

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE VIDA DE *Chlorella sp* Y SU APORTE
EN LA COMPRENSIÓN DE LA ADAPTACIÓN BIOLÓGICA**

**JIