura, 2017).

De esta manera, los avances científicos y tecnológicos tienen una incidencia directa en la ciudadanía y sus estilos de vida (Cruz, Martínez, y López, 2017; Gavidia, 2008; Vázquez y Manassero, 2009). Prieto y Vera (2008) han documentado que aquellos países que invierten mayor cantidad de recursos en ciencias y tecnologías poseen una mayor calidad de vida, desarrollo social y capital cultural para acceso de sus ciudadanos. Caso contrario con aquellos países en vía de desarrollo, en los que de acuerdo con Cervantes y Gutiérrez (2014) se presenta poca inversión en ciencias y tecnologías, así como dificultades en servicios de salud y educación. Por tanto, el capital cultural y científico que las naciones en vía de desarrollo pueden ofrecer a sus ciudadanos es limitado para aportar a la valoración social de las ciencias, el progreso y la alfabetización científica.

Ante la creciente presencia de las ciencias en la cotidianidad se han generado visiones positivas y negativas frente a éstas, las cuales también hacen parte del imaginario de los estudiantes, de quienes se reporta visiones estereotipadas sobre la actividad científica y su relación con la sociedad (Lederman citado en García, Vázquez y Manassero, 2012). En este sentido, algunos autores apuntan a que los medios de comunicación (TV, prensa, radio, internet) y la sociedad influyen en la consolidación de estas visiones estereotipadas sobre la actividad científica (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002; Ortiz y Rodríguez, 2015; Vázquez, Manassero y Talavera, 2010), que consideran al científico como un sujeto que trabaja de forma aislada y escondida, dotado con grandes niveles de inteligencia y capacidad de crear artefactos con intenciones desconocidas (Domínguez, 2013).

Por otro lado, la investigación en el campo de la Educación en Ciencias comunica que por medio de la enseñanza también se presentan estos estereotipos (Fernández, Gil, Valdés y Vilches, 2005). De ese modo, se continúan reforzando estas ideas con las clases, dado que [...] *“las finalidades de la enseñanza muchas veces se reducen a que los estudiantes aprendan sólo conocimientos científicos”* (Saavedra y Vallejo, 2013, p. 313). Esto genera repercusiones notables en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y limita la apertura de los estudiantes a conocer las ciencias, puesto que termina influenciando la afinidad o rechazo hacia la actividad científica, además de asumirse la construcción del conocimiento científico con una actitud negativa (Hernández et al. 2011; Rodríguez, Jiménez y Caicedo, 2007).

Bajo esta mirada, varios autores coinciden en plantear que es fundamental cambiar el énfasis en la enseñanza del contenido conceptual si se quiere fomentar actitudes positivas hacia las ciencias en los estudiantes (Romero y Vázquez, 2013; Navarro y Förster, 2012; Gavidia, 2008). Para alcanzarlo, Fensham (2004) manifiesta que es pertinente articular el componente actitudinal en las clases de ciencias, de manera que incida en la construcción de conocimientos científicos sin dejar de lado la promoción de actitudes hacia las ciencias.

En función de lo anterior, diversos estudios en educación en ciencias destacan la necesidad de formar ciudadanos y ciudadanas capaces de desenvolverse en un mundo cada vez más influenciado por los avances de las ciencias y tecnologías, además de promover una valoración crítica y responsable de estos avances a nivel personal (Portocarrero y Barrionuevo, 2017; Romero y Vázquez, 2013; Cervantes y Gutiérrez, 2014). Estos autores han reportado que una de las mayores dificultades en este tipo de formación se debe a la falta de interés que manifiestan los estudiantes. Entre las causas de este desinterés, se han vinculado algunos factores como el sexo, la cultura, el ambiente escolar, los problemas sociales, el currículo y la forma como se desarrollan las clases (Vázquez y Manassero, 2009). Lo anterior, invita a repensar el lugar del componente actitudinal en las aulas, el cual debe incorporarse desde la planeación para lograr el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias por parte de los estudiantes.

Petrucci (2017) plantea que los estudiantes van perdiendo interés y actitud para involucrarse en carreras científicas tras varios años de estudio de ciencias naturales en la escuela. Esta disminución de las actitudes hacia las ciencias y poca vocación científica se relaciona con la visión estereotipada de las ciencias, su desconocimiento o falta de acercamiento hacia éstas (Gairín, 1990); dado que, las ideas de los estudiantes modulan las actitudes hacia estas disciplinas, siendo una limitante para el aprendizaje de las ciencias y para que éstas se consideren como una profesión en el futuro. Como resultado, las ciencias terminan por infravalorarse, así como la vocación por las carreras científicas (Afanador, 2014).

En consecuencia, desde esta investigación se busca promover en los estudiantes una actitud positiva hacia las ciencias, con el cuidado de que no se pretende que ello los lleve a considerarla su futura profesión; sino a valorarla como un conocimiento importante para comprender y actuar en un mundo en que el conocimiento científico está en nuestra cotidianidad. El contexto actual de pandemia es un escenario para reflexionar sobre esa estrecha relación entre Ciencias, Tecnologías, Sociedad y Ambiente, y lo importante de valorar positivamente al conocimiento científico, como una dimensión que puede aportar para entender y resolver el problema actual. En este sentido, plantear la construcción de conocimientos sobre las ciencias desde su naturaleza implica aproximarse al contexto en que éstas se desarrollan (García-Ruíz y Sánchez, 2006; Watanabe et al., 2016).

Con lo anterior, se evidencia la necesidad de concentrar esfuerzos en desarrollar propuestas de enseñanza-aprendizaje que busquen promover actitudes positivas hacia las ciencias en los estudiantes. La formación en ciencias y sus avances representa una demanda para la escuela

y una reformulación del currículo escolar en el cual se permita concebir unas ciencias más humanas (Guerra, Balderas, Benavides y Rentería, 2014), centradas en el trabajo colaborativo, y resolución de problemas a partir de un cuerpo de conocimientos que se renueva y se replantea colectivamente.

Desde esta perspectiva, se interpreta que la enseñanza de las ciencias en la escuela requiere integrar elementos de la naturaleza de la actividad científica, con el propósito de presentar no solo los productos (conceptos, teorías, leyes) de la construcción del conocimiento, sino también otras dimensiones de la actividad científica como las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) y las características de los sujetos que se dedican a estas áreas. De ese modo, en la presente investigación se formula la salida de campo a laboratorios de investigación como una alternativa que permite acercar el campo escolar y el campo científico con la intención de promover actitudes positivas hacia las ciencias, dado que permite la interacción con elementos de la naturaleza de esta actividad y con ello ampliar las ideas sobre la actividad científica.

Esta articulación se pensó a nivel local donde surge esta investigación, en la ciudad de Apodaca (Nuevo León, México), donde se encuentra el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) que alberga 35 centros de investigación dedicados a la producción científica y tecnológica para atender demandas sociales. En ese sentido, se consideró importante acercar la producción científica local a los estudiantes. Lo anterior, a raíz de identificar que comunican que la producción científica y tecnológica es poco conocida por parte de los estudiantes (Watanabe y Gurgel, 2011).

De ese manera, una decisión importante fue decidir el centro de investigación en que se realizaría la salida de campo. La literatura ya alertaba sobre la poca disponibilidad de estos centros a recibir público más amplio. De ese modo, se aprovechó el hecho del programa de maestría que está vinculado a un centro de investigación y la disponibilidad de un laboratorio del mismo centro, en particular del director del laboratorio de *Diversidad Biomolecular* que se interesó por la propuesta y a pensar en conjunto la forma de realizar la visita. Es importante comentar que existía un contacto previo con el director del laboratorio, dado que es un profesor que también participa en la Maestría en Educación en Biología para la Formación Ciudadana. Esta cooperación previa fue clave para lograr concretar el acercamiento entre el campo escolar y el campo científico.

Así pues, la visita al laboratorio de *Diversidad Biomolecular* se torna como un contexto en el que interactúan estudiantes y científicos de manera directa sobre los elementos implicados en la construcción del conocimiento científico (Hellgren y Lindberg, 2017; Svendsen y Banner, 2019; Watanabe y Gurgel, 2011), particularmente en el estudio de los virus, que hace parte de los objetos de investigación de este laboratorio. Esto ayuda a que se pueda conocer de cerca el trabajo que realizan los científicos locales en sus auténticos contextos, identificar cómo se desarrollan las ciencias a nivel nacional, además de modular las visiones estereotipadas sobre la actividad científica (Brown, 2018; Caramello, Strieder, Watanabe y

Munhoz, 2010). De modo que, se consideró este laboratorio como el lugar idóneo para lograr la apuesta de ampliar las visiones que los estudiantes tienen sobre la naturaleza de las ciencias, con la intención de que al conocer un poco más sobre esta actividad se logre la promoción de actitudes positivas.

Capítulo 1. Revisión de antecedentes

En este apartado se presenta la revisión de artículos en la literatura que se tomaron como referentes, con el fin de pensar el diseño de un material didáctico para promover actitudes positivas hacia las ciencias naturales que incorpora la estrategia de la salida de campo para ello. Se utilizó la revisión sistemática como herramienta que permitió examinar la literatura sobre un campo específico de conocimiento y sus hallazgos empíricos (Hunt en Aguilera, 2018).

De esa forma, este capítulo se organiza en tres ítems: 1) Las investigaciones que han explorado las actitudes positivas hacia las ciencias naturales; 2) Las investigaciones que plantean la salida de campo a centros de investigación que promueven contactos más cercanos con los científicos y su lugar de trabajo; y 3) Las investigaciones que han explorado las ideas previas sobre los virus en estudiantes de secundaria.

Para realizar el proceso de selección de la literatura se partió del campo de la Educación en Ciencias y se realizó la búsqueda de los documentos considerando los siguientes criterios:

1. Se estableció que se revisarían artículos que estuvieran publicados en revistas indexadas en bases de datos.
2. Se seleccionaron las bases de datos: SciELO, Web of Science, Dialnet, Springer.
3. Se estableció que se considerarían artículos publicados en un intervalo de 10 años 2010-2020.
4. Los artículos debían cumplir con la característica de presentar datos empíricos.
5. Para identificar las investigaciones se emplearon las palabras clave en español, inglés y portugués:
 - 5.1 Actitudes hacia las ciencias: *actitudes hacia las ciencias, enseñanza de las ciencias, actitudes + ciencia, attitude towards science.*
 - 5.2 Salidas a laboratorios/centros de ciencia: *centros de ciencia, Science centres, laboratórios científicos, salidas de campo, ciencia auténtica, authentic Science.*
 - 5.3 Interacciones con científicos en laboratorios: *outreach activities, out-of-school visit, informal Science settings, research centers visit.*
 - 5.4 Ideas previas sobre virus: *virus ideas + students, ideas about virus, virus + students, ideas sobre virus + estudiantes secundarias.*
6. Se consideraron los artículos que presentaron datos empíricos de estudiantes de secundaria.

Como resultado de la búsqueda se obtuvo un total de 28 artículos que se organizaron de acuerdo con las bases de datos en la Tabla 1. Para conocer a detalle los artículos ir al Anexo 1.

Tabla 1. Bases de datos consultadas y artículos seleccionados de cada una.

Base de datos	Palabras clave			
	Actitudes hacia las ciencias	Salidas a laboratorios científicos	Interacciones con científicos	Ideas previas sobre virus
SciELO	2	1	-	-
Web of Science	3	3	2	3
Dialnet	3	1	-	-
Google Scholar	2	1	3	2
Springer	-	-	1	1

Posterior al ejercicio de establecimiento de la muestra que conforma los artículos empíricos, se realizó un proceso de lectura profunda y sistemática de cada uno de estos documentos los cuales fueron organizados en una base de datos de Excel por columnas, organizando la información relacionada con actitudes hacia las ciencias, salidas a laboratorios de ciencias e interacción con científicos. De todos ellos, 10 artículos corresponden a las actitudes hacia las ciencias, 12 corresponden a las salidas de campo (6 artículos relacionados con la salida a centros de investigación y 6 artículos sobre la interacción con científicos), y 6 corresponden a las ideas previas de los estudiantes sobre virus. En cada una de estas columnas se amplió y se describió la información proveniente de cada artículo. Cabe destacar que para la extracción de información ambos ítems siguieron estos criterios: (i) autor y año, (ii) país, (iii) nivel educativo, (iv) metodología y (v) resultados.

Finalmente, desde la referencia del análisis de contenido se procedió al análisis de la información recabada. Desde esta propuesta metodológica, Bardin (2002) se plantea que el análisis de contenido es un conjunto de técnicas que analizan información de manera sistemática y objetiva desde de la descripción de un contenido, es decir, se formulan inferencias válidas en un contexto a partir de una fuente de datos específica. Así pues, para esta revisión de la literatura fueron construidas categorías de análisis sobre la información de los artículos y a partir de ellas se elaboraron inferencias con relación a las ideas y actitudes de los estudiantes sobre la actividad científica y sobre los conocimientos relacionados con los virus.

A continuación, se describen los resultados obtenidos del proceso considerando los dos ítems en que fueron divididos los antecedentes:

1.1 Las investigaciones que han explorado las actitudes hacia las ciencias

Categoría 1: ¿Qué países han investigado las actitudes hacia las ciencias en los últimos diez años?

En la Tabla 2 se encuentra la proporción de artículos seleccionados sobre actitudes hacia las ciencias teniendo en cuenta su localización geográfica y año de publicación.

Tabla 2. Investigaciones sobre las actitudes hacia las ciencias

Continente	País	Año	Actitudes hacia las ciencias
América	Colombia	2012	2
		2013	
	Bolivia	2016	1
	México	2015	2
2017			
Europa	España	2011	3
		2012	
		2018	
	Reino Unido	2010	1
Asia	Israel	2011	1

En primer lugar, se evidenció que los trabajos seleccionados han sido reportados desde varios países del mundo, entre ellos se destacan España (3), Colombia (2), México (2), Bolivia (1), Israel (1) y Reino Unido (1). De todos ellos, el continente americano concentra la mayor cantidad de estudios con un 50% de artículos, seguido del continente europeo con un 40% y el continente asiático con un 10%. Sin embargo, esta relación cambia si se analiza cada país en particular, por ejemplo, España es el país que más trabajos reporta sobre las actitudes hacia las ciencias, seguido de Colombia y México.

La existencia de esta gama de investigaciones sobre las actitudes hacia las ciencias podría estar relacionada con la creciente deserción en carreras científicas que ha evidenciado la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) en los últimos años (Vázquez y Manassero, 2011). En efecto, los países desarrollados son los que más estudios reportan en este campo y lo hacen con el propósito de promover actitudes positivas hacia las ciencias y ayudar a fomentar una vocación por las carreras de ciencias a través de diferentes estrategias e intervenciones.

Categoría 2: ¿Cómo se han explorado las actitudes hacia las ciencias?

Las investigaciones reportadas presentan diversas metodologías e instrumentos para explorar las actitudes hacia las ciencias en los estudiantes de secundaria. Por ejemplo, en el continente europeo, Reino Unido destaca el uso de pequeños grupos de discusión con la intención de socializar preguntas relacionadas con las opiniones sobre las ciencias, los científicos, las clases de ciencias, los intereses y actividades de ocio, aspiraciones de carrera e influencias sobre éstas (Archer, Dewitt, Osborne, Dillon, Willis y Wong, 2010). Así mismo, en España se ha optado por la implementación de cuestionarios sobre actitudes hacia las ciencias, elaborados a partir de los ítems del proyecto ROSE (The Relevance of Science Education) (Schreiner; Sjøberg, 2004; Vázquez y Manassero, 2007a), además de usar cuestionarios PANA (Positive and Negative Affect) diseñados específicamente para algunas investigaciones que indagan la intención de estudiar carreras de ciencias y la importancia de las ciencias en los jóvenes (Pérez y de Pro Bueno, 2018; Polino, 2012; Vázquez & Manassero, 2011).

Por su parte, en el continente asiático, Israel ha utilizado entrevistas con enfoque de narración de casos múltiples (Raved y Assaraf, 2011) que permite recopilar datos de gran cantidad de personas en un mismo estudio. Estas entrevistas son semiestructuradas y sus interrogantes se orientan hacia la escuela y las clases de ciencias, de modo que los participantes pueden expresar sentimientos y opiniones libremente.

Con relación al continente americano, se ha encontrado que en Colombia la tendencia a la exploración de actitudes hacia las ciencias se vincula con la aplicación de cuestionarios tipo Likert y la implementación de cuestionarios que han sido adaptados de los aportes de Barmby, Kind y Jones (2008) (Afanador y Mosquera, 2012; Molina, Carriazo y Casas, 2013). Para México se ha usado el Protocolo de Actitudes hacia las Ciencias (PAC) desarrollado por Vázquez y Manassero (1997). También, se destaca la Escala de Actitudes hacia la Ciencia (Espinoza-Romo, García y Barragán y Correa, 2016) y un cuestionario con cinco preguntas abiertas relacionadas con el estudio de la ciencia (Correa, Espinoza-Romo, Villanueva, García, y García y Barragán, 2017; Pelcastre, Gómez y Zavala, 2015). Finalmente, en Bolivia se han explorado las actitudes de los estudiantes con una adaptación del cuestionario tipo Likert de Vázquez y Manassero (2007) que originalmente era una adaptación del proyecto ROSE (Schreiner y Sjøberg, 2004) (Ramírez, Sanabria, Villacorta y Gallardo, 2016).

En función de estos hallazgos, resulta interesante notar que las investigaciones del contexto europeo se convierten en un referente de la investigación educativa para países en vía de desarrollo, los cuales toman como punto de partida algunos instrumentos tipo Likert y test para medir actitudes hacia las ciencias que han sido previamente validados. Dichos instrumentos han sido adaptados para su aplicación en entornos muy particulares y esto puede relacionarse con el hecho de que éstos han sido diseñados y validados por expertos en educación en ciencias, además que se han llevado a cabo proyectos de investigación sólidos en el campo de las actitudes hacia las ciencias y la vocación científica en estudiantes de

secundaria. Por otro lado, entre los estudios seleccionados es poco frecuente el uso de entrevistas y grupos de discusión como mecanismos para la exploración de actitudes hacia las ciencias, pues se identificó sólo en Reino Unido e Israel.

Categoría 3: ¿Cuáles son los referentes teóricos desde los que se sustenta el concepto de actitud hacia las ciencias?

La literatura reporta varias definiciones sobre las actitudes en general y actitudes hacia las ciencias en particular. Con relación a las actitudes, de los 10 artículos seleccionados, 6 comparten un referente similar para definir el concepto de actitud mientras que 3 no reportaron una definición sobre las actitudes y 1 se sitúa en un marco más amplio para conceptualizarlas. Respecto a las actitudes hacia las ciencias, de 10 artículos que conformaron la muestra, 5 presentaron una definición general sobre las actitudes hacia las ciencias, mientras que 3 tomaron como referente varias dimensiones sobre las ciencias para su definición, 1 adoptó la definición de actitudes en el contexto de las actitudes hacia las ciencias y sólo 1 no reportó definición sobre actitudes hacia las ciencias.

Los referentes teóricos que sitúan la definición de actitud se relacionan con una condición que predispone favorable o desfavorablemente una acción (Gavidia, 2008; Rodríguez y Seoane 1989; Petty y Briñol 2012, Pozo, 2000). Su construcción no es innata, se desarrolla a partir de la interacción con el entorno, que a su vez configura los valores, sentimientos y creencias sobre algo o alguien. (Afanador y Mosquera, 2012).

En varios estudios (Archer et al., 2010; Raved y Assaraf, 2011; Molina, Carriazo y Casas, 2013; Pelcastre, Gómez y Zavala, 2015; Correa, Espinoza-Romo, Villanueva, García, y García y Barragán, 2017; Pérez y de Pro Bueno, 2018) se encontró que las actitudes se sitúan bajo una clasificación que comprende tres componentes (cognitivo, afectivo y conductual) (Morales, 2006; Montero, 1994; Casales, 1989) que definen la relación entre objeto/sujeto y que modulan la capacidad de aprender contenidos conceptuales y procedimentales.

Respecto al componente cognitivo, éste se define como el conjunto de factores y conocimientos que se tiene sobre el objeto, ya sean positivos o negativos (Eagly y Chaiken, 1998). Por otra parte, el componente afectivo se relaciona con las emociones y sentimientos que son dirigidos sobre el objeto (gusto/disgusto, atracción/rechazo, amor/odio). Finalmente, el componente conductual se define como las disposiciones, acciones o comportamientos que se dirigen al objeto (Albarracín, Johnson y Zanna, 2010; Ajzen, 2012).

De allí que se reconozca que las actitudes son variables que influyen en el desempeño académico ya que son formas que afectan el comportamiento (Gargallo et al., 2007). En particular, el estudio de Prislín y Crano (2010, citado en Correa et al., 2017), quienes les atribuyen propiedades de comportamiento (fuertes/débiles) y que son importantes de considerar a la hora de explorarlas; entre más fuerte es una actitud más estable se conserva y

esto posibilita mantener la conducta de las personas, caso contrario con las que son débiles, pues son más propensas al cambio e inestabilidad a medida que pasa el tiempo.

Ahora bien, las actitudes hacia las ciencias se definen como las disposiciones, tendencias o inclinaciones a responder hacia todos los elementos (acciones, personas, situaciones o ideas) implicados en el aprendizaje de las ciencias, incluyendo las repercusiones sociales (Pelcastre et al., 2015; Molina, Casas y Carriazo, 2013; Polino, 2012; Afanador y Mosquera, 2012; Ramírez et al., 2016). Para Manassero y Vázquez (2001) las actitudes hacia la ciencia se derivan de la reflexión de un sistema de valores y creencias que se construyen social y culturalmente.

Otros estudios definen las actitudes hacia las ciencias desde varias dimensiones. Por ejemplo, Pérez y de Pro Bueno (2018) plantea que las actitudes hacia la ciencia son un sistema de creencias y convicciones hacia estas áreas, las cuales incluyen varias dimensiones: (i) actitudes hacia los descubrimientos y el trabajo de los científicos, (ii) actitudes científicas en la realización de una tarea, (iii) actitudes hacia las materias curriculares de ciencia, (iv) actitudes hacia la salud, conservación del medio y la paz, y (v) actitudes hacia la naturaleza de las ciencias.

En particular, Raved y Assaraf (2011) consideran que las actitudes hacia las ciencias se vinculan con la dimensión de ciencia escolar, cuya comprensión es útil para el aprendizaje siempre y cuando éstas se enfoquen en atender las necesidades personales y afectivas del estudiante, favoreciendo la interacción de su sistema de creencias con los demás (Oliva et al., 2004). El estudio de Vázquez y Manassero, (2011) sugiere que las actitudes hacia las ciencias se definen bajo tres criterios: actitudes básicas (interés hacia ciencias), actitudes vocacionales y actitudes hacia los objetivos de las ciencias.

A partir de lo anterior, se puede inferir que la mayoría de los estudios seleccionados tienen una definición homogénea sobre el concepto de actitud y de actitud hacia las ciencias. También se encontraron consensos sobre los componentes que definen una actitud (cognitivo, afectivo y conductual) y la posibilidad de modular las percepciones o creencias sobre un objeto de estudio para mejorar las actitudes hacia éste.

Categoría 4. ¿Qué actitudes hacia las ciencias han explorado las investigaciones? ¿Cómo las definen?

Las investigaciones reportan que las actitudes hacia las ciencias se vinculan con tres grandes ejes de interés: *actitudes hacia la ciencia escolar, actitudes hacia la naturaleza de las ciencias y actitudes hacia las opciones de carrera y vocación científica*. Sobre las actitudes hacia la ciencia escolar, algunas investigaciones se han enfocado en explorar el interés en clases de ciencias, las opiniones sobre las clases de ciencias (Archer et al., 2010), así como los factores que pueden influir en la actitud hacia los estudios de ciencias.

Para ello, Raved y Assaraf (2011) estudiaron tres factores: percepción del profesor de ciencias, valoración de las clases de ciencias y nivel de satisfacción con esta asignatura (Ramírez, Sanabria, Villacorta y Gallardo, 2016). Otros estudios han explorado las actitudes hacia el aprendizaje de la biología en algunos grados de secundaria dada su frecuente aparición en el currículo escolar. En particular, estas actitudes se relacionan con la responsabilidad-autonomía, resolución de problemas en biología, actividades en clase y el trabajo en equipo (Afanador y Mosquera, 2012).

Respecto a las actitudes hacia la naturaleza de las ciencias, algunos autores buscan indagar percepciones y creencias respecto a las ciencias como conjunto de conocimientos. En concreto, el estudio de Pérez y de Pro Bueno (2018) explora tres aspectos: la ciencia y sus descubrimientos, la visión de la ciencia y de los científicos, la visión dicotómica de la ciencia (beneficiosa/perjudicial).

Sobre las actitudes hacia las opciones de carrera y vocación científica, se destacan estudios que exploran la intención de alcanzar una carrera en ingeniería o ciencias exactas, y cómo estas lucen para los jóvenes en general (Polino, 2012). Dichas actitudes son analizadas bajo los factores que condicionan el interés de los adolescentes para optar por las carreras de ciencias. Desde esta perspectiva, también se resalta el trabajo de Correa, Espinoza-Romo, Villanueva, García, García y Barragán (2017), que se ha enfocado en la percepción de los estudiantes de secundaria sobre los científicos y las opciones de carreras de ciencias.

Finalmente, es importante mencionar que, así como hay estudios que se centran en un eje en particular, también existen otros estudios que exploran varios ejes de forma simultánea. Por ejemplo, el estudio de Afanador y Mosquera (2012) investiga sobre cuatro actitudes hacia las ciencias: imagen de ciencia, medio ambiente, ciencia escolar y ciencia como disciplina de estudio.

Por otro lado, Molina, Carriazo y Casas (2013) estudiaron las actitudes que son relevantes para la selección de carreras científicas y el uso que se le dará al conocimiento científico como ciudadanos. Tales actitudes fueron agrupadas de la siguiente forma: actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia en la escuela, el trabajo práctico en ciencia, la ciencia fuera de la escuela, la importancia de la ciencia, el autoconcepto de ciencia y la futura participación en ciencia.

Sumado a esto, la investigación de Pelcastre, Gómez y Zavala (2015) también enfatizó en varias dimensiones: visión de ciencia, características de la ciencia, enseñanza e imagen social de la ciencia. Este estudio se relaciona con el que reportó Vázquez y Manassero (2011), en el cual exploraron actitudes relacionadas con la ciencia escolar, la imagen de ciencia como disciplina y el medio ambiente. Dichas actitudes fueron definidas de los aportes del proyecto ROSE (Relevance of Science Education), cuyo propósito es identificar los factores afectivos cruciales hacia diversos aspectos y problemas en relación con el aprendizaje de la ciencia y la tecnología a nivel mundial (Schreiner; Sjøberg, 2004).

En la tabla 3 se presenta un esquema que resume las actitudes hacia las ciencias encontradas en los estudiantes de secundaria. De la muestra de artículos seleccionados, es posible inferir que predomina la exploración de actitudes hacia la ciencia escolar como objeto de estudio, específicamente aquellas relacionadas con el desempeño académico y la valoración de la utilidad de esta asignatura en la vida cotidiana. Le siguen las actitudes hacia las opciones de carrera en ciencias y vocación científica, cuya aparición en algunos estudios se encuentra de forma exclusiva mientras que en otros se correlacionan con la actitud hacia la ciencia escolar. No obstante, se evidenció que sólo unos pocos estudios exploraron actitudes relacionadas con la naturaleza de las ciencias (imagen de ciencia y científico, objetivos de ciencia, impacto a nivel social, metodologías de trabajo).

Tabla 3. Esquematización de las actitudes hacia las ciencias que han explorado los estudios.

Actitudes hacia las ciencias		
Actitudes hacia la ciencia escolar	Actitudes hacia la naturaleza de la ciencia	Actitudes de Vocaciones Científicas
Interés en clases de ciencias	La ciencia y sus descubrimientos	Interés por carreras de ciencias
Opinión y valoración sobre las clases de ciencias	Visión sobre la ciencia y los científicos	Interés por carreras de ingeniería
Percepción sobre el profesor de ciencias	Visión dicotómica de la ciencia	Futura participación en ciencias
Imagen de ciencia en la escuela	Características de las ciencias	Percepción de los científicos
Autoconcepto de ciencia	Imagen social de las ciencias	
Importancia de la ciencia	Imagen de medio ambiente	

La distribución de estas actitudes tiene semejanza con aquellas que ha planteado Pro Bueno (2003) como contenidos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En concreto, este autor organiza los contenidos actitudinales en cuatro categorías: (i) actitudes hacia la ciencia, (ii) actitudes en la actividad científica, (iii) respeto por el medio y (iv) hábitos saludables. El interés por las ciencias, la valoración del trabajo científico, valoración de la incidencia tecnológica y social del conocimiento (categoría i: actitudes hacia la ciencia) y la valoración de las aportaciones de la ciencia en la mejora del medio (categoría iii: respeto por el medio) son actitudes que coinciden con algunas que la Tabla 3 presenta, específicamente, el interés en clases de ciencias, importancia de la ciencia (actitudes hacia la ciencia), así como la visión dicotómica de las ciencias y la imagen social de las ciencias (actitudes hacia la naturaleza de la ciencia).

Categoría 5: ¿Cuáles son las actitudes hacia las ciencias que tienen los estudiantes de secundaria que son reportadas en las investigaciones?

Al igual que en la categoría anterior, las actitudes que reportan los estudios seleccionados se organizan en tres ejes de interés: *actitudes hacia la ciencia escolar, actitudes hacia la naturaleza de las ciencias y actitudes hacia las opciones de carrera y vocación científica*. En primer lugar, los estudios dejaron evidencia sobre el descenso de las actitudes hacia la ciencia escolar a medida que finalizan los estudios, decayendo considerablemente en los grados intermedios de la secundaria (Molina et al., 2013; Afanador y Mosquera, 2012; Ramírez et al., 2016) y teniendo un ligero repunte en los últimos grados (Pelcastre et al., 2015). Esto concuerda con lo reportado por Vázquez y Manassero (2011), donde los estudiantes le atribuyen un gran valor a las ciencias a nivel social pero a nivel escolar ésta no deja de ser difícil y poco atractiva de estudiar, especialmente para las chicas.

En particular, el método de enseñanza se reporta como un factor muy influyente en el descenso de actitudes hacia la ciencia escolar, puesto que se relaciona con la atención e interés en el aprendizaje de las ciencias y también con la percepción del profesor de ciencias; si existe una imagen positiva sobre éste, el interés y actitud de los estudiantes hacia la ciencia escolar es positiva (Raved y Assaraf, 2011). Sin embargo, estos autores sugieren que para algunos estudiantes la ciencia no es interesante en la escuela ni en la vida cotidiana y, por ende, su actitud negativa se mantiene con firmeza. Afanador y Mosquera (2012) encontraron algo similar, ya que las actividades escolares en biología que se centran en la cooperación e intercambio de ideas son un elemento altamente motivador para los estudiantes. Sin embargo, esto disminuye conforme avanza la edad y el ciclo de escolarización dado que se incrementa la complejidad en las tareas y el desinterés por aprender, reforzándose una carencia de responsabilidad y autonomía con la asignatura y el aprendizaje de ésta en grados superiores.

Respecto a las actitudes hacia la naturaleza de las ciencias, se reportó que los estudiantes tienen una actitud positiva respecto a la imagen de ciencia, reconociendo que los productos y descubrimientos de ésta contribuyen al desarrollo social, especialmente al campo de la salud y mejoramiento de la calidad de vida (Vázquez y Manassero, 2011; Ramírez et al., 2016). De acuerdo con Pérez y de Pro Bueno (2018), el 70% de los estudiantes tiene una percepción muy positiva de la ciencia, siendo los chicos quienes perciben mejor la ciencia que las chicas. Sin embargo, se evidenciaron percepciones negativas del científico, aludiendo a una visión estereotipada (solitario, trabajo de laboratorio exhaustivo, profesión exclusivamente masculina) y a una actividad que pone en riesgo sus vidas (Pelcastre et al., 2015). Por el contrario, Correa et al., (2017) encontró una representación positiva en los estudiantes sobre las características de los científicos puesto que se les atribuía inteligencia, supremacía, dedicación y descubrimientos que benefician a la sociedad.

Con relación a las actitudes hacia las opciones de carrera y vocación científica, se encontró que desde el punto de vista personal la ciencia no es una profesión interesante para los jóvenes pese a ser valorada como útil e importante a nivel social (Ramírez et al., 2016), pues sigue

siendo insuficiente el interés para fomentar una vocación en estas carreras. Polino (2012) reportó que sólo el 10% los jóvenes manifestaron interés en alcanzar una profesión científica y esto podría relacionarse con la influencia de las clases de ciencias, nivel de estudios en el hogar y la frecuencia con que se tienden a informar sobre temas de ciencia y tecnología. Así mismo, las percepciones negativas de los estudiantes sobre los científicos que reportó Correa et al. (2017) refuerzan el rechazo por las carreras científicas, argumentándose falta de interés y disgusto hacia las ciencias, además de no contar con las capacidades necesarias para ser científicos pues es una profesión aburrida y difícil.

Otros estudios han reportado que la profesión científica es rechazada entre las chicas por ser una profesión meramente masculina, poco sensible y con mala presentación personal (Archer et al., 2010). De modo que, la idea de ser científico no se asocia únicamente con la inteligencia; el interés, esfuerzo y la constancia que demandan es muy amplio y la enseñanza es débil para fomentar esta vocación (Pelcastre et al., 2015).

Estas actitudes dejan ver que las carreras de ciencias pierden fuerza y preferencia entre los jóvenes al ser consideradas poco atractivas. En promedio, el interés por escoger carreras de ciencias inicia con una actitud favorable en los últimos años de la primaria y decrece con los últimos años de secundaria, considerándola poco atractiva y argumentando que ésta es muy teórica y no debe ser asumida por ellos (Molina, Carriazo, et al., 2013). Lo anterior, podría relacionarse con la debilidad en la enseñanza; es decir, la ausencia del uso de recursos pedagógicos como salidas de campo, dificultades en el aprendizaje, inadecuación de contenidos y escaso trabajo experimental en todo el ciclo de escolarización.

Por consiguiente, se destacan algunas sugerencias realizadas por Polino (2012), Pelcastre et al. (2015) y Ramírez et al. (2016), sobre el efecto que podría tener la inclusión de contenidos de ciencias con enfoque social de tal manera que los estudiantes puedan comprender que la ciencia y la investigación realizada en este campo se articulan con el bienestar social, además de generar espacios que permitan visitar entornos relacionados con la ciencia (museos, centros de investigación) para facilitar la interacción con científicos y donde se conozca una ciencia más atractiva, contextualizada y auténtica. A continuación, se presenta el análisis realizado sobre las investigaciones que plantean las salidas de campo como una oportunidad para promover actitudes hacia las ciencias positivas.

1.2 Las investigaciones que plantean la salida de campo a centros de investigación

Es importante mencionar que para localizar las investigaciones que plantean la salida de campo como una estrategia para promover actitudes científicas, fue necesario seguir la estrategia de bola de nieve, dado que la búsqueda en las bases de datos no permitió identificar muchas investigaciones, especialmente aquellas sobre las interacciones con científicos. Esta estrategia propone revisar las referencias bibliográficas de un artículo en particular para

localizar otros estudios relacionados que amplíen más información sobre una temática en específico (Ramos, Ramos y Romero, 2003).

A partir de esta búsqueda se recolectaron 12 artículos, de los cuales 6 se relacionan con las salidas de campo a laboratorios y 6 se vinculan con la interacción situada en espacios auténticos como centros de investigación y laboratorios de investigación.

A continuación, se presentan los análisis realizados sobre la muestra de artículos, organizados en cinco categorías que emergen de la base de datos construida al leer cada uno de ellos a profundidad, y que fueron orientados desde el análisis de contenido (Bardin, 2002). Dicho análisis resultó de las inferencias desarrolladas a partir de las descripciones reportadas en la literatura.

Categoría 1: ¿Qué países han investigado las salidas de campo como estrategia para promover actitudes positivas hacia las ciencias en los últimos diez años?

La Tabla 4 describe la proporción de estudios sobre las salidas a centros de investigación por ubicación geográfica y año de publicación. Se incluyen aquellos estudios que enfatizan el contacto con los científicos y su lugar de trabajo.

Tabla 4. Países donde se desarrollan los trabajos seleccionados.

Continente	País	Año	Salidas a laboratorios científicos	Interacciones con científicos	Total
América	Brasil	2010	2	1	3
		2011			
		2015			
	Estados Unidos	2016	1	2	3
		2018			
		2020			
Europa	España	2011	1	-	1
	Suecia	2017	1	-	1
	Dinamarca	2019	-	1	1
	Alemania	2019	-	1	1
Asia	Israel	2018	1	1	2
		2019			

Se evidenció que los trabajos identificados han sido reportados en varios países del mundo, entre ellos se destacan, Brasil (3), Estados Unidos (3), Israel (2), España (1), Suecia (1), Alemania (1), Dinamarca (1) y Reino Unido (1). De todos ellos, el continente americano es el que concentra la mayor cantidad de estudios en este campo con un 50% de artículos, seguido de Europa con 33% y Asia con 17%.

Resulta interesante notar que Estados Unidos y Brasil parecen desarrollar más trabajos relacionados con las salidas a laboratorios científicos y la interacción directa entre científicos y estudiantes, al igual que Israel, aunque éste se perfila con menor cantidad de estudios. Se evidenció que Estados Unidos e Israel coinciden en desarrollar programas de divulgación científica a través de las visitas a laboratorios científicos, pues al ser países más desarrollados tienen mayor inversión en ciencias y programas de divulgación científica que permitan la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias en los estudiantes. Caso contrario con los países en vía de desarrollo que tienen una inversión más baja en ciencias (Portocarrero y Barrionuevo, 2017) y por ende, menor cantidad de centros de investigación y lugares que posibiliten una visita escolar guiada, lo que podría explicar por qué no se encontraron investigaciones en español.

Categoría 2. ¿Qué modalidades de salida de campo han explorado las investigaciones?, ¿cómo la organizan?

La literatura consultada sugiere que existen dos modalidades de salida de campo: las visitas de los estudiantes a centros de investigación y la visita de científicos a las escuelas. De la muestra seleccionada, se encontró que todos los artículos implementaron la salida a centros de investigación y laboratorios universitarios como estrategia para la exploración y promoción de actitudes positivas hacia las ciencias. Sin embargo, sólo un artículo de toda la muestra presentó la modalidad de visitas de científicos a las escuelas además de la modalidad antes descrita.

Respecto a los lugares que se visitan en las salidas de campo se encontró una gran variedad; desde aceleradores de partículas (Caramello, Strieder, Watanabe y Munhoz, 2010; Watanabe y Gurgel, 2011; Watanabe, Campos, Gurgel, Galli, de Moraes y Gameiro, 2015), reactores nucleares (Brown, 2018) y laboratorios universitarios de investigación científica (Clark, Russell, Enyeart, Gracia, Wessel, Jarmoskaite et al., 2016; Hellgren y Lindberg, 2017; Tsybulsky, Dodick, y Camhi, 2018; Tsybulsky, 2019; Svendsen y Banner, 2019; Tirre, Kampschulte, Thoma, Höffler y Parchmann, 2019; Kompella et al., 2020). Sobre la modalidad de visita de los científicos a la escuela se destacó la escuela rural como contexto en el cual los científicos compartieron sus trabajos de investigación a los estudiantes de secundaria (Clark et al., 2016).

Ahora bien, sólo 2 artículos presentaron la organización de las salidas de campo en dos momentos: antes de la salida y durante la salida (Kompella et al., 2020; Tirre et al., 2019).

Sólo 2 artículos realizaron recomendaciones generales sobre la estructura de una salida de campo (Rebelo, Marques y Costa, 2011; Watanabe y Munhoz, 2010), y 1 artículo no especificó cómo se planificó la visita (Brown, 2018).

Respecto a las recomendaciones generales para realizar este tipo de actividad, se plantea que las visitas sean diurnas, que tengan una duración entre 2 y 4 horas, y que tengan al menos 4 paradas, las cuales no excedan los 15 minutos cada una (Rebelo, Marques y Costa, 2011). Para su organización se sugiere hacer una delimitación temática y conceptual (Watanabe y Kawamura, 2006) dado que al ser tan cortos los recorridos no se permite la discusión o profundización de ciertas ideas. Para ello se puede explorar el currículo en los libros de texto y hacer entrevistas al personal de los centros de investigación que delimiten los contenidos conceptuales, y se pueden considerar los aspectos científicos, tecnológicos y sociales (CTS) vinculados con el contenido. Además, de algunos aspectos de la Naturaleza de las Ciencias (NdC) que permitan discutir el quehacer científico como una producción humana (Caramello et al., 2010).

Respecto a la organización de una visita a la escuela por parte del científico, ésta se prepara atendiendo varios criterios: duración de la exposición, adaptación del lenguaje considerando el público al que se dirige y retroalimentación por parte de los estudiantes (Clark et al., 2016). Los científicos que se presentan en las escuelas tienen una preparación previa en las universidades que trabajan, donde otros científicos que ya han participado hacen retroalimentaciones a sus exposiciones. Una vez que se realiza la visita, la intervención del científico ante el público escolar no debe exceder los 20 minutos para que los estudiantes tengan espacio de resolver interrogantes.

En función de estos hallazgos es posible mencionar que la gran mayoría de los artículos presentan un consenso en cuanto a la organización de las salidas puesto que son estructuradas en tres grandes momentos: antes, durante y después de las visitas. Adicionalmente, casi todos los artículos destacan los esfuerzos de coordinación que debe haber entre la escuela-centro a visitar para lograr los objetivos de aprendizaje en los estudiantes de secundaria.

Categoría 3: ¿Cuáles son los objetivos que plantean las investigaciones al proponer una salida de campo que posibilite la interacción con científicos?

La literatura sugiere que algunos estudios (Tsybulsky, 2019; Tsybulsky et al., 2018) tomaron como referente las narrativas de indagación (Schwab, 1962) y el modelo de Orion (1993) sobre la preparación de las salidas de campo. En cuanto a las narrativas de indagación este autor plantea que, el uso de una narrativa que incluya el contexto investigativo en el cual se desenvuelve un científico como material de lectura (antes y después de las salidas) ayuda a los estudiantes a comprender cómo se llevan a cabo las investigaciones científicas. En este sentido, los referentes teóricos permiten trazar los objetivos que se pretenden alcanzar con el diseño y aplicación de las salidas de campo.

En función de lo anterior, Brown (2018) sugiere que utilizar la salida de campo como estrategia que vincula un contacto cercano con científicos puede ayudar a direccionar ideas alternas sobre la ciencia, los científicos y promover actitudes positivas hacia las ciencias (Alsop, Hanson y Watts, 1998). Así mismo, Hellgren y Lindberg, (2017) plantean que implementar la salida de campo bajo el modelo STSPs (*Student-Teacher-Scientist ParternShip*) contribuye a formar sentimientos y actitudes positivas al trabajar en simultáneo con científicos, y a su vez, construir un espacio de aprendizaje de las ciencias donde se exploren preguntas sin respuestas y el trabajo del científico. La interacción dada por estas actividades crea experiencias en los estudiantes que permiten modular positivamente aspectos como la motivación, actitudes, valores y creencias sobre las ciencias, además de extender las percepciones sobre la ciencia, visión social de la ciencia y autoconcepto de ciencia (Dörnyei y Ottó, 1998).

Se ha sustentado también que la salida de campo se usa en función de desmitificar los estereotipos que rondan sobre la ciencia y el quehacer científico (Watanabe et al., 2015; Watanabe y Gurgel, 2011). En efecto, estos autores proponen que trabajar la divulgación de las ciencias en contextos auténticos desde varias dimensiones (económica, social y cultural) facilita el dialogo entre dos culturas de diferentes orígenes (ciencia y sociedad), de modo que se puedan comprender los elementos de cada una a través del dialogo y la interacción entre éstos (Cobern y Aikenhead, 1998). Lo anterior facilita la comprensión de la ciencia de forma más amplia y le da sentido a ésta como una construcción humana que resulta del trabajo cooperativo de varios grupos de trabajo. En este sentido, repensar los espacios de producción científica como espacios de educación (Watanabe y Kawamura, 2015) son elementos importantes para la formación cultural y científica de los estudiantes de secundaria.

En Europa, Svendsen y Banner (2019) toman como referente los programas que ofrecen las universidades y centros de investigación con fines de divulgación científica y de apoyo para la comprensión de la naturaleza de las ciencias, compromiso con el aprendizaje de las ciencias, la promoción de actitudes hacia ésta y la posibilidad de ampliar los conocimientos sobre el perfil de una carrera en ciencias (Gibson y Chase, 2002; King and Glackin, 2010).

Por su parte, Tirre et al. (2019) resalta que las visitas a laboratorios de ciencias favorece la comprensión de tres dimensiones: (i) naturaleza de las Ciencias (NdC), que se refiere a las características del conocimiento científico (Lederman, 2007; McComas, 1996); (ii) Naturaleza de la Indagación Científica (NdIC), que se refiere a la caracterización del proceso llevado a cabo para la construcción de conocimiento científico (Schwartz and Lederman, 2008; Neumann, Fischer y Kauertz, 2010); y (iii) Naturaleza del Científico (NdCt), referida a la descripción de las actividades regulares del científico y las áreas en que éstos se desempeñan (Wentorf, Höffler, and Parchmann 2015).

Finalmente, en el contexto norteamericano, Clark et al. (2016) y Kompella et al. (2020) han destacado que las actividades de divulgación científica son modelos efectivos y de bajo costo que promocionan la comunicación en ciencias por parte de los científicos y la comprensión

de las ciencias por parte de los estudiantes (Fiske y Dupree, 2014; Concannon y Grenon, 2016). Adicional a ello, también se evidencia que estas actividades permiten incrementar el interés y conciencia en los estudiantes sobre las formas en que se lleva a cabo una investigación (Dewaters y Powers, 2006; Karpa, Vakharia, Caruso, Vechery, Sipple y Wang, 2015; Mason, Ouellette y Sparks, 2018; Jones, Chang, Carter y Roder, 2019).

A partir de lo anterior, se puede inferir que la mayoría de los estudios trabaja un referente teórico diferente y esto puede deberse a que las salidas de campo son muy particulares y atienden objetivos específicos para cada contexto. Por otro lado, sólo una pequeña porción de los estudios parece darle mayor prioridad a un modelo como el de Orion (1993) y Schwab (1962) como sustentos teóricos de las salidas de campo. Sin embargo, resulta interesante notar que, aunque casi todos los estudios plantean las salidas de campo en tres grandes momentos, sólo 2 estudios lo sustentan teóricamente con el modelo antes descrito.

Categoría 4: ¿Cómo se ha propiciado la interacción con científicos durante las salidas de campo?

De acuerdo con los 12 artículos consultados, 7 de ellos tienen consenso en cuanto a la organización de las salidas que propician la interacción con los científicos. En efecto, las salidas de campo parecen orientarse con el modelo de Orion (1993) el cual consta de tres aspectos que se describen a continuación:

- El primero, se refiere a la preparación en clase, es decir, la presentación de contexto a visitar, los científicos, métodos y equipos usados para hacer su trabajo, formulación de preguntas que guiarán la visita y la interacción con los científicos.
- El segundo, se vincula con la ejecución de la salida de campo y esto implica la descripción del contexto de investigación, y algunos elementos de la NdC (Abd-El-Khalick 2012; Argamon et al. 2008; Dodick et al. 2009; Driver, Leach, Miller y Scott, 1996; Senor and Singer 2009): (i) tentativa de comprensión científica, (ii) naturaleza cooperativa del proceso científico, (iii) diversidad metodológica, (iv) integración sociocultural del conocimiento científico y (v) objetivos de investigación científica.
- El tercero, es el resumen de la salida en clase, es decir, las reflexiones derivadas de las salidas y orientadas bajo la supervisión de los docentes que planificaron y acompañaron el recorrido.

En este sentido, varios autores (Watanabe y Gurgel, 2011; Tsybulsky et al., 2018; Tsybulsky, 2019; Svendsen y Banner, 2019) han optado por introducir el contexto que se visitará, así como los documentos que referencian las investigaciones que realizan los científicos; esto facilita la preparación y formulación de preguntas que tengan los estudiantes y que serán aplicadas durante la visita.

Otros estudios han optado por preparar a los docentes en cuanto a los objetivos de la salida, estableciendo contacto por redes sociales con los científicos (Hellgren y Lindberg, 2017) y a los asistentes de laboratorios científicos y estudiantes de posgrado con material de apoyo (documentos, presentaciones multimedia y ensayos previos) para enriquecer la interacción con los estudiantes de secundaria durante las visitas (Tirre et al., 2019).

Así mismo, algunos autores han explorado la selección de los participantes para la salida desde varios criterios: pequeña muestra de estudiantes con alta y poca participación en clases de ciencias que puedan ser monitoreados constantemente durante la interacción con los científicos (Svendsen y Banner, 2019). Otra estrategia es la visita de un grupo de estudiantes a un científico y su lugar de trabajo; esto se realiza de forma personalizada con base en los intereses del estudiante (Clark et al., 2016), lo cual mantiene el interés y la interacción de forma continua. El proceso de visita se coordina con la dirección de la Universidad, directivos docentes y padres de familia.

En segundo lugar, se planifican algunas actividades y discusiones con los científicos y los estudiantes durante las salidas de campo. Particularmente, se sugieren tres momentos clave durante la salida:

- i. actividades de exploración antes de iniciar el recorrido (Watanabe y Gurgel, 2011).
- ii. presentación del científico y del lugar, actividades prácticas y de discusión con los estudiantes sobre el contenido temático y las preguntas que se formularon durante la preparación previa (Brown, 2018; Kompella et al., 2020; Tirre et al., 2019; Tsybulsky et al., 2018; Watanabe et al., 2015).
- iii. reflexiones sobre la visita, percepciones sobre el trabajo de los científicos a nivel social y elementos sobre NdC apreciados durante el recorrido (Brown, 2018; Tirre et al., 2019; Tsybulsky, 2019).

Además, se suelen realizar algunas actividades de cierre luego de la salida como por ejemplo: reflexiones sobre lo aprendido en las salidas, descripciones sobre la percepción de los científicos, y socialización de la experiencia de aquellos estudiantes que establecieron contacto directo con científicos en laboratorios auténticos de investigación (Svendsen y Banner, 2019; Tirre et al., 2019).

En función de lo anterior es posible inferir que la interacción de los estudiantes con científicos se ha propiciado bajo la planificación previa en la escuela y la preparación de materiales por parte del docente basados en el modelo de Orion (1993). Es importante notar que este proceso involucra la participación de varios sujetos además de los estudiantes, los científicos y los docentes: padres de familia, directivos, asistentes de docencia y estudiantes de posgrado. Estos sujetos se convierten en participantes directos e indirectos en las salidas de campo y aportan de forma específica a la realización de éstas.

Categoría 5: ¿Qué actitudes se promueven con las salidas de campo y que son reportadas en las investigaciones?

Según la muestra de artículos, las actitudes hacia las ciencias que resultan de la interacción con los científicos se pueden organizar desde tres ejes de interés: *naturaleza de las ciencias*, *aprendizaje de las ciencias* y *vocación científica*. Todas ellas han sido exploradas con ayuda de instrumentos en los tres momentos de la salida de campo (antes, durante y después). Respecto a las actitudes hacia la ciencia escolar, ésta fue explorada en su mayoría por los test tipo Likert (Brown, 2018; Clark et al., 2016; Hellgren y Lindberg, 2017; Tirre et al., 2019; Tsybulsky et al., 2018), entrevistas (Svendsen y Banner, 2019; Tsybulsky, 2019), y cuestionarios mixtos (Watanabe et al., 2015). En estos se valoró el autoconcepto de ciencias, comprensión sobre los contenidos abordados en las visitas, nivel de confianza para el aprendizaje de las ciencias, utilidad de las ciencias (Brown, 2018; Hellgren y Lindberg, 2017; Kompella et al., 2020) y aspectos que disfrutaron durante las salidas (Tsybulsky, 2019).

Particularmente, sobre las actitudes hacia la naturaleza de las ciencias se emplearon instrumentos como entrevistas (Kompella et al., 2020; Svendsen y Banner, 2019; Tsybulsky et al., 2018; Rebelo et al., 2011), test tipo Likert (Kompella et al., 2020; Tirre et al., 2019; Tsybulsky et al., 2018), cuestionarios abiertos (Tsybulsky et al., 2018; Watanabe et al., 2015; Watanabe y Gurgel, 2011), notas de campo de los investigadores (Watanabe y Gurgel, 2011), narrativas reflexivas (Tsybulsky, 2019) y DAST (*Draw A Scientist Test*) (Brown, 2018). Éstos indagaron sobre la percepción de los científicos y su trabajo, el nivel de comunicación del investigador (Svendsen y Banner, 2019) e incluso criterios específicos de la NdC: comprensión científica, naturaleza cooperativa entre científicos durante su trabajo, diversidad metodológica, integración sociocultural y objetivos del conocimiento científico (Tsybulsky et al., 2018).

Sobre las actitudes de vocación científica se ha destacado el uso de entrevistas antes y después de las salidas de campo (Kompella et al., 2020; Svendsen y Banner, 2019). Además, de los test tipo Likert (Clark et al., 2016; Kompella et al., 2020) que analizan cómo se comportaron las actitudes a lo largo de la salida de campo y las intenciones de estudiar una carrera en ciencias.

A continuación, se presenta la tabla 5 que resume los instrumentos utilizados antes y después de las salidas de campo y su relación con las actitudes que exploran. De ello, es posible inferir que los test tipo Likert son los instrumentos que más se usan para analizar el comportamiento de las actitudes hacia las ciencias antes y después de las salidas, seguido de las entrevistas en ambos momentos de las salidas, especialmente para las actitudes de vocaciones científicas.

Tabla 5. Instrumentos utilizados en la valoración de las actitudes antes y después de las salidas de campo.

Momento de la salida de campo	Actitudes hacia las ciencias		
	Actitudes hacia la ciencia escolar	Actitudes hacia la naturaleza de las ciencias	Actitudes de Vocaciones Científicas
Antes	Test tipo Likert	Cuestionarios abiertos	Entrevistas
		Test tipo Likert	Test tipo Likert
		DAST	
Después	Test tipo Likert	Cuestionarios abiertos	Entrevistas
		Entrevistas	
	Entrevistas	Narrativas reflexivas	
	Cuestionarios mixtos	Test tipo Likert	Test tipo Likert
		DAST	
Notas de campo			

Ahora bien, se evidenció que las actitudes hacia la ciencia escolar antes de la salida de campo eran ligeramente favorables respecto a la confianza para aprender ciencias, comprensión conceptual sobre ciencias y autoconcepto de ciencias; mientras que, luego de las salidas, hubo un aumento correspondiente en el aprendizaje de los contenidos conceptuales abordados durante el recorrido (Brown, 2018) y la experiencia se valoró mucho más puesto que el laboratorio de investigación parece ser un factor significativo debido a la interacción con los instrumentos y científicos (Clark et al., 2016; Kompella et al., 2020; Tsybulsky, 2019) que logra vincular la teoría con la práctica (Svendsen y Banner, 2019; Tirre et al., 2019). La confianza para aprender ciencias permaneció sin cambios (Hellgren y Lindberg, 2017) pero el estudio de Svendsen y Banner (2019) encontró que visitar los laboratorios les permitió a los estudiantes sentirse más relajados con el trabajo científico y les ayudó a cultivar confianza para hacer preguntas durante el recorrido.

Respecto a las actitudes hacia la naturaleza de las ciencias se encontró que los estudiantes tendían a rechazar la influencia de factores socioculturales en las ciencias y concebían que los científicos trabajaban bajo un método científico caracterizado por una serie de pasos rigurosos durante el procedimiento experimental (Tirre et al., 2019). También, se encontraron actitudes positivas sobre la cooperación entre los científicos (Svendsen y Banner, 2019). Después de la salida, se evidenció una actitud más positiva sobre la percepción de la investigación científica y las características de las ciencias, pues tener contacto y encuentros directos con científicos ayuda a crear una visión propia sobre el científico y las ciencias (Kompella et al., 2020; Watanabe y Gurgel, 2011).

Los estudiantes también lograron reconocer que en el contexto universitario hay avances científicos que contribuyen a la sociedad y que este tipo de salidas ayudan a aumentar el

interés y comprensión sobre ciencia (Watanabe et al., 2015). Además, de promoverse una visión sobre ciencia como actividad que se transforma constantemente gracias el intercambio de ideas, la multidisciplinariedad y la existencia de un dialogo que permite la validez del conocimiento (Tsybulsky et al., 2018), y que tiene influencia de factores socioculturales como la ética, la religión y la economía (Watanabe y Gurgel, 2011).

Finalmente, las actitudes de vocación científica eran muy desfavorables antes de las salidas de campo, argumentándose que la profesión es muy difícil y poco accesible a personas que no destacan por su inteligencia (Svendsen y Banner, 2019). Luego de las salidas, el interés por ser científico incrementó considerablemente y esto se relacionó con la interacción directa con los científicos y el trabajo en equipo realizado (Clark et al., 2016; Kompella et al., 2020).

Particularmente, las salidas aumentaron en los estudiantes el deseo de asistir a la universidad y promovieron aspiraciones de carreras relacionadas con biología molecular, veterinaria y medicina en estudiantes con alta y poca participación en clases de ciencias (Svendsen y Banner, 2019). En el estudio de Kompella et al., (2020) resulta interesante notar que las salidas de campo impactaron en buena medida los deseos de realizar una carrera científica, pero también se evidenció que aunque se manifestó un interés éste fue insuficiente para decidir estudiar ciencias, y una pequeña proporción de estudiantes expresó que no tienen deseos de estudiar carreras de ciencias.

A continuación, se presenta el análisis realizado sobre las investigaciones que exploran las ideas previas de los estudiantes de secundaria sobre los virus.

1.3 Ideas previas de los estudiantes sobre los virus reportados en la literatura

Es importante mencionar que para localizar las investigaciones que han explorado las ideas previas de los estudiantes sobre los virus, fue necesario seguir la estrategia de bola de nieve, dado que la búsqueda en las bases de datos no permitió identificar muchas investigaciones, especialmente aquellas en el nivel de secundaria. Esta estrategia propone revisar las referencias bibliográficas de un artículo en particular para localizar otros estudios relacionados que amplíen más información sobre una temática en específico (Ramos, Ramos y Romero, 2003).

Así pues, desde la investigación educativa se ha reportado que hay escasez de estudios sobre aspectos generales de los virus, y los que se realizan se enfocan en un solo aspecto: mecanismos de infección, prevención y enfermedades que ocasionan (Tobin y Okojie, 2010; Tahir, Kadir, Akbar y Amin, 2009). Sumado a ello, la enseñanza sobre virus en la escuela no profundiza mucho sobre su conocimiento biológico (Lohrmann et al., 2000). En consecuencia, el abordaje de ideas sobre la estructura viral, distinción sobre organismos procariontas y eucariotas, respuesta inmune y el proceso de infección celular no son

consideradas. Como resultado, esta temática ha recibido poca atención en la investigación en educación en ciencias (Keselman, Kaufman, Kramer y Patel, 2007).

Bajo este panorama, surge la necesidad de profundizar sobre los virus en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias para contribuir a la construcción de una base de conocimientos, los cuales se convierten en un requisito para tomar decisiones informadas en asuntos relacionados con la salud pública y la prevención de enfermedades. Ejemplo de ello es el estudio de Simon, Enzinger y Fink (2017) quienes exploraron el conocimiento de escolares de secundaria y universitarios sobre los virus, estructura viral y asuntos vinculados con la salud. Por otro lado, autores como Simmoneaux (2000) y Byrne (2011) han descrito algunas ideas de los estudiantes de secundaria relacionadas con la naturaleza y estructura viral.

A continuación, se presentan los análisis realizados sobre la muestra de artículos, organizados en cuatro categorías que emergen de la base de datos construida al leer cada uno de ellos a profundidad, y que fueron orientados desde el análisis de contenido (Bardin, 2002). Dicho análisis resultó de las inferencias desarrolladas a partir de las descripciones reportadas en la literatura.

Categoría 1: ¿Cuáles son las ideas previas de los estudiantes con relación a la naturaleza viral?

Una característica fundamental sobre los virus es su capacidad de reproducción. Desde la mirada de la virología contemporánea, la reproducción alude a un proceso amplio en el que se multiplican nuevas partículas de un virus, mientras que la replicación se relaciona con un mecanismo para la síntesis de ácidos nucleicos (Racaniello, 2019). Considerando esto, la literatura ha reportado que los estudiantes presentan ideas divididas sobre la naturaleza viral.

Por un lado, la mayoría de ellos consideran que los virus son seres vivos dado que son asociados a agentes que causan daños y perjuicios. Esto podría atribuirse a que lo que Byrne, Grace y Hanley (2009) han encontrado en los estudiantes de primeros años de secundaria, quienes suelen clasificar a los virus como seres vivos porque causan enfermedades y se esparcen por el cuerpo.

Por otra parte, algunos estudiantes también suelen catalogar a los virus como seres vivos, dado que les atribuyen la capacidad de reproducción como una característica fundamental sobre su naturaleza. Es posible que esta atribución esté vinculada con la confusión recurrente sobre las funciones de los virus pues se tiene la creencia de que las demás funciones de los seres vivos están presentes en ellos (alimentarse, respirar, excretar, entre otras), destacando a la reproducción como la función principal y relacionándola con la fisión binaria en el caso de los organismos unicelulares (Byrne, Grace y Hanley, 2009).

Este argumento parece reforzarse cuando los estudiantes relacionan la capacidad de infección de un virus con la idea de reproducción (Byrne, 2011; Simonneaux, 2000), lo cual puede resultar de la influencia de la enseñanza directa sobre los microorganismos (Byrne, 2011), pues se suelen confundir la naturaleza de organismos microscópicos como bacterias y virus. Estas ideas dejan explícitas las barreras en la comprensión de la biología de los virus. Lo anterior, puede ser producto del poco abordaje en este nivel educativo (Simon, Enzinger y Fink, 2017).

Categoría 2: ¿Cuáles son las ideas previas de los estudiantes respecto a la estructura viral?

En relación con las ideas sobre la estructura viral, Simon, Enzinger y Fink (2017) ponen de manifiesto que los estudiantes de primeros grados de secundaria conciben a los virus como organismos microscópicos que son representados en dibujos mediante puntos o círculos. Respecto a la diversidad sobre la estructura viral, se presentan bocetos filiformes (ébola) o retrovirus (VIH) que pueden reflejar la influencia de los medios de comunicación y la escuela. No se presentaron bocetos que aludieran a una estructura sobre bacteriófagos, lo que podría relacionarse con la poca profundidad con que suele abordarse esta temática en las aulas de ciencias más allá del concepto de microorganismo.

Categoría 3: ¿Cuáles son las ideas previas de los estudiantes respecto a los tipos de virus?

Sobre la diversidad de virus y las enfermedades que pueden ocasionar al ser humano se destacaron el ébola, la influenza y el VIH. También se nombró el virus del papiloma humano (VPH) y el cáncer de cuello uterino por parte de las estudiantes. La malaria y especialmente el cáncer, fue la enfermedad más nombrada por parte de los estudiantes de primeros grados de secundaria. No obstante, se tiene la creencia que las enfermedades bacterianas son ocasionadas por virus, evidenciándose una confusión sobre la naturaleza viral y las enfermedades que pueden ocasionar (Sisay, Erku, Medhin y Woldeyohannes, 2014).

Categoría 4: ¿Cuáles son las ideas previas de los estudiantes sobre la replicación viral?

Las nociones sobre replicación viral en los primeros grados de secundaria son casi nulas. No se describe mucho sobre el proceso de infección viral en una célula puesto que esta temática se trabaja en niveles escolares posteriores, tal como se plantea en los currículos de ciencias de Austria (Simon, Enzinger y Fink, 2017). Esta situación es similar en el contexto mexicano, pues los currículos de ciencias en secundaria no abordan esta temática de forma explícita, ni siquiera en niveles de preparatoria, al menos para la educación pública. Por otra parte, quienes manifiestan ideas sobre la replicación viral mencionan que los virus se replican por división propia, es decir, mediante la fisión binaria. También, se notó que en estas ideas

no se hace alusión al material genético que albergan los virus (ADN/ARN) y que serán un elemento clave para lograr su replicación al interior de una célula hospedera.

En función de lo anterior, las ideas de los estudiantes de primeros grados de secundaria sobre los virus pueden provenir de tres fuentes de información: la escuela, los medios de comunicación y la experiencia personal. Sobre la escuela, la información se restringe a la presentación de ideas sobre los virus como organismos microscópicos que suelen confundirse con otros microorganismos y a los cuales se le atribuye la causa de algunas enfermedades. Respecto a los medios de comunicación, es posible que estos influyeran en la consolidación de una visión perjudicial, alarmista y desinformada, especialmente en plataformas digitales puesto que suelen ser las fuentes a las que más recurren los estudiantes (Tobin y Okojie, 2010). Finalmente, sobre la experiencia personal, Simon, Enzinger y Fink (2017) sugieren que el haber tenido enfermedades como la influenza se convierte en un referente primario para situar algunas ideas relacionadas con los virus, especialmente sobre tratamientos y mecanismos de prevención.

De allí que es sumamente importante considerar varias situaciones, entre ellas, las experiencias previas con las enfermedades, los medios de comunicación y la enseñanza sobre los microorganismos. Éstas son una influencia directa para consolidar una base sólida de conocimientos sobre los virus de modo que, entre más información y profundidad con la que se aborde la temática es posible que los estudiantes puedan identificar la naturaleza viral y algunas características generales como por ejemplo: establecer relaciones con el campo de la salud humana, sistema inmunológico y prevención de enfermedades haciendo uso de términos propios del lenguaje científico: hospedero, virus, ser vivo, infección, enfermedad.

Capítulo 2. Planteamiento del Problema

La investigación educativa ha reportado que el diseño y orientación de los objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales se ha concentrado en atender aspectos de tipo conceptual y procedimental, dejando de lado el aspecto actitudinal y valorativo (Prendes y Solano, 2004). Esto se ha evidenciado en gran parte de las actividades que se planean y desarrollan para realizar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, las cuales se enmarcan por lo estipulado en los lineamientos curriculares, plan de estudios y materiales didácticos producidos por las secretarías de educación.

En efecto, Coll, Pozo, Sarabia y Valls (1994) manifiestan que es recurrente [...] “*la presentación de conceptos de complejidad diversa que han formado, en muchos casos, la columna vertebral de los currículos vigentes en los últimos años en la enseñanza obligatoria.*” (p.20). Esto parece indicar que desde varias décadas atrás la manera en que se estructura el currículo centrada en el contenido conceptual se ha mantenido sin cambio alguno, pues varios autores coinciden en reportar esta situación en la literatura (Martínez y García, 2003; Martínez y Parga, 2013; Mora, 2012; Robottom 2012; Solbes y Vilches, 2005). Dicho énfasis en el contenido conceptual, también se vincula con el modelo de enseñanza de transmisión-recepción de información, que se suele adoptar en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y desde el cual el centro de la enseñanza es el desarrollo de este contenido.

Por otro lado, Parcerisa et al. (1996) menciona que la planificación curricular tradicionalmente ha sido pensada en función de una educación homogénea, caracterizada por estar centrada en los conocimientos conceptuales (teóricos), la memorización, en la que el profesor tiene un rol transmisor. Así mismo, los materiales didácticos terminan pensándose para responder al enfoque conceptual, especialmente los libros de texto (Acero, de la Rocque, Cabral y Milton, 2011; Guerra y López, 2011; Gil y Manzanal, 2016; Moreira, 1994; Perales y Jiménez, 2002). En este contexto, es posible establecer relaciones entre la planificación curricular y la necesidad de responder a evaluaciones estandarizadas que miden el grado de alcance y comprensión de conocimientos conceptuales, y dejan en un segundo plano los conocimientos procedimentales y actitudinales, que también son importantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

En consecuencia, es común encontrar que no se incorpore el abordaje de las actitudes como contenidos importantes y que éstos tengan poca relevancia en las clases, a pesar de incluirse en los lineamientos y currículos de ciencias (De Pro y Pérez, 2014). Desde esa perspectiva, la priorización de los contenidos conceptuales genera visiones estereotipadas sobre la actividad científica y su naturaleza, que se convierten en una limitante para que los estudiantes construyan ideas y actitudes positivas hacia éstas. Ejemplo de ello es el trabajo de Fernández, Gil, Valdés y Vilches (2005), el cual reporta siete visiones estereotipadas de las ciencias que son transmitidas por su enseñanza en el contexto español: visión

descontextualizada, individualista y elitista, empírico-inductivista y atórica, rígida y algorítmica, apblemática y ahistórica, exclusivamente analítica y acumulativa.

Como resultado, estas ideas sobre las ciencias que desde la investigación en Educación en Ciencias son concebidas como ingenuas/deformadas/estereotipadas, terminan influenciando la construcción de visiones sobre su naturaleza y afectando las actitudes hacia las ciencias puesto que, se concibe la actividad científica como la producción de un cúmulo de conocimientos exactos e inmutables que están desvinculados del contexto sociocultural, y que guardan poca relación con la cotidianidad de los estudiantes.

Bajo esta mirada, es necesario replantear la enseñanza de las ciencias naturales centrada en una visión tradicionalista hacia una visión que promueva una imagen del desarrollo de éstas socialmente contextualizadas, en la cual se pueda formar al individuo en función de la valoración positiva de la realidad en un sentido crítico y responsable (Beltrán, 2010; Quintana y Bujardón 2002, citado por Macías y Bujardón 2010).

Al incorporar el componente actitudinal en las planificaciones curriculares de las ciencias naturales se puede brindar a los estudiantes una educación científica desde lo que Ratcliffe y Grace (2003) asocian con la capacidad de valorar e identificar actitudes y sentimientos a nivel personal/social sobre las ciencias y su naturaleza; esto es, reconocer que las ciencias son una actividad humana, cargada de intereses y trabajo colaborativo entre los sujetos que toman la naturaleza como objeto de estudio.

En este sentido, la investigación en Educación en Ciencias reporta que para desarrollar actitudes positivas hacia la actividad científica se pueden introducir salidas de campo a laboratorios de investigación (Brown, 2018; Hellgren y Lindberg, 2017; Svendsen y Banner, 2019; Watanabe et al., 2015) buscando acercar contextos reales y auténticos en los que se materializan elementos de la naturaleza de las ciencias, y con los cuales se puede colocar en tensión estas visiones de los estudiantes, con la finalidad de ampliarlas y construir una visión de la naturaleza de las ciencias más adecuada.

Para alcanzar esto, sería pertinente establecer una relación entre las instituciones en las que se produce la actividad científica y la escuela, buscando que se facilite las visitas guiadas a contextos reales donde la actividad científica tiene lugar. Sin embargo, diversos autores (Caramello, Strieder, Watanabe, y Munhoz, 2010; Clark et al., 2016; Rebelo, Marques y Costa, 2011; Tsybulsky, 2019; Watanabe y Kawamura, 2017) reportan que hay muchas dificultades para materializar estos acercamientos, dado que implican diversos esfuerzos en su preparación, como por ejemplo: coordinación entre varios sujetos (docentes, padres de familia, estudiantes, investigadores, entre otros), desafíos logísticos para efectuar el desplazamiento, limitaciones de tiempo disponible para contemplar esta estrategia y la restricción de algunos de estos espacios al público en general.

En este contexto, se evidencia que las salidas de campo a laboratorio de investigación son estrategias que poco suelen realizarse (Orion, 2003) dada su gran complejidad, escasa

orientación y ausencia de materiales disponibles para que el docente pueda realizarlas. Lo anterior, a pesar de concebirse como una posibilidad en la escuela que permite hacer énfasis en algunas ideas sobre la naturaleza de la actividad científica y su relación con la sociedad, también se ve limitada por parte de estos espacios; en particular por la poca disposición de los investigadores a realizar actividades de divulgación y el acceso abierto a los ciudadanos (Watanabe y Kawamura, 2017).

De esta manera, se evidencia la necesidad de construir un material didáctico que incorpore orientaciones sobre la implementación de una salida de campo a un laboratorio de investigación como propuesta para promocionar actitudes positivas hacia las ciencias. A través del material didáctico se busca problematizar algunos elementos de la naturaleza de las ciencias desde la formulación de actividades encaminadas a la salida de campo, esto es; actividades previas a la visita al laboratorio, actividades durante la visita y actividades posteriores a la visita.

Con ello, se genera un contexto desde el cual los estudiantes pueden reconstruir sus visiones sobre la actividad científica hacia una visión más acorde y cercana a su contexto, donde las ciencias representan un pilar importante para el desarrollo de una sociedad, cuya valoración a nivel social y personal podría promocionar actitudes positivas hacia éstas. Lo anterior, se contempla como una propuesta atractiva e innovadora que puede favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y la transformación de las prácticas educativas de los docentes en ejercicio. En este sentido, resulta pertinente preguntarse:

¿Cómo construir un material didáctico que promueva el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias incorporando los comentarios de un grupo de expertos en su diseño?

Para atender a esta pregunta, se plantean dos subpreguntas:

- ¿Qué elementos se ven implicados en el diseño un material didáctico que promueve el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias?
- ¿De qué manera el proceso de evaluación por expertos afecta el diseño de un material didáctico que busca promover actitudes positivas hacia las ciencias?

Objetivos

Objetivo general

Construir un material didáctico que permita la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias incorporando los comentarios de un grupo de expertos en su diseño.

Objetivos específicos

- Elaborar un diseño inicial del material didáctico con base en los aportes de la literatura sobre principios teóricos y principios de diseño.
- Construir y aplicar un instrumento de evaluación para valorar el diseño inicial del material didáctico por juicio de expertos con experiencia en la enseñanza de las ciencias en secundaria, en la investigación en didáctica de las ciencias y en la visita a laboratorios de investigación científica.
- Analizar los comentarios del grupo de expertos y tomar decisiones sobre las implicaciones en el diseño del material didáctico.
- Rediseñar el material didáctico con base en los comentarios del grupo de expertos, los aportes de la literatura y la evaluación diagnóstica del contexto escolar.
- Reflexionar sobre el proceso de producción de un material didáctico que busca promover actitudes positivas hacia las ciencias.

Capítulo 3. Marco Teórico

En este capítulo se exponen los referentes que fueron considerados para construir el diseño de un material didáctico que introduce una salida de campo para promover actitudes positivas hacia las ciencias. Para alcanzarlo, se divide esta sección en dos ítems: 1) principios teóricos y 2) principios de diseño.

El primer ítem presenta los principios teóricos más relevantes que fueron considerados para delimitar el contenido del material didáctico, entre ellos se destacan: el capital cultural y su relación con las salidas de campo a centros de investigación, la naturaleza de las ciencias (NdC en adelante) y sus dimensiones, las actitudes hacia las ciencias y virología. El segundo ítem describe los aportes de la literatura sobre los principios de diseño considerados para la elaboración del material didáctico, entre ellos se destacan: el material didáctico, la planificación de salidas de campo, la importancia de las previas de los estudiantes y el modelo de planeación de actividades de Sanmartí (1997).

3.1 Principios teóricos

3.1.1. *Capital cultural y su relación con las salidas de campo*

Desde la sociología, Bourdieu (2003) plantea que el *capital cultural* se deriva de una teoría sociológica que pretende comprender las relaciones de poder y lucha en las estructuras sociales. Para ello, se emplean tres conceptos: *habitus*, *campo* y *capital*.

- El *habitus* hace referencia a las maneras de obrar, pensar y sentir de los individuos que están en un espacio determinado. Las formas de accionar están asociadas a la posición social y a la estructura del espacio, puesto que éstas ejercen una influencia que moldea el comportamiento de los individuos.
- El *campo* por su parte se asocia con las maneras de designar el papel de las élites en las estructuras sociales, es decir, la asignación de funciones en contextos particulares.
- El *capital* se relaciona con los recursos que adquiere un individuo para establecer una postura dentro de una estructura social. Éstos se acumulan en las luchas de los individuos en uno o varios campos y pueden ser simbólicos o materiales (bienes económicos, políticos, sociales, culturales o el acceso a la información). De esta manera, la capacidad de acceso que tengan los individuos a los bienes culturales y servicios económicos configura las jerarquías sociales en un campo específico; es decir, aquellos individuos que acumulen mayor cantidad de capital tendrán un estatus

superior con relación a aquellos individuos que tienen poco acceso a bienes culturales y servicios económicos. (Nogueira y Nogueira, 2004)

Para Bourdieu (2003) estos conceptos ayudan a configurar tres estados del capital cultural:

1. Estado incorporado: Es un capital cultural asociado al habitus, es decir, al modo de hablar y comportarse en un espacio determinado. Este estado recibe influencia del contexto familiar y social.
2. Estado objetivado: Se relaciona con la propiedad de bienes culturales tales como libros, pinturas, conocimiento.
3. Estado institucionalizado: Este capital se obtiene mediante certificación que avala una formación cultural, ya sea un título universitario, un diploma de curso o programa de estudios.

Bajo esta perspectiva, el capital cultural es un concepto que puede ser aplicado a la educación y particularmente, a la educación en ciencias. Gemme y Gingras (2012) sugieren que este concepto puede ayudar a potencializar el aprendizaje sobre el conocimiento científico, específicamente en el campo en que tiene lugar la actividad científica: *el campo científico*. Allí, se puede establecer una relación entre las luchas y conocimientos específicos (capitales) que se negocian y se adquieren en el contexto de las ciencias.

Incorporar la salida de campo a centros de investigación ofrece posibilidades para trabajar ideas estereotipadas sobre la naturaleza de las ciencias. Esta propuesta se concibe como una alternativa que permite la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias, dado que se vinculan dos campos: el campo escolar y el campo científico en el que tiene lugar la producción del conocimiento (Bourdieu, 2003).

Así pues, un laboratorio científico es un espacio que se concibe con la capacidad de promover nuevos conocimientos y reflexiones críticas sobre las luchas y conocimientos específicos que se adquieren en el contexto de las ciencias. Esta idea parte de lo que Bourdieu (2003) denomina *capital cultural*, que como se expuso antes, hace referencia a los recursos que adquiere un individuo para establecer una postura dentro de una estructura social. El capital puede representarse simbólicamente o materialmente, lo que se traduce en el acceso a información o servicios culturales, económicos o políticos. Así pues, la capacidad de acceso al capital ayuda a moldear las relaciones y jerarquías sociales en un campo determinado.

Con esta idea, se considera que acercar la actividad científica a los estudiantes favorece la construcción de un capital cultural que puede consolidar una base de conocimientos y experiencias para la formación académica y social. Además, este capital puede comunicarse a otros contextos estableciendo relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA). Para alcanzar esto, se parte de la idea que las ciencias tienen una imagen muy importante en la sociedad pues son vistas como algo útil y cercano, especialmente en el

campo de la salud. Pero, existe una limitación en la construcción de capital sobre las ciencias. Lo anterior, puede ser un efecto del énfasis que se da a los contenidos conceptuales y el poco desarrollo de ideas relacionadas con los procesos, métodos y sujetos que están implicados (Molina, Carriazo y Casas, 2013). En consecuencia, se ha considerado abordar algunas dimensiones sobre la naturaleza de las ciencias en las actividades relacionadas con la salida de campo, que se expone con detalle a continuación.

3.1.2. *La naturaleza de las ciencias y sus dimensiones*

La educación en ciencias ha reportado muchas investigaciones que proponen amplios marcos de referencia para definir e incorporar en el currículo la NdC. La justificación de dicha introducción se debe a que la naturaleza de las ciencias es un elemento básico de la alfabetización científica (Callejas, Mendoza y Porras, 2012; Montserrat y Furió, 2007; Pedretti y Nazir, 2011), cuya inclusión en los currículos escolares apunta a la formación permanente y autónoma de ciudadanos (Marco-Stiefel, 2001), capaces de participar en decisiones individuales y sociales sobre el impacto de las ciencias en un mundo globalizado.

En este sentido, la NdC se ha difundido ampliamente como un elemento necesario para lograr la alfabetización científica a través de su enseñanza. Algunos autores reconocen el valor que tiene incorporar esta temática en el aula para: contextualizarla en escenarios que muestren su valor práctico, social, cultural y democrático (Manassero y Vázquez, 2019); apoyar el aprendizaje de contenidos científicos, la promoción de visiones adecuadas sobre la actividad científica (Toma, 2020) y actitudes positivas hacia las ciencias (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996).

Es difícil conceptualizar la NdC porque es un constructo que se constituye de reflexiones derivadas de diferentes áreas del conocimiento, que tienen por objeto de estudio a las ciencias como: la historia, filosofía y sociología de las ciencias. De modo que, la NdC es una metaciencia (Amador-Rodríguez y Adúriz-Bravo, 2017) que busca comprender la naturaleza, el funcionamiento y el desarrollo de las ciencias considerando aspectos epistemológicos y no epistemológicos.

Dada la diversidad de áreas que se toman en cuenta para conceptualizarla, la comunidad del campo de investigación de la educación en ciencias ha aceptado lo que Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002) proponen como una visión de consensos (*consensus view*) sobre la NdC. Los consensos buscan identificar puntos en común sobre lo que se entiende por la NdC, y de estos se derivan los elementos que la componen y que deberían considerarse para su enseñanza.

Para conceptualizar la NdC es pertinente entender qué son las ciencias. En el campo de la educación en ciencias ha habido consenso respecto a siete aspectos sintetizados por

Lederman (2002) sobre lo que caracteriza a la actividad científica, de las cuales seis son de tipo epistemológico. Estos aspectos se describen con detalle en la Tabla 6.

Tabla 6. Aspectos de la NdC en la visión de consensos. Adaptado de Lederman (2002).

Aspecto	Descripción
Provisional	La naturaleza del conocimiento científico se renueva conforme existen nuevas evidencias que son reinterpretadas a la luz de las perspectivas teóricas disponibles, con lo cual se pone de manifiesto que el conocimiento no es absoluto ni acumulativo.
Empírico	Las ciencias se construyen desde las evidencias, cuya obtención se da bajo métodos experimentales.
Inferencial	Las ciencias se desarrollan a partir de las observaciones que son accesibles a los sentidos. En ellas se describen enunciados sobre los fenómenos y se realizan inferencias.
Creatividad	El desarrollo de teorías y explicaciones en la actividad científica involucra creatividad e imaginación humana por parte del colectivo científico.
Mito del método científico ¹	No existe un método científico universal que garantice la construcción y validación del conocimiento puesto que éste es relativo y no absoluto. Así, cada método empleado dependerá del objeto de estudio, preguntas de investigación y objetivos.
Cargada de teoría	Las ciencias están cargadas de fundamentos teóricos para explicar fenómenos naturales, son sistemas de explicaciones que se derivan de ciertas perspectivas teóricas de los científicos.
Socialmente impregnada	Las ciencias están impregnadas socialmente; se mueven en un contexto cultural donde se evidencian necesidades que influyen en su desarrollo, perspectivas y productos. De modo que, su actividad es una construcción humana producto de esta inmersión.

Como puede apreciarse, la mayoría de estos aspectos se derivan de la epistemología, es decir, se concentran en caracterizar qué es y cómo se produce el conocimiento científico. Sin

¹ De acuerdo con el autor, se considera un mito puesto que la producción científica es un conjunto de actividades relacionadas con la recolección e interpretación de información desde diferentes modelos y perspectivas de investigación. Este concepto se deriva de los hallazgos y consensos de la investigación en educación en ciencias sobre la naturaleza de las ciencias.

embargo, pese a tener una buena aceptación la visión de consenso sobre la NdC en la investigación educativa, otros estudios (Acevedo, García y Aragón, 2017; Matthews, 2012; Hodson y Wong, 2017) han señalado que estos consensos tienden a ser poco útiles en el contexto de la enseñanza de las ciencias dado su reduccionismo, pues no se consideran otros elementos relacionados con la historia, filosofía y sociología de las ciencias. Como consecuencia, esto puede terminar por reforzar los estereotipos sobre las ciencias y su actividad en el contexto escolar (Fernández, 2000).

Bajo este panorama, se ha reconocido la necesidad de abogar por una visión más integral e inclusiva de la NdC en la que se aborde el desarrollo histórico de las ciencias así como:

“aspectos no epistémicos de la NdC, referidos a los factores internos (p. ej., el papel de la comunicación científica o la personalidad del científico) y externos a la comunidad científica (p. ej., la influencia de la política en la ciencia o la relación entre ciencia y religión)” (Toma, 2020, p.3).

Así pues, la NdC se ha concebido como un conjunto de ideas metacientíficas que se derivan de la historia, filosofía y sociología de las ciencias (Acevedo, 2016; García, 2016; Manassero y Vázquez, 2019). Desde la educación en ciencias, este conjunto de ideas puede agruparse en dos enfoques, a partir de lo que Carreño (2014), Cobo, Abril y Romero (2020) denominan un enfoque reduccionista y un enfoque holista. El enfoque reduccionista se basa en la presentación de las ciencias a partir la construcción y validación del conocimiento científico, es decir, desde una mirada centrada en elementos epistémicos. Por otro lado, el enfoque holista describe las ciencias como una construcción humana que está influenciada por aspectos epistemológicos, sus valores y creencias, y la relación Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) (García, Vázquez y Manassero, 2012).

Pensar la NdC desde un enfoque holista implica reconocer que la visión de consensos planteada por Lederman (2007), no responde a otros elementos diferentes de la epistemología de las ciencias, y que influyen en la producción del conocimiento científico. Por ejemplo, el contexto sociocultural en que tiene lugar, cuyos efectos no se reducen a aspectos exclusivamente sociales. Por el contrario, los aspectos históricos, éticos, políticos, educativos y valorativos también afectan en gran medida la forma en que se desarrolla y se comunica la actividad científica.

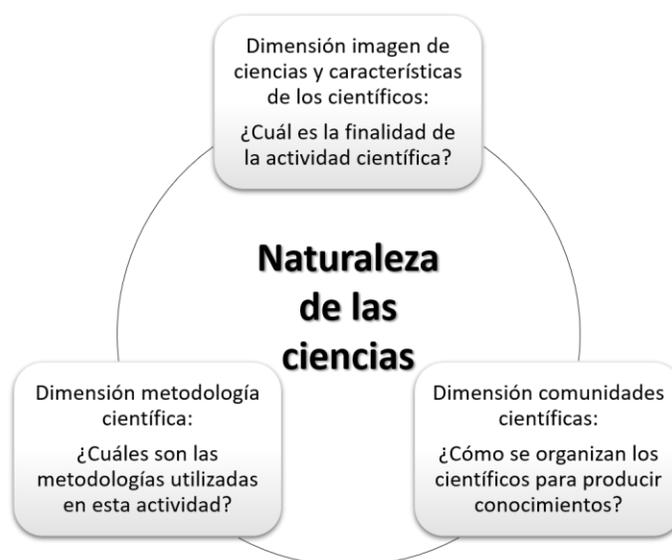
En consecuencia, abordar el enfoque holista podría ayudar a superar algunas ideas limitadas que son producto de la visión de consenso sobre la NdC tales como la imagen monolítica de las ciencias que desconoce las diferencias entre varias disciplinas científicas (Amador-Rodríguez y Adúriz-Bravo, 2017), la percepción fija y atemporal del conocimiento científico, y la falta de reconocimiento de otras ciencias como la psicología, sociología e historia que aportan a la comprensión sobre el desarrollo de la actividad científica.

Para esta tesis de maestría, la NdC es considerada un metaconocimiento sobre la epistemología de las ciencias, los valores y creencias inherentes a éstas y las relaciones CTSA

que se establecen (Acevedo, Vásquez y Manassero 2004; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004; Vásquez, Acevedo, Manassero y Acevedo; 2007). De ese modo, en términos de Carreño (2014) se sitúa en un enfoque holista. Concebir las ciencias desde esta perspectiva resulta útil para pensar el diseño de estrategias, actividades o secuencias didácticas que permitan explorar una faceta humana de las ciencias, ampliando su imagen y aspectos de los que recibe influencia.

Dado el carácter multidisciplinario desde el cual se puede realizar una comprensión sobre la NdC, en esta tesis y en particular para el diseño del material didáctico se han realizado unos recortes de este constructo, los cuales se representan en la Figura 1 y presenta tres dimensiones de interés que permiten explorar a fondo la imagen, metodología y las comunidades que se conforman alrededor de la actividad científica. Las dimensiones incluyen preguntas específicas sobre las cuales se busca orientar la caracterización de cada una y establecer una relación con el diseño del material didáctico.

Figura 1. Dimensiones de la NdC para el diseño del material didáctico. Fuente: Elaboración propia.



En primer lugar, la dimensión *imagen de ciencias y características de los científicos*, se refiere al objeto de estudio de las ciencias y sus finalidades, así como la carrera profesional que realizan los sujetos que hacen ciencias. Para desarrollar estas ideas en el material didáctico se busca hacer un corte en algunas preguntas que indaguen sobre: ¿qué estudian las ciencias naturales?, ¿cuál es la finalidad de la actividad científica? y ¿cuáles son las características de la carrera profesional de los científicos?

En concordancia con lo anterior, varios autores han apuntado a que las ciencias se relacionan con el desarrollo de una actividad humana y social (AAAS, 1989; Carreño, 2014; Cobo et al., 2020; Manassero y Vázquez, 2019; Ramírez, Sanabria, Villacorta, y Gallardo, 2016) que

se caracteriza por construir conocimientos científicos que responden a las necesidades sociales y a la mejora continua del medio. Esta actividad se encuentra permeada por un conjunto de métodos, instrumentos y escenarios que son producto de consensos y trabajo colaborativo entre los sujetos que toman la naturaleza como objeto de estudio (Fernández, 2000).

Sin embargo, se ha reportado en otros estudios que la mayoría de los avances y productos de las ciencias que son conocidos por el público escolar se encaminan hacia la salud humana y mejoramiento de la calidad de vida (Afanador y Mosquera, 2012; García-Carmona, Vázquez, y Manassero, 2012; Molina, Carriazo, y Casas, 2013; Ramírez et al., 2016; Vázquez y Manassero, 2011). Esto representa una imagen de ciencias común pero muy limitada, puesto que no se consideran otros contextos que también se ven impactados por la actividad científica como el contexto agrícola, biotecnológico, ecológico e informático. Así mismo, esta imagen común de las ciencias restringe su comprensión, dado que se suele omitir las características de quienes hacen ciencias, los procesos internos y externos que hacen parte de la actividad científica, así como los valores, normas, intereses e influencia del contexto sociocultural.

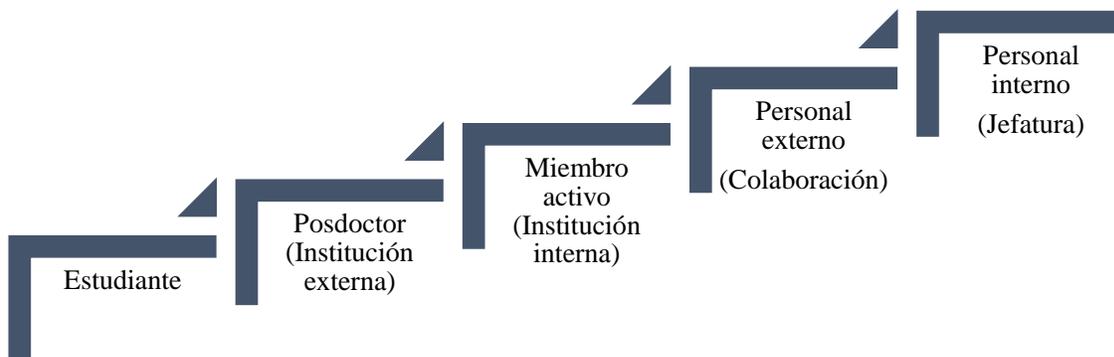
En este sentido, es posible pensar que la profesión científica no se reduce a la producción de conocimientos científicos en espacios como los laboratorios; por el contrario, requiere de unas dinámicas situadas en entornos cerrados (centros de investigación) o abiertos (en la naturaleza), establecer acuerdos y tareas en su quehacer, dirigir investigaciones científicas que están influenciadas por factores socioculturales, políticos y económicos, entre otros (Erduran y Dagher, 2014).

Los sujetos que se dedican a las ciencias son personas que estudian e investigan en diversas ramas de las ciencias naturales elementos para resolver problemas de investigación. Estos sujetos pueden caracterizarse de acuerdo con la taxonomía de Knorr-Cetina (1999), quien realizó una clasificación de la profesión científica, con la intención de ayudar a identificar la jerarquía y relaciones sociales entre los investigadores. Tal clasificación se realiza en función de criterios como la confianza y responsabilidad con la que un científico puede llevar a cabo sus tareas, y toma en consideración tres dimensiones de interés:

1. Etapa profesional: Se refiere al nivel de estudios y formación profesional que ha alcanzado un científico, puede ser un estudiante, un posdoctor o un investigador titular.
2. Situación laboral: Considera el tipo de empleo que tiene un científico, ya sea temporal o permanente.
3. Fuente de financiación: Abarca los medios y fondos que busca un científico para desarrollar sus proyectos de investigación, éstos pueden clasificarse como financiación pública si el científico está adscrito a un ente gubernamental, o financiación privada si el científico obtiene recursos de fuentes no gubernamentales.

En este orden de ideas, las relaciones y jerarquía entre el colectivo de científicos se clasifica de la siguiente manera:

Figura 2. Clasificación de la profesión científica. Fuente: Elaboración propia



En un primer nivel se encuentra la posición de estudiante, cuyas características aluden a una asignación limitada en la investigación dada su gran variabilidad en las capacidades. Se conocen como inexpertos, lo que significa que se requiere de una revisión constante sobre el cumplimiento de su trabajo pues recién comienzan a familiarizarse con los instrumentos, cometen errores y aprenden gradualmente. En segundo lugar está la posición de posdoctor cuya formación profesional se encuentra en un nivel más alto, tienen mayor contacto con el laboratorio y por tanto mayor credibilidad en su trabajo. No requieren de mucha revisión en su forma de proceder pese a tener un estatus temporal en su trabajo, ya que son contratados como pasantes de una institución externa.

En tercer lugar, el miembro activo posee un alto nivel de confianza, y es a quien se le asigna funciones de revisión más continuas y rigurosas sobre el trabajo de los miembros de jerarquía inferior. Profesionalmente tienen el mismo estatus que un posdoctor, con la diferencia de que al ser un miembro activo, su situación laboral es estable al ser un empleado interno. En cuarto lugar se encuentra el personal externo, cuyo perfil se relaciona con el de un investigador con alto estatus profesional (más allá de un posdoctor) pero dadas sus ocupaciones en docencia y actividades investigativas no suele ser un candidato óptimo para confiarle la revisión y verificación de la actividad científica entre pares.

Finalmente, está el rango más alto correspondiente al personal interno que tiene funciones de jefatura. Se caracteriza por tener altos niveles de confiabilidad que se ven reflejados en su dedicación exclusiva al campo investigativo y la conducción de varios proyectos de investigación. Normalmente, se consideran expertos y tienen la libertad para delegar funciones de revisión o de investigación dentro de la comunidad científica.

De la dimensión imagen de ciencias y características de los científicos, se encuentra que su objeto de estudio y sus finalidades se relacionan con el enfoque holista planteado por Carreño (2014), puesto que no se limita a la salud, sino que también aborda el campo de la agricultura, la informática, la ecología, y en algunos casos pueden unificar esfuerzos y trabajar de forma interdisciplinaria para dar respuesta a las demandas sociales. Así mismo, las características de los científicos se vinculan con perfiles muy específicos para desarrollar su trabajo: alto nivel profesional y académico, interés por la investigación, deseo de colaboración, sentido de confianza y responsabilidad en las funciones asignadas, entre otros.

En segundo lugar, la dimensión *metodología científica*, se refiere a las características de los procedimientos, instrumentos y productos elaborados por la actividad científica. Como parte de este marco de referencia, se propone indagar estas ideas en el material didáctico haciendo un corte sobre las siguientes preguntas: ¿cómo se realiza la actividad científica?, ¿cuáles son las metodologías utilizadas en esta actividad?, ¿qué instrumentos hacen parte del desarrollo de la construcción del conocimiento científico?.

De acuerdo con Erduran y Dagher (2014), desde una mirada epistemológica la actividad científica se relaciona con la recolección e interpretación de datos, para dar respuesta a un problema de investigación en particular. Además, está permeada de objetivos y valores científicos, cuya incidencia es determinante en la selección y aplicación de reglas y formas de proceder metodológicamente.

Bajo esta perspectiva, las metodologías científicas pueden concebirse desde dos miradas: una mirada amplia y una mirada restrictiva (Woodcock, 2013). La primera hace referencia a la variedad de metodologías que pueden guiar una investigación científica, y en la que se rescata el papel de [...] *“los científicos como trabajadores quienes seleccionan herramientas que consideran apropiadas para resolver sus problemas. Esto evita sugerir que los científicos sigan una receta canónica”* (Woodcock, 2013, p. 9).

Por otro lado, la mirada restrictiva alude a un método científico clásico, rígido e inmutable que sigue vigente entre los sujetos y materiales educativos involucrados en la ciencia escolar: los docentes, los estudiantes y los libros de texto principalmente. Este método se caracteriza por una serie de pasos algorítmicos que permite obtener conocimiento científico a través de la observación, formulación, comprobación de hipótesis, descripción de resultados y conclusiones (Erduran y Dagher, 2014). Como consecuencia, estos pasos se convierten en un reduccionismo para comprender el carácter provisional del método científico, la creatividad humana en las ciencias, la influencia del contexto sociocultural y la diversidad de enfoques en la actividad científica.

Como parte de una visión holista sobre la NdC, en esta dimensión se busca incorporar lo que Woodcock (2013) llama una mirada amplia sobre las metodologías científicas; la cual pone especial énfasis en reconocer cómo la diversidad de metodologías se relaciona con la

construcción de teorías, leyes y modelos que pueden provenir de una vía empírico-inductiva o descriptiva (Brandon, 1994). La vía empírico-inductivista alude a la recopilación de datos de forma experimental, a través del diseño de hipótesis y elaboración de pruebas empíricas. Mientras que la vía descriptiva no implica necesariamente la manipulación de instrumentos científicos para proceder, en su lugar puede recurrir a la observación de un fenómeno en particular y apoyarse en evidencias de tipo circunstanciales e históricas. Sin embargo, esta última suele percibirse como menos científica pues, no es común el uso de un procedimiento rígido, característico de la idea de un método científico que Lederman (2002) busca replantear en su visión de consensos.

De modo que, los propósitos de una investigación y las formas metodológicas de proceder son cruciales para comprender cómo se recopilan los datos, la utilidad de instrumentos científicos y el uso de habilidades de razonamiento como la observación, descripción y explicación para responder a diferentes preguntas de investigación. Por otro lado, considerar la diversidad metodológica como parte de la actividad científica permite identificar que las limitaciones y errores humanos tienen cabida en las ciencias; algunas de estas son descritas por Allchin (2012), quien plantea que las limitaciones pueden incluir un momento muy específico, como la insuficiencia de materiales o control observacional humano, o bien, algo más global en la manera de proceder, como el uso de un modelo conceptual inapropiado o errores discursivos al comunicar hallazgos.

En suma, de la dimensión metodología científica se encuentra que no existe un mecanismo universal a la hora de proceder en las ciencias. La selección del método sea de tipo empírico o de tipo no empírico (descriptiva-histórica) dependerá de los objetivos que se planteen los científicos en sus investigaciones.

Por último, la dimensión *comunidades científicas*, se refiere a la forma como los grupos de científicos se organizan para construir conocimiento científico. Para desarrollar estas ideas en el material didáctico se busca hacer un corte en algunas preguntas que indaguen sobre: ¿cuáles son las características de las comunidades científicas?, ¿cómo se organizan los científicos para producir conocimiento?, y ¿cómo es el proceso de validación del conocimiento científico?.

Desde esta mirada, esta dimensión se puede definir como los colectivos de científicos que unen esfuerzos humanos, metodológicos e intelectuales para desarrollar productos que aporten al desarrollo social (Allchin, 2011). Lo anterior, implica considerar que entre ellos existen interacciones muy complejas dadas las recurrentes controversias y debates relacionados con la práctica científica, cuya discusión está permeada por factores humanos como la influencia de colegas, instituciones, gobiernos, empresas, así como todos los sujetos que están vinculados con las ciencias (profesores, estudiantes, tecnólogos) (Manassero y Vázquez, 2019).

Con esta conceptualización, la NdC hace parte de un sistema social-institucional (Irzik y Nola, 2011), pues involucra aspectos sociológicos de las ciencias que brindan una mirada más profunda a las instituciones, procesos y contextos socioculturales en los que tiene lugar la actividad científica (Matthews, 2012).

Respecto a las instituciones, los científicos pueden desarrollar su trabajo en universidades, centros de investigación o en el sector industrial; allí, cada colectivo de científicos se enfoca en trabajar un proyecto en específico, el cual puede estar asociado con el sector productivo (industrial) y gubernamental (fuerzas armadas) (Kaiser, 2002; Kleinman, 1998). Caso contrario ocurre con los proyectos que están vinculados con la investigación y desarrollo (sector académico), pues éstos se conectan con intereses comerciales y búsqueda de financiamiento, lo que puede resultar en la colaboración con otras universidades y centros de investigación a nivel nacional e internacional.

Como parte de los procesos, varios autores (Abd-El-Khalick, 2012; Erduran y Dagher, 2014; Irzik y Nola, 2014) coinciden en plantear que la producción y validación del conocimiento científico está influenciada por una serie de acciones que conforman la práctica del “ethos científico”; el cual va desde el trabajo colectivo y colaborativo entre científicos para elaborar e interpretar datos, la producción de manuscritos o reportes de investigación, la presentación de trabajos científicos en eventos o revistas de investigación y la retroalimentación que hace la comunidad científica a estos aportes.

Esta práctica involucra una serie de valores y normas sociales en las ciencias, que Irzik y Nola (2014) consideran parte del proceso de validación del conocimiento científico, especialmente en la revisión y evaluación de trabajos. Estos valores son propios de los sujetos y son compartidos por la comunidad al momento de desempeñar su trabajo, destacándose la honestidad intelectual, el respeto por las áreas de investigación, el respeto por el ambiente, la libertad y apertura. Resnik (2007) agrega otros valores que pueden ser tenidos en cuenta por el colectivo científico a la hora de proceder éticamente: integridad, franqueza, confidencialidad, respeto a los compañeros, legalidad, responsabilidad social, protección de animales y seres humanos.

Tanto la estructura, organización y procesos que configuran la actividad científica poseen una relación muy estrecha con los contextos socioculturales en que se desarrollan. Los eventos sociales, culturales, económicos y políticos moldean las dinámicas que se viven al interior de las comunidades científicas (Diamond, 2008), siendo muy influyentes en la definición de los objetivos de trabajo, los alcances de la investigación, los esquemas de trabajo colaborativo y los aportes de ésta a nivel local y global.

En síntesis, la dimensión de comunidades científicas reconoce la influencia de los aspectos sociales, culturales y políticos en la organización, desarrollo y validación de la actividad científica. Así mismo, permite explorar aspectos internos y externos sobre las dinámicas que permean al colectivo de científicos, por ejemplo las instituciones con quienes trabajan, los

valores que permean la profesión científica, los vínculos con otros grupos de científicos para realizar proyectos de investigación, entre otros.

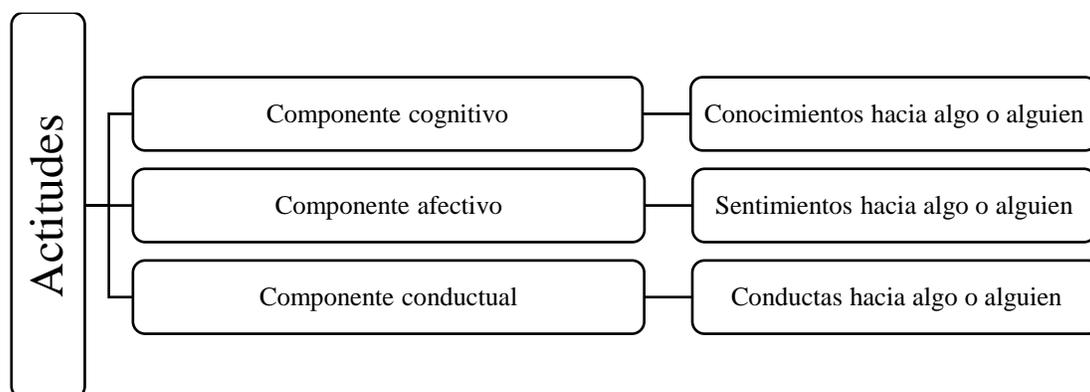
A continuación se presentan ideas sobre las actitudes hacia las ciencias y su relación con las dimensiones de la NdC, esto como elementos centrales del diseño del material didáctico.

3.1.3. *Las actitudes hacia las ciencias*

El término actitud al ser tan complejo y multidimensional ha abarcado gran cantidad de definiciones en la literatura; tradicionalmente ha sido objeto de estudio de la psicología y a lo largo de los años se ha venido extendiendo con mayor fuerza hacia el campo de la educación, especialmente en la educación en ciencias. Sin embargo, su uso en ambas áreas del conocimiento tiende a generar confusiones con otros términos tales como hábitos, creencias y valores hasta el punto de considerarse iguales. Por consiguiente, en el marco de esta tesis es pertinente realizar una distinción entre lo que se entiende por actitud y actitud hacia las ciencias, además de especificar qué actitudes hacia las ciencias son objeto de interés en el diseño del material didáctico.

Desde ese modo, las actitudes se pueden definir en un nivel más amplio vinculado con la psicología como una posición favorable o desfavorable hacia una situación, objeto o persona (Rodríguez y Seoane 1989; Petty y Briñol 2012), cuya construcción resulta de la interacción con el entorno. Así mismo, Kind, Jones y Barmby (2007) coinciden en plantear que las actitudes se relacionan con los sentimientos de un individuo hacia un objeto basado en su conocimiento y creencias sobre éste. Se encuentra que hay un consenso respecto a que las actitudes conforman un sistema cognitivo, conductual y afectivo sobre algo o alguien, tal como se presenta en la Figura 3 (Casales, 1989; Morales, 2006; Montero, 1994).

Figura 3. Componentes que influyen sobre las actitudes. Adaptado de Kind, Jones y Barmby (2007).



Estos componentes pueden definirse de la siguiente manera:

- El componente cognitivo se refiere al conocimiento que el sujeto tiene sobre algo o alguien. Esto es, [...] *“al conjunto de factores y argumentos racionales que contribuyen a la relación de uno hacia un objeto”* (Raved y Assaraf, 2011).
- En cuanto al componente afectivo, éste se vincula con los sentimientos que el sujeto tiene sobre algo o alguien; el amor/odio, atracción/rechazo, gusto/disgusto son sentimientos característicos de este componente (Kind, Jones y Barmby, 2008; Svendsen y Banner, 2019). A menudo este componente suele considerarse como el central de las actitudes, pues se cree que siempre implica una valoración en la cual se moviliza una alta carga de sentimientos, deseos y emociones en el sujeto (Gavidia, 2008).
- El componente conductual representa el impulso a actuar de determinada manera, cuya elección está influenciada por la opiniones, creencias y motivaciones del individuo sobre algo o alguien (Svendsen y Banner, 2019). No obstante, esto no indica que siempre haya una acción por parte del sujeto, más bien suele quedarse en deseos o intenciones de actuar. De allí que Gavidia (2008) resalte la importancia de que en la educación científica se debe potenciar los componentes cognitivos y afectivos de las actitudes, de tal manera que el componente conductual se manifieste y no se quede como “intento de accionar”.

Estos componentes se desarrollan en función de la interacción que el sujeto tiene con los factores del entorno. Pelcastre, Gómez y Zavala (2015) manifiestan que existen cuatro fuentes a través de las cuales un individuo puede forjar sus actitudes: la familia, la escuela, las relaciones sociales y laborales. En estos contextos resulta apropiado que la imitación, identificación, instrucción y la enseñanza se conviertan en formas para consolidar actitudes puesto que los individuos aprenden unos de otros, y esa experiencia genera gustos, prejuicios o conductas positivas y negativas que se van construyendo en el sujeto con el tiempo (Casales, 1989).

En función de lo anterior, resulta interesante notar que las actitudes están fuertemente vinculadas con el ámbito de los valores y estos presentan una característica fundamental: su intensidad. Algunos autores (Chaiken, 2001; Correa, Espinoza-Romo y Villanueva, 2017) consideran que la intensidad de las actitudes puede ir desde un nivel débil hasta un nivel alto; esto es:

[...] *“al aumentar la fuerza de las actitudes, también se incrementa su estabilidad y con ello su posibilidad de activar, dirigir y mantener la conducta de las personas, a diferencia de aquellas actitudes débiles que son más propensas a cambiar a medida que pasa el tiempo”* (Correa, Espinoza-Romo y Villanueva, 2017, p. 59).

Bajo esta perspectiva, Coll, Pozo, Sarabia y Valls (1994) y Briñol et al., (2002) plantean que las actitudes pueden evolucionar desde una intensidad muy baja hasta alcanzar una intensidad más alta, lo que reafirma la posibilidad de incidir sobre ellas y modularlas.

Desde el campo de investigación de la educación en ciencias, las actitudes hacia las ciencias se definen como aquellas *disposiciones, sentimientos o creencias* hacia los elementos involucrados en el aprendizaje de las ciencias, ya sean sujetos, situaciones u objetos, (Manassero y Vázquez, 2001; Afanador y Mosquera, 2012; Ramírez, Sanabria, Villacorta y Gallardo, 2016). En este sentido, los estudiantes consolidan sus actitudes desde sus creencias sobre la actividad científica, que suelen provenir de varios factores y que inciden de manera positiva o negativa sus disposiciones, sentimientos o creencias hacia las ciencias, entre ellos: el entorno familiar, el entorno escolar, las clases de ciencias, los medios de comunicación, los intereses personales, el sexo o la cultura (Vásquez y Manassero, 2009).

Considerando esto, varios estudios en el área de educación en ciencias han explorado un amplio rango de constructos sobre las actitudes hacia las ciencias, alrededor de varias dimensiones, tal como lo señala la Figura 4, entre ellas: las actitudes hacia la ciencia escolar, las actitudes hacia la naturaleza de las ciencias y las actitudes de vocaciones científicas.

Figura 4. Tipos de actitudes hacia las ciencias que se reportan en la literatura. Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se describen cada una de estas dimensiones, así como los constructos que se han indagado en cada una de ellas desde la revisión bibliográfica. En primer lugar, sobre las *actitudes hacia la ciencia escolar* se exploran los constructos relacionados con el aprendizaje de las ciencias en un contexto formal de educación y los elementos que pueden ser influyentes en la consolidación de una actitud favorable o desfavorable. En particular, estos constructos son el interés por las clases de ciencias, la motivación para aprender temas de ciencias y el nivel de confianza de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias (Afanador, 2014; Kompella et al., 2020 ; Archer et al., 2010).

En segundo lugar, las *actitudes hacia la naturaleza de las ciencias* se asocian con la exploración de varios elementos sobre la actividad científica, entre ellos se destacan sus

objetivos y descubrimientos, la visión de las ciencias y de los científicos, la visión dicotómica de las ciencias. (Hellgren y Lindberg, 2017). Los constructos que se han indagado son el interés por las ciencias, percepción del científico, percepción sobre la utilidad de las ciencias, imagen de ciencias, percepciones sobre los métodos científicos y valoración social de la profesión científica (Kompella et al., 2020; Tirre et al., 2019; Tsybulsky, Dodick y Camhi, 2018). En el contexto de esta tesis, las actitudes hacia la naturaleza de las ciencias se conciben como el objeto de actitud desde el cual se piensa el diseño del material didáctico; en particular, el interés por las ciencias y la valoración de las aportaciones de la ciencia en la mejora del medio (Pro Bueno, 2003).

Por último, las *actitudes hacia la vocación científica* se enfocan en indagar la intención de los estudiantes por estudiar carreras de ciencias; así, los constructos se relacionan con la futura intención de participar en ciencias, el deseo de ser científico y el interés por ampliar conocimientos sobre las ciencias (Clark et al., 2016).

De estos constructos, las *actitudes hacia la naturaleza de las ciencias* son las que representan el énfasis en esta tesis. Para ello, se retoma la perspectiva de Pro Bueno (2003) como el referente desde el cual se seleccionan aquellas *actitudes hacia la naturaleza de las ciencias* que se buscan promover con el diseño del material didáctico. En particular, se encuentran tres actitudes que son el centro de interés:

1. *Interés por las ciencias*
2. *Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades*
3. *Valoración de la incidencia tecnológica y social del conocimiento*

Para brindar mayor claridad sobre lo que implica cada una de estas actitudes, en la Tabla 7 se presentan algunas acciones vinculadas a cada actitud que se pretende promover con el material didáctico.

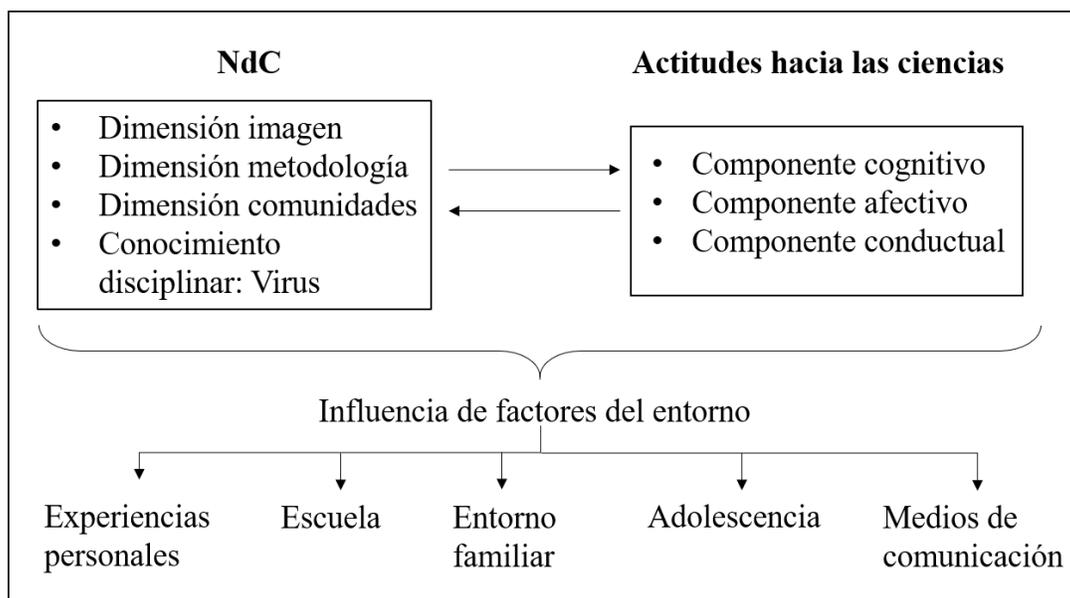
Tabla 7. Actitudes hacia las ciencias que se buscan promover en el material didáctico

Actitudes que se buscan promover en el material didáctico	
Actitudes	Acciones vinculadas a la actitud
Interés por las ciencias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer la incidencia de los avances en ciencias y tecnologías para la vida cotidiana. 2. Pensar la actividad científica como construcción humana en la que los científicos se organizan en comunidades y colaboran entre ellos.
Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades	<ol style="list-style-type: none"> 3. Reconocer las ciencias como una actividad humana que recibe influencia de aspectos culturales, políticos y económicos. 4. Identificar que el trabajo experimental está orientado por ideas teóricas y protocolos para preservar la seguridad de los científicos y los seres vivos con que se experimenta.

Valoración de la incidencia tecnológica y social del conocimiento	<ol style="list-style-type: none"> 5. Relacionar a los científicos como sujetos curiosos e interesados por resolver problemáticas que se presentan en el contexto social, tecnológico y el ambiente. 6. Utilizar la visita al laboratorio como medio para comprender que existen recursos tecnológicos que ayudan al desarrollo de las investigaciones. 7. Reconocer que la actividad científica puede estar supervisada y financiada por entidades públicas y privadas.
---	---

Las tres actitudes se pueden promover al vincularlas con las tres dimensiones de la NdC (*imagen de las ciencias y características de los científicos, metodología científica, y comunidades científicas*). Este planteamiento surge de lo que Gavidia (2008) considera como una relación bidireccional entre los contenidos y las actitudes, dado que, para la adquisición de conocimientos se necesita de una actitud determinada, y para el desarrollo de una actitud se requiere de una base de conocimientos que apoye su consolidación, en este caso, es a través de los virus y las dimensiones de la NdC. Así mismo, es importante tener presente que esta relación bidireccional está condicionada por factores presentes en el entorno que pueden afectar los conocimientos sobre el objeto, en este caso las dimensiones de la NdC y las actitudes hacia éstas, tal como se representa en la Figura 5.

Figura 5. Relaciones teóricas entre la NdC y las actitudes hacia las ciencias



Con este planteamiento, se identifica que es a través de los factores del entorno donde hay un área de oportunidad para modular las actitudes de los estudiantes con el diseño del material

didáctico, especialmente las actividades y conocimientos construidos en la escuela, la selección de determinada información de los medios de comunicación y la visita al laboratorio como experiencia personal en los estudiantes. Bajo esta perspectiva y con el ánimo de explicitar esta relación, en la Figura 6 se presenta un esquema que vincula las actitudes que son centro de esta tesis con las dimensiones de la NdC.

Figura 6. Relaciones entre las dimensiones de la naturaleza de las ciencias y las actitudes hacia las ciencias.

Fuente: Elaboración propia.



A través de estas dimensiones se pueden trabajar ideas específicas sobre la imagen de ciencias y características de los científicos, la metodología y comunidades científicas. Esto representa un contexto desde el cual los estudiantes van ampliando la percepción y conocimientos sobre las ciencias, al igual que van consolidando una actitud hacia éstas.

En primer lugar, para la dimensión imagen de ciencias y características de los científicos se busca trabajar ideas sobre ¿Qué estudian las ciencias naturales?, ¿Cuál es la finalidad de la actividad científica? y ¿Cómo se caracterizan los científicos?. Así pues, se considera que las actitudes de *interés por las ciencias* y *valoración del trabajo científico* pueden promoverse con esta dimensión.

En segundo lugar, para la dimensión metodología científica se busca trabajar ideas sobre ¿Cómo se realiza la actividad científica? ¿Cuáles son las metodologías utilizadas en esta actividad? ¿Qué instrumentos hacen parte del desarrollo de la construcción del conocimiento científico?. Así pues, se considera que las actitudes de *interés por las ciencias y valoración del trabajo científico* pueden promoverse con esta dimensión.

Por último, para la dimensión comunidades científicas se busca trabajar ideas sobre ¿Cuáles son las características de las comunidades científicas? ¿Cómo se organizan los científicos para producir conocimiento? ¿Cómo es el proceso de validación del conocimiento científico?. Así pues, se considera que las actitudes de *interés por las ciencias y valoración de la incidencia tecnológica y social del conocimiento* pueden promoverse con esta dimensión.

Teniendo en cuenta estos referentes teóricos sobre la NdC y las actitudes hacia las ciencias, a continuación se exponen las ideas que son objeto de estudio en el contexto del laboratorio de diversidad biomolecular y que se buscan incluir en el diseño del material didáctico.

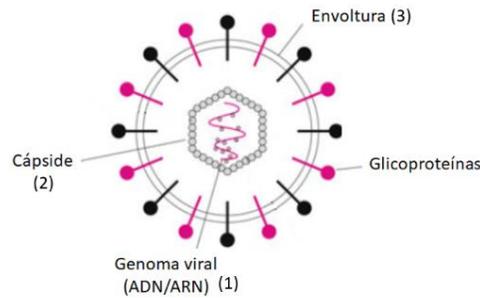
3.1.4. *Morfología viral*

El contexto donde se sitúa la salida de campo hace referencia a un laboratorio de diversidad biomolecular del Cinvestav (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional) ubicado en Monterrey. Allí se destaca el estudio de la diversidad biomolecular y su rol en los procesos y mecanismos celulares usando modelos biológicos como virus, antibióticos, proteínas y membranas lipídicas. En este sentido, las características de los virus se seleccionaron como contenido disciplinar del material didáctico, haciendo énfasis en la estructura y ciclo de replicación viral.

Los virus han sido objeto de estudio constante dado que no están formados por células, carecen de estructuras celulares (mitocondrias, ribosomas) y no son capaces de realizar funciones metabólicas que comparten otros seres vivos (Durango, 2012). En particular, se caracterizan por ser partículas submicroscópicas que oscilan entre los 20-300 nm, cuya unidad básica se denomina *virión* y está compuesto por proteínas, ácidos nucleicos y en algunos casos membranas lipídicas. No se reproducen por división como otros organismos microscópicos (bacterias u hongos), en su lugar infectan una célula viva donde tiene lugar la replicación de sus componentes. De esta manera, aquellos organismos que son infectados por un virus reciben el nombre de *hospedero* (Peña y Faúndes, 2019).

Respecto a su estructura, la Figura 7 ilustra los componentes principales que poseen los virus:

Figura 7. Estructura de un virus envuelto. Adaptado de Modrow, Falke, Truyen y Schätzl (2013).



1. Un genoma viral que puede ser ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN). El ADN viral puede ser de una hélice, por ejemplo el parvovirus, o de doble hélice como el virus del herpes. El ARN viral también puede poseer una hélice como el virus de la polio o doble hélice como los rotavirus (Peña y Faúndes, 2019). El ácido nucleico que esté presente en el virus constituye el genoma viral y contiene los genes necesarios para secuestrar la maquinaria celular que permita su replicación.
2. Una cápside, que es una estructura proteínica en forma esférica o de varilla cuya función es proteger al genoma viral (Modrow et al., 2013); las cápsides en forma de varilla tienen una geometría helicoidal, mientras que las cápsides en forma esférica poseen una geometría icosaédrica como la que presenta la Figura 1. Las proteínas que forman la cápside se codifican en el genoma viral y suelen ser pocos genes dado que el tamaño del genoma es pequeño. Así mismo, las proteínas virales que conforman la cápside presentan propiedades que se relacionan con las funciones de virulencia, inmunidad, infectividad y protección del genoma viral (Peña y Faúndes, 2019).
3. En algunos casos la cápside puede estar rodeada por una envoltura que se deriva de la membrana celular que el virus toma al infectar una célula, cuya función es otorgar protección adicional al virus. La envoltura está formada por lípidos organizados en una bicapa lipídica con glicoproteínas. No obstante, la presencia de esta estructura se asocia con algunos virus, como por ejemplo el herpes, el coronavirus, la gripe o el VIH (Martínez, 2016).

La presencia de estos tres componentes es variable entre virus, y pueden distinguirse cuatro tipos de geometrías según su cápside (ver Figura 8): icosaedros desnudos (a), icosaedros con envoltura (b), helicoidales desnudos (c) y helicoidales con envoltura (d).

Figura 8. Tipos de estructura viral. Tomado de Carter y Saunders (2007)



- a. Este tipo de geometría se asocia con la ausencia de envoltura lo que hace que sean más estables a condiciones ambientales como la temperatura, la acidez, detergentes y desecación. Normalmente son virus que suelen encontrarse en manos, polvo, tracto intestinal, aguas residuales, entre otros.
- b. Los virus con geometría icosaédrica y con presencia de envoltura son más inestables a condiciones ambientales y pueden ser alterados por acción de la acidez, desecación o calor por la presencia de lípidos y glicoproteínas en la membrana. Así mismo, necesidad de la humedad para diseminarse al interior de una célula.
- c. Los virus con geometría helicoidal se caracterizan por poseer un genoma de cadena simple que está enrollado en forma de hélice. Esto genera que la estructura sea alargada y pueda ser rígida si los enlaces las proteínas son fuertes. Este tipo de geometría la tiene el virus del mosaico del tabaco (Carter y Saunders, 2007).
- d. Este tipo de geometría suele poseer el genoma viral enrollado sobre si mismo y una envoltura que lo cubre. Son menos comunes entre los virus que infectan las plantas y extremadamente raros entre los virus que infectan a los procariotas como las pseudomonas. La envoltura contiene proteínas de membrana, algunas de ellas atraviesan la membrana completamente y otras la atraviesan varias veces. Ejemplo de este tipo de virus es el virus de la influenza A, coronavirus y los retrovirus. (Carter y Sanders, 2007)

Como consecuencia de esta diversidad morfológica y química, los virus suelen excluirse de la clasificación taxonómica clásica y en su lugar, se encuentran categorizadas de dos maneras alternativas (Peña y Faúndes, 2019):

- Categorización ICTV: Este sistema organiza la clasificación de los virus en orden, familia, subfamilia, género y especie.
- Categorización Baltimore: Esta clasificación organiza a los virus en 7 grupos considerando la naturaleza del tipo de genoma presente en el virus y en la manera en que se produce ARN mensajero. De esta manera se agrupan así:
 - El grupo I presenta cadena de ADN de doble hélice.
 - El grupo II presenta cadena de ADN de una hélice.
 - El grupo III presenta cadena de ARN de doble hélice.
 - El grupo IV presenta cadena de ARN de una hélice con sentido positivo.
 - El grupo V presenta cadena de ARN de una hélice con sentido negativo.
 - El grupo VI presenta cadena de ARN de una hélice con mecanismo de transcripción reverso.
 - El grupo VII presenta cadena de ADN de doble hélice con mecanismo de transcripción reverso.

Así mismo, los virus se diferencian de las bacterias por presentar un tamaño mucho menor, carecer de estructuras celulares, no presentar funciones metabólicas y seguir otros

mecanismos de replicación tales como el ciclo lítico o el ciclo lisogénico. En las bacterias el tamaño aunque es microscópico suele ser más grande que los virus, pueden generar enfermedades llamadas *infecciones bacterianas* pero tienen utilidad en la industria alimenticia, biotecnológica y ecológica al igual que los virus. En términos generales, las estructuras bacterianas pueden clasificarse en tres tipos: espirales, bastones, cocos; así mismo, la reproducción es asexual y proliferan con gran rapidez en diversos entornos, incluso extremos (Gordillo, 2017).

3.1.5. Replicación viral

Los virus son incapaces de generar energía por sí mismos, por lo que requieren de otro organismo para replicarse. Se ha encontrado que los virus pueden utilizar varias formas de replicación. En particular, la investigación científica ha determinado que los virus sólo pueden replicarse si están dentro de un hospedero, es decir, dentro de un ser vivo. Una vez allí, pueden optar por replicarse de dos maneras: ciclo lítico o ciclo lisogénico.

De acuerdo con Sun, He y Zhuang (2013), el ciclo de infección viral consta de 5 pasos:

1. Interacción virus-receptor: Los virus se unen a receptores específicos de la membrana celular, los cuales modifican la conformación de la cápside viral permitiendo su reconocimiento. Esto ocurre en la superficie de la membrana celular.
2. Entrada del virus a la célula: Una vez reconocido el virus, éste permea la membrana celular, lo que le permite ingresar completamente a su interior. Algunos virus como el ébola y la influenza pueden introducirse a la célula mediante macropinocitosis.
3. Liberación del material genético del virus: Es aquí donde la célula huésped es engañada para que detenga sus actividades habituales y use toda su energía para crear réplicas del virus que continuarán el proceso de infección en otras células.
4. Ensamblado: Replicado el material genético, en los ribosomas se crean las proteínas para construir nuevas cápsides que se ensamblarán junto con las réplicas de ADN para formar nuevos virus. Los nuevos virus formados se acumulan al interior de la célula, y finalmente salen a infectar más células. Esto es un ciclo que se repite constantemente. Los virus de RNA no necesitan llevar el material genético hasta el núcleo celular, basta con que lleguen al citoplasma.
5. Salida: Los virus acumulados al interior de la célula se liberan por ruptura de la membrana celular, esto se conoce como *lisis celular*. En el caso de los virus envueltos, éstos salen de la célula atravesando la membrana celular, modificándola y adquiriendo una parte de ella.

El *ciclo lisogénico*, que se caracteriza por ser más lento y es común entre las bacterias. En este ciclo, los virus ingresan a las células de las bacterias e insertan su material genético en el genoma celular. De modo que, no se crean copias del virus inmediatamente, sino que esta información permanece en un periodo de latencia y se va recombinando con la información

genética del hospedero; esto se conoce como profago. La intención de este ciclo es replicarse lentamente, lo cual quiere decir que el proceso de infección se da a largo plazo, ejemplo de ello es el virus del VIH que puede permanecer en las células humanas durante muchos años sin generar síntomas notables.

Teniendo en cuenta estas ideas teóricas, a continuación se presenta el segundo apartado de este capítulo que incluye los principios de diseño que fueron considerados para la elaboración del material didáctico.

3.2 Principios de diseño

3.2.1 El material didáctico

De acuerdo con Guerra y Canedo (s.f) los materiales didácticos son instrumentos que se utilizan en el aula por parte del docente para facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje. La reflexión de la práctica docente se convierte en un elemento que ayuda a seleccionar aquellos materiales que permitan alcanzar una serie de objetivos curriculares y didácticos, proporcionar información, facilitar la interacción constante entre el docente-material-estudiante, proporcionar elementos que motiven la realización de actividades, así como ser una guía para orientar las clases y actividades.

Ahora bien, dependiendo del objetivo que se proponga el docente, los materiales didácticos pueden tener variedad de funciones, entre ellas:

- Ser fuentes de información: Todo material didáctico proporciona una información relevante para el proceso de aprendizaje que será utilizada en la construcción de significados.
- Orientar los aprendizajes: Los materiales pueden ser usados como guías didácticas para dar una estructura general de las actividades que se van a plantear.
- Evaluar los conocimientos y habilidades: Materiales de tipo impreso o material de laboratorio resultan de gran utilidad para evaluar el grado de aprendizaje en relación con un contenido, habilidad o actitud específica en el marco de un tema.
- Proporcionar entornos para la creatividad: La diversidad de materiales facilita la expresión y la creatividad en la medida que plataformas y programas informáticos pueden facilitar la elaboración de videos, resúmenes, mapas conceptuales. En este sentido, los materiales en físico como hojas y marcadores también facilitan la creatividad al realizar posters o infografías.
- Facilitar la interacción constante: Los materiales utilizados independientemente del tipo y funcionalidad asignada van a facilitar un dialogo o interacción

constante con éste y con el objeto de estudio, ya sea por medio de los sentidos o por comunicación oral.

Por tanto, los materiales didácticos se definen como las herramientas que se diseñan específicamente para promover el aprendizaje y se usan con una intencionalidad didáctica. Beltrán (2017) sugiere que los materiales didácticos no constituyen una fuente de información sino que, representan un medio que estructura y organiza la forma de trabajo para ayudar en el proceso de aprendizaje de diversos contenidos, ya sean de tipo conceptual, procedimental o actitudinal. Fullan (2001), indica que cualquier innovación en los procesos de enseñanza-aprendizaje requiere del uso de materiales didácticos alternos a los que se utilizan de manera habitual.

Desde esta perspectiva, resulta necesario replantear el uso de los materiales didácticos en la enseñanza de las ciencias para facilitar tanto la construcción progresiva de conocimiento como la promoción de actitudes sobre éstos (Parcerisa, 1996). Para alcanzarlo, algunos autores (Aguilar, 2004; Arteaga y Figueroa, 1999) plantean elementos que guían el diseño y elaboración de materiales didácticos en la enseñanza de las ciencias, entre ellos:

- Integrar fuentes de información ya sean impresas o digitales, con la finalidad de establecer diversos recursos a los cuales los estudiantes puedan acceder y desarrollar las actividades planteadas.
- Diseñar actividades que permitan movilizar los saberes previos del estudiante, de modo que se promueva la reelaboración de los saberes iniciales y procurando la aplicación y transferencia de lo aprendido a otros contextos. De esta manera se evita la formulación de actividades que se vinculen con la memorización o mecanización.
- Promover distintas técnicas de evaluación (oral, escrita, gráfica, colectiva o individual) que se ajuste a las necesidades del contexto de aplicación.
- Fomentar entre las actividades la autoevaluación, heteroevaluación o coevaluación según los objetivos del material y las necesidades educativas de los estudiantes.
- Considerar los costos, tiempos y procesos de rediseño que implica el diseño y producción de un material didáctico.

Para esta tesis de maestría se concibe el diseño de un material didáctico en formato digital, el cual se compone de dos partes: una guía para el docente y una guía para el estudiante. También, se ha considerado que al diseñar actividades didácticas se debe tener en consideración varios elementos, entre ellos:

- Toda actividad diseñada debe pensarse para promocionar la participación activa y motivación del estudiantado.
- Las actividades didácticas se planifican de tal manera que permita al estudiantado involucrarse en la construcción y recontextualización de saberes a través de la discusión de ideas entre pares, problematización de situaciones y toma de decisiones.

- Utilizar variedad de recursos, enfoques y materiales didácticos en las actividades didácticas con la finalidad de diversificar el tipo de trabajo que desarrollen los estudiantes y facilitar la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes hacia un tema específico de las ciencias naturales.

Teniendo en cuenta estos referentes sobre la utilidad y el diseño de materiales didácticos, a continuación se expone con mayor detalle los elementos que son considerados para planificar y articular la salida de campo al laboratorio de investigación.

3.2.2 *Las salidas de campo como estrategia didáctica*

La didáctica de las ciencias ha investigado numerosas alternativas para potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Entre ellas, las salidas de campo se destacan como una estrategia de gran utilidad en áreas como la geología y las ciencias naturales para trabajar en ambientes externos al aula y con propósitos muy definidos. En la literatura parece haber un consenso en cuanto a la conceptualización de la salida de campo; de acuerdo con Aguilera (2018), las salidas de campo son actividades que tienen lugar fuera del aula, cuya finalidad educativa permite al estudiante interactuar, explorar y descubrir entornos que le ayuden a construir nuevos conocimientos; es decir, asociar sus ideas con conceptos científicos a través de la experiencia (Krepel y Durrall, 1981).

Por otro lado Rebelo, Marques y Costa (2011) denominan este tipo de estrategias siguiendo lo que Marques (2006) nombra como ambientes exteriores al aula (AESA), y las definen como aquellos espacios que permiten [...] *“acercar el aprendizaje realizado en ambientes formales (aula, laboratorio escolar) al que transcurre en ambientes informales (por ejemplo: parque natural, museo, industria, laboratorio de investigación)”* (p. 16).

Considerando lo anterior, las salidas de campo son actividades desarrolladas fuera del aula con intencionalidades didácticas muy específicas y en concordancia con el currículo escolar. A través de ellas se promueve una experiencia práctica y directa con el fenómeno a estudiar, cuya acción no puede ser desarrollada en el aula, evidenciándose la necesidad de contemplar otros espacios e interacciones para propiciar ambientes de aprendizaje significativos.

Algunos estudios (Sorrentino y Bell, 1970; Allen, 2004; Gair, 1997) han destacado las ventajas que tiene la implementación de las salidas de campo, entre ellos: atribuir relevancia al aprendizaje de las ciencias, atraktividad en los destinos a conocer, establecer un contacto directo con lo que se estudia en el aula despertando la curiosidad y el interés, promover relaciones CTSA en los lugares concurridos; especialmente en museos, centros de investigación, zoológicos, centros nucleares, planetarios, universidades, o reservas naturales (Orion, 2001; Pedretti, 2003).

La literatura también reporta que las salidas de campo pueden favorecer la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias (Aguilera, 2018). Este es un aspecto clave que busca desarrollarse en el marco de esta tesis. La inmersión del estudiante en entornos poco cercanos a su cotidianidad representa un contexto que favorece el desarrollo personal y social, la promoción de habilidades de observación y percepción. Además, estimula el interés y la motivación del estudiante hacia las ciencias. Así mismo, este contexto genera influencia sobre los conocimientos, sentimientos y acciones que ellos tengan por el lugar visitado y las dinámicas que lo rodean (Kiesel, 2005; Del Toro y Morcillo, 2011); especialmente cuando se contextualizan los conocimientos en un mundo real, se evidencia su aplicación y se valora su utilidad.

Es por ello que se propone el laboratorio de diversidad biomolecular de un centro de investigación como el espacio que se visita en la salida de campo. Así, se puede interpretar que la intención del laboratorio es acercar el contexto científico a los estudiantes, comprender cómo se desarrolla la ciencia a nivel nacional y como puede ser impulsada en el campo internacional (Watanabe y Gurgel, 2011), así como reconocer algunas dinámicas que permean el trabajo científico y propiciar una interacción entre los científicos y los estudiantes.

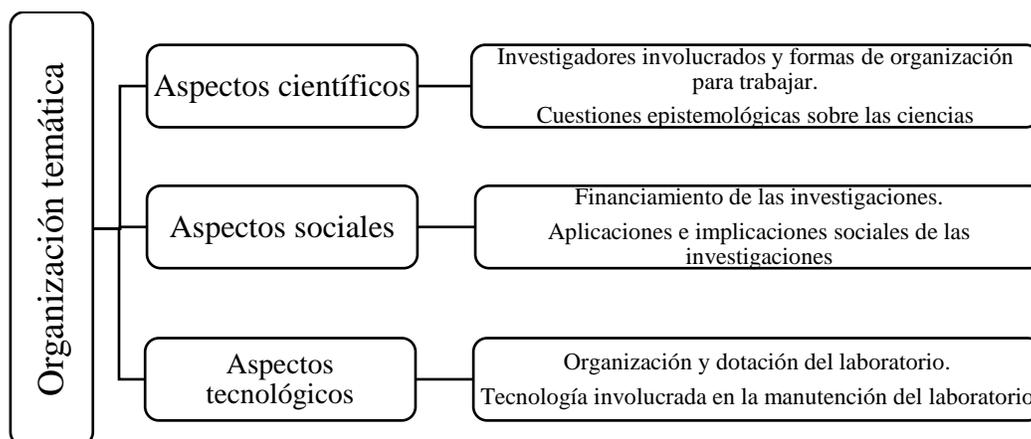
Varios autores (Brown, 2018; Tsybulsky et al., 2018; Watanabe et al., 2015; Watanabe & Kawamura, 2017) coinciden en plantear que este espacio resulta adecuado para promocionar actitudes positivas hacia las ciencias debido al acercamiento directo entre estudiantes y científicos, lo cual facilita un diálogo e intercambio cultural sobre el quehacer, método de trabajo y retos sobre su actividad. Adicionalmente, se rescata el valor potencial de los laboratorios científicos como contextos que acercan la producción de la ciencia a los estudiantes y permiten una reflexión sobre el papel de las ciencias en la sociedad.

Por otro lado, las salidas de campo suelen ser usadas de manera esporádica y desvinculadas del plan de estudios en el aula, resumiéndose a eventos recreativos y de ocio cuyos propósitos y planificación se concentran en aspectos administrativos y logísticos. Perdiéndose la potencialidad de estos espacios para promover aprendizajes en los estudiantes. Lo anterior, es resultado de la falta de preparación de la salida de campo, convirtiéndose en un obstáculo recurrente para la innovación de las prácticas del docente y el favorecimiento los procesos de enseñanza y aprendizaje (Orion, 1993). Para lograr explotar la potencialidad de las salidas de campo, Watanabe y Kawamura (2006) plantean dos aspectos clave para concentrar los esfuerzos en la planeación, estos son: la organización temática y la organización conceptual.

La organización temática hace referencia a la articulación de aspectos Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y de NdC respecto al tema científico que se abordará en la salida. Particularmente, la organización temática considera los aspectos científicos, sociales y tecnológicos vinculados con el contenido, además de algunos aspectos de la NdC (ver Figura 9). En consecuencia, esta organización debe vincularse con el contexto escolar para facilitar

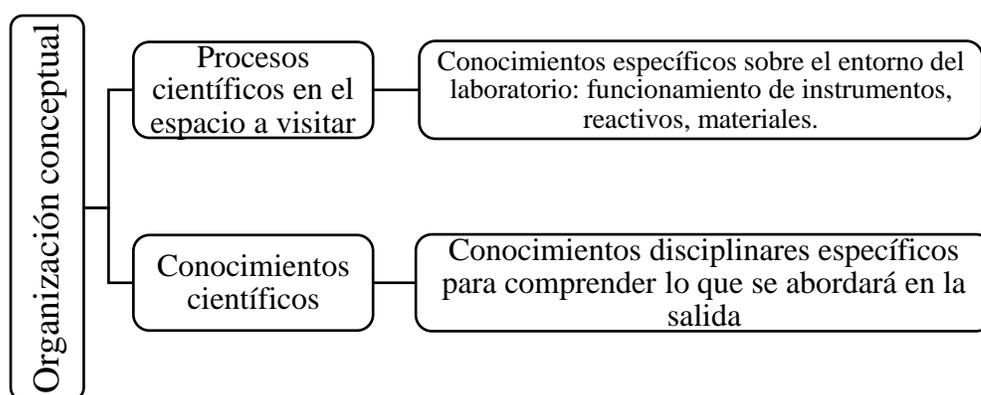
la discusión del quehacer científico como una producción humana y para reflexionar sobre los conocimientos evidenciados en la salida.

Figura 9. Organización temática para las visitas a laboratorios científicos. Adaptado de Watanabe y Kawamura (2006).



Por otra parte, se encuentra la organización conceptual (ver Figura 10), que se relaciona con la selección de conocimientos científicos que se van a promover con las salidas. Esta selección se organiza con base en la temática abordada en las clases, la salida al laboratorio y la vinculación con en el currículo escolar. En síntesis, este aspecto implica articular los conocimientos científicos con los procesos que se llevan a cabo en el entorno del laboratorio. Para alcanzarlo, la revisión curricular en los libros de texto y las entrevistas al personal de los centros de investigación son fundamentales para delimitar la organización conceptual de la salida de campo.

Figura 10. Organización conceptual para las visitas a laboratorios científicos. Adaptado de Caramello et al. (2010)



De esta manera, la difusión de las ciencias en estos espacios se concibe como un proceso transformador de la enseñanza-aprendizaje, dado que es una nueva forma de presentar las ciencias al público. Esto facilita un diálogo entre el contexto escolar y el contexto científico que resulta en un beneficio mutuo. Por un lado, se incita a desarrollar un interés por las ciencias en los estudiantes al explorar los espacios de producción científica, y por otro, se reconoce que el contexto científico es un constructo social que está enmarcado por la política, la economía y las necesidades sociales (Caramello, Strieder, Watanabe, y Munhoz, 2010; Watanabe, Munhoz, y Kawamura, 2019).

Ahora bien, Orion (1993) sostiene que existen tres etapas clave para estructurar la interacción de los estudiantes con el entorno en una salida de campo: *antes*, *durante* y *después*. Estas etapas hacen parte de un modelo que contempla la implementación de una salida de campo como parte integral del currículo de ciencias, rescatando cuatro aspectos derivados de los aportes de la literatura (Falk y Balling, 1982; Orion y Hofstein, 1991b):

1. La salida de campo promueve una experiencia auténtica para el participante al interactuar directamente con el entorno.
2. El enfoque de la salida de campo puede orientarse al desarrollo de procesos y habilidades (observar, medir, tocar, identificar) para hacer de ésta una experiencia realmente significativa.
3. La salida de campo se puede preparar atendiendo tres factores: cognitivo (qué contenido se aborda), geográfico (en qué lugar se aborda), y psicológico (tipo de actividad en que los participantes estarán involucrados).
4. La salida de campo se usa como una integración a una unidad de estudio particular dado que las actividades son muy concretas y hacen parte del aprendizaje.

A continuación, se describe en detalle cada una de las etapas del modelo de planificación de la salida de campo:

En primer lugar están las *actividades antes de la salida*, cuyo énfasis se dirige a explorar el entorno que se visitará y a preparar la salida de campo. Se plantea el uso de materiales que los estudiantes puedan encontrar al estar presentes en el entorno; en particular para las salidas de campo a laboratorios científicos. Tsybulsky (2019) sugiere utilizar presentaciones introductorias sobre estos espacios, los científicos y sus metodologías de trabajo incorporando narrativas de investigación en clase. Éstas sintetizan las investigaciones que realizan los científicos y generalmente se estructuran describiendo el problema a investigar, la metodología o plan de resolución y la interpretación de los hallazgos. De esta manera, los estudiantes pueden verse estimulados a formular preguntas que quieran hacer en la salida (Orion, 1993).

En segundo lugar se encuentran las *actividades durante la salida*, referidas a la parte central del modelo. Tirre, Kampschulte, Thoma, Höffler y Parchmann (2019) manifiestan que en

esta etapa el acercamiento entre estudiantes y científicos es clave para reducir la brecha entre ambos contextos. Los recorridos dentro del laboratorio facilitan el constante diálogo entre los participantes, en éstos los científicos se presentan, los estudiantes realizan las preguntas formuladas en la etapa previa y se tiene la oportunidad de conocer de cerca estos espacios (Tsybulsky, 2019; Watanabe et al., 2015). Para planificar apropiadamente esta etapa es pertinente considerar 5 pasos planteados por Orion (1993):

- a. Hacer una delimitación curricular y selección del espacio a visitar
- b. Establecer estaciones o paradas durante el recorrido, cuidando que éstas sean visibles para facilitar la observación del fenómeno u objeto de estudio, de fácil ubicación, proporcionando seguridad y asegurar de que haya suficiente espacio para llevar a cabo las actividades en cada estación.
- c. Relacionar los conceptos curriculares con los conceptos científicos del espacio visitado. Esto es, que exista una coherencia de la visita con el currículo y los aprendizajes esperados.
- d. Planear el recorrido. Se recomienda que todo el trayecto no exceda 8 estaciones y que las distancias entre éstas no sobrepasen los 15 minutos, de modo que la atención de los estudiantes pueda retenerse en mayor proporción y facilite la identificación de las estaciones con sus propósitos educativos particulares.
- e. Desarrollar ayudas de aprendizaje para el docente y para el estudiante. En particular, se sugiere la elaboración de folletos y guías para que los estudiantes las utilicen durante todo el recorrido. Para el docente se plantea la realización de mini posters guías con orientaciones didácticas y demarcación de las estaciones del recorrido. Se hace especial énfasis en la producción de materiales que sirvan de soporte y acompañamiento a los docentes en formación y docentes con poca experiencia en el aula o en salidas de campo.

El éxito de la salida dependerá de la consecución de los pasos anteriormente descritos, pues [...] *“la elección inadecuada de un solo factor en una estación de aprendizaje puede reducir drásticamente su eficacia educativa”* (Orion, 1993, p. 327). Así mismo, es pertinente considerar la coordinación logística entre el docente y los científicos para ejecutar el recorrido sin contratiempos y de forma organizada en las estaciones; esto puede apoyarse con ayuda del colectivo de científicos distribuyendo tareas específicas (acompañar, presentar información, responder preguntas) entre sus miembros: titulares, estudiantes de pregrado, estudiantes de posgrado, pasantes (Tsybulsky et al., 2018). Con esta organización la comunicación de los avances científicos al público se realiza de manera continua, favoreciendo el desarrollo de habilidades comunicativas en los científicos y un mayor nivel de conocimientos sobre las investigaciones en curso por parte de los estudiantes. Luego de las exposiciones es necesario considerar un espacio para hacer preguntas y resolver dudas. (Clark et al., 2016; Kompella et al., 2020).

En tercer lugar, las *actividades después de la salida* se vinculan con la síntesis, resumen y retroalimentación de lo abordado durante la salida de campo. Esta etapa es la más compleja con relación a las anteriores ya que implica trabajar sobre un nivel de abstracción más alto, cuyo énfasis se orienta hacia la integración y reflexión de los elementos presentados antes de la salida y durante la salida.

Puede desarrollarse al finalizar el recorrido releyendo las narrativas de investigación otorgadas en la primera etapa, realizando una discusión final sobre éstas con la mediación del docente y de los científicos (Tirre et al., 2019; Watanabe et al., 2015; Watanabe & Gurgel, 2011); o en la escuela realizando plenarias para retroalimentar sobre los aspectos más relevantes de la salida y brindando la posibilidad de que los estudiantes reflexionen sobre las percepciones sobre el entorno visitado, los sujetos que allí interactúan y el conocimiento que se produce (Hellgren & Lindberg, 2017; Svendsen & Banner, 2019; Tsybulsky et al., 2018).

Tomando estas ideas como referentes para la planificación de la salida de campo al laboratorio, a continuación se expone la importancia de considerar las ideas previas como puntos de partida para el diseño del material didáctico.

3.2.3 *Las ideas previas como referente de partida para el diseño del material didáctico*

Con la intención de introducir orientaciones sobre la realización de la salida de campo en el material didáctico, es relevante tomar en consideración las ideas previas como un punto de partida para el diseño del material. Así pues, diversas investigaciones ponen de manifiesto que los conocimientos que los estudiantes construyen a partir de la experiencia con el entorno pueden tener varias denominaciones: ideas previas, preconcepciones, ideas alternativas. En esta tesis de maestría se emplea el término de ideas previas. Éstas se identifican por provenir de diversas fuentes de construcción y tienen unas características que se describen a continuación:

- *Generalidad:* De acuerdo con Sanmartí (1997), las ideas previas se derivan de una construcción que es general para muchos individuos, con lo cual es posible identificar que estudiantes buenos y aquellos con problemas de aprendizaje pueden tener las mismas ideas. Algunos estudios parecen indicar que estas ideas tienen su origen en la forma de percibir y organizar la información.
- *Persistencia:* Muchas ideas previas son difíciles de romper a medida que se estudia ciencias o cualquier otra asignatura. Pareciera que con la edad algunas concepciones se arraigan más que otras y esto es frecuente en individuos alfabetizados científicamente como en individuos que no lo son.

- *Estructuración:* Se cree que las ideas previas tienen su origen en el aspecto cognitivo humano, por ello se ha intentado describir aquel cuerpo de conocimientos y estructuras que derivan de él, sin embargo, esto no ha sido posible por el carácter implícito que representa.
- *Dependencia del contexto:* Las ideas previas se relacionan con el contexto, puesto que son construcciones que se realizan con la finalidad de atender una tarea o requerimiento en un determinado momento. Estas ideas se elaboran en función del entorno cotidiano bajo sus propios mecanismos y esto hace que difiera del conocimiento científico.

La reflexión sobre el ejercicio docente y sus prácticas ayuda a la identificación de las ideas previas de los estudiantes. Identificarlas resulta un aspecto indispensable para que el docente tenga una base de conocimientos sobre el nivel inicial de conocimientos de sus estudiantes, así como la realización de un diagnóstico claro sobre las dificultades conceptuales, procedimentales o actitudinales en relación con los contenidos de ciencias. Con esto, el docente puede determinar las estrategias didácticas que se encaminen a la reelaboración del saber, construyendo conocimientos que se aproximen al campo científico.

Basado en lo anterior, el siguiente apartado se concentra en delimitar las fases de planeación de actividades para el diseño del material didáctico considerando las tres dimensiones de interés de la NdC, el contenido sobre virus, las actitudes hacia las ciencias, el capital cultural y la salida de campo.

3.2.4 *El modelo de Sanmartí. Planificación de actividades del material didáctico*

Las necesidades del contexto influyen sobre el replanteamiento de los mecanismos que usan los docentes para ejercer sus prácticas en el aula. Éstas implican un proceso de transformación del currículo escolar a través de la planificación didáctica que elaboran los maestros. De acuerdo con Guerra y Jiménez (2011), el conocimiento escolar se construye bajo la interacción social en un contexto determinado. En este sentido, el contexto se convierte en el foco principal de la enseñanza puesto que, a través de su lectura los docentes organizan y secuencian sus planificaciones didácticas para alcanzar los objetivos de enseñanza-aprendizaje.

Por tanto, la planificación didáctica es entendida como el diseño de secuencias de actividades en las que cada una corresponde a una etapa dentro de un proceso gradual y progresivo de construcción de conocimiento científico escolar. La planificación de actividades según Casanova (1998), deben contener seis elementos básicos:

- **Objetivos:** Se refiere a los propósitos de la enseñanza.
- **Contenidos:** Se refiere a los núcleos temáticos que son objeto de enseñanza.

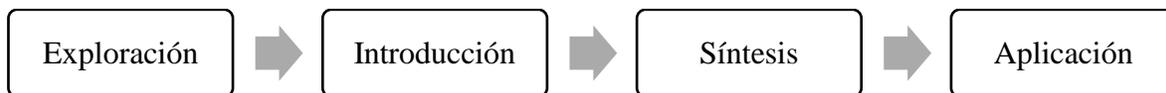
- Metodología: Se refiere a los mecanismos por los cuales se enseña.
- Actividades: Se vincula con las dinámicas propuestas para lograr el aprendizaje de los alumnos.
- Recursos didácticos: Se asocia con los materiales e instrumentos que acompañan el proceso de enseñanza.
- Evaluación: Se refiere a los mecanismos por los cuales se puede valorar el proceso llevado a cabo, realizar ajustes y mejorar la enseñanza y aprendizaje.

Estructurar la planeación en varias etapas o fases trae algunas ventajas relacionadas con la organización del tiempo, interpretación y ajuste de contenidos, uso de recursos y materiales, secuenciación de actividades de manera progresiva, planteamiento de actividades auténticas y aplicación de conocimientos aprendidos. Los docentes en ejercicio deben ser conscientes que la planificación de actividades es un ejercicio indispensable en su práctica profesional para promover la reelaboración del conocimiento en el contexto escolar. Por ello, es importante que las actividades estén encaminadas hacia la construcción de formas independientes de resolver tareas, la promoción de procesos comunicativos e interactivos, y la inclusión de componentes conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Para el diseño del material didáctico, producto de esta tesis, se considera el modelo de Sanmartí (1997) como referente para planificar y estructurar las actividades dado que se permite la movilización de saberes del estudiante desde un nivel de complejidad bajo hasta alcanzar un nivel de complejidad mayor. Así mismo, este modelo de planificación resulta apropiado para el diseño de este material ya que se concibe como un proceso a través del cual hay una evolución de las ideas de los estudiantes; en este caso, ideas relacionadas con la NdC y los virus mediante las actividades y la salida de campo.

Lo anterior resulta relevante dado que trabajar los conocimientos sobre la NdC ayuda a modular una visión más acorde sobre éstas e incidir en la consolidación de una actitud más positiva hacia las ciencias. Este proceso se lleva a cabo con la secuencia de actividades que consideran distintas fases en el proceso de construcción de conocimientos y cuyos objetivos didácticos son particulares (ver Figura 11).

Figura 11. Fases para secuenciar las actividades didácticas. Adaptado de Sanmartí (1997).



La primera fase de *exploración* se caracteriza por diagnosticar las ideas iniciales de los estudiantes sobre la NdC y las actitudes hacia éstas a través de actividades exploratorias. Es importante realizar este proceso ya que el docente puede reconocer la diversidad de puntos

de vista sobre el objeto de estudio, es decir, sus ideas previas. De acuerdo con Sanmartí (1997) las ideas previas se relacionan con el contexto, puesto que son ideas elaboradas en función del entorno cotidiano bajo sus propios mecanismos para atender alguna tarea y esto hace que difiera del conocimiento científico.

La fase de *introducción a nuevas ideas* propone la construcción de ideas nuevas desde una perspectiva científica que permitan la discusión entre éstas y las ideas iniciales del estudiantado. Para ello, se incluyen nuevas técnicas de trabajo, analogías sobre virus y replicación viral, e información sobre el contexto del laboratorio que se visitará para identificar nuevos puntos de vista sobre las ideas de la NdC y las actitudes hacia éstas. Las tareas se enmarcan como pasos que van de lo simple a lo complejo. Se representa lo vivenciado a través del lenguaje (escritos, diálogos, conversaciones).

La fase de *síntesis* busca la sistematización de ideas nuevas y la internalización de saberes en el proceso. La síntesis es una construcción personal, en ella se pretende que cada estudiante comunique su capital cultural, valorando sus aproximaciones y limitantes como parte de su aprendizaje. Éste es guiado por interacción social (docente-estudiante y estudiante-estudiante), lo cual promueve intercambio de saberes que ayudan a la construcción de ideas y la consolidación de actitudes. De esta manera, los estudiantes expresan de forma auténtica sus conocimientos y los pueden contrastar con los de sus compañeros y el docente.

La última fase de *aplicación* tiene la intención de reconocer la utilidad de los conocimientos aprendidos y reelaborados en el proceso, es decir, el capital cultural. En esta fase se hace especial énfasis sobre la búsqueda de actividades que permitan la reflexión sobre los elementos implicados en la actividad científica, el anclaje e integración de varios conocimientos a través de su aplicación en otros contextos, evitando que los estudiantes queden con una visión fragmentada sobre el aprendizaje al culminar el proceso. Además, se plantean nuevas preguntas para que el aprendizaje se considere como un proceso continuo y progresivo.

Con estos referentes teóricos y de diseño en mente, en el siguiente capítulo se presentan los aspectos y fases metodológicas que se usaron para la construcción del material didáctico que busca promover actitudes positivas hacia las ciencias.

Capítulo 4. Marco metodológico

En este capítulo se exponen los componentes que definieron el proceso metodológico de esta tesis. Para ello, se inicia situando al paradigma cualitativo como enfoque metodológico, se presenta el contexto en que tomó lugar esta investigación para pensar el diseño del material didáctico, y finalmente se describen las fases que fueron consideradas para el diseño y producción del material didáctico. A continuación, se profundiza sobre cada componente.

4.1 La investigación cualitativa

La investigación cualitativa es un enfoque que tiene la intención de interpretar los significados que el sujeto asigna a los objetos. Estos significados se conciben como un proceso continuo que se realiza a través de símbolos, conceptos, representaciones, esquematizaciones a medida que el sujeto interacciona con el mundo, tal y como lo expresa Buendía, Colás y Hernández (2000, citado por Simon et al., 2015).

En efecto, el investigador estudia fenómenos desde una perspectiva epistemológica, donde se pregunta cuestiones abiertas, recoge datos a través del lenguaje escrito, oral o visual dependiendo de sus objetivos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Así, las dinámicas y prácticas sociales cobran especial relevancia porque se pueden explorar variables y fenómenos en los cuales el investigador se sumerge, no sólo desde su rol de investigador sino también desde un rol de *reflexividad*, en donde se puede monitorear y reflexionar sobre todos los elementos del fenómeno de estudio. De modo que, la investigación cualitativa evoca la descripción e interpretación de fenómenos desde una mirada social y abarca múltiples perspectivas de estudio: etnográficas, de género, enfoques hermenéuticos (Johnson-Mardones, 2017).

Considerando la naturaleza del problema de investigación y el objetivo general de esta tesis, el desarrollo de este estudio se sitúa en el paradigma cualitativo de la investigación, estableciendo una relación con el sujeto, quien es considerado objeto de estudio (sujeto-sujeto). Esto significa que el investigador se involucra como parte del contexto donde se desarrolla su objeto de estudio para interactuar con sujetos y elementos que le permitan indagar, tomar decisiones e interpretar los procesos que ocurren allí.

Bajo esta perspectiva, el proceso de indagación resulta más flexible puesto que se sitúa entre la información recabada y el desarrollo de las teorías derivadas de la realidad que se estudia (Hernández, Fernández y Baptista, 2010), puesto que la relectura de los datos ayuda a configurar el sentido interpretativo que el investigador hace durante su ejercicio; es decir, comprender los hallazgos desde sus partes y relacionándolo con los hallazgos más generales. Así, la investigación cualitativa es un proceso activo y sistemático que permite la obtención

de datos para consolidar una base de conocimientos encaminada a la construcción de un material didáctico que promocióne actitudes positivas hacia las ciencias.

4.2 El contexto de la investigación

Para presentar el contexto del que partió el diseño del material didáctico es pertinente introducir el lugar en que se inició: la escuela secundaria 5 Agustín Basave Fernández del Valle ubicada en Apodaca, Nuevo León. El contacto con esta institución se facilitó gracias a los proyectos que ha venido realizando el área de Educación en Ciencias del Cinvestav Monterrey desde hace varios años, lo cual ha establecido una confianza y apertura por parte de la dirección de la escuela a trabajar en conjunto, incluyendo las propuestas de tesis de los estudiantes de la maestría en el área de educación en ciencias. Como resultado, el acercamiento a la escuela y la inmersión con la comunidad educativa fue muy ameno, y este contacto se desarrolló alrededor de cinco meses antes del cierre de escuelas por motivo de la pandemia del COVID-19 (septiembre 2019 – enero 2020).

El plantel ofrece servicios educativos en los niveles de primero, segundo y tercero de secundaria en el turno matutino, específicamente en el horario de 7:30 am a 12:30 pm. La infraestructura se compone de tres edificios en los cuales se encuentran los salones de clases, hay una cafetería escolar, un laboratorio, una biblioteca equipada con internet y computadores. También, cuenta con zonas verdes y un parque aledaño a la escuela.

Por otro lado, la comunidad educativa se localiza en un nivel socioeconómico medio-bajo. Los espacios que tiene la escuela para desarrollar la enseñanza de las ciencias son los salones de clases, la biblioteca y los libros de texto que dispone la secretaría de educación pública. No obstante, es importante resaltar la gran labor que realiza la institución en actividades extracurriculares relacionadas con el servicio social y desarrollo de proyectos ecológicos.

Al dialogar informalmente con el docente encargado de estos proyectos, se reconoce al club de ecología como la principal actividad extracurricular de la escuela, la cual invita a los estudiantes a participar activamente en diversas actividades que benefician a la escuela y la comunidad, llevándose el primer lugar en varios concursos locales de ecología OXXO. Otra actividad de este club se relaciona con la adecuación de las zonas verdes dentro de la escuela, esto es: limpieza de residuos sólidos y jornada de pintura como puede apreciarse en la Figura 12.

Figura 12. La escuela vista desde el interior. Fuente: Elaboración propia.



Ahora bien, con relación a la planta docente del área de biología, esta se encuentra conformada por dos maestros que atendían 5 grupos de primero de secundaria (B-1, B-2, B-3, B-4 y B-5) en el ciclo escolar 2019-2020. El maestro tuvo a su cargo 2 grupos (B-4 y B-5), mientras que la maestra tuvo a su cargo 3 grupos (B-1, B-2, B-3). Luego de comentar la propuesta con el director y los docentes de biología, se seleccionó el grupo B-2 para comenzar el proceso de inmersión en este contexto junto a la maestra. Ella es licenciada en Educación Secundaria - Especialidad en Biología. Desde hace 21 años ejerce su profesión docente, de los cuales estuvo 17 años en el preescolar y los últimos 4 años decidió enseñar biología en secundaria. Respecto a su experiencia profesional en esta escuela no había mucho detalle, dado que recién se incorporó allí en el ciclo escolar 2019-2020.

La población con la cual se desarrolló esta inmersión fue un grupo de 39 estudiantes, de los cuales 20 son niños y 19 son niñas, cuya edad oscilaba entre los 12-13 años. Durante esta etapa exploratoria, la maestra presentó a la investigadora de esta tesis al grupo y comentó los propósitos de esta situación: diagnosticar un problema didáctico y ser partícipe de la implementación que se derivara. Así pues, la observación participante fue un mecanismo importante para tener elementos que permitieran delimitar un problema didáctico.

En el contexto educativo, la observación participante permitió estudiar diferentes aspectos del comportamiento de los estudiantes y a su vez, hacer seguimiento de conductas, actitudes y emociones de los estudiantes en el aula y la escuela (Herrero, 1997). Siguiendo a Campos y Lule (2012), el uso de la observación en este contexto se relaciona con el bajo costo monetario y de material para el investigador, y a su vez facilita la obtención de información de manera directa y natural a los acontecimientos. De esta manera, la información registrada en notas o diarios de campo es adaptada a los eventos tal y como ocurren, lo que evita mediciones indirectas y alejadas del contexto (Hernández, Fernández y Baptiste, 2010).

En función de lo anterior, se pudo evidenciar que la interacción entre los estudiantes y la maestra se basaba en la comunicación oral, las clases se encontraban mediadas por la formulación de preguntas y el desarrollo de actividades estaba enfocado en resumir y recuperar información. Así mismo, la maestra utilizaba el programa de contenidos de biología como un referente para la selección de contenidos, pero era el libro de texto el

material didáctico con el que más interactuaban los estudiantes y del cual obtenían la información. En función de lo anterior, se consideró que el libro de texto y el enfoque de transmisión-recepción de las clases podrían ser elementos que influyeran en la consolidación de visiones estereotipadas sobre las ciencias y actitudes negativas hacia éstas en los estudiantes.

Esta creencia se acentuó cuando se dialogó informalmente con algunos estudiantes sobre sus ideas sobre las ciencias y la profesión científica, cuyas respuestas aludían a un rechazo a la actividad científica y una actitud poco favorable hacia quienes ejercen las ciencias como profesión. De allí, se comenzó a pensar la elaboración de instrumentos que permitieran recabar información sobre las ideas y actitudes de forma más sistemática.

La aplicación de estos instrumentos se realizó unas semanas después con el apoyo de la docente de biología. De allí, se comenzó una etapa de diseño y planificación de actividades para aplicarse con los estudiantes, sin embargo no pudo ser implementada dado que en marzo de 2020 se cerraron las escuelas por la pandemia del coronavirus y no se tenían condiciones para la enseñanza mediada por tecnologías en este contexto. De modo que, se estableció una toma de decisiones que involucró reestructurar el enfoque inicial, pues se pasó de considerar la implementación de una innovación didáctica a delimitar la propuesta en términos de diseño y orientaciones para su futura aplicación.

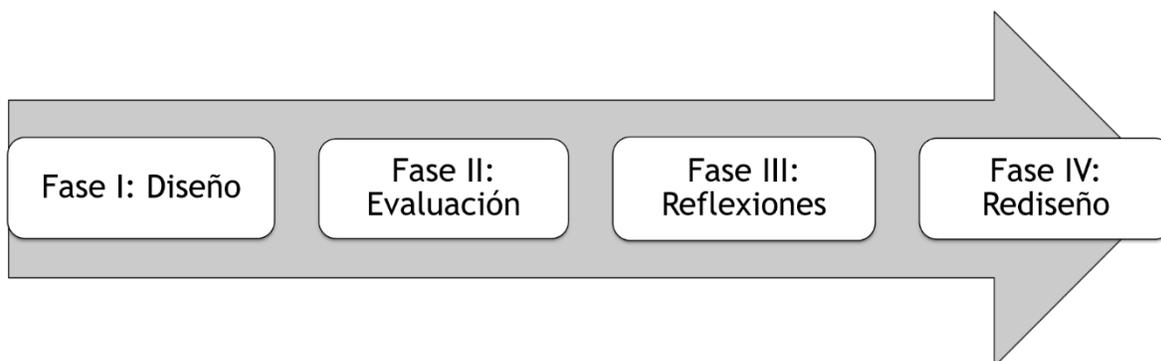
4.3.Fases de diseño del material didáctico

Con base en el apartado anterior, a continuación se presentan las fases que se consideraron para el diseño y producción de un material didáctico que tuvo como propósito promocionar actitudes positivas hacia las ciencias. En la Figura 13 se evidencian cuatro fases:

- *La fase I. Diseño inicial del material didáctico:* Correspondiente al diseño inicial del material didáctico con base en los aportes de un diagnóstico en el contexto escolar, los aspectos curriculares y las ideas provenientes del campo de la educación en ciencias.
- *La fase II. Evaluación de la primera versión del material didáctico:* Referente a la evaluación del diseño inicial del material didáctico por juicio de expertos con experiencia en la enseñanza de las ciencias en secundaria, en la investigación en didáctica de las ciencias y en la visita a laboratorios de investigación científica. Esto implicó la construcción e implementación de un instrumento de evaluación y entrevistas para ampliar las impresiones sobre la evaluación al material.
- *La fase III. Reflexión sobre la toma de decisiones implicada en la construcción del material didáctico:* Corresponde a la toma de decisiones y ajustes derivados del análisis a los comentarios de los expertos sobre el diseño del material didáctico que busca promocionar actitudes positivas hacia las ciencias.

- *La fase IV. Rediseño del material didáctico:* Referente al rediseño del material didáctico incorporando las observaciones y sugerencias del panel de expertos en las actividades.

Figura 13. Fases consideradas para el diseño del material didáctico.



A continuación, se describe cada fase metodológica con mayor detalle, incluyendo los instrumentos y técnicas de recolección y análisis de la información que fueron utilizadas para el diseño y construcción del material didáctico.

4.3.1. Fase I. Diseño inicial del material didáctico

En esta fase se consideraron tres aspectos para la realización del primer diseño del material didáctico: la implementación de un diagnóstico en el aula, los aspectos curriculares, y los aportes teóricos de la didáctica de las ciencias para delimitar las ideas que se articulan en el material didáctico.

Como punto de partida se realizó un diagnóstico a partir de la implementación de dos cuestionarios abiertos, ya que con este tipo de preguntas se obtiene una información más amplia y resultan de gran utilidad cuando no hay suficientes ideas sobre las respuestas o cuando ésta es insuficiente (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Ambos cuestionarios tenían intenciones específicas que se describen a continuación:

- (i) El primer cuestionario indagó sobre las ideas previas de los estudiantes relacionadas con la NdC, en particular sobre la dimensión metodología científica (ver Anexo 2).
- (ii) El segundo cuestionario exploró las actitudes de los estudiantes hacia la NdC y las actitudes de vocación científica (ver Anexo 3).

Para su aplicación, se tuvo en cuenta los objetivos de la investigación, la cantidad de estudiantes, el tiempo requerido para diligenciar los cuestionarios y en especial, el

consentimiento de los participantes y la maestra de biología quien cedió dos de sus clases para poder llevar esto a cabo.

Teniendo en cuenta el enfoque cualitativo y los objetivos de esta investigación, se seleccionó el análisis del contenido (Bardin, 2002) como referente para analizar la información recabada. Desde este referente, el análisis del contenido es un conjunto de técnicas de análisis de comunicaciones que hace uso de procedimientos sistemáticos y objetivos de descripción del contenido de los mensajes. Es decir, es un conjunto de técnicas a través de las cuales se realizan inferencias sobre conocimientos teniendo en cuenta las condiciones en que éstas fueron construidas.

En este caso, se sistematizó la información y se comenzó la identificación de los datos relevantes para la construcción de categorías que facilitarían el tratamiento de los datos y la construcción de inferencias sobre los conocimientos y actitudes de los estudiantes hacia la naturaleza de las ciencias. Estas inferencias se organizaron a través de un sistema de categorías *a posteriori*.

Para el primer cuestionario, se construyeron categorías a partir de las respuestas de los estudiantes sobre las metodologías científicas. Mientras que, para el segundo cuestionario, se optó por clasificar las preguntas del cuestionario en dos bloques: 1) preguntas vinculadas con las actitudes hacia la NdC y 2) preguntas vinculadas con las actitudes de vocación científica. Esto facilitó la construcción de categorías por cada pregunta.

Finalmente, el proceso interpretativo de los datos se realizó desde la categorización de las respuestas, la elaboración de inferencias y la discusión con resultados lo que ha reportado la literatura respecto a la NdC y las actitudes hacia éstas y hacia la vocación científica. Con ello, se obtuvo un panorama sobre las ideas previas y actitudes de los estudiantes sobre la NdC que llevaron a pensar el diseño inicial del material didáctico.

En segundo lugar, se consideraron aspectos curriculares en el diseño inicial del material didáctico. Particularmente, se exploraron los planes y programas de estudio de biología para primero de secundaria (SEP, 2017) con la intención de establecer una relación entre el material didáctico y los lineamientos establecidos por la Secretaría de Educación Pública. Así pues, se encontró que el currículo escolar en México se divide en dos bloques para todos los niveles: las áreas de desarrollo social y personal, y los campos de formación académica. En este último se encuentran tres campos: lenguaje y comunicación, pensamiento matemático y exploración y comprensión del mundo natural y social. A medida que avanzan los niveles escolares se encuentran un mayor número de asignaturas en cada campo de formación, siendo el nivel de secundaria aquel con mayor cantidad de asignaturas.

En el caso de la asignatura de biología, ésta se encuentra en el campo de formación de exploración y comprensión del mundo natural y social. Es importante destacar que la

asignatura se aborda en el grado de primero de secundaria, lo cual se vincula con el grupo al cual va dirigido este material didáctico. En este sentido, también se consultó la dosificación de contenidos y los aprendizajes esperados para este grado a fin de lograr una coherencia con el material didáctico y las necesidades educativas de los estudiantes. Como resultado se encontró que los contenidos se estructuran en tres ejes y once temas, donde cada tema tiene sus propios aprendizajes esperados. Para esta propuesta de material didáctico se estableció una relación con el siguiente aprendizaje esperado en la Tabla 8:

Tabla 8. Relación entre material didáctico y aspectos curriculares. Fuente: Elaboración propia

Planes y programas de estudio (SEP, 2017)		
Campo de formación: Exploración y comprensión del mundo natural y social		
Asignatura: Biología		
Eje	Tema	Aprendizaje esperado
Diversidad, continuidad y cambio	Tiempo y cambio	Identifica cómo los cambios tecnológicos favorecen el avance en el conocimiento de los seres vivos

En tercer lugar, se consideraron los planteamientos teóricos sobre la didáctica de las ciencias y el conocimiento científico que articula la propuesta, con la intención de delimitar las ideas que afectaron el diseño inicial del material didáctico. Esto es, las ideas sobre la planificación de actividades bajo el modelo de Sanmartí (1997), la salida de campo bajo el modelo de Orion (1993) y la organización temática, en particular: la naturaleza, estructura y replicación viral (Peña y Faúndes, 2019; Sun, He y Zhuang, 2013).

Sobre la planificación didáctica se consideró desde un primer momento diseñar actividades conforme las 4 fases que plantea Sanmartí (1997). De este proceso resultaron 12 actividades distribuidas de la siguiente manera: 2 actividades de exploración, 5 actividades de introducción a nuevos conocimientos, 3 actividades de síntesis y 2 actividades de aplicación.

Respecto a la salida de campo al laboratorio, ésta se incorporó en varias actividades atendiendo tres momentos: antes, durante y después (Orion, 1993). De esta manera, resultaron 2 actividades de preparación sobre la salida (antes) en la fase de introducción a nuevas ideas, así como 3 actividades durante la salida cuya fase se vinculaba con la de síntesis, y finalmente, 1 actividad posterior a la salida (después) que se ubicó en la fase de aplicación a nuevas ideas. Cabe destacar que la mayoría de las actividades de esta primera versión incluían las dimensiones de la NdC (imagen de ciencias y características de los científicos, metodología y comunidades científicas), especialmente en las actividades de síntesis y de aplicación de nuevos conocimientos.

En esta primera planificación se fueron adecuando de manera transversal las actividades relacionadas con la organización temática (conocimientos sobre la NdC y sus dimensiones) y con la organización conceptual (los virus). Para ejemplificar este proceso, en la Tabla 9 se presenta una síntesis sobre las actividades incluidas en el diseño inicial del material didáctico:

Tabla 9. Actividades incluidas en el diseño inicial del material didáctico

Cantidad de actividades en el diseño inicial del material didáctico		
Fase de planificación	Actividades relacionadas con la NdC	Actividades relacionadas con los virus
Exploración	Actividad 1. ¿Cómo trabajan los científicos?	Actividad 2. Explorando ideas sobre los virus
Introducción	Actividad 6. Presentación del caso (Antes de la Salida de Campo)	Actividad 3. ¿Qué son los virus?
		Actividad 4. ¿Cómo se replican los virus?
		Actividad 5. ¿Qué son las infecciones virales y bacterianas?
	Actividad 7. Construyendo preguntas a los científicos (Antes de la Salida de Campo)	Actividad 6. Presentación del caso (Antes de la Salida de Campo)
		Actividad 7. Construyendo preguntas a los científicos (Antes de la Salida de Campo)
Síntesis	Actividad 8. Conociendo los científicos (Durante la Salida de Campo)	Actividad 8. Conociendo los científicos (Durante la Salida de Campo)
	Actividad 9. ¿Quiénes son los científicos? (Después de la Salida de Campo)	
	Actividad 10. Mi narrativa sobre la salida de campo (Después de la Salida de Campo)	Actividad 9. ¿Quiénes son los científicos? (Después de la Salida de Campo)
Aplicación	Actividad 11. ¿Para qué se producen las ciencias? (Después de la Salida de Campo) Actividad 12. Aplicación pos-test	Actividad 11. ¿Para qué se producen las ciencias? (Después de la Salida de Campo)

Con base en lo anterior, la versión inicial del material didáctico se estructuró en dos secciones: una sección de ideas generales, una sección sobre la organización y descripción de las actividades.

En la primera sección se incluyó una introducción, características sobre el modelo de planificación, relación con el currículo e ideas sobre la salida de campo al laboratorio. En la segunda sección se incluyó el esquema general y la descripción de las actividades diseñadas bajo el modelo de Sanmartí (1997). Para visualizar el primer diseño del material se puede entrar al siguiente enlace: [Material didáctico](#)

Después de describir con mayor profundidad las acciones implicadas en la primera fase metodológica, a continuación, se presenta la segunda fase.

4.3.2. Fase 2. Evaluación de la primera versión del material didáctico

En esta fase se realizó una valoración del material didáctico por juicio de expertos con el ánimo de realizar ajustes y mejoras en su diseño. Para realizar el proceso de evaluación se construyó un instrumento para tener registro sobre su valoración (ver Anexo 4). Éste se dividió en tres secciones: formación y experiencia profesional, encuesta tipo Likert y cuestionario con preguntas abiertas.

La primera sección incluyó una tabla para llenar información correspondiente a la formación y experiencia profesional del experto participante. En la segunda se presentó el instrumento de valoración en una escala tipo Likert, que incluía tres opciones de respuesta: de acuerdo, intermedio y en desacuerdo. El instrumento se conformó por 21 enunciados que pretendían valorar el diseño del material didáctico desde siete criterios preestablecidos: (i) presentación del contenido biológico, (ii) relación con el currículo, (iii) adaptación al nivel educativo, (iv) coherencia y cohesión, (v) motivación e interés, (vi) gestión del aula y (vii) evaluación. Por último, la tercera sección incluyó un cuestionario para anexar algunos comentarios, sugerencias y recomendaciones con relación a mejorar el material didáctico. Al final del instrumento se les extendió la invitación a los expertos para concretar una futura entrevista en línea, con la intención de ampliar y clarificar sus impresiones sobre el material didáctico inicial.

Seguidamente, se establecieron criterios para seleccionar al conjunto de expertos que participaron del proceso de evaluación del material didáctico, entre ellos: la experiencia docente, la experiencia en investigación educativa y la relación con el contenido temático (virus y naturaleza de las ciencias). Como resultado, se contó con la participación de 4 docentes quienes conformaron el panel de expertos. Es importante considerar que algunos de los expertos no hacen parte del contexto mexicano, lo que pudo afectar algunas ideas sobre

el instrumento, por ejemplo cuando se habla del currículo. A continuación, se describe el perfil de cada experto:

- Experto 1: Cuenta con una Licenciatura en Educación Preescolar y una especialidad en Educación en Biología. Tiene 21 años de experiencia profesional en la docencia: 17 en preescolar y 4 años en secundaria en la asignatura de Biología. Así mismo, ha participado en programas de formación continua como diplomados, talleres y programas de la secretaría de educación.
- Experto 2: Cuenta con una maestría en Educación en Biología para la Formación Ciudadana. Tiene 5 años de experiencia como docente de biología en el nivel de secundaria y bachillerato.
- Experto 3: Cuenta con una Licenciatura en Matemáticas y Física, una maestría en Educación con énfasis en Enseñanza de las Ciencias y actualmente cursa estudios de Doctorado en Educación para las Ciencias. Respecto a su experiencia profesional, se ha desempeñado por 14 años en niveles de educación media y superior en el área de las matemáticas y las ciencias naturales en el contexto colombiano.
- Experto 4: Cuenta con una Licenciatura en Física, dos maestrías; una en Enseñanza de las Ciencias y otra en Educación y Tecnologías Digitales, y un doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Respecto a su trayectoria profesional, tiene 15 años de experiencia como docente en el nivel de básica y media, así como en el nivel superior con la enseñanza de las ciencias en docentes en formación inicial. Adicionalmente, ha orientado programas de formación docente que organiza la secretaría de Educación de Santo André (Brasil).

Una vez conformado el panel de expertos se procedió a enviar el instrumento de evaluación por correo electrónico para que ellos realizaran sus apreciaciones y comentarios. Al ser entregado de vuelta, se revisaron las apreciaciones generales de todo el panel y se concretaron entrevistas con dos expertos que aceptaron la invitación. Sobre la estructura y diseño de las entrevistas, se optó por aplicar la entrevista semiestructurada. Considerando las ideas de Campo y Gomes (2009), este tipo de entrevistas tiene varias ventajas: se cuida la identidad de los participantes, se fomenta un diálogo continuo entre el entrevistado y el entrevistador, se exploran ideas sobre un tema de poco conocimiento, se planifica una secuencia de preguntas al sujeto entrevistado en un contexto formal sin que esto llegue a crear un ambiente tenso y riguroso, y pueden surgir nuevas preguntas a medida que la entrevista avanza.

Para ello, se construyó un guion de entrevista semiestructurada en función de cada experto atendiendo a los comentarios que realizaron sobre el material didáctico. Este guion se estructuró de la siguiente forma: se planteó una pregunta sobre las impresiones generales del material didáctico y seguidamente se plantearon preguntas sobre aquellos comentarios y recomendaciones que no fueron muy claros al momento de revisar el instrumento diligenciado por los expertos.

Por motivo de la pandemia, las entrevistas fueron aplicadas en línea a través de la plataforma Microsoft Teams y se grabaron con el consentimiento de los participantes para facilitar el proceso de interpretación (Rogers y Bouey, 2005 citado por Hernández, Fernández y Baptista 2010). En este sentido, se consideró evitar la formulación de preguntas que pudieran inducir las respuestas (Gochros, 2005 citado por Hernández, Fernández y Baptista 2010), al igual que hacer preguntas de carácter cerrado o con única respuesta. Resulta muy común que los participantes de la entrevista proporcionen información permeada por sus puntos de vista y contextos de trabajo (Creswell, 2009 citado por Hernández, Fernández y Baptista 2010), lo que representa una oportunidad para obtener discursos heterogéneos que permitan tener una mirada más amplia sobre las implicaciones de diseño del material didáctico.

Finalmente, para analizar el instrumento de evaluación se optó por el análisis del contenido de Bardin (2002), codificando las respuestas del panel de expertos con base en categorías *a priori* que se establecieron en el instrumento de evaluación, en dos momentos. Un primer momento se vinculó con la búsqueda de patrones en común sobre el nivel de acuerdo, intermedio y desacuerdo entre los expertos por cada enunciado de la escala Likert. Para ello, las opciones seleccionadas fueron tabuladas en una base de datos en Excel y contabilizadas.

El segundo momento consistió en transcribir los comentarios de los expertos sobre las observaciones, recomendaciones y sugerencias para mejorar el material didáctico desde las categorías *a priori*. Esto permitió comparar y encontrar consensos para la fase de reelaboración del material didáctico, además de realizar algunas reflexiones sobre las implicaciones de rediseño del material didáctico.

4.3.3. Fase 3. Reflexión sobre la toma de decisiones implicada en la construcción del material didáctico

Considerando las fases de diseño, la información recabada en los cuestionarios del diagnóstico, las relaciones curriculares, las ideas derivadas de la didáctica de las ciencias y la valoración por juicio de expertos, en esta fase se tuvo la intención de realizar una reflexión sobre la toma de decisiones que estuvo implicada en el proceso del rediseño del material didáctico. Para ello, se destacan los aspectos más relevantes del ejercicio de evaluación por parte de los expertos, quienes aportaron ideas significativas para implementar mejoras al primer diseño del material didáctico.

En el diseño inicial del material didáctico fue relevante identificar las ideas previas de los estudiantes como un aspecto importante que permitió la orientación del diseño de las actividades. Esto implica reconocer que la planificación es una tarea inherente a la práctica docente, pues es allí donde se consideran las ideas previas de los estudiantes y también convergen los saberes de tipo disciplinar, didáctico y contextual que dan lugar a la formulación de actividades para la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias.

Luego del ejercicio de evaluación por parte de los expertos, se identificaron los comentarios y sugerencias para reestructurar las actividades del diseño inicial del material didáctico. Esta información se trabajó desde los criterios *a priori* que se establecieron en el instrumento de valoración, y seguidamente se encontraron patrones en común que acotaron 15 observaciones para el rediseño del material didáctico. La tabla 10 describe de manera general las observaciones y sus implicaciones para el rediseño del material:

Tabla 10. Implicaciones de los comentarios para el rediseño del material

Criterios de evaluación del instrumento	Cantidad de comentarios	Implicaciones para el rediseño del material didáctico
Coherencia y cohesión	5	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporar más actividades relacionadas con los virus desde la fase de exploración de idas previas. - Indicar al docente la flexibilidad para implementar las actividades de forma secuencial o no secuencial. - Vincular ideas entre algunas actividades, especialmente sobre los virus y las actividades posteriores a la salida de campo. - Brindar instrucciones claras sobre lo que se trabajará en las actividades para promover actitudes positivas hacia las ciencias. - Anticipar la acción en actividades posteriores indicándole al estudiante lo que se trabajará.
Presentación del contenido biológico	5	<ul style="list-style-type: none"> - Modificar algunas actividades iniciales para articular el contenido biológico (los virus) con en el contexto del laboratorio desde las primeras actividades. - Incluir aspectos sociales y económicos en la presentación del laboratorio para planificar la salida de campo, de modo que pueda ampliarse las ideas sobre las tres dimensiones de la NdC.
Gestión del aula	1	<ul style="list-style-type: none"> - Incluir en las actividades para el estudiante una consigna sobre la modalidad de aplicación, es decir, si es de manera individual o grupal. - Dejar claridad en las orientaciones al docente las posibilidades de implementar las actividades considerando el contexto o la cantidad de estudiantes.
Evaluación	2	<ul style="list-style-type: none"> - Construir una guía para el estudiante como un instrumento de regulación de sus aprendizajes.

		- Indicar algunas orientaciones al docente para evaluar las actividades, atendiendo la evaluación sumativa y formativa.
Enfoque para la formación ciudadana	2	- Incorporar la idea de capital cultural en las actividades como elemento que pueda vincular la relevancia de los aprendizajes luego de la salida y sus aportes a la formación ciudadana de los estudiantes.
Total comentarios	15	

Este proceso implicó reflexionar sobre la articulación de aspectos curriculares, las ideas previas de los estudiantes y los objetivos del material pensados para el contexto al que va dirigido, puesto que sitúan al investigador frente al reto de integrar diversos conocimientos, tal como lo ha planteado Beltrán (2017): disciplinares, pedagógicos, didácticos, tecnológicos, al igual que hacer equipo con profesionales de otros campos que aporten en los aspectos de comunicación y de diseño gráfico. De ese modo, las implicaciones descritas en la tabla 10 demandaron de un proceso de análisis, reflexión y creatividad para atender las recomendaciones indicadas por los expertos, que ayudarían a dejar con mayor coherencia la propuesta del material didáctico.

Lo anterior resultó en una oportunidad para el fortalecimiento de la base de conocimiento profesional y una posibilidad de reinventar las prácticas educativas para la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias. Como resultado de este proceso se obtuvo dos productos: una guía didáctica dirigida al estudiante y una guía dirigida al docente. En la siguiente fase se comenta con mayor detalle la elaboración de ambos productos.

4.3.4. Fase 4. Rediseño del material didáctico

Considerando la toma de decisiones sobre los comentarios del panel de expertos, en esta fase se incorporaron las observaciones a través del rediseño de las actividades con la intención de mejorar el material didáctico. Cabe mencionar que este proceso de rediseño también estuvo afectado por los aportes de la literatura y el análisis de las ideas previas de los estudiantes. En consecuencia, el diseño del material didáctico puede verse como un proceso de espiral ascendente, en el que se va y vuelve sobre algunas ideas, pero ese ir y volver va afectado por otras miradas, en este caso, los comentarios del panel de expertos.

El material dirigido al docente incorporó los comentarios y observaciones del panel de expertos, así como las ideas previas de los estudiantes. Con este material se presentan orientaciones al docente para su implementación en el aula, teniendo en cuenta que la *autonomía curricular* es un elemento que le permite adaptar y flexibilizar las actividades a

las necesidades del contexto, la planificación curricular y la disponibilidad de tiempo. La guía dirigida al docente es también una oportunidad para presentar al potencial docente implementador los lentes teóricos que afectaron el diseño del material didáctico, conocer estos lentes facilitará la comprensión de la lógica del material, lo cual es un factor importante para implementar la secuencia de actividades que se proponen.

Por otro lado, el material dirigido al estudiante se concibió como un material que describe al estudiante los propósitos de las actividades, las orientaciones para su desarrollo y las recomendaciones para las próximas actividades. Esto se presenta con la intención de familiarizar al estudiante con las ideas que trabajará a lo largo de las actividades y para que pueda identificar claramente cómo desarrollarlas.

A continuación, se presenta el capítulo de los resultados, el cual incluye la información recabada en cada una de las fases metodológicas: diseño inicial del material didáctico, evaluación de la primera versión del material didáctico, reflexiones sobre la toma de decisiones implicada en la construcción del material didáctico y rediseño del material didáctico.

Capítulo 5. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados y el análisis derivados de la implementación del diagnóstico en la fase 1 y la valoración de los expertos sobre el instrumento de evaluación en la fase 2, dado que éstos afectaron el rediseño del material didáctico. Seguidamente se presentan algunas reflexiones que surgieron de la toma de decisiones sobre los comentarios del grupo de expertos para el rediseño del material didáctico. Finalmente, se expone el producto derivado de este ejercicio de rediseño: el material didáctico dirigido al docente y el material didáctico dirigido al estudiante.

5.1 Fase 1. Diseño inicial del material didáctico

5.1.1. Cuestionario 1: Ideas de los estudiantes sobre la experimentación en la actividad científica.

Con la intención de explorar las ideas de 39 estudiantes de secundaria sobre la NdC y particularmente sobre las metodologías usadas en la actividad científica, se diseñó el cuestionario 1 (ver Anexo 2) el cual incluyó dos noticias de periódico que describen cómo los grupos de científicos del área biomédica utilizan los monos (caso 1) y las moscas (caso 2) como modelos experimentales para generar tratamientos contra la malaria y el cáncer, respectivamente. Las noticias fueron adaptadas de modo que se describía información sobre el interés de investigación de los científicos y la participación del mono y/o la mosca como modelos, esto con la intención de indagar cómo creían los estudiantes que los científicos experimentan con los animales mencionados.

La implementación de esta actividad se realizó de manera grupal, de lo que surgió que 4 grupos trabajaron sobre el caso 1 (monos) y 3 grupos trabajaron sobre el caso 2 (moscas). La tabla 11 muestra la tabulación de las respuestas de los estudiantes destacando con negrilla las palabras clave que ayudan a analizar la información recabada.

Tabla 11. Respuestas obtenidas en la pregunta exploratoria del cuestionario 1.

Pregunta	Grupo	Respuesta
Caso 1: ¿Cómo crees que los científicos experimentan con los monos para la producción de una	G1	Usan inyecciones , usan los monos para encontrar tratamientos médicos y también los usan para ver si son letales para el ser humano .
	G2	Eligen a un mono infectado con la malaria, le aplican un sedante al mono para después introducir una jeringa y quitarle $\frac{1}{4}$ de sangre al mamífero. Después usan el

vacuna contra la malaria?		microscopio para examinar la sangre y probar diferentes medicamentos y curas en ellas.
	G3	El trabajo que se hace para estudiar al mono (que se encuentra en el continente americano Sudamérica) se hace en un laboratorio , usando microscopio para analizar los genes , se usan radiografías , entre otros.
Caso 2: ¿Cómo crees que los científicos experimentan con las moscas para la producción de nuevos tratamientos contra el cáncer?	G4	Las analizan en un laboratorio y con un microscopio observan a la mosca su organismo para prepararse para la experimentación de la mosca.
	G5	Nosotros creemos que trabajan en un laboratorio con un grupo de moscas para saber cómo es su desarrollo y que enfermedades causan como el cáncer y analizar su ADN .
	G6	Nosotros creemos que las moscas son analizadas en un laboratorio mediante un microscopio verificando cuales químicos pueden servir para el tratamiento contra el cáncer.
	G7	La examinan por un microscopio para saber si no tiene un microorganismo toxico, y si la mosca está bien la pueden usar para probar medicamentos o también usarla como medicamento .

Para interpretar estas respuestas se construyeron 8 categorías de análisis que permiten identificar las ideas más recurrentes entre los estudiantes y que se describen a continuación:

- *C1. Instrumentos de laboratorio:* Esta categoría alude a ideas que destacan la necesidad de utilizar objetos e instrumentos para trabajar con animales. Los grupos 1,2,3,4,6 y 7 incluyeron el microscopio como principal instrumento que orienta el proceso experimental. En el grupo 1 y 2 se identificó el uso de jeringas con las cuales se interviene al animal. Por otro lado, el grupo 3 destacó las radiografías como un instrumento que apoya el proceso de experimentación. Finalmente, el grupo 5 no mencionó ningún elemento sobre instrumentos.
- *C2. Condiciones de salud animal:* Son ideas que se vinculan con la verificación del estado de salud del animal para proceder a la fase experimental. En efecto, es necesario saber si éstos son aptos para la experimentación dado que los animales no deben tener enfermedades al momento de trabajar con ellos. Se encontraron ideas relacionadas con esta categoría en los grupos 4 y 7. En el primero destacaron la observación del animal con un microscopio como un paso previo a la experimentación, mientras que en el segundo se alude a la revisión de las condiciones de salud del animal como un requisito para iniciar el proceso experimental. En

función de estas ideas es posible inferir que algunos estudiantes consideran necesario que el animal se encuentre en óptimas condiciones de salud para llevar a cabo un proceso de experimentación en él.

- *C3. Desarrollo de ensayos clínicos:* Son ideas que remiten el uso de animales para evaluar experimentalmente la eficacia de un producto o medicamento en particular. En el grupo 1 y 6 se mencionó esta etapa del proceso experimental como una acción que permite valorar los alcances y limitaciones de los tratamientos para el ser humano. Por otra parte, el grupo 2 y 7 indicaron que los monos son los seres vivos con los cuales se prueba el mecanismo de acción de diferentes medicamentos para la malaria y el cáncer. A partir de lo anterior, se infiere que los estudiantes reconocen que la fase de ensayos y pruebas clínicas en los animales son importantes para determinar la efectividad del tratamiento o producto que los científicos elaboren.
- *C4. Desarrollo del animal:* Se relaciona con la idea de que experimentar con animales implica conocer el desarrollo de éstos; esto es, comprender aspectos anatómicos y fisiológicos son un referente para intervenir experimentalmente al ser vivo. Llama la atención que solo el grupo 5 consideró que es importante este elemento como parte del proceso experimental, y que a su vez destacó que para conocer sobre la biología del animal es necesario estudiar varios ejemplares y no solo uno.
- *C5. Selección de seres vivos experimentales:* Esta categoría destaca ideas que vinculan a los animales como seres vivos de los cuales pueden extraer organismos que causan enfermedades. El grupo 2 hizo alusión a esto cuando comentaron que para iniciar el proceso de experimentación se selecciona un animal infectado con la malaria. Con esto, es posible inferir que los estudiantes consideran que los animales son portadores de enfermedades que también tienen los humanos, en este caso la malaria y el cáncer. Así mismo, aluden a la idea de que la enfermedad está en la sangre del animal, pero no se hace explícito si posterior a la extracción de la sangre se trabaja con esta muestra o con el mamífero.
- *C6. Estudio de enfermedades:* Hace referencia a la posibilidad que ofrece la experimentación con animales para realizar investigaciones sobre diferentes enfermedades. Esto se vincula con el estudio del material genético de los animales que se usan en la actividad científica. En este sentido, se encontraron ideas sobre esta categoría en los grupos 3 y 5. En el grupo 3 se remite al estudio y análisis de los genes del animal mientras que en el grupo 5 se hace énfasis en el análisis del ADN del ejemplar. De allí que, es posible inferir que los estudiantes consideren al material genético como un elemento clave durante el proceso experimental, puesto que

contiene información valiosa para comprender la naturaleza del animal, extrapolarlas al campo humano y estudiar enfermedades.

- *C7. Búsqueda de curas:* Son ideas que aluden al uso de un animal como respuesta o tratamiento para una enfermedad. Es decir, el animal puede representar un camino para el tratamiento de la enfermedad. El grupo 7 fue el único que destacó ideas sobre esta categoría, mencionando que el ser vivo es observado [...]“*por un microscopio para saber si no tiene un microorganismo toxico, y si la mosca está bien la pueden usar para probar medicamentos o también usarla como medicamento*”. De esto se infiere que luego de su estudio, el ser vivo puede ser utilizado directamente como un tratamiento para combatir una enfermedad sin que esto implique el desarrollo de un producto nuevo.
- *C8. Implicaciones bioéticas:* Son ideas que se relacionan con la aplicación de protocolos bioéticos en la experimentación con animales. El grupo 2 fue el único que destacó ideas en torno a esta categoría, manifestando que es necesario sedar al animal antes de hacer cualquier intervención sobre éste. Resulta valioso evidenciar que esto solo aparece en el caso de la experimentación con el mono, mientras que en el caso de la experimentación con moscas ningún grupo lo mencionó. De acuerdo con esto, es posible inferir que la experimentación con animales implica considerar aspectos éticos que procuren mantener el bienestar físico y comportamental de los seres vivos con los cuales se trabaja.

Con base en el análisis de la pregunta que conforma el cuestionario 1 y que informa de las ideas de los estudiantes sobre la experimentación en la actividad científica, a continuación se presenta una síntesis con la que se busca exponer los resultados más sobresalientes y que son una base para pensar el diseño del material didáctico.

Síntesis

Teniendo en cuenta las interpretaciones realizadas sobre esta pregunta (¿Cómo crees que los científicos experimentan con los monos para la producción de una vacuna contra la malaria? / ¿Cómo crees que los científicos experimentan con las moscas para la producción de nuevos tratamientos contra el cáncer?), se organizaron las categorías de acuerdo con su nivel de frecuencia en las respuestas de los estudiantes. Así pues, los instrumentos de laboratorio (C1) y el desarrollo de ensayos clínicos (C3) fueron las categorías más relevantes para los estudiantes, seguido de las condiciones de salud (C2) y el estudio de las enfermedades (C6). Las demás categorías (C4, C5, C7 y C8) presentaron una baja proporción dado que sólo un grupo hacía alusión a éstas.

En primer lugar, casi todos los grupos coincidieron en plantear que los científicos desarrollan el trabajo experimental haciendo uso de instrumentos de laboratorio como el microscopio (C1), jeringas y radiografías, lo cual ha sido reportado por autores en otras investigaciones (Fernández et al., 2005; Pujalte, Gangui y Adúriz-Bravo, 2012). En efecto, se reconoce que el trabajo experimental sitúa al laboratorio como un lugar importante, dado que allí se encuentran las herramientas que van a ayudar a realizar diversos procedimientos en los animales. Sin embargo, llama la atención que el grupo 5 no haga mención del microscopio como herramienta de trabajo aun cuando su respuesta remite al análisis del material genético; esto puede deberse a la dificultad para identificar las escalas de medición dado que los tamaños son imperceptibles al ojo humano (Tretter, Jones, Andre, Negishi & Minogue, 2006; Tirre et al., 2019). Como resultado, es posible que se sobreestimen los tamaños de estructuras celulares, bacterias o virus, y por ello los estudiantes no se animan a mencionar al microscopio como instrumento para observar estructuras específicas del animal (Griffiths & Preston, 1992; Jones, Gardner, Taylor, Forrester & Andre, 2012; Delgado, 2009).

Respecto al desarrollo de ensayos clínicos (C3) se interpreta que esta categoría resulta crucial durante un proceso experimental, puesto que se puede valorar la eficacia de un tratamiento para la enfermedad que es objeto de estudio y eventualmente, mejorar la calidad de vida humana. No obstante, en las respuestas de los estudiantes se logra establecer una relación con la visión estereotipada sobre la NdC que alude a un método científico tradicional caracterizado por el seguimiento de pasos mecanizados, donde se experimenta por ensayo-error sin considerar una planificación previa que toma en cuenta marcos teóricos para orientar el diseño experimental. Esto tiene una estrecha relación con la visión rígida y algorítmica que plantea Fernández et al., (2005) en que la construcción de conocimiento se genera a partir de la observación y el control riguroso, ignorando el papel de las hipótesis, planificación e ideas que los científicos elaboran previamente a la fase experimental y que no necesariamente dan una respuesta inmediata al problema de investigación; al contrario, éstas se tornan en tentativas de respuesta que serán puestas a prueba a través de diversas metodologías que pueden incluir procedimientos descriptivos o procedimientos empíricos-inductivos (Woodcock, 2013).

En concordancia con lo anterior, es posible establecer una correlación entre estas categorías en la medida que los instrumentos de laboratorio, principalmente el microscopio, permiten a los científicos identificar estructuras específicas, hacer mediciones, o aplicar diversas sustancias al animal con las cuales se monitorea su eficacia para uso humano. Esta idea se vincula con lo que algunos autores han sugerido sobre las visiones de la actividad científica, donde *“los estudiantes sitúan históricamente la importancia del microscopio en la investigación de las enfermedades”* (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017:41), y donde la enseñanza por transmisión-recepción de conocimientos contribuye a la construcción de una imagen de ciencias que se limita a responder a necesidades de salud (Pelcastre, Gómez, & Zavala, 2015; Ramírez, Sanabria, Villacorta y Gallardo, 2016).

En segundo lugar, las condiciones de salud animal (C2) y estudio de enfermedades (C6) también se destacaron como categorías vinculadas con la experimentación animal, dado que los animales se convierten en un modelo para estudiar una enfermedad siempre y cuando éstos cumplan unos requisitos de salud previos al inicio de la investigación. Nuevamente, el microscopio aparece como un elemento recurrente entre las respuestas de los estudiantes, dejando ver que es un instrumento indispensable para acompañar el proceso de experimentación científica, especialmente en etapas de seguimiento del animal (Brown, 2018; Clark et al., 2016; Kompella et al., 2020).

En este orden de ideas, se identifica que los estudiantes consideran que el enfoque investigativo es de carácter experimental (Schwartz y Lederman, 2008), puesto que aluden a la idea de que la naturaleza del conocimiento científico está mediada por el trabajo de laboratorio. Es decir, la experimentación con animales se posiciona como una práctica que involucra la manipulación tradicional de instrumentos y seres vivos, así como el control de variables y evaluación de relaciones de causa/efecto que dan lugar a unos resultados (Knorr-Cetina, 1999). De modo que, la caracterización de una enfermedad resulta de la selección y control de variables de interés, en este caso: el material genético del animal y su estado de salud.

Sin embargo, se perciben limitaciones en relación con el uso de habilidades procedimentales durante el proceso de experimentación animal, ya que los estudiantes se concentran únicamente en la observación como habilidad para desarrollar una investigación científica. Esto puede ser el resultado de la poca relación que se establece con las ideas teóricas que orientan la experimentación. Retomando la idea expresada por Lederman (2002) sobre carga teórica que ha planteado Hanson (1977), la cual destaca la dependencia de los marcos teóricos en la observación, dado que éstos apuntan a crear sistemas de explicaciones que se derivan de perspectivas teóricas de otros científicos. Así pues, la descripción y argumentación parecen ser habilidades que no tienen la misma relevancia durante una investigación, pues no se destacan entre las respuestas de los estudiantes olvidando que éstas son cruciales para generar explicaciones sobre un fenómeno en particular y para dar respuesta a preguntas de investigación.

Por último, las categorías que menos se destacaron fueron las que aluden a las implicaciones bioéticas (C8), el desarrollo del animal (C4), la selección de seres vivos para experimentar (C5) y la búsqueda de curas (C7). Se encontraron ideas vinculadas con los cuidados y la manipulación de animales en condiciones de laboratorio, específicamente sobre la sedación como un mecanismo que mantiene la integridad física y que considera al animal como un ser vivo y no como una mera unidad de experimentación. Esto se relaciona con lo que ha reportado Martínez (s.f) respecto a algunos puntos bioéticos que son importantes durante un procedimiento experimental: elegir la especie más apropiada, utilizar el menor número posible de individuos y, evaluar previamente el valor científico y el sentido ético de la investigación.

Sin embargo, esta noción sobre la bioética parece ser una idea muy limitada entre los estudiantes puesto que solo un grupo hizo mención sobre ello y se concentró en el mono como el ser vivo que requiere de estos cuidados. Caso contrario con la mosca, en que ningún grupo mencionó aspectos bioéticos. Desde luego, esta situación representaría una oportunidad para fomentar la discusión bioética sobre la experimentación científica entre los estudiantes (Lolas, 1998), poniendo en tensión nociones sobre la integridad física, bienestar psicológico y protocolos en la investigación con animales, sean mamíferos o no.

Por otro lado, es posible establecer una relación entre la categoría de selección de seres vivos (C5), el desarrollo del animal (C4) y la búsqueda de curas (C7) en la medida que el conocimiento de la biología del ser vivo posibilita a los científicos identificar ciertas enfermedades que también pueden estar presente en los seres humanos. Esto representa una base para generar aplicabilidad clínica (aplicación en el hombre) en etapas más avanzadas de la investigación, dado que los medicamentos o tratamientos resultantes se deben probar en humanos puesto que de lo contrario no se sabría con exactitud la eficacia de la vacuna o medicamento (Maldonado, 2011).

Considerando el análisis de las ideas previas de los estudiantes, a continuación se presentan algunas implicaciones para el diseño del material didáctico:

Implicaciones para el diseño inicial del material didáctico

En suma, las ideas previas de los estudiantes sobre las metodologías que emplean los científicos en su trabajo sugieren algunas visiones estereotipadas sobre la *dimensión metodología científica* de la NdC.

Particularmente, la constante alusión a los instrumentos de laboratorio, el desarrollo de ensayos clínicos y el uso de animales en este proceso es un indicio de que prevalece entre los estudiantes lo que Carreño (2014) denomina un enfoque reduccionista; desde el cual se identifica la NdC como la presentación de la actividad científica basada en aspectos epistémicos. Lo anterior se relaciona con los valores y características propias de validación del conocimiento científico: la objetividad, la observación, el énfasis en los datos experimentales, además del carácter inferencial de los datos (Cobo, Abril y Romero, 2020).

De acuerdo con Erduran y Dagher (2014), concebir un enfoque reduccionista respecto a la *dimensión metodología científica* de la NdC implica reconocer que existe una creencia sobre un método científico estándar. Este tipo de método suele ser recurrente en el contexto de la ciencia escolar, presentándose en materiales didácticos como los libros de texto, en los docentes y los estudiantes; quienes han consolidado una idea de metodología científica vinculada principalmente a la linealidad de los pasos, la exclusividad hacia los procedimientos experimentales y la poca relación entre la sociedad y la producción del conocimiento científico. Como resultado, estas ideas se convierten en una limitante para

comprender un método científico no lineal, la diversidad de enfoques en los procedimientos de la investigación científica, así como la influencia de la creatividad humana entre el colectivo científico y el considerar las necesidades del contexto sociocultural y económico.

Estas ideas implican considerar algunas estrategias en el diseño del material didáctico para que los estudiantes puedan tener una aproximación más cercana sobre la NdC, reconociéndose que las actividades sobre la naturaleza de la metodología científica deben abordarse de forma explícita para fomentar una visión más acorde sobre la NdC. García et al (2012) considera importante esto dado que [...] “este conocimiento adecuado de la NdC juega un papel esencial para complementar la comprensión significativa de los procesos de investigación científica” (p. 146).

Lo anterior lleva a delimitar algunas implicaciones en el diseño inicial del material didáctico, especialmente en dos tipos de actividades: aquellas relacionadas con la NdC y aquellas vinculadas con la salida de campo, sobre todo, en la etapa de preparación y ejecución del recorrido en el laboratorio de diversidad biomolecular.

Sobre el primer tipo de actividades, plantear ideas sobre la *dimensión metodología científica* en el contexto del laboratorio, ayudaría a reconocer que existe diversidad en los enfoques de experimentación, variables, y la idea de manipulación sobre el objeto de estudio, que en este caso se realiza con virus de plantas como modelo de investigación científica. Además, estas ideas de la dimensión metodología científica pueden vincularse con ideas sobre la *dimensión imagen de ciencias y características de los científicos* a través de la exploración de los propósitos de las investigaciones que se realizan en este laboratorio, la formación académica y profesional del colectivo de científicos, y la *dimensión comunidades científicas* mediante la caracterización del colectivo de profesionales que conforma este laboratorio, y las colaboraciones existentes entre este laboratorio y otros colectivos de científicos con relación al objeto de estudio y campos disciplinares relacionados.

Sobre el segundo elemento, la visita al laboratorio puede considerar la aproximación a la idea de observación a través del armado de un modelo de virus tridimensional y las preguntas que surjan de este ejercicio práctico. Esto implica reconocer que el colectivo de científicos necesita de modelos y marcos teóricos que orienten la construcción de ideas sobre virus, específicamente sobre su tamaño, estructura y función. De esta manera, se permite la exploración de habilidades como la medición y descripción de la figura del virus que los estudiantes armarán, permitiéndoles considerar que estas habilidades se vinculan directamente con la observación (Orion y Hofstein, 1991b; Tirre et al., 2019; Tsybulsky, Dodick, & Camhi, 2018; Rodríguez, 2021).

La introducción de estas ideas en las actividades de la NdC permite hacer una aproximación al enfoque holista que plantea Carreño (2014), donde la actividad científica es una construcción humana que deriva de las necesidades del contexto sociocultural y que recibe influencia de factores epistémicos y factores no epistémicos para su construcción. De modo

que, al ampliar estas ideas sobre la NdC en los estudiantes se permite que ellos conozcan un poco más sobre esta actividad y se pueda lograr la promoción de actitudes positivas.

Con estas interpretaciones sobre las ideas de la NdC y las metodologías en la investigación científica, a continuación se procede a presentar el análisis realizado sobre el cuestionario 2, que aborda las actitudes hacia la NdC y las actitudes de vocaciones científicas.

5.1.2. Cuestionario 2: Actitudes sobre la naturaleza de las ciencias

Con la intención de explorar las actitudes de 39 estudiantes de secundaria sobre los científicos y su actividad se elaboró un vídeo² que expuso algunas ideas sobre la actividad científica, así como las características de los científicos. Para ello, se elaboró el cuestionario 2 (ver Anexo 3). La implementación de éste estuvo acompañada por la docente de biología y la investigadora. El cuestionario estaba conformado por 10 preguntas que se resolvieron en tres momentos:

- Antes del vídeo: Se desarrollaron 3 preguntas relacionadas con el interés por las ciencias, tipos de intereses en las ciencias y la preferencia por ser un científico(a) a futuro plazo.
- Durante el vídeo: Se abordaron 4 preguntas relacionadas con la imagen de los científicos, sus formas y lugares de trabajo, aspectos interesantes y poco interesantes de su trabajo. Las preguntas se contestaron luego de hacer pequeñas pausas en el video y algunas intervenciones, con el fin de aclarar términos poco familiares para los estudiantes.
- Después del vídeo: Se elaboraron 3 preguntas relacionadas sobre los problemas que los científicos pueden resolver, intereses por estudiar una carrera científica y qué tipo de carrera científica (campo natural o campo social). Esta última pregunta no se incluye en el análisis dado que no representa información relevante para esta investigación. La pregunta sobre interés por estudiar una carrera científica surge a raíz de realizar una comparación sobre la vocación científica antes y después de la observación del video, para determinar efectos sobre las posturas de los estudiantes con la información introducida.

Para realizar el análisis de la información recabada las preguntas fueron agrupadas en dos bloques; el primer bloque se vincula con las actitudes hacia la NdC, cuyo énfasis explora las ideas de los estudiantes sobre la imagen de ciencias y del científico, objetivos de las ciencias,

² El vídeo puede consultarse en el siguiente enlace: https://cinvestav365-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/jessica_beltran_cinvestav_mx/EUYwrHRn4P1CsQNWD5Qm5QAB-06LWXbPHFe-X6kGHVp0MQ?e=kTmrIk

impacto a nivel social y metodologías de trabajo. En este bloque se incluyeron las preguntas 2,5,6,7 y 8 del cuestionario. Mientras que, el segundo bloque se relaciona con las actitudes de vocaciones científicas, cuya exploración se enfoca en las preferencias por estudiar carreras de ciencias y vocación científica. En este bloque se incluyeron las preguntas 1,3,4 y 9 del cuestionario. A continuación, se presentan los análisis de estos bloques.

Bloque 1. Actitudes hacia la naturaleza de las ciencias

Para organizar las interpretaciones realizadas sobre las respuestas de los estudiantes se construyeron tablas en función de cada pregunta, cuyas respuestas se organizan en categorías, distribución de frecuencias y ejemplos de los datos obtenidos. Esto permite identificar las actitudes que predominan en los estudiantes sobre la NdC, para considerarlas como puntos de partida en el diseño inicial de las actividades del material didáctico.

En la tabla 12 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 2, el cual busca explorar los intereses de las ciencias.

Tabla 12. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 2.

Pregunta 2. ¿Qué te interesa de las ciencias? (Antes del Video)		
Categoría	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
Seres vivos: Ideas relacionadas con el estudio de los seres vivos, su anatomía y fisiología.	13	<ul style="list-style-type: none"> • El estudio del cuerpo humano. • Me interesa como estudian a otros seres vivos. • Microorganismos.
Experimentos: Ideas relacionadas con los trabajos científicos y mezclar sustancias.	7	<ul style="list-style-type: none"> • Los proyectos, experimentos y trabajos. • Como mezclan los químicos y como crean algo interesante. • Las sustancias.
Tecnología: Ideas asociadas a los aportes de la tecnología al desarrollo científico.	5	<ul style="list-style-type: none"> • El avance que está teniendo la ciencia junto con la tecnología. • El microscopio y la tecnología. • La tecnología y sus ámbitos.
Tópicos específicos sobre la biología celular: Ideas que hacen referencia al estudio de las células y ciclo de la vida.	5	<ul style="list-style-type: none"> • La célula animal y vegetal. • Las células y el ciclo de la vida. • Las células y tejidos.
Naturaleza de las ciencias:	2	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender sobre ella, sus cosas y como se crearon.

Ideas que remiten a conocer sobre las ciencias, sus métodos y avances.		• Sus conocimientos.
Posibilidad de descubrimientos: Ideas que hacen referencia a la capacidad del desarrollo científico para descubrir y entender el mundo.	2	• No tiene límites y hay muchas cosas por descubrir. • Se puede saber muchas cosas que están atrás de lo que hacemos.
Naturaleza: Ideas relacionadas con el objeto de estudio de las ciencias y la protección de la naturaleza.	2	• Me gusta por la naturaleza. • Como podemos ayudarla y las maravillas de la madre naturaleza.
Todo: Ideas relacionadas con todos los elementos implicados en las ciencias sin mencionar nada específico.	2	• Todo.
Medicina: Ideas asociadas con la fabricación de medicamentos y estudio de enfermedades.	1	• Las enfermedades y como curarlas.

Para el análisis de la pregunta 2 se construyeron 9 categorías que permiten situar las actitudes más recurrentes de los estudiantes. En primer lugar, de la categoría seres vivos (13/39) se puede inferir que el interés de los estudiantes reside en estudiar a los seres vivos para conocer más sobre estos. Sobre los experimentos (7/39), se evidenció que el interés se vincula con la forma como trabajan los científicos, con proyectos y experimentos que les implica hacer mezclas y crear sustancias. Respecto a la categoría de tecnología (5/39) se infiere que de parte de los estudiantes hay un interés por el avance tecnológico y sus posibilidades de desarrollo. Para la categoría de tópicos específicos sobre la biología celular (5/39) se encuentra como un atractivo el estudio de contenidos específicos de biología celular tales como la célula animal, vegetal y los tejidos.

Por otro lado, en la categoría de NdC (2/39) se infiere que el interés de los estudiantes se relaciona con conocer sobre las ciencias, el desarrollo y los productos de éstas. Algo similar ocurre con la categoría posibilidad de descubrimientos (2/39), desde la cual se infiere que el interés se concentra en la capacidad que las ciencias ofrecen para descubrir el mundo y comprender fenómenos naturales. Respecto a la categoría naturaleza (2/39) se infiere que el interés se asocia con la protección/conservación de la naturaleza. Para la categoría todo (2/39), hay un gusto por todo lo que se vincula con las ciencias y desde el cual se infiere que no hay interés específico. Finalmente, se encontró que para la categoría de medicina (1/39), el interés reside en la búsqueda de curas y medicamentos para tratar enfermedades.

En la tabla 13 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 5, el cual busca explorar la visión de las ciencias y el científico.

Tabla 13. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 5.

Pregunta 5: ¿Cómo, dónde y con qué trabajan los/las científicos (as)? (Durante el vídeo)			
Preguntas inmersas	Categoría	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
¿Cómo trabajan los científicos?: Se vincula con los métodos o formas de proceder en las ciencias.	Empírico-inductiva: Ideas relacionadas con la recopilación de datos de forma experimental, a través del diseño de hipótesis y elaboración de pruebas empíricas	24	<ul style="list-style-type: none"> • Los científicos trabajan en grupo. • Los científicos trabajan haciendo experimentos • Ellos trabajan experimentando y apuntando notas.
	Creativa: Son ideas que involucran creatividad e imaginación humana en la actividad científica.	1	<ul style="list-style-type: none"> • El trabajo está mediado bajo sus propias ideas.
	No Responde	14	•N/A (No aplica)
¿Dónde trabajan los científicos?: Hace referencia a los contextos donde los/las científicos (as) ejercen su actividad.	Laboratorio	31	<ul style="list-style-type: none"> • El laboratorio es un lugar muy limpio y silencioso. • Los científicos trabajan en un laboratorio. • Ellos trabajan en un laboratorio o un aula específica para eso.
	Oficina	1	<ul style="list-style-type: none"> • Los científicos trabajan en una oficina con la cual trabaja la ciencia.
	Empresa	1	<ul style="list-style-type: none"> • Los científicos trabajan en alguna empresa.
	No Responde	5	•N/A (No aplica)
¿Con qué trabajan los científicos?: Se refiere a las ideas sobre los materiales y herramientas que se usan en la actividad científica. ³	Microscopios	9	<ul style="list-style-type: none"> • Los científicos hacen sus estudios y experimentos con los microscopios. • Con un microscopio. • Pueden trabajar con microscopios.
	Seres vivos	7	<ul style="list-style-type: none"> • Los científicos utilizan animales, personas y sangre para experimentar. • Pueden ser animales u otros.

³ En esta categoría N no corresponde a 39 puesto que no todos los estudiantes respondieron al interrogante.

			<ul style="list-style-type: none"> • Estudios con animales e incluso personas.
	Químicos	6	<ul style="list-style-type: none"> • Los científicos trabajan con líquidos que hacen muchas cosas, las combinan y crean cosas nuevas. • Con unas pociones. • Con sustancias químicas al combinarlas crean sustancias nuevas.
	Tubos de ensayo	3	<ul style="list-style-type: none"> • Los científicos trabajan con tubos de ensayo y tubos de prueba haciendo experimentos. • Trabajan con tubos de ensayo y recipientes. • Trabajan con matraces de laboratorio.
	Máquinas	3	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajan con máquinas, instrumentos, etc. • Trabajan con máquinas • Con una máquina que tienen ellos.

Dado que esta pregunta incluye tres preguntas que están implícitas (cómo/dónde/con qué), su análisis se hace de manera independiente. Para interpretar el cómo, se construyó una categoría que permite situar las ideas de los estudiantes en una metodología empírico-inductiva (24/39), en la cual se destaca que en las ciencias se procede desde la elaboración de pruebas y ensayos para obtener resultados, lo que permite establecer una relación con la idea de método científico tradicional caracterizado por el seguimiento de pasos rígidos (observación, elaboración de hipótesis, experimentación, análisis y conclusiones). Los datos recabados permitieron identificar la categoría creativa (1/39) que se relaciona con la autonomía que tiene el científico para tomar la decisión sobre cómo trabajar. No obstante, gran parte de los estudiantes (14/39) omitieron su respuesta a este interrogante.

Para interpretar el dónde se construyeron 4 categorías que clasifican el lugar de trabajo de los científicos. El laboratorio (31/39) se situó como el espacio de trabajo más recurrente entre los estudiantes, mientras que las oficinas (1/39) y empresas (1/39) se ubicaron con poca frecuencia. Por otro lado, una parte de los estudiantes (5/39) no respondieron este interrogante. Estas respuestas indican que los estudiantes evidencian la fase experimental de la actividad científica, pero sitúan con menor frecuencia otros espacios en que también puede desempeñarse este profesional. Así mismo, se puede inferir que hay un desconocimiento

sobre la faceta de comunicador de la ciencia que puede realizar el científico y la faceta de formador de otros científicos.

Finalmente, sobre las herramientas de trabajo que acompañan la actividad científica (con qué) se construyeron 5 categorías que se organizan en dos grupos: los instrumentos de laboratorio y los reactivos. Para el primer grupo se destaca el microscopio (9/39), tubos de ensayo (3/39) y las máquinas (3/39). Mientras que para el segundo grupo se encontraron los seres vivos (7/39) y los químicos (6/39). Las respuestas obtenidas permiten colocar en relieve la conexión entre la profesión científica con la fase experimental de esta profesión.

En la tabla 14 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 6, el cual busca explorar los aspectos positivos y negativos de la actividad científica. Para este interrogante en particular se centra la atención en los aspectos positivos.

Tabla 14. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 6.

Pregunta 6: ¿Qué te llama la atención del trabajo de los/las científicos (as)?⁴ (Durante el vídeo)		
Categoría	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
Investigación: Hace referencia al trabajo sistemático que requiere el estudio de un tema o problema específico.	17	<ul style="list-style-type: none"> • Que investigan todo para tener una respuesta. • Su gran trabajo laborioso que hacen los científicos, ya sea de cualquier tipo de ciencia. • Que hacen muchas cosas que yo no pensaba y que tienen mucho trabajo.
Experimentación: Se menciona el uso de animales, químicos, observación microscópica, trabajo en el laboratorio.	12	<ul style="list-style-type: none"> • Que descubren nuevas cosas y hacen experimentos locos y divertidos. • Como observan los organismos por el microscopio. • En donde trabajan y los químicos.
Tipos de ciencias: Alude a las ciencias naturales y a las ciencias sociales.	4	<ul style="list-style-type: none"> • Me llama la atención que haya diferentes ciencias y que estudien cuerpos y sus enfermedades. • Sus tipos de científicos naturales y sociales. • Los tipos de científicos que hay en el mundo.
Todo: Ideas relacionadas con todos los elementos implicados en el trabajo	2	<ul style="list-style-type: none"> • Lo que hacen, o sea todo. • Todo porque como trabajan y hacen las cosas.

⁴ En esta pregunta N no corresponde a 39 puesto que no todos los estudiantes respondieron al interrogante.

científico sin mencionar algo en particular.		
Finalidades de las ciencias: Se relaciona con la respuesta que las ciencias brindan a las necesidades sociales.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Que hacen cosas para el bienestar de todos.
Campo laboral: Se vincula con la idea de identificar los posibles espacios en que un científico puede desempeñarse.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Que no solo están en el laboratorio sino en todas partes.

Se construyeron 6 categorías para su análisis. Desde la categoría investigación (17/39) se infiere que el atractivo se centra en el trabajo sistemático que realizan los científicos que les permite responder los interrogantes que se plantean. Seguidamente, se encontró que la experimentación (12/39) es un elemento que capta la atención por los instrumentos: el microscopio y reactivos con los cuales se desarrolla la actividad científica.

Por otro lado, se infiere que los tipos de ciencias (4/39) son interesantes dada la diversificación de la profesión científica y sus contextos de aplicación, mientras que para la categoría todo (2/39) hay un interés por lo que implica trabajar en ciencias, pese a no especificarse algo en concreto. Por último, en las finalidades de las ciencias (1/39) el interés se vincula con la búsqueda de bienestar colectivo, y para la categoría de campo laboral (1/39), se considera que la actividad científica puede desarrollarse en todos los contextos. Resulta interesante notar que además de situar elementos relacionados con la experimentación y manejo de instrumentos de laboratorio, también se identificó que el campo laboral no se restringe al laboratorio. Sin embargo, esta categoría tuvo una muy baja proporción.

En la tabla 15 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 7, el cual busca explorar los aspectos positivos y negativos de la actividad científica. Para este interrogante en particular se centra la atención en los aspectos negativos.

Tabla 15. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 7.

Pregunta 7: ¿Qué no te gusta del trabajo de los/las científicos(as)?⁵ (Durante el vídeo)		
Categoría	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
Experimentación: Se indican elementos del proceso experimental que son poco atractivos.	16	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando experimentan tanto en animales o humanos dañándolos. • Que agarran sangre con las manos. • El humo de tanto químico.

⁵ En esta pregunta N no corresponde a 39 puesto que no todos los estudiantes respondieron al interrogante.

Alta carga de estudio: Ideas vinculadas con los altos niveles de conocimiento que se requieren en la profesión científica.	7	<ul style="list-style-type: none"> • Que tienen que saber todas las partes de las células y del cuerpo y es muy muy muy difícil. • Que se tardan en hacer trabajos o proyectos. • Que investigan muchos temas.
Aislamiento social: Se relaciona con el distanciamiento social que puede implicar el trabajo científico.	2	<ul style="list-style-type: none"> • Que se pueden volver locos o muy aislados de las personas que solo les importa la ciencia. • Que están aislados de las personas.
Riesgo derivado del trabajo experimental: Ideas asociadas al riesgo de contagio de enfermedades y accidentes de trabajo en los/las científicos (as).	4	<ul style="list-style-type: none"> • Que corren peligro por los químicos. • Que hay peligro en los laboratorios, naturaleza, etc. • Que se pueden enfermar con lo que trabajan.
Nada: Ideas relacionadas con todos los elementos implicados en el trabajo científico sin mencionar algo en particular.	8	<ul style="list-style-type: none"> • Pues nada, todo me gusta • Nada, a mí me gusta todo lo de los científicos. • Nada, todo es interesante.

Con relación a esta pregunta se construyeron 5 categorías, siendo la experimentación (16/39) aquella categoría predominante. Esta categoría también se presentó con una frecuencia alta en la pregunta dirigida a lo que llama la atención de la profesión científica (Tabla 9). Lo anterior, da indicios de que los estudiantes reconocen la actividad científica como una profesión que implica experimentar y esta característica es utilizada para comentar sobre lo que les gusta y no les gusta. Es decir, los estudiantes comentan sobre lo que reconocen de la actividad científica. En este caso, se manifiestan elementos poco atractivos de la experimentación que aluden a la ética y el control sobre la experimentación, además de los protocolos de cuidado sobre la experimentación con animales.

De esto, se infiere que el daño que puede ocasionar el uso de reactivos en seres vivos durante la experimentación es el aspecto menos atractivo del trabajo científico. Así mismo, se considera que el aislamiento social (2/39) en el que caen los científicos como producto de su dedicación exclusiva es un elemento poco interesante para los estudiantes. Esto representa una oportunidad para pensar el trabajo del científico de manera individual y colectiva, en el cual tiene lugar el diálogo e intercambio de ideas entre comunidades científicas para la validación del conocimiento.

Por otro lado, los estudiantes consideraron que los riesgos derivados del trabajo experimental (4/39) se perciben como poco atractivos dado que la profesión científica tiene riesgos para la integridad física, especialmente en el manejo de reactivos; de allí que, es posible inferir que

los estudiantes no reconocen los protocolos bioseguridad que se implementan en estos espacios, tal vez debido a un poco acercamiento a la dinámica de los laboratorios. Finalmente, se encontró que una ligera proporción de estudiantes indica que no hay nada (8/39) que les parezca poco agradable, al contrario, se considera atractivo todo.

En la tabla 16 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 8, el cual busca explorar la imagen social de las ciencias.

Tabla 16. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 8.

Pregunta 8: ¿Cuáles son los problemas que crees que pueden resolver los/las científicos(as)?⁶ (Después del vídeo)		
Categoría	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
Medicamentos: Se vincula con el desarrollo de medicamentos y tratamientos para mejorar la salud.	26	<ul style="list-style-type: none"> • Curar a los animales. • Que encuentren cura al cáncer. • Pueden evitar enfermedades con las medicinas y antibióticos.
Asuntos ambientales: Hace referencia a asuntos como la contaminación, estudiar los planetas y los seres vivos, y problemas de tecnología.	6	<ul style="list-style-type: none"> • [...]resolver el problema de la contaminación. • Cosas del planeta, la naturaleza. • Muchos de la sociedad y la tecnología.
Asuntos sociales: Se refiere a ayudar a otros, abordar problemas del campo social.	2	<ul style="list-style-type: none"> • [...]ayudar a otros a aprender. • Los problemas sociales o los de su campo.
Todo: Son ideas que aluden a la resolución de todos los problemas sin especificar algo en particular.	3	<ul style="list-style-type: none"> • Todo.

Para analizar esta pregunta se construyeron 4 categorías, entre ellas se evidencia que los medicamentos (26/39) son percibidas como el principal problema que los científicos pueden resolver. Así mismo, se encontró que los científicos pueden ocuparse de los asuntos ambientales (6/39), de lo cual se infiere que con esto se busca mejorar la calidad de vida. Los asuntos de orden social (2/39) indican que los científicos pueden ayudar las demás personas, pese a tener baja frecuencia entre los estudiantes. Finalmente, algunos manifestaron que los científicos pueden resolver todo tipo de problemas (3/39), sin mencionar algo en particular.

⁶ En esta pregunta N no corresponde a 39 puesto que no todos los estudiantes respondieron al interrogante.

Estas categorías informan que los estudiantes vinculan la actividad científica con la respuesta a las necesidades sociales, en particular se alude al bienestar de la humanidad y las condiciones ambientales del planeta. Esto es interesante porque son indicios de que los estudiantes conciben la producción de conocimiento científico como una alternativa para resolver los problemas de la sociedad.

Síntesis

Terminado el análisis de las preguntas que conforman el bloque 1 y que informan sobre las actitudes de los estudiantes hacia la NdC, a continuación se presenta una síntesis con la que se busca exponer los resultados más sobresalientes y que son una base para pensar el diseño inicial del material didáctico.

Considerando las interpretaciones realizadas sobre el cuestionario 2 se notó un interés generalizado en los estudiantes por el estudio de los seres vivos, la experimentación y la elaboración de medicamentos. En todas las preguntas se evidenció que la experimentación fue el aspecto que se presentó con mayor frecuencia, vinculándose con el laboratorio como un espacio que permite desarrollar la actividad científica; allí, se hace uso de instrumentos de laboratorio y reactivos que resultan atractivos para los estudiantes, mientras que los procedimientos que involucran el uso de seres vivos se perciben como poco interesantes por razones éticas. Estos elementos se relacionan con la experimentación en la medida que se pueden elaborar productos que respondan a necesidades sociales, tales como los medicamentos, tratamientos para las enfermedades y conservación del medio ambiente.

Ahora bien, el interés sobre los seres vivos puede ser atribuido a los contenidos curriculares que se desarrollan en las clases de ciencias, donde se hace énfasis en valorar los conocimientos biológicos y del cuerpo humano, especialmente aquellos que se relacionan con las enfermedades (Raved & Assaraf, 2011; Vázquez y Manassero, 2011). Así mismo, la interacción con el libro de texto y la información que circula en los medios de comunicación son factores que influyen en la apropiación de los intereses de los estudiantes (Daza, 2011).

Por otra parte, la experimentación fue el elemento más relevante entre los hallazgos. Se interpreta que este interés alude al deseo y curiosidad que tienen los estudiantes por conocer más sobre la fase experimental que caracteriza a la actividad científica, tal como se ha reportado en otros estudios (Archer et al., 2010; Molina, Casas y Carriazo, 2013; Pérez y de Pro Bueno, 2018). Sin embargo, las respuestas sobre este elemento también indican que la experimentación se concibe como un proceso mecánico y rígido, lo cual se relaciona con una visión de ciencia aproblemática y empírico-inductiva que plantea Fernández et al., (2005). La visión aproblemática se pone de manifiesto cuando los estudiantes plantean que la experimentación se limita a la mezcla y creación de sustancias, pues no se hace alusión a que tipo de problemas se están investigando, ni tampoco se indica que factores considerar sobre el objeto de estudio.

Así mismo, la visión empírico-inductiva se evidencia en la ausencia de ideas teóricas que orientan la toma de decisiones sobre la planificación del trabajo de investigación, pues éstas ideas ayudan a estructurar una secuencia lógica de pasos en las ciencias, donde la experimentación juega un papel importante para obtener buenos resultados (Fernández et al., 2005; Tsybulsky, Dodick y Camhi, 2018). Es común que los estudiantes mantengan esta visión debido al modelo de transmisión-recepción que se ha adoptado en la enseñanza de las ciencias (Dhingra, 2003), el cual limita el análisis del carácter provisional de este método (Lederman, 2002), pues éste ha sido aceptado y difundido ampliamente. Como consecuencia, se forman visiones estereotipadas donde los conocimientos aparecen por sí mismos sin una planificación previa, ni organización de ideas, toma de decisiones u orientación del proceso experimental bajo las ideas teóricas de otros científicos (Bunge, 1980), que da sentido y permite replantear cómo investigar el objeto de estudio.

La creación de medicamentos y tratamientos para enfermedades también fueron ideas recurrentes, y coinciden con lo que han reportado otros estudios (Afanador, 2014; Molina, Carriazo y Casas, 2013; Pelcastre, Gómez y Zavala, 2015; Vázquez y Manassero, 2009), en los cuales se plantea que existe una imagen social de ciencias muy positiva, ligada a la resolución de problemas que afectan la calidad de vida de las personas (salud, medio ambiente, biotecnología, entre otros) y al servicio de una sociedad en constante desarrollo.

En este sentido, se interpreta que la visión de los estudiantes sobre la NdC alude a una imagen estereotipada en la cual se concibe el trabajo de laboratorio como escenario principal, donde los científicos se la pasan investigando de forma mecanizada, esto es, haciendo apuntes y experimentando con seres vivos e instrumentos de laboratorio (químicos, microscopios, máquinas) para obtener un producto que beneficie a la sociedad (medicamentos). En contraste, la idea de método creativo pese a estar presente en muy baja proporción, invita a reconocer y a trabajar más sobre el carácter tentativo del método científico tradicional, traducido en [...] *“dudas sistemáticas, en replanteamientos, búsqueda de nuevas vías, etc., que muestran el papel esencial de la invención y la creatividad, contra toda idea de método riguroso, algorítmico”* (Fernández et al, 2005, p.39). De modo que, es importante reconocer que cualquier método en la actividad científica no se realiza de manera aleatoria, sino que requiere de referentes teóricos para direccionarse y ejecutarse.

En el caso de los estudiantes que no brindan información sobre metodologías y procedimientos científicos, se interpreta que hay un desconocimiento de elementos de la NdC y que cuando se pregunta sobre el cómo trabajan los científicos sin presentar un contexto, los estudiantes se sienten más inseguros de responder. Lo anterior, deriva de cruzar el resultado del análisis al cuestionario 1 en el que ellos respondieron sobre la metodología científica. Pero en este caso, los estudiantes parten de un contexto (el caso de los monos y moscas).

Implicaciones para el diseño del material didáctico

En suma, las actitudes de los estudiantes hacia la NdC se vinculan con los conocimientos que tienen sobre la *dimensión imagen de ciencias y características de los científicos*, *dimensión metodología científica* y *dimensión comunidades científicas* de la NdC, encontrándose unas visiones estereotipadas que afectan la construcción de actitudes negativas hacia algunos aspectos sobre los procedimientos experimentales y organización para la producción de conocimientos.

Sin embargo, también se encontraron ideas estereotipadas que generan curiosidad y una actitud positiva, especialmente en la *dimensión imagen de ciencias y características de los científicos*. A continuación, se presentan algunas ideas encontradas en los estudiantes y su relación con el tipo de actitud hacia la NdC en la Tabla 17.

Tabla 17. Actitudes hacia NdC encontradas en estudiantes en el cuestionario 2.

Dimensiones de NdC	Ideas sobre NdC en estudiantes	Actitud hacia NdC	Tipo de actitud hacia NdC
Imagen de ciencias y características de los científicos	Reconocen que los productos y desarrollos derivados de la actividad científica contribuyen a la sociedad, especialmente al mejoramiento de la calidad de vida.	<i>2. Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud positiva
	Consideran la investigación como un trabajo interesante y sistemático que realizan los científicos para responder los interrogantes que se plantean.	<i>1. Interés por las ciencias 2. Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud positiva
	Tienen una imagen positiva en relación con la elaboración de productos que respondan a necesidades sociales, tales como los medicamentos, tratamientos para las enfermedades y conservación del medio ambiente.	<i>2. Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud positiva
	Comunican una percepción positiva sobre el estudio de las ciencias dado que éstas ofrecen elementos para descubrir el mundo y comprender fenómenos naturales.	<i>1. Interés por las ciencias 3. Valoración de la incidencia tecnológica y social del conocimiento</i>	Actitud positiva

Metodología científica	Identifican el microscopio, reactivos y seres vivos como los principales instrumentos que se utilizan durante el trabajo experimental en ciencias. Esto genera curiosidad por conocer cómo se utilizan los instrumentos durante una etapa experimental.	1. <i>Interés por las ciencias</i> 3. <i>Valoración de la incidencia tecnológica y social del conocimiento</i>	Actitud positiva
	Consideran que se experimenta por ensayo-error haciendo énfasis en la habilidad de observación, lo cual resulta interesante.	1. <i>Interés por las ciencias</i> 2. <i>Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud positiva
	Perciben la experimentación con seres vivos con rechazo dado que los animales pueden resultar lastimados al realizarse los procedimientos experimentales.	2. <i>Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud negativa
	Mencionan que la experimentación es un proceso que despierta la curiosidad, sin embargo esto también les ocasiona temor porque consideran que puede causar daños a la integridad física.	2. <i>Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud negativa
Comunidades científicas	Mencionan que los científicos trabajan en una modalidad individual como producto de su dedicación exclusiva y esto genera una imagen poco interesante.	2. <i>Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud negativa
	Consideran que entre los científicos no existen consensos y una planificación previa que toma en cuenta marcos teóricos para orientar el diseño experimental, lo que resulta en una imagen poco interesante.	2. <i>Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud negativa

Bajo esta perspectiva, en la *dimensión imagen de ciencias y características de los científicos* se encontró que las ideas sobre la fabricación de medicamentos y tratamientos para la salud son elementos que generan una imagen favorable entre los estudiantes, lo que se interpretó como una actitud positiva hacia el *interés por las ciencias* y la *valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades*. Esta valoración positiva implica reconocer que la idea del beneficio social de los medicamentos proviene de factores del contexto; es decir, la constante interacción con medios de información, las experiencias personales relacionadas con enfermedades y la enseñanza de las ciencias en la escuela se convierten en referentes para consolidar una imagen positiva sobre las ciencias que se va construyendo en el sujeto con el tiempo (Casales, 1989), y por ende, se consolida una actitud positiva hacia éstas.

En consecuencia, se considera que abordar asuntos relacionados con la salud humana ayudaría a consolidar las actitudes positivas hacia las ciencias. El contexto del laboratorio de diversidad biomolecular que se plantea visitar facilita esta intención, ya que al investigar sobre la estructura viral a través de herramientas bioinformáticas y biofísicas se desarrollan nuevos tratamientos antivirales. De esta manera, esto puede incorporarse transversalmente en todo el material didáctico, desde las actividades iniciales (actividades de exploración) hasta las actividades posteriores a la salida de campo (actividades de aplicación).

Ahora bien, sobre la *dimensión metodología científica* se evidenció que las ideas sobre experimentación resultan en un atractivo para los estudiantes, así como la posibilidad de estudiar diversos fenómenos naturales mediante la observación y ensayo-error, lo que se interpretó como una actitud positiva hacia el *interés por las ciencias* y la *valoración de la incidencia social y tecnológica del conocimiento*. Esta valoración positiva puede vincularse con el enfoque reduccionista que se maneja desde las ideas de la NdC en los estudiantes y los docentes, donde la producción de conocimientos científicos se deriva de una lógica de pasos a seguir experimentalmente (Carreño, 2014; Romero y Vázquez, 2013). A su vez, esto puede acentuarse con la escasa o nula realización de prácticas experimentales en la escuela como producto de una enseñanza enfocada en la transmisión-recepción de conceptos. Lo anterior indica que incorporar la experimentación puede aumentar el deseo por conocer más sobre esta actividad. (Pujalte, Bonan, Porro y Adúriz-Bravo, 2014).

Sin embargo, también hay ideas que generan rechazo entre los estudiantes, especialmente sobre la manera de proceder experimentalmente en ciencias; esto es, aspectos bioéticos en caso de experimentar con animales y el riesgo hacia la integridad física derivado del trabajo experimental. Como consecuencia, los sentimientos de rechazo hacia estos aspectos de la experimentación se interpretan como una actitud negativa hacia la *valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades* entre los estudiantes (Petty y Briñol 2012). Esta valoración negativa puede relacionarse con la imagen estereotipada sobre la actividad científica que recibe influencia de los medios de comunicación y la manera en que el conocimiento científico se divulga a la sociedad (Vázquez, Manassero y Talavera, 2010).

Lo anterior, genera implicaciones para organizar el diseño inicial de actividades del material didáctico y la planificación de la visita al laboratorio de diversidad biomolecular. Esta visita se presenta como un espacio idóneo para que los estudiantes reconozcan el lugar, lo vinculen con la fase experimental de las ciencias, caractericen los instrumentos de trabajo y protocolos de bioseguridad que acompañan la experimentación científica, ampliando sus ideas sobre éstas durante el recorrido y la interacción con científicos.

Finalmente, sobre la *dimensión comunidades científicas* se encontró que las ideas sobre la modalidad de trabajo en los científicos se conciben de manera individual, lo que genera una imagen poco favorable entre los estudiantes puesto que se tiene la creencia que no hay interacción ni colaboración con otros científicos, interpretándose como una actitud negativa hacia la *valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades*. Esta valoración

negativa puede vincularse con la ausencia de conocimientos sobre la manera en que se desarrollan proyectos de investigación, los cuales suelen estar vinculados con intereses comerciales y búsqueda de financiamiento, lo que puede resultar en la colaboración con otras universidades y centros de investigación a nivel nacional e internacional. Por lo tanto, se presentan oportunidades de intercambio de ideas y conocimientos entre colectivos de científicos (Kaiser, 2002).

Se considera entonces que trabajar la idea de NdC desde un enfoque holista y de manera transversal en las actividades por medio del contexto del laboratorio ayudaría a superar estas visiones estereotipadas sobre la producción de conocimientos científicos. Esto es, incluir una:

“visión de las ciencias como una actividad de producción, evaluación, aplicación y difusión de los conocimientos teniendo en cuenta un contexto social, histórico y cultural que le da el sentido para establecer los objetivos que se persiguen y los valores que sostienen a la comunidad científica” (Bourdieu, 2003).

Así mismo, durante el recorrido del laboratorio los estudiantes pueden identificar que los científicos de este espacio laboran junto a otros colegas y estudiantes que hacen parte de su equipo de trabajo. Esto permite reconocer la faceta de este profesional como formador de otros científicos. De esta manera, se permitiría la consolidación de una imagen más favorable sobre las ciencias y los científicos, tal como lo ha reportado otros estudios (Clark et al., 2016; Kompella et al., 2020; Tirre et al., 2019; Watanabe et al., 2015).

Con estas interpretaciones sobre las actitudes hacia la *NdC*, a continuación se procede a presentar el análisis realizado sobre las actitudes de vocaciones científicas.

Bloque 2. Actitudes de vocaciones científicas

Para organizar las interpretaciones realizadas sobre las respuestas de los estudiantes se construyeron tablas en función de cada pregunta, cuyas respuestas se organizan en categorías, distribución de frecuencias y ejemplos de los datos obtenidos. Esto permite identificar las actitudes que predominan en los estudiantes sobre las preferencias por carreras de ciencias y vocación científica, de modo que puedan ser consideradas como referentes para presentar una imagen más adecuada sobre la NdC en el diseño inicial de las actividades del material didáctico, sin que esto implique fomentar una vocación científica.

En la tabla 18 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 1, el cual se enfoca en el interés por las ciencias.

Tabla 18. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 1.

Pregunta 1: ¿Sientes interés por las ciencias? ¿Por qué?⁷ (Antes del vídeo)			
Categoría	Subcategorías	Frecuencias (N=39)	Ejemplos
Sí: Hay intereses hacia las ciencias.	Conocimiento del mundo: Ideas vinculadas con la posibilidad de adquirir conocimientos sobre el mundo natural.	26	<ul style="list-style-type: none"> • Sí, simplemente por la curiosidad y ambición de la realidad. • Las ciencias te pueden llevar muy lejos. • Sí, siento interés por las ciencias, te enseña todo sobre el ser humano y los organismos que lo rodean.
	Actividades propias de las ciencias: Son ideas que describen la fase experimental de las ciencias y la elaboración de productos.	4	<ul style="list-style-type: none"> • Hay muchas posibilidades para cambiar el mundo. • Con la ciencia puedes hacer curas para las enfermedades. • Son muchas cosas que descubres: bacterias, células, etc.
Intermedio: Existe algún interés o atractivo específico hacia las ciencias.	Experimentación: Se indican elementos del proceso experimental como algo que llama la atención parcialmente.	2	<ul style="list-style-type: none"> • Un poco. Siento que es muy interesante porque hacen experimentos y a mí me gusta mucho. • Sí, poquito, lo que me llama la atención son los experimentos.
	Aportes al mundo: Se refiere a los aportes que derivan de las ciencias para beneficio social.	1	<ul style="list-style-type: none"> • A veces porque la ciencia trae avances muy importantes para la vida diaria.
	Aprendizaje: Son ideas relacionadas con las dificultades de comprender las ciencias.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Un poco, se me hace un tanto difícil ya que no le entiendo muy bien.
No: No hay interés por las ciencias.		3	<ul style="list-style-type: none"> • No distingo mucho lo que tiene. • No, porque casi no me gusta mucho las ciencias.

⁷ En esta pregunta N no corresponde a 39 puesto que no todos los estudiantes justificaron su respuesta.

		<ul style="list-style-type: none"> No, no es lo que me interesa.
--	--	---

Para el análisis de esta pregunta se construyeron 3 categorías, encontrándose que el interés por las ciencias (30/39) destacó sobre las demás. Ésta arrojó 2 subcategorías: conocimiento del mundo y actividades propias de las ciencias. Sobre el conocimiento del mundo, se infiere que el conocimiento amplio del mundo y del ser humano son aspectos que genera interés en los estudiantes por aproximarse a las ciencias. Respecto a las actividades propias de las ciencias, los estudiantes destacan que el componente experimental de la actividad científica es un elemento interesante dado que permite la elaboración de productos y descubrimientos importantes.

En este sentido, es posible inferir que hay una correlación entre estas subcategorías en la medida que las ciencias brindan la oportunidad de cambios positivos para el mundo cuando se desarrolla el componente experimental de la actividad científica, esto es, la producción de avances científicos como tratamientos y curas para enfermedades.

Por otro lado, se indicó que hay un interés intermedio por las ciencias (4/39) que se concentra en tres subcategorías: la experimentación, aportes al mundo y el aprendizaje. Con relación a la experimentación, se destaca que la elaboración de experimentos genera curiosidad por conocer más a fondo sobre las ciencias. Esta subcategoría tiene relación con los aportes al mundo, ya que con las ciencias se obtienen productos para mejorar la calidad de vida. Sin embargo, la percepción sobre lo difícil que resulta esta actividad se convierte en una limitante para considerarlas totalmente atractivas. Finalmente, hubo una baja proporción de estudiantes que manifestaron no tener interés en las ciencias (3/39), refiriendo que éstas no son de su interés ni de su agrado y de lo cual se podría inferir que el interés se ve afectado por el tener poco conocimiento sobre la actividad científica y la profesión.

En la tabla 19 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 3, el cual se indaga sobre la futura posibilidad de participar en la construcción de las ciencias.

Tabla 19. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 3.

Pregunta 3: ¿Has pensado en estudiar para ser un(a) científico(a)? ¿Qué tipo de científico(a)? (Antes del vídeo)			
Categoría	Subcategorías	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
Sí:	Biología	5	<ul style="list-style-type: none"> Sí, biología marina. Sí, me da mucha curiosidad experimentar con animales.

Sí hay interés por estudiar carreras de ciencias.			<ul style="list-style-type: none"> • Sí, un científico que estudia sobre la naturaleza y el ADN.
	Sin preferencia	2	<ul style="list-style-type: none"> • Sí • Sí, aun no tengo pensado qué científico.
	Médico Veterinario	1	<ul style="list-style-type: none"> • Sí, médico veterinario.
	Astrónomo	1	<ul style="list-style-type: none"> • Sí, yo he querido estudiar sobre el universo como un astrónomo mas o menos.
Intermedio: Se especifica algún interés o deseo de estudiar ciencias a futuro.		2	<ul style="list-style-type: none"> • Pues a lo mejor, no lo había pensado. • Tal vez.
No: Ideas relacionadas con la nula posibilidad de estudiar ciencias como profesión.	Sin justificación: Ideas sin justificación sobre el rechazo de la carrera científica.	23	<ul style="list-style-type: none"> • No. • No, ninguno.
	Vocación profesional alterna: Se vincula con ideas que aluden a una vocación profesional diferente a la científica.	3	<ul style="list-style-type: none"> • No, mi sueño es ser abogada y no científica. • No, yo quiero ser ingeniero. • No, porque ya tengo pensado que voy a estudiar.
	Sin interés: Hace referencia a ideas que exponen la falta de interés en la profesión científica.	2	<ul style="list-style-type: none"> • No, porque casi no me gusta mucho la ciencia en sí. • No, porque estudiar una carrera no me interesa.

Sobre este interrogante se construyeron 3 categorías para su análisis, en las cuales se encontró que la mayoría de los estudiantes no contempla la posibilidad de estudiar ciencias como profesión (28/39), infiriéndose que hay diversos intereses en opciones de carrera tales como las leyes y la ingeniería, de lo cual se percibe una claridad sobre la vocación profesional en algunos casos. No obstante, llama la atención que la gran mayoría de estudiantes no brindó justificación sobre el rechazo por involucrarse en las ciencias a futuro, y quienes lo manifestaron se concentraron en lo poco atractivo que les resulta las ciencias en sus vidas.

Por otra parte, hubo una baja proporción de estudiantes que manifestaron interés por estudiar ciencias a futuro (9/39), en sus repuestas se hace evidente que las carreras como biología

permiten el estudio de la naturaleza y los seres vivos, y esto se convierte en un elemento que llama la atención por la presencia de un componente experimental en la actividad científica, también se destacaron la astronomía y medicina veterinaria como opciones profesionales en ciencias. Finalmente, hubo una preferencia intermedia por las carreras de ciencias (2/39) y esto se vincula con un interés por las ciencias, pero es insuficiente para consolidar completamente una vocación científica.

En la tabla 20 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 4, el cual se indaga sobre la percepción de los científicos.

Tabla 20. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 4.

Pregunta 4: ¿Qué piensas que es un científico(a)? (Durante el vídeo)		
Categoría	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
Investigador: Se indican ideas sobre la búsqueda de información para obtener respuestas y el estudio de diversos temas.	13	<ul style="list-style-type: none"> • Una persona que se preparó para saber e investigar sobre un tema en específico. • Alguien que hace estudios, ya sea para usos medicinales. • Una persona que busca la razón de algo.
Persona con inteligencia superior: Se vincula con el amplio dominio y nivel de conocimientos sobre ciencias.	10	<ul style="list-style-type: none"> • Es una persona que estudia mucho sobre la ciencia y sabe mucho sobre ella. • Es una persona muy inteligente que descubre cosas muy padres. • Es una persona como yo pero con más inteligencia.
Experimentador: Ideas relacionadas con el proceso experimental para alcanzar un resultado.	7	<ul style="list-style-type: none"> • Una persona que estudia métodos y hace experimentos que vienen de sus cabezas. • Una persona que experimenta, que explora. • Es alguien que estudia al cuerpo humano y que experimenta para crear curas.
Inventor: Hace referencia a la fabricación y elaboración de productos.	5	<ul style="list-style-type: none"> • Una persona que descubre diferente tipo de cosas para la humanidad. • Una persona que inventa cosas y socializa como un equipo y enseña a los demás todo lo que inventó en el mundo. • Un creador de cosas nuevas.
Persona que estudia la Tierra: Se relaciona con el estudio de la naturaleza y los planetas.	2	<ul style="list-style-type: none"> • Es una persona que estudia el planeta. • Una persona que estudia las plantas o los animales.

Persona normal: Ideas asociadas con un ser humano común.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Que se ve una persona normal.
Maestro de ciencias: Alude a un sujeto que enseña ciencias.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Un maestro de las ciencias.

Se establecieron 7 categorías de análisis, entre las cuales se evidencia que el científico se percibe como un investigador (13/39) dado que esta característica le permite estudiar y resolver problemas. Esta categoría se vincula con la idea de que el científico es una persona con inteligencia superior (10/39) y que su profesión demanda un amplio dominio de conocimientos, sugiriendo que se percibe la carrera científica como exclusiva de personas con un perfil específico: muy inteligente.

Por otro lado, el científico también se piensa como un experimentador (7/39) puesto que la experimentación es una actividad central que realiza este profesional. Esta idea tiene relación con la percepción del científico como inventor (5/39) en la medida que se pueden elaborar productos para beneficio de los demás. Otras categorías emergentes se relacionan con la caracterización del científico como una persona que estudia la Tierra (2/39), un maestro de ciencias (1/39) quien comparte sus conocimientos a través de la enseñanza, y la idea de que el científico es una persona normal (1/39), lo cual alude a una idea de humanización sobre la profesión científica.

En la tabla 21 se describen las categorías y respuestas encontradas en los estudiantes para el interrogante 9, el cual explora la futura participación en ciencias.

Tabla 21. Categorías emergentes y datos obtenidos en la pregunta 9.

Pregunta 9: Después de ver el video, ¿pensarías en estudiar para ser científico(a)?, ¿por qué? (Después del vídeo)			
Categoría	Subcategorías	Frecuencia (n=39)	Ejemplos
Sí: Sí hay interés por estudiar carreras de ciencias.	Interés general: Se refiere a ideas que aluden sobre el interés de ser científico sin mencionar algo en particular.	10	<ul style="list-style-type: none"> • Sí, porque me dieron más ganas de hacerlo. • Sí, es interesante por todo lo que se estudia. • Sí, para investigar sobre la ciencia. • Sí, porque es algo bueno para la vida.
	Actividades propias de las ciencias: Son ideas que describen la fase experimental de las ciencias y la elaboración de productos.	3	<ul style="list-style-type: none"> • Sí, porque podría ayudar a los avances científicos. • Sí, porque hacen muchas cosas nuevas e inventos nuevos. • Sí, se me hace interesante descubrir cosas.
Intermedio: Se especifica algún interés o deseo de estudiar ciencias a futuro.		4	<ul style="list-style-type: none"> • Sí, tal vez porque me gustan esas cosas. • Un poco, porque siento que no lo conozco mucho. • Sí, tal vez porque estudian mucho.
No: Ideas relacionadas con la nula posibilidad de estudiar ciencias como profesión.	Alta carga de estudio: Ideas vinculadas con los altos niveles de conocimiento que se requieren en la profesión científica.	10	<ul style="list-style-type: none"> • No, porque sería mucha responsabilidad. • No, porque es un trabajo laborioso. • No, porque ser científico aplica a muchas cosas de saber más.
	Sin interés: Hace referencia a ideas que exponen la falta de interés en la profesión científica.	6	<ul style="list-style-type: none"> • No, porque no me vería trabajando en eso. • No, porque no me gusta. • No, porque no es algo que me llame mucho la atención.

	Vocación profesional alterna: Se vincula con ideas que aluden a una vocación profesional diferente a la científica.	3	<ul style="list-style-type: none"> • No, porque tengo otra idea de estudio. • No, me interesan otras carreras que ya visualicé para mí. • No, quiero estudiar para ser ingeniero.
	Sin justificación: Ideas sin justificación sobre el rechazo de la carrera científica.	2	<ul style="list-style-type: none"> • No.
	Aprendizaje: Son ideas que remiten a dificultades en el aprendizaje de las ciencias.	1	<ul style="list-style-type: none"> • No, porque sigue siendo muy difícil y no le entiendo mucho.

Para su análisis se construyeron 3 categorías. En primer lugar, se notó que aún después de la proyección del vídeo la elección de carrera en ciencias no es una opción (22/39), encontrándose 5 subcategorías asociadas a este rechazo, entre ellas la alta carga de estudio, la falta de interés, la vocación profesional alterna, el aprendizaje y el rechazo sin justificación. Particularmente, la alta carga de estudio que demanda la profesión científica hace que ésta se considere difícil y de mucha responsabilidad; así mismo, la falta de interés que subyace de dedicarse a las ciencias como profesión fue otro motivo recurrente para rechazar esta idea, aunque unos pocos parecen inclinarse a otras carreras como la ingeniería. Además, una baja proporción de estudiantes no brindó justificación para rechazar la profesión científica y solo uno asoció este rechazo con la dificultad que tiene para comprenderla.

Por otra parte, hubo un aumento de quienes se sintieron motivados por estudiar ciencias a futuro (13/39) y este interés se vincula con dos subcategorías: interés general y actividades propias de las ciencias. Es posible que el interés general por las ciencias haya aumentado con la información que el vídeo introdujo y de lo cual se infiere el tener acceso a nueva información sobre la profesión científica puede generar interés en los estudiantes para pensar ésta como una profesión para ellos. La subcategoría de actividades propias de las ciencias se destacó nuevamente como un elemento para acercarse a la profesión científica, reforzándose la idea de que conocer sobre las ciencias y realizar actividades experimentales permite el desarrollo de productos y avances científicos.

Por último, se evidenció un ligero aumento de quienes mantienen posturas intermedias (4/39) sobre la elección de una profesión científica, desde lo cual se infiere que para tomar esa decisión se necesita tener más información sobre la actividad científica con la cual se pueda responder con un conocimiento mayor al respecto.

Síntesis

Terminado el análisis de las preguntas que conforman el bloque 2 y que informan sobre las actitudes de vocaciones científicas de los estudiantes, a continuación se presenta una síntesis con la que se busca destacar los resultados más sobresalientes y que son una base para pensar el diseño inicial del material didáctico.

De acuerdo con los resultados obtenidos se interpreta que existe un interés generalizado sobre las ciencias dado que éstas ofrecen la posibilidad de conocer el mundo, el cuerpo humano, y aportar cambios al mundo, pero esto no indica que los estudiantes tengan preferencias por estudiar una carrera científica ya que el rechazo se mantuvo antes y después de la proyección del vídeo. Es decir, los estudiantes reconocen aspectos positivos de la actividad científica vinculados a sus propósitos y finalidades. Sin embargo, esto no es un elemento clave para que se considere la profesión científica como una elección personal.

Ahora bien, con relación al interés general sobre las ciencias, diversas investigaciones han manifestado que las ciencias y tecnologías son valoradas a nivel social, siendo interesantes e importantes, más no lo suficiente para llegar a ser una elección profesional por parte de los estudiantes (Vázquez y Manassero, 2009). La carga experimental que denota un ligero interés por las ciencias en los estudiantes puede estar estrechamente vinculada con la curiosidad por conocer más a fondo sobre éstas y su fase experimental. Es posible que consideren atractivo los experimentos en ciencias debido a la ausencia de prácticas experimentales en la escuela y también, a la imagen del científico que hayan construido los estudiantes (Pujalte, Bonan, Porro y Adúriz-Bravo, 2014).

Considerando lo anterior, se encontraron elementos que podrían explicar este hallazgo. Se trata de ideas que aluden a una visión estereotipada sobre la profesión científica y que pueden influir sobre el rechazo y poca vocación por las ciencias. Particularmente, las descripciones asociadas con la caracterización del científico aluden a [...]“*una persona que estudia mucho sobre la ciencia y sabe mucho sobre ella*”, [...]“*alguien que estudia al cuerpo humano y que experimenta para crear curas*” y [...]“*es un trabajo laborioso*”. Esto deja ver la influencia que ejercen los medios de comunicación en la construcción de significados y representaciones sociales, pues continúan afectando el imaginario del científico y su actividad en los estudiantes (Fernández et al., 2000; Ortiz y Rodríguez, 2013; Vázquez, Manassero y Talavera, 2010). En suma, los estudiantes conciben al científico como una persona con inteligencia y razonamiento superior que le permite hacer cosas que los demás no podrían lograr con facilidad, como inventar objetos y experimentar.

Por otra parte, las descripciones más diversificadas corresponden a un perfil más social y humano sobre el científico, por ejemplo se manifestó que [...]“*se ve una persona normal*”, [...]“*es un maestro de las ciencias*” y [...]“*una persona que inventa cosas y socializa como un equipo y enseña a los demás todo lo que inventó en el mundo*”. Esto puede deberse a la información que el video introdujo poco a poco, además de las intervenciones aclaratorias y

socialización de ideas que se realizaron durante la implementación de este cuestionario con los estudiantes.

Una de las ideas más frecuentes fue la del científico como un experimentador. Los estudiantes mencionan que los científicos realizan experimento tras experimento hasta lograr resultados visibles, lo cual concuerda con la visión empírico-inductivista (Fernández et al., 2005), en la cual los científicos son conscientes de los métodos y experimentos que utilizan en sus investigaciones como actividad central (Mosterín, 1990). Además, conviene señalar que esta idea coincide con la de descubrimiento científico, transmitida, por ejemplo, por los cómics, el cine y, en general, por los medios de comunicación (Lakin y Wellington, 1994). Tales descripciones aluden a una visión individualista y elitista ya que los científicos se presentan como auténticos genios y personas raras que están aisladas socialmente, ignorando el papel del trabajo colectivo entre pares y equipos que resulta indispensable para asumir gran cantidad de conocimientos e información (Bachelard, 1938).

Considerando que algunos estudiantes tienen dificultades para comprender la NdC, especialmente en el contexto del laboratorio (García-Carmona, Vázquez, y Manassero, 2012; Ortiz y Rodríguez, 2013; Polino, 2012; Pujalte et al., 2014), se puede inferir que la educación en ciencias tiene relación, dado que la enseñanza transmite ideas de la NdC que afectan a la vocación científica, aludiendo a una idea de NdC acumulativa y enfocada en los contenidos conceptuales (Acero, de la Rocque, Cabral y Milton, 2011; Guerra y López, 2011). Como consecuencia, los estudiantes no identifican la relevancia de las ciencias para sus vidas porque la abstracción de los contenidos aumenta y su estudio demanda altos niveles de inteligencia conforme avanza el ciclo de escolarización, haciendo evidente una desconexión entre situaciones de la vida real y contenidos de ciencias (Raved y Assaraf, 2011).

En este contexto, Petrucci (2017) plantea que los intereses de los estudiantes varían respecto a los cambios psicológicos, biológicos y sociales propios de la edad y del sexo, la manera en que se imparten las clases de ciencias y la adecuación de los contenidos a las expectativas de los estudiantes. Bajo esta mirada, las actitudes hacia la ciencia y el nivel de vocación científica disminuyen a medida que aumenta el ciclo escolar, evidenciándose aburrimiento, desinterés y rechazo (Afanador, 2014; Vázquez y Manassero, 2009).

Por otro lado, quienes manifestaron su interés por ser científicos comentan que su elección se centra en la participación de avances científicos, de lo cual se infiere que la idea de aportar al bienestar social se consolida como una posible razón para estudiar ciencias a futuro. A pesar de que en la escuela se llevan a cabo procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, los estudiantes no tienen un panorama amplio sobre lo que son las ciencias y esto se evidencia cuando manifiestan que les interesa “*un poco, porque siento que no lo conozco mucho*”. En este sentido, el papel de la escuela es muy influyente para fomentar la vocación científica dado que la forma en que se enseña ciencias permite conocerlas, desarrollar el hábito de informarse sobre éstas, además de que posibilita que los estudiantes puedan considerar las ciencias como profesión (Polino, 2012).

Implicaciones para el diseño inicial del material didáctico

En suma, las actitudes de los estudiantes hacia la vocación científica se vinculan con los conocimientos que tienen sobre la *dimensión imagen de ciencias y características de los científicos*, *dimensión metodología científica* y *dimensión comunidades científicas* de la NdC, encontrándose una idea estereotipada sobre el científico y un rechazo hacia la idea de estudiar una carrera científica. Para ejemplificar esto, en la Tabla 22 se presentan algunas ideas encontradas en los estudiantes y su relación con el tipo de actitud hacia la NdC.

Tabla 22. Actitudes de vocación científica en estudiantes en el cuestionario 2

Dimensión de la NdC	Ideas sobre NdC en estudiantes	Actitud hacia la NdC	Tipo de actitud hacia la NdC
Imagen de ciencias y características de los científicos	Perciben el trabajo científico como una actividad solitaria, estrechamente relacionada al género masculino en la que se trabaja exhaustivamente en el laboratorio y se pone en riesgo la vida.	<i>1. Interés por las ciencias</i> <i>2. Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud negativa
	Conciben a los científicos como sujetos muy inteligentes e importantes para el desarrollo de una sociedad. Sin embargo, esta representación lleva a los estudiantes a considerar que no es una profesión viable para ellos, pues la inteligencia se percibe como una barrera.	<i>2. Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud negativa
	Estudiar ciencias podría considerarse una opción para tener conocimientos amplios sobre la manera en que se producen avances científicos.	<i>1. Interés por las ciencias</i>	Actitud positiva
Metodología científica	Indican curiosidad por conocer más a fondo sobre las ciencias a través de la experimentación.	<i>1. Interés por las ciencias</i>	Actitud positiva
Comunidades científicas	Mencionan que los científicos socializan como un equipo a los demás todos sus inventos.	<i>1. Interés por las ciencias</i> <i>2. Valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades</i>	Actitud positiva

Bajo esta perspectiva, en la *dimensión imagen de ciencias y características de los científicos* se encontró que las ideas sobre las características de los científicos se relacionan con un perfil específico, en el cual predomina un alto nivel de conocimientos sobre las ciencias y el desarrollo de su quehacer en solitario. Esto genera una imagen desfavorable entre los estudiantes, lo que se interpreta como una actitud negativa hacia el *interés por las ciencias* y

la *valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades*. Esta valoración negativa se puede vincular con los sentimientos de rechazo que se generan de esta imagen de los científicos, que resulta estereotipada según Fernández (2000) y que ya ha sido reportado por Correa et al. (2017). Así mismo, factores como el entorno familiar, los intereses personales y la enseñanza por transmisión-recepción pueden acentuar esta imagen estereotipada (Clark et al., 2016).

Sin embargo, también se evidenció que la idea de estudiar ciencias como profesión sería atractiva en la medida que los estudiantes podrían conocer cómo se desarrollan los avances científicos. Lo anterior, se interpreta como una actitud positiva hacia el *interés por las ciencias*. Esta valoración positiva puede vincularse con la imagen favorable sobre los propósitos de la actividad científica en la sociedad, que suelen situarse en el campo de la salud y que se destinan a mejorar la calidad de vida (Pérez y de Pro Bueno, 2018).

Como implicaciones para el diseño inicial del material didáctico, se considera que presentar ampliamente la profesión científica desde las tres dimensiones de la NdC en actividades relacionadas con la salida de campo, especialmente en las actividades antes de la salida, sería un elemento que llama la atención del estudiante, motivándolo a conocer una actividad científica más contextualizada y auténtica sin que esto implique fomentar una vocación científica, sino una experiencia significativa en la cual se pueda reconocer lo que implica formarse como científico, reconociendo la relevancia de estos espacios de producción científica y los aportes que pueden brindar a la sociedad.

Ahora bien, sobre la *dimensión metodología científica* se evidenció que las ideas sobre experimentación resultan en un atractivo para los estudiantes puesto que podrían saber cómo trabajan los científicos, lo que se interpreta como una actitud positiva hacia el *interés por las ciencias*. Esta valoración positiva podría tener relación con la visión reduccionista de la metodología científica (Carreño, 2014) que se ha difundido en el campo escolar, haciendo énfasis en la exclusividad hacia los procedimientos experimentales y poca profundización sobre los instrumentos, métodos e ideas que rigen la actividad científica. Como resultado, los estudiantes manifiestan una curiosidad por conocer a fondo como se trabaja experimentalmente en ciencias.

Lo anterior, genera implicaciones para el diseño inicial del material didáctico. Se considera que ampliar ideas sobre los procedimientos realizados en el contexto del laboratorio en actividades previas a la salida de campo ayudaría a que los estudiantes se formulen preguntas sobre cómo creen que esta actividad se lleva a cabo. En coherencia, cuando se realice el recorrido por el laboratorio pueden caracterizar el proceso llevado a cabo para la construcción de conocimiento científico y describir las actividades regulares del colectivo de científicos en este espacio (Tirre et al., 2019). La interacción estudiantes-científicos en el laboratorio se concibe como un factor significativo para fomentar una actitud positiva entre los estudiantes, y esto representa un punto que puede continuar siendo trabajado en el aula luego de la visita (Tsybulsky, 2019).

Finalmente, sobre la *dimensión comunidades científicas* se encontró que la comunicación de los hallazgos por parte de los científicos es un elemento que se percibe como interesante, lo cual se interpretó como una actitud positiva hacia el *interés por las ciencias y la valoración del trabajo científico: su importancia y dificultades*. Esta valoración fue encontrada en muy baja proporción y podría relacionarse con la creencia de que en las ciencias la modalidad de trabajo es individual, lo que no da cabida a la colaboración ni al intercambio de ideas en colectivo y resaltando una idea estereotipada sobre la profesión científica (Fernández, 2000).

Es importante destacar que para trabajar esta visión estereotipada y promover una actitud más positiva hacia las ciencias y quienes la realizan, es necesario que las tres dimensiones de la NdC deban trabajarse explícitamente en el material didáctico para ampliar lo que se conoce sobre ellas. Es decir, considerar que trabajar las ideas sobre NdC no se restringen a la visita del laboratorio, sino que estas conllevan un trabajo transversal que se realiza en el aula con actividades de preparación que indagan sobre la difusión de los hallazgos científicos a la sociedad y que posteriormente se retoma luego de la salida. Con ello, los estudiantes podrían reconocerse como ciudadanos capaces de participar en gran parte de las decisiones sobre cómo afectan las ciencias a su vida al contar con conocimientos más amplios sobre éstas (Ortíz y Rodríguez, 2013).

Con estas interpretaciones sobre las actitudes hacia la vocación científica, a continuación se presentan los resultados correspondientes a la fase 2, que incluye el análisis de las sugerencias y observaciones del panel de expertos con relación al diseño inicial del material didáctico.

5.2 Fase 2. Evaluación de la primera versión del material didáctico

En este apartado se exponen los hallazgos del instrumento de evaluación que fue enviado al panel de expertos (ver Anexo 4). Éste se organizó en dos secciones; una primera sección relacionada con la valoración del material didáctico a través de una escala Likert, y una segunda sección vinculada con un apartado de preguntas abiertas y recomendaciones generales sobre el material didáctico.

Como resultado de esta estructura, la presentación de los hallazgos y el análisis correspondiente de ambas secciones se realizó de forma diferente. En la primera sección se optó por describir e interpretar las posturas de acuerdo, intermedio y desacuerdo obtenidos de la escala Likert. En la segunda parte se incluyeron los comentarios del panel de expertos y a partir de estos se realizaron inferencias sobre las observaciones que demandan ajustes en el diseño del material didáctico. Seguidamente, se llevó a cabo un ejercicio de categorización con base en las respuestas de la sección 2 y los criterios de evaluación de la sección 1, los cuales ayudaron a destacar aquellos patrones que implican mejoras en el diseño del material didáctico.

Sección 1. Escala Likert

El instrumento de evaluación estaba integrado por 21 enunciados que fueron agrupados en 8 criterios, con la intención de valorar el nivel de acuerdo, acuerdo intermedio o desacuerdo de los expertos sobre aspectos del diseño del material didáctico. Así pues, la Tabla 23 se construyó en función de los criterios evaluados y presenta los porcentajes promedio de las posturas favorables, intermedias y desfavorables para cada uno de los criterios evaluados por el panel de expertos. Lo anterior permite identificar los criterios en que aparecen más apreciaciones de los expertos para organizar el rediseño del material didáctico.

Tabla 23. Valoración de los expertos sobre las categorías de evaluación del material didáctico.

Criterio	Enunciados	De acuerdo	Intermedio	En desacuerdo
Presentación del contenido biológico	1,2,3	83%	17%	0%
Relación con el currículo	4,5	75%	25%	0%
Adaptación al nivel educativo	6,7,8	75%	25%	0%
Objetivos	9,10	75%	25%	0%
Coherencia y cohesión	11,12,13,14	75%	25%	0%
Motivación e interés	15,16	75%	25%	0%
Gestión del aula	17,18	87%	13%	0%
Evaluación	19,20,21	75%	25%	0%

De forma general, se encontró que ninguno de los expertos manifestó estar en desacuerdo respecto a los criterios evaluados del material didáctico. No obstante, en todos los criterios se expresa un nivel de acuerdo intermedio lo que se interpreta como una oportunidad para realizar ajustes y fortalecer el diseño del material didáctico. Resulta interesante notar que los porcentajes de acuerdo intermedio no superan el 25%, lo que significa que esta postura no se encuentra en más de un experto. Así mismo, se evidenció que la gestión del aula (87%) y la presentación del contenido biológico (83%) se destacan como aquellos criterios de mayor

acuerdo, mientras que los demás criterios se mantienen con una aceptación del 75%. A continuación se presentan los resultados en detalle para cada criterio:

- *Criterio: Presentación del contenido biológico:* En este criterio se encontró que en el enunciado 1 hubo una acogida favorable por 4/4 expertos respecto al aumento gradual del contenido científico en el material didáctico. Para el enunciado 2, 3/4 expertos manifestaron estar de acuerdo en que el contenido sobre los virus se presenta de manera comprensible a los estudiantes, mientras que hubo una postura intermedia en 1 experto sobre este enunciado. Por otro lado, en el enunciado 3 se encontró que 3/4 expertos están de acuerdo en que el contenido sobre la NdC se presenta de forma comprensible y 1/4 expertos manifestó una postura intermedia.
- *Criterio: Relación con el currículo:* Para el enunciado 4 se encontró que 3/4 expertos estuvieron de acuerdo con el enunciado sobre la relación que hay entre los contenidos del material didáctico y los aprendizajes esperados, mientras que 1/4 expertos mantuvo una postura intermedia en esto. Respecto al enunciado 5, 3/4 expertos están de acuerdo en que el contenido conceptual se relaciona con el núcleo de ejes temáticos que plantea el currículo escolar en ciencias, mientras que 1/4 expertos mantuvo una postura intermedia.
- *Criterio: Adaptación al nivel educativo:* Para el enunciado 6 se encontró que 4/4 expertos están de acuerdo con que el lenguaje empleado en el material didáctico es apropiado. Respecto al enunciado 7, 2/4 expertos están de acuerdo en que el contenido del material didáctico es acorde con las demandas cognitivas del estudiante, mientras que 2/4 expertos se consideraron en una postura intermedia; por ejemplo, se argumentó que *“el podcast del investigador Mauricio Carillo-Tripp es interesante, pero el contenido cubierto parece desconocer el papel formativo de la secuencia como cuestión de dimensiones conceptuales y el diálogo con los contenidos cubiertos en la propuesta”*. Por otro lado, en el enunciado 8 se encontró que 3/4 expertos coinciden en estar de acuerdo en que las actividades del material didáctico consideran las ideas previas de los estudiantes, mientras que 1/4 expertos mantuvo una postura intermedia al respecto.
- *Criterio: Objetivos:* En el enunciado 9, 2/4 expertos coinciden en estar de acuerdo en que el material didáctico promueve actitudes positivas hacia las ciencias, mientras que 2/4 manifiestan una postura intermedia sobre esto; al respecto, se comentó que [...] *“aquellas dimensiones que podrían ser exploradas en términos de la perspectiva CTS fueron más periféricas en las propuestas, con énfasis en el contenido y el trabajo de los científicos. En este sentido, faltaron momentos para que los estudiantes*

debatieran cómo se financia la investigación, quién controla el trabajo de los científicos y cómo sus acciones pueden impactar positiva y negativamente en la sociedad.”. Por otro lado, en el enunciado 10 se encontró que 4/4 expertos coinciden en estar de acuerdo sobre la cantidad de actividades presentadas en el material didáctico para lograr el objetivo del mismo.

- *Criterio: Coherencia y cohesión:* En el enunciado 11 se encontró que 3/4 de los expertos manifestó que el material didáctico es coherente en función de los objetivos planteados, mientras que 1/4 expertos mantuvo una postura intermedia. Con respecto al enunciado 12, 3/4 de los expertos estuvo de acuerdo en que el nivel de dificultad en las actividades aumenta gradualmente conforme avanza el material didáctico, mientras que 1/4 expresó una postura intermedia argumentando que [...] *“hubo dificultad para percibir el aumento de la dificultad de las actividades, ya que puede ser un mejor trabajo según el profesor. Sin embargo, las preguntas presentadas traen algunos matices que ayudan a percibir un aumento en la complejidad del tema”*. Sobre el enunciado 13, 4/4 de los expertos coinciden en estar de acuerdo en que las actividades propuestas en el material didáctico tienen cohesión entre sí. Finalmente, en el enunciado 14 se encontró que 2/4 de los expertos manifestaron estar de acuerdo en que las actividades están organizadas considerando el tiempo y espacio suficiente para llevarse a cabo, mientras que 2/4 expresaron una postura intermedia al respecto; comentándose que [...] *“algunas actividades, por ejemplo, la Actividad 1: ¿Cómo trabajan los científicos? El tiempo propuesto de 40 minutos sería insuficiente para trabajar toda la actividad que se plantea realizar”*. Adicional a ello, también se argumentó que [...] *“sería importante introducir comentarios o instrucciones para abordar los casos en los que el profesor puede dedicar demasiado tiempo. Esto se debe a que saltarse una actividad o no completarla puede dificultar el progreso de las acciones”*.
- *Criterio: Motivación e interés:* Respecto al enunciado 15, 3/4 de los expertos manifestaron acuerdo sobre lo atractivo que puede resultar el contenido del material didáctico para los estudiantes, mientras que 1/4 de los expertos manifestó una postura intermedia al respecto. Por otro lado, en el enunciado 16 se encontró que 3/4 de los expertos manifiestan acuerdo en que la disposición para gestionar el aula (trabajo colectivo e independiente) es motivante para la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias, mientras que 1/4 de los expertos mantuvo una postura intermedia sobre ello.
- *Criterio: Gestión del aula:* En el enunciado 17 se encontró que 4/4 expertos están de acuerdo en que se consideran diversas formas de organización grupal para el desarrollo de las actividades que favorezcan la promoción de actitudes positivas hacia

las ciencias. Por otra parte, para el enunciado 18, 3/4 de los expertos están de acuerdo en que se considera la organización individual para trabajar las actividades y fomentar la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias, sin embargo 1/4 expresó una postura intermedia, manifestando que [...] *“sería interesante que la secuencia indicara algunas actividades para que los estudiantes desarrollen acciones que transformen el mundo. Ya sea a través de folletos, blogs, creación de un podcast para presentar a amigos y familiares. Reconociendo así el papel activo de la ciudadanía en el mundo moderno”*.

- *Criterio: Evaluación:* En relación con el enunciado 19 todos los expertos manifiestan estar de acuerdo en que el material didáctico presenta variedad de instrumentos de evaluación que el docente puede emplear para evaluar a sus estudiantes. Respecto al enunciado 20, se encontró que 3/4 expertos consideran que se toma en cuenta la evaluación sumativa y formativa en el material didáctico mientras que 1/4 se mantuvo con una postura intermedia. Finalmente, en el enunciado 21, se encontró que 2/4 de los expertos se mantuvieron de acuerdo en que las actividades permiten la reflexión sobre los conocimientos que se construyen, mientras que 2/4 expertos se sienten con una postura intermedia sobre el enunciado; por ejemplo, se comentó que *“las actividades narrativas podrían ser una forma de construir un proceso a largo plazo en la formación científica de los estudiantes. Animar a los alumnos a elaborar diarios a lo largo del proceso formativo, pero incitar a los alumnos a continuar sus reflexiones de por vida permite complementar su formación con periodos más largos. Así, la posibilidad de promover reflexiones continuas podría abordarse no solo al final del proyecto, sino a lo largo de la experiencia.”*.

En función de estos resultados se interpreta que la evaluación de los criterios de adaptación al nivel educativo, coherencia y cohesión, objetivos y evaluación sugieren cambios al diseño del material didáctico considerando el contexto al que está dirigida. Por ejemplo, el enunciado 7 implica reconsiderar el nivel de profundidad con el que se aborda el contenido científico en el material didáctico, esto con la intención de que sea acorde con las demandas cognitivas del estudiante. En el enunciado 9 se hace pertinente reevaluar en qué medida el diseño de las actividades permiten la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias. En el enunciado 12 es pertinente explicitar el aumento de dificultad gradual en las actividades, mientras que en el enunciado 14 se debe revisar la distribución del tiempo para el desarrollo de las actividades.

Por otra parte, en el enunciado 18 se interpreta que replantear actividades individuales con enfoque CTSA en el contexto de la NdC ayudaría a la participación del estudiante como ciudadano y favorecería la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias, mientras que en el enunciado 21 se infiere que la incorporación de actividades relacionadas con la elaboración de narrativas favorecería la reflexión y apropiación de los conocimientos que se

construyen en el marco del material didáctico. Finalmente, en los enunciados 1, 6, 10, 13, 17, 19 se halló que la totalidad del panel de expertos estuvo de acuerdo, lo que en términos del diseño del material didáctico significa que no demandan ajustes.

Sección 2. Preguntas abiertas y recomendaciones

En esta sección del instrumento de evaluación se formularon seis preguntas abiertas, con la intención de que el panel de expertos pudiera expresar con mayor profundidad sus observaciones y recomendaciones. En este sentido, la Tabla 24 presenta las preguntas cuyas respuestas orientan a realizar ajustes en el material didáctico, así como la cantidad de comentarios encontrados y ejemplos de éstos. Los nombres al final de cada comentario corresponden a seudónimos que fueron asignados a los expertos para proteger su identidad.

Tabla 24. Comentarios de los expertos sobre las preguntas abiertas en el instrumento de evaluación.

Pregunta	Total de comentarios	Ejemplos de los comentarios
1. ¿Cuáles son las debilidades que identifica en la secuencia didáctica?	7	<p>[...] “<i>existen algunos detalles que deben quedar más claros, por ejemplo, al leer la secuencia didáctica esperaba que en la actividad 3 se mencionara que antes de llevar a cabo la lectura se realizará la caracterización de los virus. En cuanto a la realización de la analogía no me queda claro algunas partes y a mi parecer está incompleta de acuerdo a los pasos que se proponen al momento de realizar una analogía</i>”. (Carolina)</p> <p>[...] “<i>la falta de un contexto sociocultural explícito para el desarrollo del concepto hace que la actividad científica continúe en un lugar preferencial de no cuestionarse</i>”. (Néstor)</p>
2. ¿Cómo le ha parecido la duración de la secuencia didáctica en término del número de sesiones (12)?	2	<p>[...] “<i>en algunas actividades el tiempo de 40 minutos es insuficiente para poder llevarlas a cabo</i>”. (Carolina)</p> <p>[...] “<i>Esta bien, extender la posibilidad de indicar al docente como actuar con la secuencia; si las 12 actividades van seguidas o la secuencia se trabaja, por ejemplo, cada 20 días</i>”. (Gabriela)</p>
3. ¿Quitaría, extendería o anexaría otra actividad?	3	<p>[...] “<i>Sería importante que hubiese una actividad que condujera al estudiante a reconocer de modo más profundo aspectos de la NdC. Introducir una actividad que pueda dar soporte a la práctica ciudadana de los estudiantes, esto es, promover un activismo al estudiante para que lleve a su comunidad lo que aprendió en la visita</i>”. (Gabriela)</p> <p>[...] “<i>el anexo 5 sirve para desarrollar la actividad de la analogía</i>”. (Carolina)</p>
4. ¿Tiene algunas recomendaciones finales?	3	<p>[...] “<i>problematizar el quehacer del científico en particular en el trabajo con Virus, asuntos de orden social, económico y quizás político que tienen incidencia</i>”. (Néstor)</p> <p>[...] “<i>agregar un instrumento en el que los estudiantes puedan reconocer aspectos de las actitudes que se fueron construyendo en relación con las ciencias. Esto, promoviendo un reconocimiento de que los científicos de su país son tan buenos como los científicos de cualquier otro lugar</i>”. (Gabriela)</p>
Total de comentarios		15

La organización de la información en la tabla 24 sugiere que los comentarios del panel de expertos se concentraron en la pregunta 1 referente a las debilidades identificadas en el material didáctico, allí se destaca la necesidad de trabajar un poco más en la claridad y la forma de desarrollar algunas actividades, así como la falta de un contexto sociocultural mucho más explícito para problematizar ideas sobre la NdC. Por otra parte, la pregunta 3 y 4 presentaron observaciones en las cuales se evidencia la posibilidad de articular la analogía con otras actividades, además de incorporar nuevas actividades enfocadas a trabajar con mayor profundidad aspectos socioculturales del contexto científico. Lo anterior, con la intención de facilitar el abordaje de ideas sobre la NdC y las actitudes hacia las ciencias.

Resulta interesante notar que solo hubo un comentario relacionado con la desarticulación de algunas actividades y la formación ciudadana. En efecto, esto apunta a realizar modificaciones que incluyan la participación de los estudiantes como ciudadanos en su contexto más cercano. Finalmente, se encontró que es necesario hacer explícito en el diseño cómo se manejarán los tiempos de aplicación de las actividades.

Con la intención de hacer un ejercicio reflexivo sobre las observaciones del panel de expertos respecto al material didáctico, en la Tabla 25 se construyeron 15 categorías de análisis. Éstas buscan establecer una relación entre los criterios de evaluación de la escala Likert (sección 1 del instrumento enviado a los expertos) y los comentarios encontrados sobre las preguntas abiertas, de modo que se puedan identificar puntos en común para el rediseño de las actividades.

Tabla 25. Construcción de categorías de análisis sobre criterios de evaluación y preguntas abiertas. Fuente: Elaboración propia.

Criterios de evaluación (escala Likert)	Categorías	Numero de comentarios	Implicaciones de diseño
Coherencia y cohesión	<p><i>Relación entre contenido biológico-analogía:</i></p> <p>Hace referencia al abordaje del concepto de virus en la analogía.</p>	1	<p>La planificación de las actividades es un ejercicio realizado para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje. En este sentido, las categorías sugieren que algunas actividades necesitan ser refinadas desde la formulación de sus propósitos y las consignas que se indican en estas, puesto que algunas tomarían mucho más tiempo en desarrollarse, dejando las actividades incompletas o creando retrasos en la implementación que afectaría el alcance de los propósitos generales del material didáctico.</p> <p>Por otro lado, resulta interesante notar que no hubo posturas sobre la exclusión de alguna de las actividades. Al contrario, la cantidad de actividades se considera suficiente y existen posibilidades para aprovechar varias actividades mediante la adaptación o vinculación entre ellas, por ejemplo, la lectura de una actividad previa y el desarrollo de la analogía.</p> <p>Finalmente, es preciso indicar en el material didáctico las posibilidades que tiene el docente de aplicar las actividades de forma no secuencial conforme las necesidades del contexto, esto es, de manera semanal, quincenal o mensual.</p>
	<p><i>Coherencia entre objetivos y desarrollo de actividades:</i></p> <p>Se refiere al mejoramiento en el diseño de las actividades, de modo que sea coherente con la formulación de sus propósitos.</p>	1	
	<p><i>Vinculación entre actividades:</i></p> <p>Se asocia con la modificación de aspectos concretos de una o más actividades.</p>	1	
	<p><i>Distribución del tiempo por sesión:</i></p> <p>Se asocia con la explicitación del tiempo de clase y del tiempo curricular para implementar las actividades.</p>	1	
	<p><i>Alternativas en la aplicación de la secuencia:</i></p> <p>Hace referencia a considerar otras posibilidades de implementación, flexibles</p>	1	

	con las necesidades del contexto y del programa curricular.		
Presentación del contenido biológico	<p><i>Relación contexto científico-contenido biológico:</i></p> <p>Se vincula con la explicitación del contenido de los virus en el contexto del laboratorio de investigación para las actividades asociadas con la salida de campo.</p>	2	El material didáctico articula dos campos a través de las actividades; el campo escolar y el campo científico. En el campo escolar se apunta al abordaje del contenido biológico (generalidades sobre virus y ciclo de replicación), mientras que en el campo científico se toma como referente un laboratorio de diversidad biomolecular desde el cual se problematizan algunas ideas sobre la NdC y el estudio de los virus como conocimiento biológico.
	<p><i>Subtemas en la salida de campo:</i></p> <p>Se relaciona con los aspectos a tener en cuenta para abordar la salida al laboratorio de investigación, por ejemplo, la historia, filosofía y sociología de las ciencias.</p>	1	Desde este último campo se piensa la salida de campo como un elemento clave en el alcance de los propósitos generales del material didáctico, puesto que se ha reportado en la literatura que el éxito de la salida de campo radica en una buena planificación (Orion, 1993).

	<p><i>Participación social de los científicos:</i></p> <p>Alude a refinar elementos de la dimensión sociológica de la NdC, específicamente, destacar que la profesión científica también es una actividad divulgativa para la sociedad.</p>	2	<p>Bajo este panorama, las categorías indican que es pertinente establecer una relación más explícita entre el contenido sobre los virus y el campo científico en la salida de campo, dado que parece desdibujarse de muchas actividades y el abordaje de las dimensiones de la NdC se torna algo disperso. Así pues, es necesario mejorar la distribución de subtemas de la NdC (filosofía, sociología e historia de las ciencias) y la financiación de las ciencias, así como incluir una mayor participación de los científicos como divulgadores de su quehacer y como agentes de una sociedad. Esto permitiría hacer más explícita la relación del contexto científico con aspectos considerados en las dimensiones de la NdC y las relaciones CTSA.</p>
Gestión del aula	<p><i>Actividad grupal/individual:</i></p> <p>Se refiere a la distribución de los estudiantes a la hora de desarrollar las actividades.</p>	1	<p>Teniendo en cuenta la observación sobre esta categoría, se considera pertinente indicar al docente las posibilidades que tiene de distribuir la implementación de algunas actividades, ya sea de manera individual y otras actividades de forma grupal. Esta indicación podría incluirse en las consignas de las actividades o bien, añadirse en las secciones de orientación al docente del material didáctico.</p>
Evaluación	<p><i>Evaluación del aprendizaje esperado:</i></p> <p>Se vincula con las formas de evaluar las actividades planteadas en función del aprendizaje esperado.</p>	1	<p>Esta categoría sugiere ajustes y mejoras en las consignas presentes en las actividades, de modo que haya claridad en las posibilidades que tiene el docente para evaluar y llevar un registro de los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. La recomendación sobre la incorporación de un diario reflexivo como</p>

	<p><i>Instrumento de autorregulación:</i></p> <p>Se asocia con la incorporación de una o más estrategias (diario reflexivo) que sean de utilidad al estudiante en su proceso de aprendizaje.</p>	1	<p>estrategia para el estudiante resultaría apropiado para vincular y hacer evidente un proceso de autorregulación del aprendizaje y la promoción de actitudes hacia las ciencias en los estudiantes, y en su rol como ciudadanos participantes de una sociedad influida por los avances en ciencias y tecnologías.</p>
Enfoque para la formación ciudadana ⁸	<p><i>Articulación de actividades y la idea de formación ciudadana:</i></p> <p>Se asocia con la incorporación del componente ciudadano en el diseño de algunas actividades.</p>	2	<p>Llama la atención la persistencia del componente ciudadano entre los comentarios y sugerencias del panel de expertos. Este es un elemento transversal en los dos contextos (escolar y científico) desde los cuales se piensa el diseño del material didáctico, cuya inclusión sugiere un mayor énfasis en algunas actividades.</p> <p>Esto permite reflexionar sobre la modificación de algunas consignas, de modo que pueda establecerse una relación con la formación ciudadana y las dimensiones de la NdC.</p>
Total comentarios		15	

⁸ Esta categoría no se originó a partir de los criterios considerados en la escala Likert sino de las impresiones de los expertos, por lo cual se construyó como un criterio nuevo.

En función de lo anterior, se halló que las observaciones y comentarios de los expertos sobre las preguntas abiertas se concentraron en los criterios de coherencia y cohesión, presentación del contenido biológico, gestión del aula, evaluación, y enfoque para la formación ciudadana. Particularmente, en el criterio de coherencia y cohesión se encontraron 5 categorías que sugieren refinar algunos detalles sobre el diseño de las actividades, por ejemplo, la depuración de algunas consignas, la vinculación entre actividades y la distribución del tiempo en la aplicación de actividades y de la secuencia. El criterio de presentación del contenido biológico también tuvo 5 categorías, cuyo énfasis se orientó hacia la relación del contexto científico-contenido biológico, la distribución de varios subtemas en la salida de campo y la inclusión de aspectos de la NdC que permitan vislumbrar el papel social de los científicos.

Por otra parte, en el criterio de evaluación resultaron 2 categorías que consideran perfeccionar los momentos de evaluación durante las actividades y la incorporación de un instrumento de autorregulación para el estudiante durante su proceso de aprendizaje, especialmente en aquellas actividades vinculadas con la salida de campo al laboratorio de diversidad biomolecular.

El criterio de enfoque para la formación ciudadana se originó a partir de los comentarios y observaciones del panel de expertos, en los cuales se destaca la idea de articular la formación ciudadana con el diseño de algunas actividades, de modo que éstas inviten al estudiante a tener un rol mucho más participativo en el marco del material didáctico y por tanto, a fomentar una visión más adecuada sobre la NdC y una actitud más positiva hacia las ciencias. Finalmente, el criterio de gestión del aula presentó 1 categoría que alude a mejorar la indicación al docente sobre la organización de los estudiantes al momento de desarrollar las actividades presentes en el material didáctico.

5.3 Fase 3. Reflexiones implicadas en el diseño del material didáctico

En este apartado se presentan algunas reflexiones derivadas de la toma de decisiones sobre el diseño y producción del material didáctico, a partir de los comentarios del panel de expertos en la fase de evaluación. En la Tabla 26 se expone con detalle la forma como se atendieron estos comentarios considerando los criterios de evaluación establecidos.

Tabla 26. Toma de decisiones sobre criterios de evaluación y preguntas abiertas.

Número	Comentarios de los expertos	Toma de decisiones para el rediseño del material didáctico
1	<p><i>Considero que existen algunos detalles que deben quedar más claros, por ejemplo, al leer la secuencia didáctica esperaba que en la actividad 3 se mencionará que antes de llevar a cabo la lectura se realizará la caracterización de los virus.</i></p>	<p>En esta actividad, que ahora se denomina “Actividad 4”, se optó por indicar en la consigna de la guía del estudiante que antes de iniciar la lectura sobre los virus se invita a llenar una tabla llamada “Características de los virus”, ésta se encuentra dividida en dos momentos: un momento 1 correspondiente al registro de ideas de los estudiantes sobre los virus antes de la lectura, y un momento 2, correspondiente al registro de ideas sobre los virus luego de la lectura y socialización de ideas al colectivo.</p> <p>Se hace énfasis en primero registrar las ideas sobre virus en el momento 1 dado que esto les permitirá a los estudiantes tener un referente para hacer una comparación al final de la actividad.</p> <p>Así mismo, en la guía del docente, específicamente en la descripción a profundidad de la actividad 4 se presentan orientaciones para realizar el llenado de la tabla en los dos momentos antes descritos.</p>
2	<p><i>En cuanto a la realización de la analogía no me queda claro algunas partes y a mi parecer está incompleta de acuerdo a los pasos que se proponen al momento de realizar una analogía.</i></p>	<p>Se decidió por incluir en la guía del docente un apartado muy detallado para la Actividad 5, que corresponde a la analogía de replicación viral. En ésta, se describe la intención de la analogía, los componentes de la analogía (elemento conocido/elemento desconocido) y las indicaciones de lo que se busca relacionar en cada paso de la analogía. También, se propone realizar la construcción de la analogía paso a paso de manera conjunta (docente y estudiantes), especificando lo que ocurre en cada paso y animando a los estudiantes a nombrar cada etapa de la analogía.</p> <p>En la guía del estudiante, esta actividad se encuentra dividida en dos secciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sección 1. Correspondiente a siete figuras que se recortarán para completar la analogía.

		<ul style="list-style-type: none"> Sección 2. Correspondiente a la ubicación de las figuras en cada paso de la analogía con base en las orientaciones del docente, asignando un nombre a cada etapa.
3	<p><i>La falta de un contexto sociocultural explícito para el desarrollo del concepto hace que la actividad científica continúe en un lugar preferencial de no cuestionarse.</i></p>	<p>Se decidió introducir la idea de la salida de campo al laboratorio de diversidad biomolecular como un contexto que permitiera ampliar las ideas sobre la NdC a través de las tres dimensiones de interés. Esto se especificó en la introducción de la guía del docente y en la carta al estudiante en su respectiva guía didáctica, de modo que la idea de la visita se tiene presente desde un primer momento como contexto para conocer a profundidad sobre la actividad científica.</p> <p>La inclusión de este contexto del laboratorio se ve reflejado en la incorporación de preguntas que buscan problematizar la actividad científica desde la actividad 1 (exploración) relacionada con el dibujo sobre los científicos, la actividad 6 (introducción) donde se invita a los estudiantes a pensar cómo creen que los científicos saben sobre la estructura y función de los virus y a comentarles que esto pretende ahondarse en la siguiente actividad que está vinculada con la preparación de la salida de campo. Las actividades posteriores (actividad 7-13) ya articulan de manera explícita el espacio del laboratorio y su relación con el contexto sociocultural, esto es, los impactos de la producción científica en la sociedad y las tres dimensiones de la NdC.</p>
4	<p><i>La redacción de los propósitos de las actividades no están pensados en términos de las habilidades del pensamiento y el aumento gradual en estas habilidades así como la coherencia de los objetivos propuestos con las actividades.</i></p>	<p>Para la guía del docente se reformularon los objetivos de las 13 actividades basados en las fases de Sanmartí. De esta manera, en las 3 actividades de exploración los propósitos se orientaron hacia la indagación y reconocimiento de ideas previas. En las 5 actividades de introducción los objetivos se vincularon con la presentación, comprensión y reflexión sobre las ideas de los virus y la NdC que se iban articulando en las actividades. En las 3 actividades de síntesis los objetivos se relacionaron con la salida de campo, de esta manera se propuso discutir ideas sobre la NdC en el contexto del laboratorio, elaborar producciones para comunicar los aprendizajes y compartir con los demás el capital cultural. Finalmente, en las 2</p>

		<p>actividades de aplicación los objetivos se fijaron en discutir la utilidad de los conocimientos sobre las dimensiones de la NdC en el contexto de los estudiantes.</p> <p>Por otro lado, en la guía del estudiante se reformularon los objetivos de las actividades buscando una coherencia con los objetivos indicados en la guía del docente y las consignas fueron clarificadas, de modo que las tareas propuestas pudieran estar en concordancia con el alcance de los propósitos.</p>
5	<p><i>El objeto de conocimiento (virus y bacterias) sigue estando muy lejano a la realidad de los jóvenes, en este sentido considero necesario aterrizar al contexto sociocultural la actividad del científico y en particular la relación de los virus con las comunidades.</i></p>	<p>Se optó por presentar información sobre la intención del contenido de los virus en el contexto de la salida que permitiera que los estudiantes anticipen sobre lo que sigue en las actividades. Esto se evidenció en la actividad 4,5 y 6 de la guía del estudiante, donde se invita a los estudiantes a pensar cómo creen que los científicos conocen tan detalladamente las estructuras virales y mecanismos de replicación cuando se finalicen las actividades, además de hacer énfasis en que las siguientes actividades pretenden ahondar sobre esto. Además, el contexto actual de pandemia es un contexto que permite hacer más evidente la importancia de estudiar los virus.</p>
6	<p><i>No se hace explícito en el diseño como evaluó en los estudiantes el aprendizaje esperado.</i></p>	<p>Se decidió incorporar en la guía del docente un apartado sobre orientaciones didácticas respecto a la evaluación de las actividades. Entendiendo que la evaluación de las actitudes se concibe como un proceso para la evaluación, es decir una evaluación formativa. De esta manera, se seleccionaron una serie de actividades que se consideran pertinentes para monitorear y analizar los aprendizajes de los estudiantes.</p> <p>En concreto, las actividades sugeridas para la evaluación del aprendizaje esperado son: 3 actividades de exploración, 2 actividades de introducción, 2 actividades de síntesis y 2 actividades de aplicación. Para cada una de ellas se comentan qué ideas de la NdC pueden evaluarse y cómo pueden valorarse las actitudes hacia la NdC.</p>

		Además, en la guía del docente se presenta una tabla (Tabla 3. Actividades planteadas para la evaluación) en la que el docente puede relacionar las ideas de NdC y las actitudes. Ésta es una referencia para ir monitoreando las actitudes de sus estudiantes y reconocer sus ideas sobre la NdC.
7	<i>Sería importante que el alumno pudiera centrarse en temas importantes para que la visita al laboratorio se aborde mejor como: contenidos, vida en el laboratorio, carrera científica, financiación de la investigación, etc.</i>	<p>Se optó por incluir elementos que ayuden a los estudiantes a pensarse preguntas para el colectivo de científicos del laboratorio de diversidad biomolecular en las actividades de la preparación de la salida de campo (actividad 7 y 8), en la guía del estudiante.</p> <p>En particular, en la actividad 7 se abarcaron algunas preguntas sobre la noticia de periódico que incluían las tres dimensiones de la NdC:</p> <p><i>Dimensión imagen de ciencias y características de los científicos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Según el texto, ¿qué relación encuentras entre las ciencias y la tecnología? • ¿Cómo crees que las investigaciones que se realizan en el laboratorio del científico permiten que el mundo se prepare para el futuro? • ¿Qué impactos positivos y negativos crees que resulten a la sociedad desde el trabajo que realizan en este laboratorio? <p><i>Dimensión metodología científica:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo crees que los científicos estudian los virus? <p><i>Dimensión comunidades científicas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo crees que se pagan las investigaciones para que puedan realizarse?, ¿Quién crees que las paga? • ¿Por qué crees que hay colaboración entre diversos científicos en el laboratorio? • ¿Por qué crees que los científicos comunican sus resultados a la sociedad? <p>Para la actividad 8 se consideraron las siguientes preguntas para motivar a los estudiantes a formular sus propias preguntas: <i>¿Quién crees que supervisa el trabajo</i></p>

		<p><i>de los científicos?, ¿Con cuáles virus crees que trabajan?, ¿Cómo crees que obtiene dinero para hacer investigación?.</i></p> <p>Con ellas, se invita entonces a formular preguntas para las tres dimensiones de interés sobre la NdC con la intención de que puedan ser formuladas al equipo de científicos durante la salida de campo.</p>
8	<p><i>En algunas actividades el tiempo de 40 minutos es insuficiente para poder llevarlas a cabo.</i></p>	<p>En la guía del docente se decidió especificar que hay autonomía para decidir si una actividad se aplica en su totalidad o solo se adaptan algunas secciones. Esto dependerá de factores institucionales, planificación curricular y el contexto de los estudiantes.</p> <p>En todo caso, se sugiere que el contenido del material didáctico puede plantearse como un proyecto en el currículo de ciencias, en caso de que los tiempos por sesión excedan las condiciones del contexto. Esto, partiendo de la base que este material no se implementó sino que se diseñó para que otros docentes puedan aprovecharlo en sus prácticas.</p>
9	<p><i>Está bien, extender la posibilidad de indicar al docente como actuar con la secuencia; si las 12 actividades van seguidas o la secuencia se trabaja, por ejemplo, cada 20 días.</i></p>	<p>Se incluyó la <i>autonomía curricular</i> en el material didáctico como un referente desde los lineamientos curriculares, en el cual se flexibiliza y se atienden los contenidos a trabajar. Esto es relevante dado que el docente tiene oportunidad de flexibilizar la cantidad de actividades para implementar, atendiendo a las necesidades e intereses particulares de sus estudiantes, además de que brinda posibilidades de negociación en los Consejos Técnicos Escolares (CTE).</p>
10	<p><i>Sería importante que hubiese una actividad que condujera al estudiante a reconocer de modo más profundo aspectos de la NdC. Introducir una actividad que pueda</i></p>	<p>La inclusión del capital cultural en la guía del estudiante y la guía del docente se consideró como una opción para atender al enfoque de formación ciudadana. Así pues, en la guía del estudiante se explica qué es el capital cultural y cómo se pretende movilizar en la actividad posterior a la salida de campo (actividad 10 y 11) a través de la elaboración de un cartel y la organización de un espacio para</p>

	<i>dar soporte a la práctica ciudadana de los estudiantes, esto es, promover un activismo al estudiante para que lleve a su comunidad lo que aprendió en la visita.</i>	<p>exponer este cartel a los demás estudiantes de la escuela. Se deja a consideración del docente la selección del espacio donde esto ocurra: en un salón de clases o bien, un espacio abierto como el patio/canchas.</p> <p>Simultáneamente, en la guía del docente se expone la intención de incorporar el capital cultural como mecanismo para construir ideas de la actividad científica, ampliando la percepción sobre ésta y promoviendo actitudes positivas hacia las ciencias.</p>
11	<i>El anexo 5 sirve para desarrollar la actividad de la analogía.</i>	<p>El anexo 5 hacía referencia a la lectura que se presenta actualmente en la Actividad 5. Para las actividades relacionadas con los virus, especialmente la analogía sobre replicación viral (actividad 5) sí se retoma la lectura para dar indicaciones a los estudiantes sobre los pasos que están involucrados en la replicación viral. Esto se especificó en la guía del estudiante y en la guía del docente, particularmente en la sección de orientaciones didácticas.</p> <p>Se incluyó también la modalidad de trabajo grupal para que los estudiantes puedan intercambiar ideas entre ellos con relación a la naturaleza y replicación de los virus.</p>
12	<i>Faltaron momentos para que los estudiantes debatieran sobre cómo se financia la investigación, quién controla el trabajo de los científicos y cómo sus acciones pueden impactar positiva y negativamente en la sociedad.</i>	<p>Se optó por ahondar en la faceta divulgativa de la profesión científica en las actividades posteriores a la salida de campo. Específicamente en las actividades 10, 11 y 12 donde se busca que los estudiantes puedan reconocer y compartir sus aprendizajes sobre la salida de campo, encaminados a una valoración positiva sobre esta actividad.</p> <p>En este sentido, se agregaron algunas preguntas en la actividad 10 de la guía del estudiante para que se pueda considerar algunos de los aportes de la profesión científica a la sociedad. Entre ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>¿Qué hacen los científicos?</i>,

		<ul style="list-style-type: none"> • <i>¿Cómo son los científicos?,</i> • <i>¿Por qué existe la colaboración entre científicos?,</i> • <i>¿Qué impactos positivos y negativos crees que resulten a la sociedad desde el trabajo que realizan en este laboratorio?</i>
13	<p><i>Problematizar el quehacer del científico en particular en el trabajo con Virus, asuntos de orden social, económico y quizás político que tienen incidencia</i></p>	<p>En las actividades 7-12 que se relacionan con los tres momentos de la salida de campo, el objeto de estudio del laboratorio (virus) se problematiza con mayor profundidad, articulándolo a las dimensiones de la NdC: <i>dimensión imagen de ciencias y características de los científicos, dimensión metodología científica y dimensión comunidades científicas.</i></p> <p>En las actividades 7 y 8 de la guía del estudiante (actividades vinculadas con la preparación previa a la salida de campo), se optó por presentar el contexto del laboratorio de diversidad biomolecular desde una infografía, una noticia de periódico sobre las investigaciones que se realizan en este laboratorio y un podcast sobre el director de este laboratorio. Seguidamente, se invitó a los estudiantes a especificar los aspectos llamativos y a formular preguntas que les gustaría hacerles a los científicos, con base en la información presentada.</p> <p>En la actividad 9 vinculada con el recorrido del laboratorio (durante) se decidió incluir una orientación al docente (en su respectiva guía) indicándole al estudiante que lleve consigo la ficha de trabajo donde planteó sus preguntas, esto con la intención de que pueda preguntarlas al equipo de científicos.</p> <p>En las actividades posteriores a la salida de campo, especialmente en las actividades 11 y 12 se retoman ideas sobre las dimensiones de la NdC trabajadas en actividades tales como la 1,2,3 y 8, que se relacionan con la presentación del contexto del laboratorio y la formulación de preguntas al colectivo de científicos de este lugar. Aquí, se buscó la reflexión sobre las impresiones de la salida y su incidencia en la construcción de conocimientos sobre la NdC y los virus.</p>

14	<i>Agregar un instrumento en el que los estudiantes puedan reconocer aspectos de las actitudes que se fueron construyendo en relación con las ciencias. Esto, promoviendo un reconocimiento de que los científicos de su país son tan buenos como los científicos de cualquier otro lugar.</i>	Se optó por incluir un cuestionario KPSI ⁹ en la guía del estudiante como instrumento para autorregular las actitudes hacia las ciencias en dos momentos: al inicio de las actividades (actividad 2) y al finalizar las actividades (actividad 13). Este instrumento tiene la particularidad de concentrar la atención en ideas sobre la producción científica a nivel nacional atendiendo las tres dimensiones de la NdC.
15	<i>Revisar errores de redacción e indicar claramente si la actividad será grupal, por equipo o individual.</i>	Se corrigieron errores ortográficos en la guía del docente y la guía del estudiante. En relación con la gestión del aula, en la guía del docente se brindaron orientaciones sobre la distribución de los estudiantes en la descripción de cada una de las actividades. Para la guía del estudiante se reestructuraron todas las actividades atendiendo una lógica específica: nombre y número de la actividad/ ficha de trabajo, especificaciones de la ficha de trabajo (descripción del objetivo, modalidad de trabajo, lugar de trabajo), consignas (instrucciones para desarrollar la ficha y espacio para resolver la ficha de trabajo) y una pequeña información sobre la siguiente ficha de trabajo.

Terminada la presentación de la respuesta que se dio a cada uno de los comentarios del panel de expertos, a continuación, se presenta el resultado de la última fase metodológica de este trabajo.

⁹ Un cuestionario Knowledge and Prior Study Inventory (KPSI) es un instrumento que permite que el estudiante se autoevalúe respecto a sus creencias sobre un objeto de estudio.

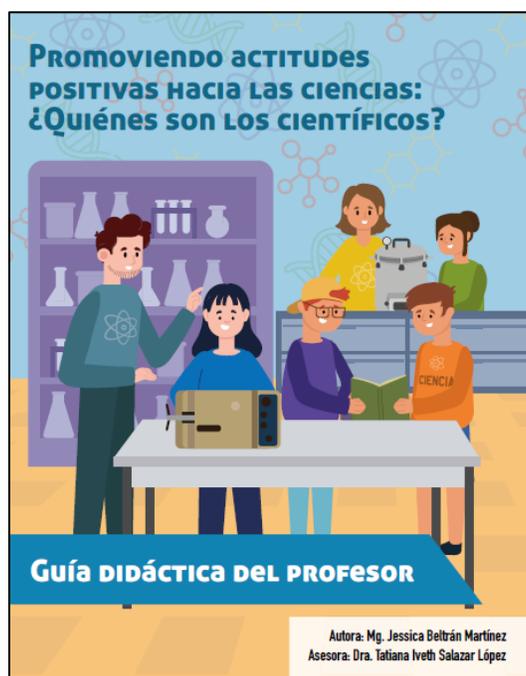
5.4 Fase 4. Rediseño del material didáctico

En este apartado se presenta el material didáctico que ha sido construido con base en los aportes de la literatura, el currículo, las ideas previas de los estudiantes y la revisión sistemática de los comentarios del panel de expertos. Es importante destacar que luego de reflexionar sobre la mirada de los expertos se construyeron dos productos: una guía dirigida al docente y una guía dirigida al estudiante. A continuación, se expone la estructura de cada una de éstas.

5.4.1 Guía del docente

La elaboración de esta guía atiende a una estructura en particular que se comenta con mayor detalle a continuación. En la figura 14 se puede apreciar la portada de la guía del docente.

Figura 14. Portada de la guía del docente.



En primer lugar, se presenta una introducción que indica los propósitos del material didáctico y las ideas de la NdC que se buscan movilizar a través de las actividades, para promover actitudes positivas hacia las ciencias, así como una fundamentación didáctica que incluye al modelo de planeación didáctica de Sanmartí (1997), la salida de campo desde el referente de Orion (1993), las actitudes hacia las ciencias desde el referente Pérez y Pro Bueno (2003), y la relación entre la NdC y las actitudes hacia las ciencias desde el análisis de ideas previas de un grupo de estudiantes de secundaria.

También, se delimitaron algunas relaciones con el currículo escolar indicando la importancia de la *autonomía curricular* para que el docente pueda tener flexibilidad en la implementación de las actividades considerando las necesidades del contexto. Por otro lado, se indican las ideas centrales que se movilizan en el material, así como algunas orientaciones sobre la evaluación sumativa y formativa.

Seguidamente, se describe la estructura de las actividades en tres partes:

- Parte 1: Se presenta un resumen de las actividades de toda la secuencia didáctica considerando sus fases de planificación, objetivos, tipo de actividad y tiempo estimado. La figura 15 describe la tabla con el resumen de algunas de las actividades que se encuentran en el material didáctico para el docente.

Figura 15. Resumen de actividades de la guía del docente.

PARTE 1 RESUMEN DE ACTIVIDADES					
Tabla 4. Esquematización general de las actividades del material didáctico.					
Fase	Característica de la fase	Número de actividad	Tipo de actividad	Objetivo de actividad	Tiempo estimado
Exploración	Identificación de ideas previas como punto de partida	1	Dibujo	Explorar ideas previas de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias.	40 min
		¿Cómo trabajan los científicos?	Pre-test tipo Likert	Explicitar el grado de interés hacia las ciencias y su estudio en un test tipo Likert.	
		2	Dibujo	Explorar las ideas previas de los estudiantes sobre los virus a partir de un dibujo.	40 min
	¿Cómo es un virus?	Aplicación KPSI	Establecer un punto de partida sobre las actitudes hacia la ciencia nacional a través de un cuestionario KPSI.		
	3	Cuestionario	Reconocer el nivel de conocimientos sobre los virus en los estudiantes.	40 min	
Explorando ideas sobre los virus	Juego Comecocos	Caracterizar la estructura de los virus que reconocen los estudiantes.			
Construcción de ideas iniciales sobre los virus	Construcción de ideas sobre la replicación viral.	4	Lectura (Cuestionario – Analogía)	Introducir ideas sobre los virus (estructura y función).	40 min
		5	Analogía sobre replicación viral	Comprender como se replican los virus dentro de la célula a través de una analogía.	40 min

- Parte 2: En esta sección se detallan los objetivos de las actividades y orientaciones didácticas para su implementación en función del modelo de planificación de Sanmartí (1997). La figura 16 ilustra esta sección de la guía del docente, donde también se indican los recursos e instrumentos clave que pueden acompañar los momentos de evaluación y reflexión.

Figura 16. Estructura de las actividades en la guía del docente.

Fase	Actividad 1 ¿Cómo trabajan los científicos?	
Fase de la secuencia	Objetivos: • Explorar ideas previas de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias. • Explicitar el grado de interés hacia las ciencias y su estudio en un test tipo Likert.	Objetivos esperados con la actividad
	Orientaciones para su implementación Organizados en el salón de clases, el docente invita a los estudiantes a plasmar en un dibujo las ideas que tienen sobre los científicos y la actividad que realizan. Para estimular el dibujo puede proponer algunas preguntas como: ¿Con qué y con quienes crees que trabaja el científico? ¿Cómo te imaginas el lugar de trabajo del científico? ¿Qué acciones realiza? El dibujo debe ir acompañado de una descripción, ya que esta permitirá tener más elementos para interpretar el dibujo y reconocer algunas visiones de los estudiantes sobre la actividad científica, su naturaleza. Para tener referencias que permitan analizar estos dibujos, le sugerimos revisar el texto: Ferrández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachaguz, A., Deia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias, 20(3): 477-482. Sugerimos revisar las páginas 479-482. Una vez realizada la representación de la actividad científica (dibujo), se sugiere que invite a los estudiantes a comentarlos. Durante la socialización usted puede proponer algunas preguntas para orientar la discusión, por ejemplo: ¿qué instrumentos incorporas en su dibujo?, ¿Usa algún lugar para representar a los científicos?, ¿Dibuja hombres y mujeres? Finalmente, se propone la aplicación de un test tipo Likert. Para la aplicación de este instrumento el docente comenta al grupo las instrucciones de llenado del material, en particular la escala Likert.	Recursos para desarrollar la actividad
	Recursos • Ficha de trabajo 1: Imaginando a los científicos • Ficha de trabajo 2: Test tipo Likert sobre actitudes hacia las ciencias.	
Orientaciones para desarrollar la actividad	Instrumentos Clave • Dibujos • Ficha de trabajo 2: Test tipo Likert	Instrumentos clave para documentación

- Parte 3. En esta sección se presenta un esquema con las actividades programadas para la salida de campo y la duración del recorrido en el laboratorio de diversidad biomolecular. La figura 17 ilustra un esquema con la programación de la salida.

Figura 17. Actividades sugeridas en la salida de campo para la guía del docente.

PARTE 3. SALIDA DE CAMPO AL LABORATORIO	
A continuación, presentamos un esquema general de actividades para la salida de campo:	
Tabla 22. Estructura general sobre la salida de campo.	
Tiempo	Actividad
30 min	Llegada de los estudiantes al Ciuvestar Monterrey y ubicación en el Salón de Seminarios.
	Encuentro de estudiantes y el científico con su equipo del laboratorio.
30 min	Se presenta el científico y su equipo de trabajo a los estudiantes de secundaria. Para esta introducción se tiene en cuenta los siguientes elementos: elección profesional, formación académica, la línea de investigación (los virus), la importancia de su estudio para la sociedad y los mecanismos de financiación para desarrollar proyectos investigativos.
	Actividad: Construcción de la estructura del virus.
30 min	Organizados en el salón de Seminarios, se les pedirá a los estudiantes conformar pequeños grupos de trabajo que estarán bajo la orientación y acompañamiento de los miembros del equipo del laboratorio, el científico y el docente.
30 min	Seguidamente, se entregará a los estudiantes una ficha de trabajo (ver Anexo 11) que contiene tres modelos de virus impresos: parvovirus, virus de la hepatitis y virus del papiloma. El docente y los científicos indicarán que los estudiantes pueden elegir un modelo de virus con el cual trabajar, y procederán a acompañar el proceso de armado.
30 min	Receso.
	Recorrido al laboratorio de Biodiversidad Molecular.
30 min	Se visitará el laboratorio del científico en tres subgrupos de estudiantes. Cada subgrupo estará a cargo de un miembro del equipo del científico para realizar el recorrido, que será de 10 min cada uno.
30 min	Durante el recorrido se hará énfasis en los instrumentos que utilizan los científicos pensando en que los virus son organismos nanoscópicos.
	Mientras un subgrupo está en el laboratorio los otros subgrupos restantes están en el salón de seminarios planteando nuevas preguntas en caso de que surjan (ver Anexo 10). En este tiempo se encontrarán acompañados del docente y algunos estudiantes del equipo del laboratorio.

Finalmente, se incluyen algunos materiales para el docente tales como las etapas y momentos de la analogía sobre replicación viral, presentaciones Power Point sobre ideas de virus y bacterias que se trabajan en actividades iniciales, enlaces a vídeos y un podcast, así como una guía con preguntas para realizar una entrevista semiestructurada a los estudiantes luego de la salida de campo.

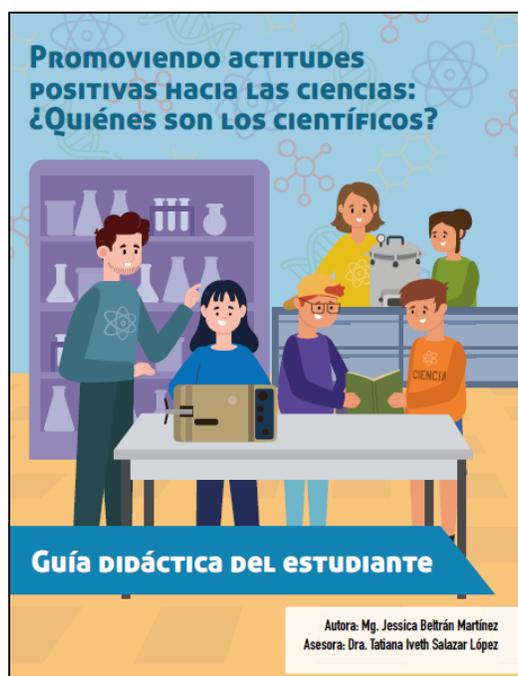
Para visualizar la guía del docente se puede ingresar al siguiente enlace: [Guía del docente](#)

En el siguiente apartado se describe la estructura e información que se incluyó en el diseño y producción de la guía del estudiante.

5.4.2 Guía del estudiante

La elaboración de esta guía atiende a una estructura en particular que se comenta con mayor detalle a continuación. En la figura 18 se puede apreciar la portada de la guía del docente.

Figura 18. Portada de la guía del estudiante.

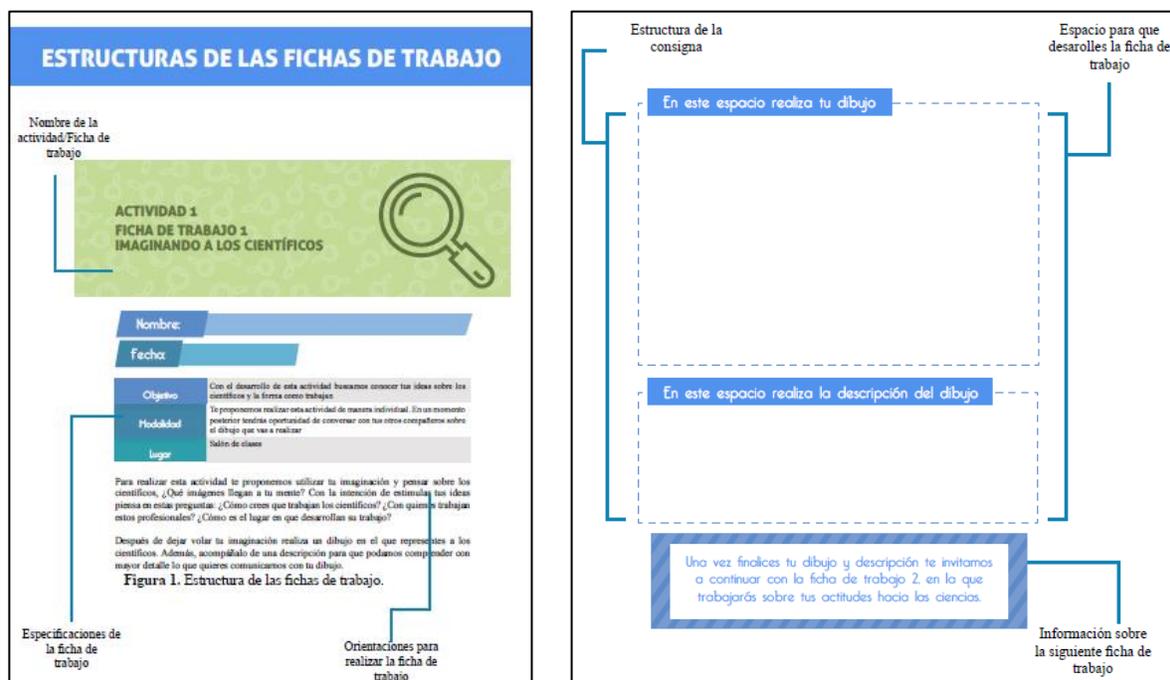


En primer lugar, se presenta una carta al estudiante que introduce los propósitos del material didáctico, así como la intención de las 13 actividades cuyo énfasis es trabajar ideas sobre las ciencias incluyendo una salida de campo a un laboratorio de diversidad biomolecular en el contexto local. Se resalta que las actividades propuestas son una posibilidad para ampliar las ideas sobre la NdC, permitiendo la construcción de una imagen de ciencias más acorde a un contexto real y promoviendo una actitud positiva hacia esta actividad.

También se introduce la idea de *capital cultural*, que se derivó de los comentarios del panel de expertos. Esta idea se presenta como la construcción de nuevos conocimientos por parte del estudiante desde el campo de la escuela y el campo del laboratorio que luego podrán ser compartidos a otros compañeros, familiares y amigos. Así mismo, se considera que el capital cultural es una apuesta que se vincula con la formación ciudadana dado que los estudiantes pueden valorar positivamente a nivel personal y social los avances en el campo científico para atender las necesidades de la sociedad.

Seguidamente, se presenta un esquema que describe la estructura de las fichas de trabajo con las cuales el estudiante trabaja (ver Figura 19).

Figura 19. Estructura de las fichas de trabajo en la guía del estudiante.



Las fichas de trabajo tienen la siguiente estructura:

- Nombre de la actividad / ficha de trabajo: Corresponde a la rotulación de la actividad y el número de la ficha de trabajo. El color indica la fase en que se encuentra la actividad (Sanmartí, 1997).
- Especificaciones de la ficha de trabajo: Corresponde a la descripción del objetivo de la actividad, la modalidad (grupal/individual) y el lugar donde se desarrolla la ficha de trabajo.
- Estructura de la consigna: Se refiere al cuerpo de trabajo de la ficha. Se encuentra dividida en tres secciones:

- Orientaciones para realizar la ficha de trabajo: Corresponde a las indicaciones para realizar la ficha de trabajo.
- Espacio para desarrollar la ficha de trabajo: Son los recuadros o espacios donde el estudiante desarrolla la ficha de trabajo.
- Información sobre la siguiente ficha de trabajo: Corresponde a la anticipación de la acción para la siguiente ficha de trabajo. En algunos casos puede recordar materiales o recursos necesarios para la siguiente actividad/ficha de trabajo.

Para visualizar la guía del estudiante se puede ingresar al siguiente enlace: [Guía del estudiante](#)

Con la presentación de estas dos guías didácticas se concluye el capítulo de los resultados. A continuación, se presenta el último capítulo de esta tesis, donde se exponen las conclusiones derivadas de la experiencia sobre el diseño y producción de un material didáctico para promover actitudes positivas hacia las ciencias.

Capítulo 6. Conclusiones

En este capítulo se exponen las conclusiones de esta tesis. A partir de las fases de diseño y producción del material didáctico y de sus respectivas implicaciones se hace necesario plantear algunas reflexiones finales. Para ello, en este apartado se abordan dos aspectos: las fortalezas y dificultades del diseño y producción de un material didáctico para promover actitudes positivas hacia las ciencias, y los aportes al proceso de formación docente y el ejercicio profesional en el aula.

6.1 Fortalezas, limitaciones y retos del diseño y producción del material didáctico

En relación con las fortalezas de la experiencia sobre el diseño y producción de un material didáctico pensado para promocionar actitudes positivas hacia las ciencias es posible considerar cinco elementos, que se exponen con mayor detalle a continuación:

1. *La apuesta por producir un material didáctico para promocionar actitudes positivas hacia las ciencias.*

Inicialmente, se tomó como referente los hallazgos de la literatura sobre el poco abordaje del componente actitudinal en las clases de ciencias (Hernández et al. 2011; Rodríguez, Jiménez y Caicedo, 2007), y la escasez de materiales para integrar este componente en la enseñanza de las ciencias dado el predominio de materiales como libros de texto, que terminan por reforzar el énfasis en el componente conceptual y consolidar visiones estereotipadas sobre la actividad científica. Con esto en mente, se pensó como un área de oportunidad la producción de un material didáctico que busca desde su planeación la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias que permita brindar orientaciones para ampliar ideas sobre la actividad científica, de modo que se puedan concebir unas ciencias al servicio de las necesidades humanas, que recibe influencia del contexto sociocultural y que pueden valorarse positivamente entre los estudiantes.

2. *Trabajar explícitamente ideas sobre la NdC en un material didáctico.*

La NdC es un contenido que no se suele incluir en los currículos de ciencias de manera explícita. Por el contrario, se trabaja implícitamente en contenidos vinculados con el método científico, las prácticas de laboratorio así como los trabajos prácticos, especialmente en los niveles de educación secundaria. Sumado a ello, la presentación de información en los libros de texto sobre las ciencias, el enfoque de transmisión-recepción, y la constante interacción

con factores externos como los medios de comunicación van consolidando una visión sobre la NdC y quienes trabajan en las ciencias, generando una incidencia en los conocimientos y las actitudes hacia éstas (García, Vázquez y Manassero, 2012).

De allí que se haya considerado como una fortaleza abordar la NdC de manera explícita en el diseño del material didáctico. Ésta se caracteriza por ser una metaciencia que se deriva de la historia, filosofía y sociología de las ciencias, haciendo que sea muy amplia. En este sentido, se optó por realizar unos recortes sobre tres dimensiones de interés para trabajarla: la *dimensión imagen de ciencias y características de los científicos*, la *dimensión metodología científica* y la *dimensión comunidades científicas*. Éstas fueron integradas de manera transversal, desde las actividades iniciales correspondientes a la fase de exploración hasta las actividades posteriores a la salida de campo, considerando además que su intención radica en aportar a la formación ciudadana de los estudiantes y ampliar las visiones sobre las ciencias para promocionar una actitud positiva hacia éstas (Callejas, Mendoza y Porras, 2012; Montserrat y Furió, 2007; Pedretti y Nazir, 2011).

3. La oportunidad de establecer una relación entre el campo científico y el campo escolar a través del laboratorio de diversidad biomolecular.

Resulta indispensable reconocer que el abordaje de la NdC en el material didáctico necesita de un contexto para que tenga sentido al momento de ser presentada al estudiante. Al respecto, Watanabe et al. (2016) han sugerido que para favorecer positivamente la construcción de conocimientos sobre las ciencias es necesario acercarse al contexto en el cual se desarrollan, es decir: los laboratorios, universidades y centros de investigación.

Bajo esta perspectiva y aprovechando la vinculación del programa de la maestría a un centro de investigación científica y tecnológica, se logró establecer un diálogo con el director del laboratorio de diversidad biomolecular de este mismo centro, para tener la disponibilidad de pensar este laboratorio como el lugar idóneo en el cual discutir las ideas de la NdC desde las tres dimensiones de interés. La apertura del laboratorio para colaborar con este proyecto fue un elemento sumamente valioso en la producción del material didáctico, especialmente en la planificación de actividades sobre las etapas de la salida de campo (Orion, 1993), puesto que facilitó la contextualización de la actividad científica a la población estudiantil a la que está dirigida, en puntos muy concretos: antes, durante y después de la salida.

Adicionalmente, se considera que esta cooperación permite concretar un acercamiento entre el campo científico y el campo escolar, visto como una forma novedosa y poco convencional de presentar la actividad científica al público escolar, además de reconocer la relevancia de los espacios de producción científica en el contexto sociocultural de los estudiantes y apostando a la posibilidad de ampliar las ideas sobre la NdC (Clark et al., 2016). El campo científico también se ve beneficiado de este acercamiento, puesto que el colectivo de científicos del laboratorio tiene la oportunidad de prepararse para comunicar a los estudiantes

cómo se desarrollan las investigaciones científicas y los aspectos que implican (financiación, recursos humanos, colaboración), resaltándose su participación como divulgadores de su quehacer.

4. La mirada externa de parte de expertos permite mejorar el diseño del material didáctico.

Este elemento fue una de las principales fortalezas en la experiencia del diseño y producción de un material didáctico para promover actitudes positivas hacia las ciencias, puesto que orientó gran parte del proceso de rediseño y derivó en la materialización de una guía para el docente, y una guía que no se había considerado inicialmente: la guía del estudiante.

La construcción del instrumento fue un punto muy valioso dentro del proceso de evaluación, pues allí se establecieron aquellos criterios a través de los cuales se buscó incorporar mejoras al diseño, éstos fueron: (i) presentación del contenido biológico, (ii) relación con el currículo, (iii) adaptación al nivel educativo, (iv) coherencia y cohesión de las actividades, (v) motivación e interés, (vi) gestión del aula y (vii) evaluación. Reconocer esta variedad de criterios ayudó a pensar los elementos que están implicados en el diseño de un material didáctico para promover actitudes positivas hacia las ciencias, y a incorporar nuevos criterios en caso de que surgieran de los comentarios de los expertos.

En este sentido, el proceso de evaluación del diseño inicial del material didáctico permitió identificar comentarios y observaciones de expertos que tienen amplios conocimientos y experiencias en el aula, en las salidas de campo a laboratorios de investigación científica y en la didáctica de las ciencias. Simultáneamente, se contó con la participación de un experto en el área disciplinar sobre virología durante el diseño inicial de actividades relacionadas con los virus y la planificación de la salida de campo. Este experto también se encargó de revisar los avances periódicos sobre esta propuesta y el proceso de rediseño del material didáctico.

Trabajar con ellos fue una oportunidad enriquecedora para mejorar el planteamiento de las actividades sobre el contenido disciplinar, repensar formas de integrar la NdC y las actitudes hacia estas, la incorporación de nuevos enfoques como el capital cultural y la formación ciudadana, así como la inclusión de orientaciones didácticas pensadas para el docente que se interese en la implementación de estas actividades, con la intención de promocionar actitudes positivas hacia las ciencias.

5. El material didáctico presenta un ejemplo concreto para pensar otras salidas de campo.

La construcción de este material se consideró como una gran fortaleza, puesto que presenta orientaciones a docentes que no tengan experiencias en el abordaje de contenidos

actitudinales en el aula y que estén interesados en implementar actividades de este tipo. En concreto, estas orientaciones ayudan a entender los constructos y elementos teóricos que fundamentan la propuesta de la salida de campo; en particular el esquema general y las fases de planeación de actividades desde el modelo de Sanmartí (1997), los tres momentos (antes, durante y después) y agentes sociales involucrados en una salida de campo a un laboratorio de investigación bajo el modelo de Orion (1993). Si se decidiera realizar una visita a otro laboratorio donde el área de investigación es diferente al que se presenta en esta propuesta, se puede optar por contextualizar al laboratorio desde los elementos teóricos descritos con anterioridad. En consecuencia, este ejemplo puede ser tomado como base para pensar otras salidas de campo de acuerdo con los intereses y necesidades del contexto educativo en que se encuentre el docente.

En relación con las limitaciones de la experiencia sobre el diseño y producción de un material didáctico pensado para promocionar actitudes positivas hacia las ciencias, es posible considerar tres elementos que se exponen con mayor detalle a continuación:

1. El contexto al que está pensado la salida de campo en el material didáctico.

El contexto donde se considera la salida de campo (zona metropolitana de Monterrey) restringe las posibilidades de que otras escuelas puedan implementar esta salida, ya que se diseñó para este espacio en particular. Así mismo, se concibe como limitante la apertura y disponibilidad de otros centros o laboratorios de investigación para realizar esta salida de campo, ya que como han reportado varios autores (Brown, 2018; Orion, 2003; Watanabe y Kawamura, 2017) estos espacios suelen estar restringidos al público en general y se necesita concentrar esfuerzos colectivos entre el campo escolar y científico para preparar una salida de campo, destacándose la planificación de la salida y lo que esto implica: considerar la disponibilidad del tiempo, gestionar permisos administrativos así como coordinar desplazamientos de la escuela al laboratorio.

2. La visita al laboratorio no es una garantía de que todos los estudiantes consoliden una actitud positiva hacia las ciencias.

Realizar la visita a un laboratorio de investigación no es una garantía que todos los estudiantes consoliden una actitud positiva hacia las ciencias. Sin embargo, ésta representa una apuesta por acercar el campo científico y escolar brindando una interacción directa con los científicos para ampliar sus ideas sobre la NdC, lo que podría considerarse como una experiencia significativa en el aprendizaje (Orion, 2003). Es importante reconocer que la consolidación de una actitud positiva hacia las ciencias no solo se ve influenciada por el componente cognitivo, es decir, los conocimientos hacia las ciencias, sino que también se

modula por otros factores como el componente afectivo, conductual, el entorno sociocultural, los medios de comunicación, la escuela y la familia (Gavidia, 2008; Kind, Jones y Barmby, 2007; Pelcastre, Gómez y Zavala, 2015).

Con esto en mente, se considera que una adecuada preparación basada en la organización temática (dimensiones de la NdC) y conceptual (objeto de estudio del laboratorio), además de la estructuración de actividades (antes, durante y después de la salida) podría promover una idea más clara sobre lo que se intenta alcanzar; esto es, ampliar ideas sobre la actividad científica con la intención de promover actitudes positivas hacia las ciencias.

3. La relación entre el currículo y la propuesta del material didáctico para el nivel educativo que se piensa.

La propuesta de esta tesis tuvo restricciones en cuanto a las relaciones curriculares para el nivel educativo que se pensó, dado que no se encontró explícitamente el contenido de virus o naturaleza de las ciencias en el plan de estudios de la SEP para el nivel de primero de secundaria. Esto podría generar una limitación en los docentes que se animen a implementar este material didáctico. Sin embargo, se considera que este tipo de contenidos también resultan relevantes en estudiantes de preparatoria, donde puede haber más profundidad en el nivel de conocimientos biológicos. Además, desde el currículo podría utilizarse la *autonomía curricular* como un elemento que brinde flexibilidad a la hora de seleccionar, adaptar e implementar las actividades del material didáctico considerando la planificación curricular, los intereses y las necesidades del contexto de los estudiantes.

Finalmente, sobre los retos de la experiencia sobre el diseño y producción de un material didáctico pensado para promocionar actitudes positivas hacia las ciencias es posible considerar tres elementos que se exponen con mayor detalle a continuación:

1. Movilizar la autonomía curricular como estrategia para establecer la relación entre el currículo y la propuesta del material didáctico.

Atendiendo a la limitación 3, se consideró que la *autonomía curricular* es un elemento para que el docente que busque implementar este material pueda utilizarlo de manera flexible. En particular, este elemento aporta al establecimiento de consensos entre las intenciones del material, la planificación curricular en la escuela, las necesidades de los estudiantes y la apuesta por fomentar el desarrollo personal y social haciendo uso de nuevos contenidos relevantes, locales y con miras a integrar los contenidos actitudinales en la enseñanza de las ciencias. De esta manera, se considera que un reto interesante es la implementación de esta propuesta como un proyecto en el currículo de ciencias, puesto que las actividades involucran

un trabajo colectivo entre varios agentes sociales: docentes, estudiantes, científicos, padres de familia y otros.

2. Poner en diálogo diversas perspectivas para la construcción del material didáctico.

Desde el campo del diseño gráfico se trabaja desde la idea de conectar con el lector a partir de las ideas más recurrentes, en este caso, las ideas sobre la actividad científica. Lo anterior implicó que cuando se estuviera desarrollando el diseño gráfico, las propuestas iban cargadas de ideas estereotipadas de la profesión científica. Considerando esto, la puesta en común de diferentes perspectivas provenientes de la literatura, la investigadora y el apoyo de profesionales de la comunicación visual fue un reto al momento de tomar decisiones para no presentar ideas estereotipadas a través del diseño gráfico del material didáctico.

Por otra parte, establecer diálogos entre el director del laboratorio y la investigadora para delimitar los contenidos conceptuales que serían incluidos en el material didáctico permitió integrar una mirada más compleja entre un profesional de las ciencias naturales y una profesional de la educación en ciencias. Sin duda, el reto se concentró en consensuar el nivel de profundidad con el cual se movilizan ideas sobre los virus, particularmente su naturaleza, estructura y replicación viral, al momento de diseñar las actividades del material didáctico. Esto también representó una oportunidad para invitar al director del laboratorio a pensar la introducción de ideas sobre la NdC, particularmente las tres dimensiones de interés.

3. El desafío del docente implementador para seleccionar los contenidos del material didáctico y la modalidad que considere pertinente trabajar.

La propuesta incluida en el material didáctico se considera un reto para el docente que busque implementarla en su totalidad, esto visto desde dos perspectivas: la selección de contenidos y la selección de la modalidad de implementación. Con relación a la selección de contenidos, se reconoce que integrar tantos conocimientos (ideas de la NdC y sus dimensiones, los virus, las actitudes hacia las ciencias) en varias actividades puede resultar complejo, por lo cual se resalta la autonomía como una alternativa para que el docente decida si se opta por trabajar articuladamente los contenidos temáticos y conceptuales, o si por el contrario, se opta por trabajar alguno de éstos.

Ahora bien, sobre la selección de la modalidad para la implementación es posible considerar dos formas: presencial y virtual. El material didáctico se diseñó y produjo para una implementación en modalidad presencial, sin embargo, dadas las condiciones actuales por la pandemia del COVID-19 y el hecho de que la educación se trasladó a entornos virtuales se generan implicaciones para pensar una implementación en modalidad virtual. Entre ellas, adaptar la salida de campo a través de plataformas virtuales, usando videoconferencia como mecanismo para realizar la visita al laboratorio y establecer la interacción entre estudiantes

y el equipo de científicos a través de las preguntas que se formularon en las actividades previas.

La investigación de Adedokun, Liu, Parker y Burgess (2015) ha reportado que este tipo de salidas virtuales puede estructurarse en cuatro momentos: (i) ingreso de los participantes a la plataforma virtual, (ii) segmentos pregrabados sobre el equipo de científicos, sus líneas de investigación y explicación de la relevancia social de su trabajo, (iii) actividades integradas para los participantes, y (iv) plenaria en vivo con los científicos, animando a los participantes a enviar sus preguntas.

Aunque esta modalidad no brinda la misma experiencia que una visita presencial, la estructura puede ser adaptada por el docente, representando una alternativa viable para proporcionar a los estudiantes la oportunidad de conocer el campo científico bajo las circunstancias actuales. Así mismo, resulta viable en la medida que se exentan los gastos de transporte, se reducen los trámites administrativos y se disminuye la logística para desplazar a los estudiantes a un laboratorio (Placing y Fernández, 2002).

No obstante, es pertinente considerar que la movilización de esta experiencia en la virtualidad puede estar estrechamente vinculada con la voluntad de los participantes y las posibilidades de conexión a Internet. Esta propuesta y sus posibles implicaciones virtuales se piensan desde un ejercicio de diseño, por lo cual es posible omitir factores personales y socioeconómicos de los estudiantes que inciden en la efectividad de la experiencia.

Considerando lo anterior, a continuación se finaliza describiendo algunos aportes del proceso de producción del material didáctico a la formación y ejercicio profesional docente.

6.2 Aportes del proceso de producción de un material didáctico en la formación y ejercicio profesional docente

El proceso del diseño y producción de un material didáctico que busca promover actitudes positivas hacia las ciencias, también aportó significativamente a la formación y ejercicio docente. En este apartado se destacan algunas reflexiones personales sobre esta experiencia:

1. La planeación como una práctica clave en la formación docente

En primer lugar, es importante resaltar la planeación como una práctica clave en la profesión docente. Esto implica reconocer que la planeación toma en consideración el conocimiento disciplinar y didáctico, que son resultado de su saber profesional, y también la experiencia docente. El conocimiento disciplinar es necesario ya que establecen el *saber qué* del docente,

es decir los marcos teóricos de referencia sobre las disciplinas científicas que enseña. Así mismo, es importante reconocer el conocimiento didáctico, asumido como el *saber hacer* del maestro, el cual comprende toda estrategia, formas y métodos de enseñar.

En consecuencia, el conocimiento del contexto también es relevante en la planificación. La propuesta del material didáctico evidenció que el abordaje de ideas sobre las tres dimensiones de la NdC adquiere sentido cuando se articulan con un contexto, en este caso, el contexto del laboratorio. Esto indica que la construcción de conocimientos sobre la NdC está influenciada no sólo por las actividades realizadas en el contexto escolar, sino que también la interacción entre el colectivo de científicos, los estudiantes y el docente durante la salida ayudan a ampliar las visiones sobre la actividad científica.

2. El proceso de planificación en el diseño demanda esfuerzos

En segundo lugar, los tiempos para llevar a cabo la planificación de un material didáctico que busca promover actitudes positivas hacia las ciencias representan un aspecto que se debe considerar. Esta propuesta derivó de un diagnóstico que se implementó en el aula, el cual tomó tiempo para analizar sus hallazgos y pensar el diseño de actividades que lograran promover actitudes positivas hacia las ciencias. Durante el ejercicio docente este tipo de circunstancias no suelen suceder porque implican mucho tiempo que normalmente se ocupa en actividades curriculares y extracurriculares. En este sentido, se cree que el material didáctico construido es una oportunidad para que los docentes puedan explorar nuevas propuestas derivadas de un ejercicio formativo que demanda de mucho tiempo para pensar, diseñar y planificar actividades que resulten novedosas y motivantes para los estudiantes.

3. El abordaje de contenidos actitudinales en materiales didácticos

En tercer lugar, es necesario repensar el lugar del contenido actitudinal en las aulas, el cual debe incorporarse desde el ejercicio de la planeación para buscar la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias por parte de los estudiantes. Durante la etapa diagnóstica en el aula se pudo identificar cómo la dinámica de la clase, el enfoque de transmisión-recepción y el predominio sobre el uso de libros de texto influenciaban en gran proporción la construcción de ideas estereotipadas sobre las ciencias y la consolidación de algunas actitudes negativas hacia éstas de parte de los estudiantes.

Esto hizo evidente la necesidad de abordar este tipo de contenidos en el aula, que no sólo apuntan a una valoración positiva a nivel personal y social de los avances en ciencias y tecnologías, sino que también aportan a la construcción de visiones más acordes sobre la NdC.

4. La evaluación del diseño por un grupo de expertos

En cuarto lugar, se destaca la participación de un grupo de expertos en el proceso de evaluación del diseño inicial del material didáctico. Esto fue relevante dentro del proceso formativo como docente ya que permitió tener una mirada más amplia sobre la complejidad de diseñar un material didáctico para promover actitudes positivas hacia las ciencias, además de reconocer los aportes de los elementos que se ven implicados, entre ellos: la didáctica de las ciencias, el conocimiento disciplinar sobre virus, la salida de campo a un laboratorio de investigación, las actitudes hacia las ciencias y las relaciones curriculares.

Para finalizar, es posible rescatar que este trabajo es una iniciativa para que los docentes en formación y en ejercicio se involucren en procesos de creación de sus propios materiales didácticos, dado que estos son fundamentales para avanzar sobre el modelo de transmisión-recepción. Además, esta experiencia particular sobre el diseño y producción de materiales didácticos que involucran el abordaje de contenidos actitudinales representa una iniciativa para continuar diseñando materiales didácticos que, desde la práctica profesional, se ajusten a las necesidades contextuales, educativas, disciplinarias, didácticas y pedagógicas.

Referencias bibliográficas

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3): 353–374.
- Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. En B. Fraser (Ed.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041–1060). Springer.
- Acero, K., de la Rocque, L., Cabral, I., Milton, O. (2011). Historietas usadas en el proceso enseñanza-aprendizaje: el pensamiento de los niños de primaria con relación a la hanseniasis (lepra). *Revista de Educación en Biología*, 35–48.
- Adedokun, O. A., Liu, J., Parker, L. C., y Burgess, W. (2015). Meta-analytic evaluation of a virtual field trip to connect middle school students with university scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 91-102.
- Albarracín, D., Johnson, B. y Zanna, M. (2005). Attitudes: introduction and scope. *The Handbook of Attitudes* (p. 4). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Alsop, S., Hanson, J., y Watts, M. (1998). Pupils' Perceptions of Radiation and Radioactivity: The Wary Meet the Unsavoury *School Science Review*, 79 (289): 75–79.
- Afanador, H. (2014). Actitudes hacia la ciencia y grado de motivación en estudiantes adultos de secundaria de educación distrital formal. *Revista científica*, (18), 34–49.
- Afanador, H. A., & Mosquera, C. J. (2012). Valoración de las actitudes hacia la ciencia y actitudes de la biología en educación secundaria. *Revista Bio-grafía: Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 5(8), 32–49.
- Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 1–17.
- Ajzen, I. (2012). The theory of planned behavior. En P. A. M. Van Lange, A. W. Kruglanski y E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of Theories of Social Psychology* (pp. 438-459). New York: Sage.
- Allen S. (2004) Designs for Learning: Studying Science Museum Exhibits That Do More Than Entertain. *Science Education* 88(1), 17-33.
- Archer, L., Dewitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). “Doing” science versus “being” a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren’s constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, 94(4), 617–639.
- Argamon, S., Dodick, J., y Chase, P. (2008). Language use reflects scientific methodology: a corpus-based study of peer-reviewed journal articles. *Scientometrics*, 75(2): 203–238.
- Ayala-López, M. A. (2014). Consideraciones técnico-pedagógicas para elaborar y evaluar materiales didácticos. *Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo*. Disponible en:

- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. Madrid: Ediciones Akal.
- Barmby, P., Kind, P. y Jones, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30 (8): 1075-1093.
- Beltrán, M. (2010). Una cuestión socio-científica motivante para trabajar pensamiento crítico. *Zona Próxima*, 12, 144–157.
- Beltrán, J. (2017). *Diseño y producción de una historieta como material didáctico para la formación de actitudes relacionadas con la ciencia desde el abordaje de asuntos sociocientíficos*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Bourdieu, P. (2003). *Cuestiones de sociología* (No. 166). Ediciones AKAL.
- Brandon, R. (1994). Theory and experiment in evolutionary biology. *Synthese*, 99 , 59–73.
- Briñol, P., Horcajo, J., Becerra, A., Falces, C., y Sierra, B. (2002). Cambio de actitudes implícitas. *Psicothema*, 14 (4), 771 – 775.
- Brown, K. (2018). The effects of a university research reactor’s outreach program on students’ attitudes and knowledge about nuclear radiation. *Research in Science and Technological Education*, 36(4), 484–498.
- Buendía, L; Colás, M; y Hernández, F (2000). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. España. Mc Graw-Hill.
- Byrne, J. (2011). Models of Micro-Organisms: Children’s knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1927-1961.
- Byrne, J., Grace, M., & Hanley, P. (2009). Children's anthropomorphic and anthropocentric ideas about micro-organisms: *Educational research. Journal of Biological Education*, 44(1), 37-43.
- Campo, T. y Gomes, E. (2009). Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos. *Editorial EOS*. 275-300.
- Campos, G. y Lule, N. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. *Revista Xihmai*, 7 (13). 45-60.
- Caramello, G. W., Strieder, R. B., Watanabe, G., & Munhoz, M. G. (2010). Articulação Centro de Pesquisa: Escola Básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(1)(3), 1–9.
- Carreño, A. J. (2014). Elementos de la Naturaleza de Ciencia y la Tecnología (NdCyT) para Formación Continua de Docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (Extra), 142–150.
- Casales, J. C. (1989). *Psicología social, Contribución a su estudio*. La Habana, Cuba: Editorial de Ciencias Sociales.
- Casanova, M. A. (1998). *La evaluación educativa, Escuela básica*, México, SEP (Biblioteca para la actualización del Maestro).

- Cervantes, E. y Gutiérrez, P. (2014). Actitudes de los estudiantes de bachillerato ante la educación científica. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Juárez (México).
- Chaiken, S. (2001). Attitude Formation: Function and Structure. En N. J. Smelser y P. B. Baltes (Eds.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 899 - 905. Oxford: Pergamon.
- Clark, G., Russell, J., Enyeart, P., Gracia, B., Wessel, A., Jarmoskaite, I., ... Roux, S. (2016). Science Educational Outreach Programs That Benefit Students and Scientists. *PLoS Biology*, 14(2): 1–8.
- Coburn, W. y Aikenhead, G. (1998) Cultural Aspects of Learning Science. In: Fraser, B. y Tobin, K. (eds) *International Handbook of Science Education*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Cobo, C., Abril, A. M., & Romero, M. (2020). Indagación reflexiva e historia de la ciencia para construir una visión adecuada sobre la naturaleza de la ciencia en formación inicial de profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (48), 13–31.
- Coll, C., Pozo, J., Sarabia, B., y Valls, E. (1994). Los contenidos de la reforma “Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes”. Madrid, España: Ediciones Santillana S. A.
- Concannon, C. y Grenon, M. (2016). Researchers: share your passion for science! *Biochem Soc Trans.* 44(5): 1507–1515.
- Correa, F. E., Espinoza-Romo, A. V., Villanueva, A. D. los Á., García, T., & García y Barragán, L. F. (2017). ¿Cómo valoran los adolescentes a la ciencia y a los científicos? Análisis desde una aproximación metodológica mixta. *Caleidoscopio - Revista Semestral de Ciencias Sociales y Humanidades*, 21(37), 55–74.
- Creswell, J. W. (2009). Research design: Qualitative and mixed methods approaches. *London and Thousand Oaks: Sage Publications*.
- Cruz, X., Martínez, G., & López, S. (2017). Actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria. *XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa*, 1–16.
- Daza, S. (2011). Imagen de la ciencia y la tecnología entre los estudiantes iberoamericanos. En: C. Polino (comp.), *Los estudiantes y la ciencia. encuesta a jóvenes iberoamericanos*. Buenos Aires: Observatorio CTS, OEI.
- Delgado, C. (2009). Development of a research-based learning progression for middle school through undergraduate students' conceptual understanding of size and scale (Unpublished doctoral dissertation). University of Michigan, Ann Arbor.
- de Pro Bueno, A. (2003). La construcción del conocimiento científico y los contenidos de Ciencias. En: *Enseñar ciencias*. Graó, 33-54.
- De Pro, A. y Pérez, A. (2014). Actitudes de los alumnos de Primaria y Secundaria ante la visión dicotómica de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3): 111–132.
- Del Toro R., Morcillo J.G. (2011) Las actividades de campo en educación secundaria. Un

- estudio comparativo entre Dinamarca y España. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra 19(1), 39-47.
- Dewaters, J. y Powers, S. (2006). Improving science literacy through project-based K-12 outreach efforts that use energy and environmental themes. *ASEE Annual Conference and Exposition*: 11-738.
- Diamond, A. M. (2008). Economics of science. In S. N. Durlauf & L. E. Blume (Eds.), *The new palgrave dictionary of economics* (2nd ed., pp. 328–334). Basingstoke, Hampshire: Palgrave.
- Dodick, J., Argamon, S., y Chase, P. (2009). Understanding scientific methodology in the historical and experimental sciences via language analysis. *Science & Education*, 18: 985–1004.
- Domínguez, S. (2013). Campos de significación de la actividad científica en estudiantes universitarios. *Perfiles Educativos*, 35(140): 28-47.
- Dörnyei, Z. y Ottó, I. (1998). Motivation in Action: A Process Model of L2 Motivation. *Working Papers in Applied Linguistics*, 4: 43–69.
- Driver, R., Leach, J., Miller, A., y Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Bristol,PA: Open University
- Durango Zapata, M. L. (2012). *La microbiología en la escuela: una experiencia didáctica aplicada a séptimo grado de educación básica*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia.
- Eagly, A. H., y Chaiken, S. (1998). Attitude structure and function. In D. T. Gilbert, S. T. Fiske, & G. Lindzey (Eds.), *The handbook of social psychology*. 1: 269–322. New York: McGraw-Hill.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories. En *Science and Education*.
- Espinoza-Romo, A. V., García y Barragán, L. F. y Correa, F. E. (2016). *Medición de las actitudes hacia la ciencia. Lógica, teoría de la argumentación y filosofía de la ciencia*. 5to Congreso Internacional de Ciencias Sociales en el Sureste Mexicano. Cancún (México).
- Falk, J. H., & Balling, J. D. (1982). The field trip milieu: Learning and behavior as a function of contextual events. *Journal of Education Research*, 76, 22- 28.
- Fensham, P. J. (2004). Beyond Knowledge: other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education. En: R. M. Janiuk y E Samonek-Miciuk. (eds.): *Science and Technology Education for a Diverse World - Dilemmas, Needs and Partnerships*, International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XITH Symposium Proceedings.
- Fernández, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències

Experimentals. Universitat de València.

- Fernández, L. (2007). ¿Cómo se elabora un cuestionario?. *Butlletí LaRecerca*. Universidad de Barcelona. 1-9. ISBN: 1886-1946.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3): 477-488.
- Fernández, I., Gil, D., Valdés, P., Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos?. En: ¿Cómo promover el interés por la cultura científica?. *Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe*. 29-62.
- Fiske, S y Dupree, C (2014). Gaining trust as well as respect in communicating to motivated audiences about science topics. *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 111(4):13593–13597.
- Fullan, M. (2001). *The new meaning of educational change (Third Edition)*. New York, NY: Teachers College Press.
- Gair N.P. (1997) Outdoor education. Theory and Practice. London and Wellington: Cassel.
- Gairín, S. (1990). Las actitudes en la educación, un estudio sobre Educación Matemática. España: Editorial Boixareu Universitaria.
- García, T. (2003). El cuestionario como instrumento de investigación / evaluación. *Centro Universitario Santa Ana*. 2-23. Disponible en: http://www.univsantana.com/sociologia/El_Cuestionario.pdf
- García-Carmona, A., Vázquez, A., & Manassero, M. A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia : análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 23–34.
- García Ruiz, M. y Sánchez, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles Educativos*, 28(114): 61-89.
- García, A. Vázquez, A.A., Manassero, M.A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1): 23-34.
- Gavidia, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (22): 53-66.
- Gemme, B., y Gingras, Y. (2012). Academic careers for graduate students: A strong attractor in a changed environment. *Higher Education*, 63(6), 667–683.
- Gibson, H. L., y Chase, C. (2002). Longitudinal Impact of an Inquiry-based Science Program on Middle School Students' Attitudes toward Science. *Science Education*, 86(5): 693–705.
- Gil, B. M. y Manzanal, R. F. (2016). El concepto de bienestar animal en el currículo de Secundaria Obligatoria y en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2): 301–314.

- Gochros, H. (2005). Interviewing. *Social work research and evaluation: Quantitative and qualitative approaches*, 7, 245-270.
- Gordillo, L. (2017). Microorganismos en la escuela: diseño de una propuesta didáctica mediante investigación dirigida. *Universidad de Sevilla*.
- Griffiths, A. y Preston, K. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6): 611-628.
- Guerra, M., Balderas, R., Benavides, A., Rentería, Y. (2014). Educación en ciencias: ¿Qué aporta para la formación de los ciudadanos del siglo XXI?. *Revista educ@rnos*, 4(12-13): 97-116.
- Guerra, M.T., Jiménez, M.P. (2011). ¿Qué se necesita para enseñar ciencias?. En A. Adúriz-Bravo et al (Ed.), *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI* (129-157). México D.F, México: Secretaría de Educación Pública.
- Guerra Ramos, M. T., y López Valentín, D. M. (2011). Las actividades incluidas en el libro de texto para la enseñanza de las ciencias naturales en sexto grado de primaria: análisis de objetivos, procedimientos y potencial para promover el aprendizaje. *Revista mexicana de investigación educativa*, 16(49), 441-470.
- Hanson, N. R. (1977). Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia. *Observación y Explicación*, Madrid, Alianza.
- Hellgren, J. M. y Lindberg, S. (2017). Motivating students with authentic science experiences: changes in motivation for school science. *Research in Science and Technological Education*, 35(4), 409-426.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. Quinta Edición Mcgraw-Hill. *Ultra, México*, 418-439.
- Hernández, V., Gómez, E., Maltes, L., Quintana, M., Muñoz, F., Toledo, H., Riquelme, V., Henríquez, B., Zelada, S. y Pérez, E. (2011). La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en alumnos de Enseñanza Básica y Media de la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos-Chile. *Estudios Pedagógicos*, 37(1): 71-83.
- Hunt M. (1997) *How science takes stock: The story of meta-analysis*. Nueva York: Russell Sage Foundation.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N, y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1): 45-59.
- Kind, P., Jones, K. y Barmby, P. (2007). Developing attitudes towards science Measurements. *International Journal of Science Education*, 29 (7), 871-893.
- Johanson-Mardones, D.F. (2017). Investigación cualitativa y educación: Tensiones en su propuesta, desarrollo, escritura y publicación. *Enfermería: Cuidados Humanizados*, 6 (especial), 83-88.
- Jones, M., Gardner, G., Taylor, A., Forrester, J. y Andre, T. (2012). Students' Accuracy of

- Measurement Estimation: Context, Units, and Logical Thinking. *School Science and Mathematics*, 112 (3): 171-178.
- Jones, A., Chang, A., Carter, R., y Roden, W. (2019). Impacts of Hands-On Science Curriculum for Elementary School Students and Families Delivered on a Mobile Laboratory. *JSO*,2(1).
- Karpa, K., Vakharia K., Caruso, C., Vechery, C., Sipple, L., Wang, A (2015). Medical student service learning pro- gram teaches secondary students about career opportunities in health and medical fields. *Advance in physiology education*, 39(4):315–319.
- Keselman, A., Kaufman, D. R., Kramer, S., y Patel, V. L. (2007). Fostering conceptual change and critical reasoning about HIV and AIDS. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(6), 844-863.
- Khishfe, R., y Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- King, H., y Glackin, M. (2010). Supporting Science Learning in Out-of-school Settings. En *Good Practice In Science Teaching: What Research Has To Say: What research has to say*, 259.
- Kisiel J. (2005) Understanding elementary teacher motivations for science fieldtrips. *Science Education* 89(6), 936-955.
- Kompella, P., Gracia, B., LeBlanc, L., Engelman, S., Kulkarni, C., Desai, N., ... Clark, G. (2020). Interactive youth science workshops benefit student participants and graduate student mentors. *PLoS biology*, 18(3), e3000668.
- Krepel W.J., Durrall C.R. (1981) Field trips: A guideline for planning and conducting educational experiences. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Knorr-Cetina, K. (1999). Epistemic cultures: How the sciences make knowledge . Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4): 331-359.
- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. *Handbook of Research on Science Education*, 2: 831–879.
- Lohrmann, C., Välimäki, M., Suominen, T., Muinonen, U., Dassen, T., & Peate, I. (2000). German nursing students' knowledge of and attitudes to HIV and AIDS: two decades after the first AIDS cases. *Journal of Advanced Nursing*, 31(3), 696-703.
- Lolas, F. (1998). Bioética: el diálogo moral en ciencias de la vida. *Colección Orientaciones en Ciencia, Tecnología y Cultura*. Editorial Universitaria.
- Maldonado, J. (2016). La ciencia y la tecnología: su importancia en la vida cotidiana.

- Manassero, M. y Vázquez, A. (2001). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (20), 15 – 27.
- Manassero, M. A., & Vázquez, Á. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 1–17.
- Marques, L. (2006). Educação em Ciência: Potencialidades dos Ambientes Exteriores à Sala de Aula (AESAs). Lição de Síntese. Provas de Agregação. Universidade de Aveiro. Aveiro.
- Martínez, H. (2016). Virus: ¿Qué son? ¿Qué hacen? Una pequeña introducción al mundo de los virus. *Biol. on-line*, 5(22): 1-13.
- Martínez, L. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné Episteme y Didaxis*, (36), 77-94.
- Martínez, W. (s.f.). Antecedentes y desafíos de la experimentación animal en Colombia, Págs. 1–4.
- Martínez, L., y Parga, D. (2013). La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Góndola*, 8(1): 23–35.
- Martínez Losada, C. y García Barros, S. (2003). Las actividades de primaria y ESO incluidas en libros escolares. ¿Qué objetivos persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan?. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2): 243-264.
- Mason, M., Ouellette, K., Sparks, S. (2018) Programming Where the Kids Are: An informal STEM series at day- camps to improve attitudes toward science and engineering. *JSO*; 1: 1–11.
- McComas, W. (1996). Ten Myths of Science: Reexamining What We Think We Know about the Nature of Science. *School Science and Mathematics*, 96 (1): 10–16.
- Membriela, P. (2002). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. En: Membriela P. Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología. Editorial: Narcea. 91-103.
- Molina, M., Carriazo, J., & Casas, J. (2013). Estudio transversal de las actitudes hacia la ciencia en estudiantes de grados quinto y undécimo. Adaptación y aplicación de un instrumento para valorar actitudes. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 33(1), 103–122.
- Montero, M., (Coord.). (1994). *Construcción y crítica de la psicología social*, Barcelona, España: Anthropos.
- Mora, W.(2012). Ambientalización Curricular en la Educación Superior: Un estudio Cualitativo de las Ideas del Profesorado. *Profesorado*, 16(2): 77-103.
- Morales, V. (2006). *Medición de actitudes en psicología y en educación*. España: Gráficas ORGAM.
- Moreira, M. (1994). Los medios y materiales impresos en el currículum. En *Para una*

tecnología educativa.

- Navarro, M. y Förster, C. (2012). Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria: comparaciones por sexo y nivel socioeconómico. *Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 49(1): 1-17.
- Neumann, K., Fischer, H., y Kauertz, A. (2010). From PISA to Educational Standards: The Impact of Large-Scale Assessments on Science Education in Germany. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8 (3): 545–563.
- Nogueira, M. A. (2004). Um Estado para a sociedade civil. *Temas éticos e políticos da gestão democrática*. São Paulo: Cortez, 88-105.
- Oliva, J. M., Matos, J., Bueno, E., Bonat, M., Domínguez, J., Vázquez, A. y Acevedo, J. (2004). Las exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (3), 425 – 440.
- Orion N. (2001). A educação em Ciências da Terra: da teoria à prática-implementação de novas estratégias de ensino em diferentes ambientes de aprendizagem, pp. 93-114 en Marques L., Praia, J. (Coords.) *Geociências nos currículos dos ensinos básico e secundário*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Orion, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6): 325–331.
- Orion, N. (2003). The outdoor as a central learning environment in the global science literacy Framework: from theory to practice. In: Mayer, V. (Ed.) *Implementing Global Science Literacy. Earth Systems Educational Program*. The Ohio State University. Ohio. 53-66.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1991b). Factors which influence learning ability during a scientific field trip in a natural environment. Proceedings of the annual convention of the National Association for research in Science Teaching, Fontana, IL.
- Ortiz, H., y Rodríguez, D. (2015). Unidad Didáctica; Actitudes hacia la ciencia: la imagen del científico, una propuesta de autorregulación. *Bio – grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición Extraordinaria: 1371-1388.
- Parcerisa A, Alsina J, Comalat M, Félez B, Giné N, Gros B, Muñoz F, Lleixa T (1996). *“Materiales para la docencia universitaria”*. Ediciones Octaedro, S.L. Barcelona.
- Pedretti E. (2003) Teaching science, technology, society and environment (STSE) education: Preservice teachers’ philosophical and pedagogical landscapes, pp. 219-239 en Zeidler D.L. (Ed.) *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Peláez, A., Rodríguez, J., Ramírez, S., Pérez, L., Vázquez, A., Gonzalez, L. (s.f.). Entrevista. 1-15.
- Pelcastre, L., Gómez, A., & Zavala, G. (2015). Actitudes hacia la ciencia de estudiantes de educación preuniversitaria del centro de México. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 475–490.

- Peña, C., & Faúndes, N. (2019). Introducción a la Virología I. *Boletín Micológico*, 33(2): 10-16.
- Petrucci, D. (2017). Visiones y actitudes hacia las ciencias naturales: consecuencias para la enseñanza. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 12(1), 29-42.
- Pérez, A., & de Pro Bueno, A. (2018). Algunos datos sobre la visión de los niños y de las niñas sobre las ciencias y del trabajo científico. *iQual. Revista de Género e Igualdad*, 1, 18-31.
- Petty, R. E. y Briñol, P. (2012). The elaboration likelihood model. En P. A. M. Van Lange, A. W. Kruglanski y E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of Theories of Social Psychology* (pp. 224-245). New York: Sage.
- Pozo, I. (2000). *Aprendices y maestros, la nueva cultura del aprendizaje*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Polino, C. (2012). Las Ciencias en el Aula y el Interés por las Carreras Científico-Tecnológicas: Un análisis de las expectativas de los alumnos de nivel secundario en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58, 167-191.
- Portocarrero, E., & Barrionuevo, C. (2017). Actitud hacia la ciencia y experiencia investigativa en estudiantes de secundaria. *Opción*, 33(84), 191-217.
- Prendes, M. P., & Solano, I. (2004). *Herramienta de evaluación de material didáctico impreso*. 61-88.
- Prieto, L. y Vera, M. (2008). Actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria. *Psychologia Avances de la disciplina*, 2(1): 133-160.
- Prislin, R. y Crano, W. D. (2010). Attitudes and attitude change: the fourth peak. En W. D. Crano y R. Prislin (Eds.), *Attitudes and Attitud Change: Frontiers os Social Psychology* (pp. 3-18). New York: Psychology Press
- Pujalte, A., Bonán, L., Porro, S., Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciência & Educação, Bauru*, 20, (3): 535-548.
- Pujalte, A., Gangui, A., Adúriz-Bravo, A. (2012). “La ciencia en los cuentos”: análisis de las imágenes de científico en literatura juvenil de ficción. *Ciencia ergo sum*, 19(3): 261-270.
- Quintana, J. L. Bujardón, A. (2002). Estudios para una visión prospectiva de la educación superior. *Humanidades Médicas*, 2(4).
- Racaniello, V. (2019). Viral reproduction and replication. *Virology blog*. Tomado de: <https://www.virology.ws/2019/07/27/viral-reproduction-and-replication/>
- Ramírez, I., Sanabria, C., Villacorta, R., & Gallardo, G. (2016). Estudio sobre actitudes e intereses científicos en bachilleres de los colegios Sagrado Corazón de Jesús y San Agustín. *Ventana Científica*, 7(12), 1-8.

- Ramos, M. H., Ramos, M. F. y Romero, E. (2003). Cómo escribir un artículo de revisión. *Revista de postgrado de la VIa Cátedra de Medicina*, 126: 1-3.
- Ratcliffe, M. y Grace, M. (2003). Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues. *Maidenhead*: Open University Press.
- Raved, L., y Assaraf, O. B. Z. (2011). Attitudes towards science learning among 10th-grade students: A qualitative look. *International Journal of Science Education*, 33(9), 1219–1243.
- Rebelo, D., Marques, L., & Costa, N. (2011). Actividades en ambientes exteriores al aula en la Educación en Ciencias: contribuciones para su operatividad. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1): 15–25.
- Resnik, D. (2007). *The price of truth*. New York: Oxford University Press.
- Robottom, I. (2012). Socio-scientific issues in education: Innovative practices and contending epistemologies. *Research in science education*, 42(1): 95-107.
- Rodríguez, A. y Seoane, J. (1989). Creencias, Actitudes y Valores. En J. Mayor y J.L. Pinillos: *Tratado de Psicología General* (Vol. 7). Madrid: Alhambra.
- Rodríguez, M. (2021). *El desarrollo de la observación científica en el preescolar a través de una secuencia didáctica sobre la morfología de las plantas de la escuela*. Cinvestav Unidad Monterrey, México.
- Rodríguez, W., Jiménez, R., y Caicedo-Maya, C. (2007). Protocolo de actitudes relacionadas con la ciencia: adaptación para Colombia. *Psychologia. Avances de la disciplina*, 1(2): 85-100.
- Rogers, G., y Bouey, E. (2005). Participant observation. *Social work: Research and evaluation. Quantitative and qualitative approaches*, 231-244.
- Romero, M. y Vázquez, Á. (2013). Investigando dragones : una propuesta para construir una visión adecuada de la Naturaleza de la Ciencia en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 85–99.
- Saavedra, B y Ovalle, C. (2013). Las actitudes en la enseñanza aprendizaje de la biología. Una mirada desde la práctica pedagógica. *Bio-grafía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, extra: 311-319.
- Sanmartí, N. (1997). Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones. 1-17.
- Saris, W. E., & Gallhofer, I. (2007). Estimation of the effects of measurement characteristics on the quality of survey questions. In *Survey research methods*, 1, (1). 29-43.
- Schreiner, C. y Sjøberg, S. Sowing the seeds of ROSE: background, rationale, questionnaire development and datacollection for ROSE (The Relevance of Science Education): a comparative study of students' views of science and science education. *Acta Didactica, Oslo*, (4):1-120.
- Schwab, J. J. (1962). *The teaching of science as inquiry*. Cambridge, MA: Harvard University

Press.

- Schwartz, R., y Lederman, N. (2008). What Scientists Say: Scientists Views of Nature of Science and Relation to Science Context. *International Journal of Science Education*, 30(6): 727–771.
- Senor, D., y Singer, S. (2009). Start-up nation: the story of Israel's economic miracle. New York: Twelve Publishing.
- Simon, M., May, M., Dávila, G., Linares, I., y Rojas, Á. (2015). La historieta: Herramienta creativa para desarrollar competencias cognitivas y metacognitivas en la elaboración de un herbario de plantas superiores. *Revista Multidisciplinaria Dialógica*, 12 (2244–7662), 71–99.
- Simon, U. K., Enzinger, S. M., & Fink, A. (2017). The evil virus cell: Students' knowledge and beliefs about viruses. *PLoS ONE*, 12(3), 1–21.
- Simonneaux, L. (2000). A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with 'microbes', as a contribution to research in biotechnology by education. *International Journal of Science Education*, 6, 619–644
- Sisay, S., Erku, W., Medhin, G., y Woldeyohannes, D. (2014). Perception of High School Students on risk for acquiring HIV and utilization of Voluntary Counseling and Testing (VCT) service for HIV in Debre-berhan Town, Ethiopia: a quantitative cross-sectional study. *BMC research notes*, 7(1), 1-10.
- Solbes, J. & Vilches, A. (2005). Preparación para la toma de decisiones y relaciones CTSA. *Enseñanza de las ciencias*, (extra).
- Sorrentino A.V., Bell P.E. (1970) A comparison of attributed values with empirically determined values of secondary school science field trips. *Science Education* 54(3), 233- 236.
- Sun, E., He, J. y Zhuang, X. (2013). Live cell imaging of viral entry. *Current Opinion in Virology*, 3 (1): 34-43.
- Svendsen, P. M. y Banner, I. (2019). Vocal and quiet students' attitude towards school biology and biotechnology following an intervention. *Journal of Biological Education*, 00(00), 1–15.
- Tahir, S. S., Kadir, M. A., Akbar, H. S., y Amin, A. M. (2009). Knowledge of Secondary School Students on HIV/AIDS in Kirkuk Province/Iraq. *Journal of the Faculty of Medicine Baghdad*, 51(2), 174-177.
- Tirre, F., Kampschulte, L., Thoma, G. B., Höffler, T., & Parchmann, I. (2019). Design of a student lab program for nanoscience and technology—an intervention study on students' perceptions of the Nature of Science, the Nature of Scientists and the Nature of Scientific Inquiry. *Research in Science and Technological Education*, 37(4), 393–418.
- Tobin, E. A., y Okojie, O. H. (2010). Knowledge, attitude and practices of adolescent secondary school students in Uvwie Local Government Area of Delta State of HIV/AIDS. *Benin Journal of Postgraduate Medicine*, 12(1).

- Toma, R. B. (2020). Comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia y valoración de su dimensión social. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 1–16.
- Tretter, T., Jones, M, Andre, T., Negishi, A. y Minogue. J. (2006). Conceptual boundaries and distances: students' and experts' concepts of the scale of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (3): 282-319.
- Tsybulsky, D. (2019). Students meet authentic science: the valence and foci of experiences reported by high-school biology students regarding their participation in a science outreach programme. *International Journal of Science Education*, 41(5), 567–585.
- Tsybulsky, D., Dodick, J., & Camhi, J. (2018). The Effect of Field Trips to University Research Labs on Israeli High School Students' NOS Understanding. *Research in Science Education*, 48(6), 1247–1272. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9601-3>
- Vázquez, A. y Manassero, M. (1997). Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2): 199-213.
- Vázquez, Á., Acevedo, J. A., Manassero, M. A., & Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia. La ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación química*, 18(1), 38-55.
- Vázquez, A., & Manassero, M. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (2): 247-271.
- Vázquez, A., & Manassero, M. (2007a). La relevancia de la educación científica. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears, Servei de Publicacions i Intercanvi Científic,
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2009). Patrones actitudinales de la vocación científica y tecnológica en chicas y chicos de secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(4): 1-15.
- Vázquez, Á., & Manassero, M. A. (2009b). La relevancia de la educación científica: Actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(1), 33–48.
- Vázquez, Á., Manassero, M.A, Talavera, M. (2010). Actitudes y creencias sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(2): 333-352.
- Vázquez, A., & Manassero, M. (2011). El descenso de las actitudes hacia la ciencia de chicos y chicas en la educación obligatoria. *Ciência & Educação (Bauru)*, 17(2), 249–268.
- Watanabe, G., Campos, L., Gurgel, I., Galli, P., de Moraes, E., & Gameiro, M. (2015). A aproximação entre cientistas e público escolar : os sentidos construídos pelos estudantes. *X Encontro Nacional de Pesquisa em Educacao em Ciências—X ENPEC.*, 1–8.
- Watanabe, G., & Gurgel, I. (2011). Redescobriendo a ciência nacional através de uma visita ao Laboratório de Pesquisa Pelletron. *Ciência em Tela*, 4(1), 1–9.
- Watanabe, G. y Kawamura, M. (2015). Um sentido social para a divulgação científica:

perspectivas educacionais em visitas a laboratórios científicos. *Alexandria. Revista de educação em ciência e tecnologia*, 8(1): 209-235.

Watanabe, G., & Kawamura, M. R. (2017). A divulgação científica e os físicos de partículas: a construção social de sentidos e objetivos. *Ciência & Educação (Bauru)*, 23(2), 303–320.

Watanabe, G., Munhoz, M. G., & Kawamura, M. R. (2019). Contribuições da sociologia para o estudo da divulgação científica na interface campo científico e espaço escolar : um olhar a partir do conceito de fronteira. *Ensaio*, 21, 1–28.

Watanabe, G., Watanabe, G., Costa, L., Gregores, E., Gurgel, I., Mercadante, P., & Munhoz, M. G. (2016). O evento CERN Masterclasses: Hands on Particle Physics: Contribuições sobre seu papel na comunicação científica a partir de percepções de seus participantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(3), 3401–3412.

Wentorf, W., Höfller, T., y Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1): 207–222.

Woodcock, B. (2013). “*The scientific method*” on trial. Paper presented at the International History and Philosophy in Science Teaching biennial meeting, Pittsburgh, PA.

Anexos

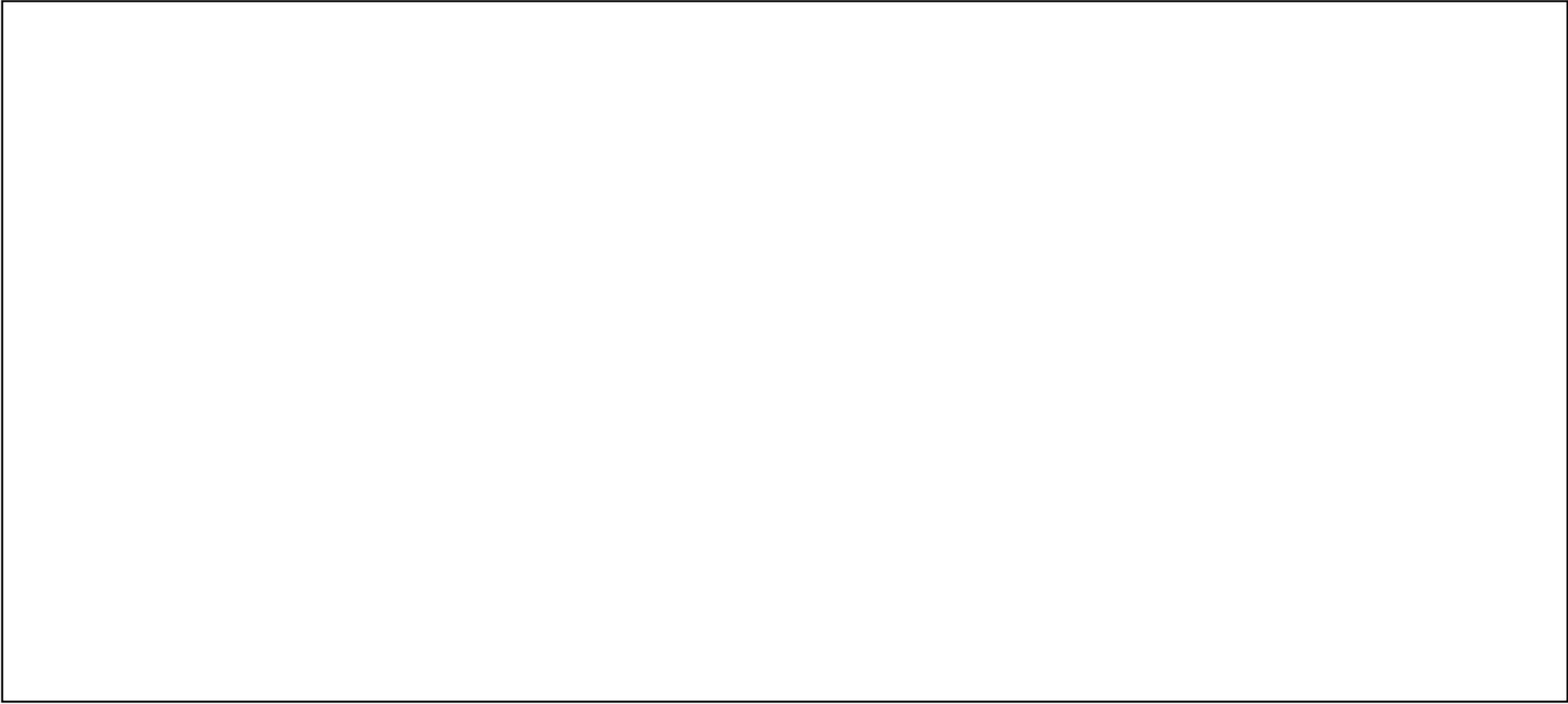
Anexo 1. Artículos revisados para la construcción de los antecedentes.

Artículo	Autor	Revista
"Doing" Science Versus Being" a Scientist: Examining 10/11-Year-Old Schoolchildren's Constructions of Science Through the Lens of Identity	Archer, Dewitt, Osborne, Dillon, Willis, Wong (2010)	Science Education
Articulação Centro de Pesquisa - Escola Básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica	Caramello, Strieder, Watanabe, Munhoz (2010)	Revista Brasileira de Educação Física
Redescobrimo a ciência nacional através de uma visita ao Laboratório de Pesquisa Pelletron.	Watanabe y Gurgel (2011)	Ciência em Tela
Descenso de actitudes hacia la ciencia en chicos y chicas en secundaria	Vázquez y Manassero (2011)	Ciência & Educação (Bauru)
Attitudes towards Science Learning among 10th-Grade Students: A qualitative look	Raved y Assaraf (2011)	International Journal of Science Education
Actividades en Ambientes Exteriores al Aula en la Educación en Ciencias: contribuciones para su operatividad	Rebelo, Marques y Costa (2011)	Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra
Las ciencias en el aula y el interés por las carreras científico-tecnológicas: Un análisis de las expectativas de los alumnos de nivel secundario en Iberoamérica	Polino (2012)	Revista Iberoamericana de Educación
Valoración de actitudes hacia la ciencia y actitudes hacia el aprendizaje de la biología en educación secundaria.	Afanador y Mosquera (2012)	Bio-grafía: escritos sobre la biología y su enseñanza
Estudio transversal de las actitudes hacia la ciencia en estudiantes de grados quinto a undécimo. Adaptación y aplicación de un instrumento para valorar actitudes	Molina, Carriazo y Casas (2013)	Tecné, Episteme y Didaxis
Actitudes hacia la ciencia de estudiantes de educación	Pelcastre, Gómez y Zavala (2015)	Revista Eureka

preuniversitaria del centro de México		
A aproximacao entre cientistas e publico escolar: os sentidos construidos pelos estudantes.	Watanabe, Watanabe, Costa, Gurgel, Mercadante, Gregores y Munhoz, (2015)	X Encontro Nacional de Pesquisa em Educacao em Ciencias—X ENPEC
Estudio sobre actitudes e intereses científicos en bachilleres de los colegios Sagrado Corazón de Jesús y San Agustín	Ramírez, Maldonado, Villacorta y Gallardo (2016)	Ventana Científica
Science Educational Outreach Programs That Benefit Students and Scientists	Clark, Russell, Enyeart, Gracia, Wessel, Jarmoskaite, et al. (2016)	PLoS Biology
¿Cómo valoran los adolescentes a la ciencia y a los científicos? Análisis desde una aproximación metodológica mixta	Correa, Espinoza-Romo, Villanueva, García y García (2017)	Caleidoscopio
Motivating students with authentic science experiences: changes in motivation for school science	Hellgren y Lindberg (2017)	Research in Science & Technological Education
Algunos datos sobre la visión de los niños y de las niñas sobre las ciencias y del trabajo científico	Pérez y de Pro Bueno (2018).	I QUAL. REVISTA DE GÉNERO E IGUALDAD
The effects of a university research reactor's outreach program on students' attitudes and knowledge about nuclear radiation	Brown (2018)	Research in Science & Technological Education
The Effect of Field Trips to University Research Labs on Israeli High School Students' NOS Understanding	Tsybulsky, Dodick y Camhi (2018)	Research in Science Education
Students meet authentic science: the valence and foci of experiences reported by high-school biology students regarding their participation in a science outreach programme	Tsybulsky (2019)	International Journal of Science Education
Vocal and quiet students' attitude towards school biology	Svendensen y Estandarte (2019)	Journal of Biological Education

and biotechnology following an intervention		
Design of a student lab program for nanoscience and technology – an intervention study on students’ perceptions of the Nature of Science, the Nature of Scientists and the Nature of Scientific Inquiry	Tirre, Kampschulte, Thoma, Hoffler, Parchmann (2019)	Research in Science & Technological Education
Interactive youth science workshops benefit student participants and graduate student mentors.	Kompella P, Gracia B, LeBlanc L, Engelman S, Kulkarni C, Desai N, et al (2020)	PLoS Biology
Knowledge, attitude and practices of adolescent secondary school students in Uvwie Local Government Area of Delta State of HIV/AIDS.	Tobin, E. A., y Okojie, O. H. (2010)	Benin Journal of Postgraduate Medicine
Perception of High School Students on risk for acquiring HIV and utilization of Voluntary Counseling and Testing (VCT) service for HIV in Debre-berhan Town, Ethiopia: a quantitative cross-sectional study.	Sisay, S., Erku, W., Medhin, G., y Woldeyohannes, D. (2014)	BMC research notes
The evil virus cell: Students’ knowledge and beliefs about viruses.	Simon, U. K., Enzinger, S. M., & Fink, A. (2017)	PLoS ONE
A study of pupils’ conceptions and reasoning in connection with ‘microbes’, as a contribution to research in biotechnology by education.	Simonneaux, L. (2000)	International Journal of Science Education
Models of Micro-Organisms: Children’s knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old.	Byrne, J. (2011)	International Journal of Science Education
Children's anthropomorphic and anthropocentric ideas about micro-organisms.	Byrne, J., Grace, M., & Hanley, P. (2009).	Educational research. Journal of Biological Education



- 
- **Organiza 5 imágenes que describan el proceso de experimentación con los monos y pégalas dentro del espacio dado. Si consideras que algún proceso no está representado en las imágenes, puedes dibujarlo en el cuadro en blanco.**
 - **Usa números y líneas para conectar las imágenes con el proceso experimental.**
 - **En la parte de atrás de esta hoja, describe lo que crees que pasa en cada imagen.**

GUÍA PARA EXPLORACIÓN DE IDEAS SOBRE EL TRABAJO CIENTÍFICO.

Presentación del caso # 2

La mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) es un insecto muy valioso para los científicos. Presenta un ciclo de vida de 10 días aproximadamente, el cual incluye cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto. En fase adulta se considera que sobrevive cerca de 70 días. Presenta ventajas sobre otros animales de laboratorio: su corto ciclo de vida, la facilidad para criarla y manipularla en el laboratorio. Además, cerca del 60% de los genes de la *Drosophila* se encuentran de una forma similar en los seres humanos, y el 75% de los genes que causan enfermedades en humanos también están presentes en la mosca de la fruta.¹⁰

Por ejemplo, las moscas suelen albergar tumores malignos (cáncer), que crecen sin ningún tipo de límite y matan a los individuos que lo padecen.¹¹

Debido a esto, la mosca *Drosophila* se ha convertido en un modelo único y de bajo costo para estudiar tumores cancerígenos específicos; desde leucemias a tumores cerebrales, y procesos complejos como la metástasis o debilidad muscular extrema.¹²

Como resultado, se ha podido identificar tratamientos potenciales para tratar algunos tipos de cáncer. Científicos en

Nueva York han hallado un fármaco para un tipo específico de cáncer que ya está disponible en las farmacias en EEUU. Otros científicos han encontrado drogas que hacen la radioterapia más efectiva.¹³

Así, el estudio de las moscas y la forma en que evoluciona el cáncer puede enseñarnos más sobre la propia biología, abriendo nuevas puertas al conocimiento y posibilitando mejores terapias en el futuro.

Por lo tanto, es interesante preguntarse: ¿cómo crees que los científicos experimentan con las moscas para la producción de nuevos tratamientos contra el cáncer?

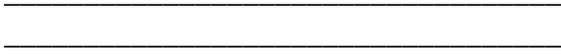
- **Piensa y discútelo con tu grupo. Luego, escribe aquí abajo tu respuesta:**

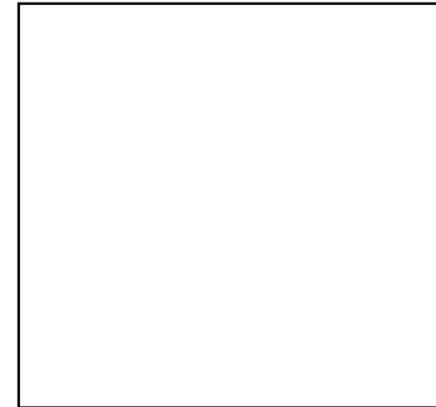
¹⁰Institute for Research in Biomedicine (2006). Noticia tomada de: <https://www.irbbarcelona.org/es/news/una-mosca-muy-valiosa-para-la-investigacion-de-enfermedades>

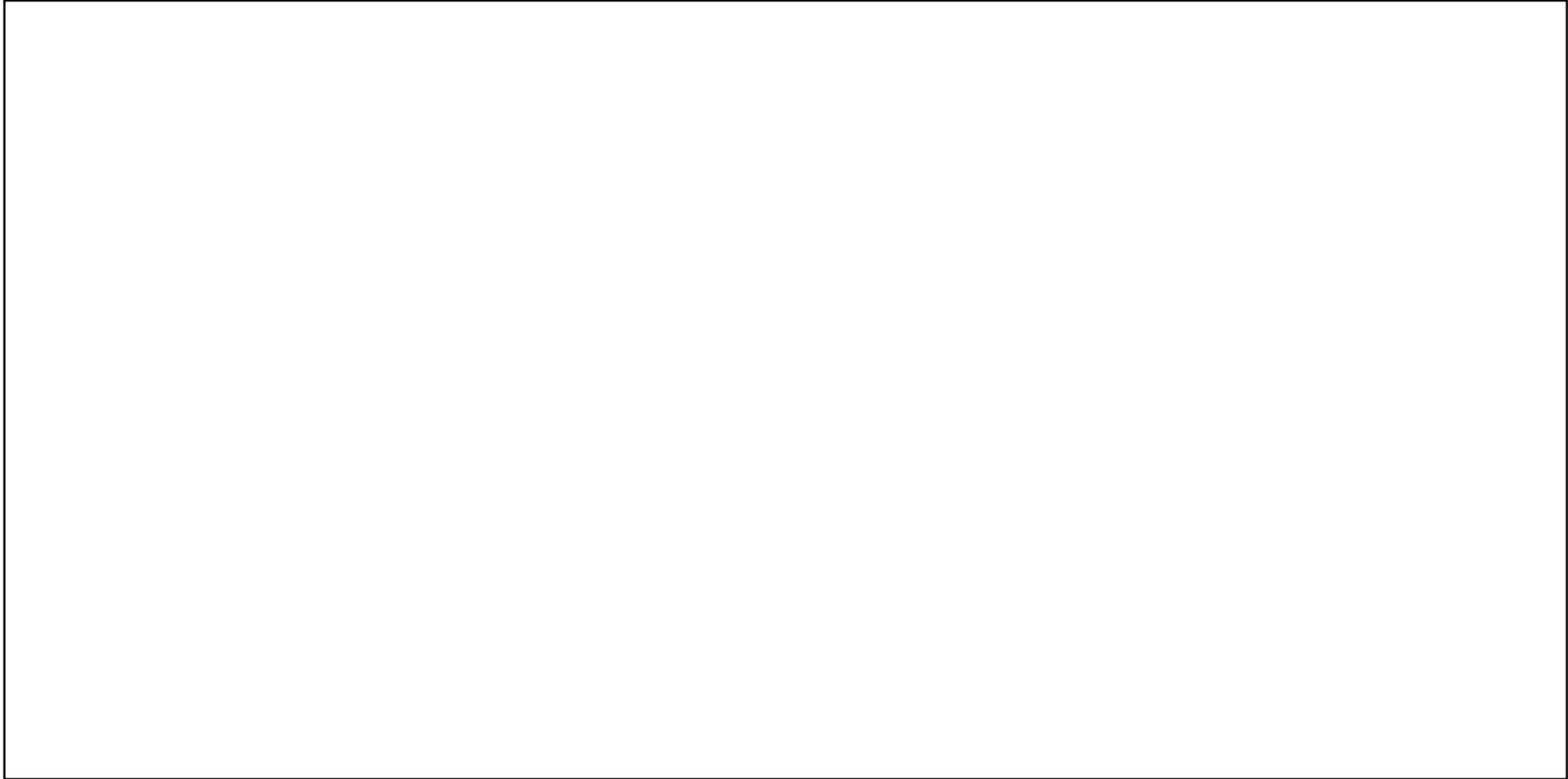
¹¹Bernardo (2015). Blogthinkingbig.com. Tomado de: <https://blogthinkbig.com/cientificos-barceloneses-recuperan-una-tecnica-1935-estudiar-cancer-moscas>

¹² Institute for Research in Biomedicine (2015). Noticia tomada de: <https://www.irbbarcelona.org/es/news/dos-alas-contra-el-cancer>

¹³ Genotipia (2015). Noticia tomada de: https://genotipia.com/genetica_medica_news/dr-osophila-y-cancer/







- **Organiza 5 imágenes que describan el proceso de experimentación con las moscas y pégalas dentro del espacio dado. Si consideras que algún proceso no está representado en las imágenes, puedes dibujarlo en el cuadro en blanco.**
- **Usa números y líneas para conectar las imágenes con el proceso experimental.**
- **En la parte de atrás de esta hoja describe lo que crees que pasa en cada imagen.**

Anexo 3. Cuestionario 2 sobre exploración de ideas previas
CUESTIONARIO SOBRE EL VÍDEO

A continuación, se presentan algunas preguntas para explorar tus sentimientos, afinidades e ideas sobre la ciencia.

ANTES DEL VÍDEO

1. ¿Sientes interés por las ciencias? ¿Por qué?

2. ¿Qué te interesa de las ciencias?

3. ¿Has pensado en estudiar para ser un(a) científico(a)? ¿Qué tipo de científico(a)?

DURANTE EL VÍDEO

4. ¿Qué piensas que es un(a) científico(a)?

5. ¿Cómo, dónde y con qué trabajan los/las científicos?

6. ¿Qué te llama la atención del trabajo de los científicos(as)?

7. ¿Qué no te gusta del trabajo de los/las científicos(as)?

DESPUÉS DEL VÍDEO

8. ¿Cuáles son los problemas que crees que pueden resolver los/las científicos(as)?

9. Después de visualizar el vídeo,
¿pensarías en estudiar para ser
científico(a)?, ¿Por qué?

10. ¿Te convertirías en un(a)
científico(a) natural o social? ¿Por
qué?

Anexo 4. Instrumento de evaluación de la secuencia didáctica

Instrumento de evaluación por juicio de expertos sobre la secuencia didáctica:
Promoviendo actitudes positivas hacia las ciencias: ¿quiénes son los científicos?

En el marco de la investigación en curso para la tesis de Maestría en Educación en Biología para la Formación Ciudadana, se tiene la intención de diseñar una secuencia didáctica que permita la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias naturales incorporando una salida de campo a un centro de investigación. Este trabajo es realizado por Jessica Beltrán Martínez, Lic. en ciencias naturales y educación ambiental y estudiante activa de la maestría, y cuenta con la supervisión de la Dra. Tatiana Salazar López, profesora del área de Educación en Ciencias del CINVESTAV Unidad Monterrey.

El programa de maestría tiene como propósito diseñar, aplicar y analizar una secuencia didáctica con relación a la didáctica de las ciencias naturales en un contexto escolar. Dadas las circunstancias actuales por la situación actual del COVID-19 y por la dificultad de aplicar las actividades en la escuela, se ha optado por dejar la secuencia didáctica en el plano del diseño. De allí, que se ha tomado la decisión de valorarla mediante juicio de expertos. La secuencia se titula: **“Promoviendo actitudes positivas hacia las ciencias: ¿Quiénes son los Científicos?”**, está dirigida a un grupo de estudiantes de primero de secundaria en México que oscilan entre los 12-13 años y su objetivo general es *fomentar actitudes positivas hacia las ciencias en los estudiantes desde el abordaje de algunas dimensiones de la naturaleza de las ciencias*.

En este sentido, se extiende la invitación a participar como experto en el proceso de valoración de la secuencia didáctica y se solicita, de manera atenta y cordial, diligenciar la siguiente información para caracterizar el perfil del participante. El tratamiento de los datos que surjan de este instrumento será totalmente confidencial, anónimo y de uso exclusivamente académico.

El instrumento para valorar el diseño de la secuencia didáctica se encuentra dividido en tres secciones. La primera sección corresponde a la información sobre la formación y experiencia profesional del experto participante. La segunda sección presenta el instrumento en escala tipo Likert; éste consta de 22 ítems que pretenden valorar la secuencia didáctica desde siete criterios: (i). presentación del contenido biológico, (ii). relación con el currículo, (iii). adaptación al nivel educativo, (iv). coherencia y cohesión, (v). motivación e interés, (vi). gestión del aula y (vii). evaluación. Finalmente, en la sección 3 se evalúa de forma más abierta la secuencia didáctica con algunos comentarios, sugerencias y recomendaciones.

Sección 1. Información del Experto

Tabla 1. Descripción de la formación y experiencia profesional del experto.

Formación académica	Pregrado	Posgrado		
		Especialización	Maestría	Doctorado
Años de experiencia en docencia			Especifique el nivel educativo en que tiene experiencia:	
Tipo de escuela	Publica ()		Privada ()	
Nivel educativo en que se desempeña actualmente	Básica ()	Media ()	Superior ()	
Programas de formación continua	Diplomado ()	Programas de secretaría de educación ()	Talleres ()	Otros

Sección Parte 2. Escala Likert
Instrucciones de llenado del instrumento

El presente instrumento tipo Likert está diseñado para evaluar el contenido de la secuencia didáctica desde varios criterios. La evaluación de cada criterio se puntúa bajo tres niveles (de acuerdo, intermedio, en desacuerdo). Para desarrollarlo, será necesario que lea detenidamente cada enunciado y lo califique con base en su juicio de la siguiente forma:

- **De acuerdo:** Usted comprende y acepta el enunciado descrito sin objeción.
- **Intermedio:** Usted acepta parcialmente el enunciado en cuestión, pero no de forma suficiente. Puede sentirse indeciso.
- **En desacuerdo:** Usted está inconforme con el enunciado descrito y no conecta con ninguno de sus puntos.

Tabla 2. Escala de valoración tipo Likert para la secuencia didáctica.

Criterio	Número	Ítem	De acuerdo	Intermedio	En desacuerdo	Observaciones
Presentación del contenido biológico	1	El contenido científico aumenta gradualmente conforme avanza la secuencia didáctica.				
	2	El contenido de los virus se presenta de manera comprensible a los estudiantes.				
	3	El contenido sobre la naturaleza de las ciencias se presenta de manera comprensible a los estudiantes.				
Relación con el currículo	4	El contenido abordado (Virus/naturaleza de las ciencias) en la secuencia didáctica se relaciona con los aprendizajes esperados del currículo escolar.				
	5	El contenido conceptual propuesto en la secuencia didáctica se relaciona con el				

		núcleo de contenidos temáticos que plantea el currículo escolar en ciencias para el nivel educativo de primero de secundaria.				
Adaptación al nivel educativo	6	El lenguaje empleado en la secuencia didáctica es adecuado para los estudiantes.				
	7	El contenido de la secuencia didáctica es acorde con las demandas cognitivas ¹⁴ del estudiante.				
	8	Las actividades de la secuencia didáctica consideran los saberes previos del estudiante.				
Objetivos	9	La secuencia didáctica promueve las actitudes positivas hacia las ciencias naturales.				
	10	La cantidad de actividades propuestas es suficiente para lograr el objetivo general de la secuencia didáctica.				
Coherencia y cohesión	11	La secuencia didáctica es coherente en función de los objetivos que plantea.				
	12	El nivel de dificultad en las actividades aumenta gradualmente conforme avanza la secuencia didáctica.				
	13	Las actividades que se proponen en la secuencia didáctica tienen cohesión entre ellas.				
	14	Las actividades están organizadas considerando el tiempo suficiente y los espacios idóneos para llevarlas a cabo.				
Motivación ^e	15	El contenido de la secuencia resulta atractivo para los estudiantes.				

¹⁴ Las demandas cognitivas se refieren al grado de dificultad que presenta una determinada tarea.

	16	La disposición para el desarrollo de las actividades (grupal e individual) puede resultar estimulante para promover actitudes positivas hacia las ciencias naturales.				
Gestión del aula	17	Se consideran diversas formas de organización grupal para el desarrollo de las actividades que favorezcan la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias.				
	18	Se consideran diversas formas de organización individual para el desarrollo de las actividades que favorezcan la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias.				
Evaluación	19	La secuencia didáctica presenta variedad de estrategias e instrumentos para que el docente evalúe a sus estudiantes.				
	20	Se toma en consideración la evaluación formativa y sumativa. ¹⁵				
	21	Las actividades permiten la reflexión continua sobre los conocimientos que se construyen.				

Sección 3. Evaluación de la Secuencia Didáctica. Preguntas Abiertas

En esta sección del instrumento se busca conocer de manera general sus impresiones al conocer la secuencia didáctica: **“Promoviendo actitudes positivas hacia las ciencias: ¿Quiénes son los Científicos?”**

Tabla 3. Observaciones e impresiones generales sobre la secuencia didáctica.

¹⁵ Se entiende como evaluación sumativa los resultados finales de un proceso de aprendizaje, los cuales suelen ser medidos cuantitativamente. La evaluación formativa valora el grado de alcance los aprendizajes y se toman decisiones que se encaminen a mejorarlo.

Observaciones sobre la secuencia didáctica	
¿Cuáles son las debilidades que identifica en la secuencia didáctica?	
¿Cuáles son las fortalezas identifica en la secuencia didáctica?	
¿Cómo le ha parecido la duración de la secuencia didáctica en término del número de sesiones (12)?	
¿Quitaría, extendería o anexaría otra actividad?	
¿Usted implementaría esta secuencia didáctica? Si es así con qué finalidad y en qué momento del ciclo escolar.	
¿Tiene algunas recomendaciones finales?	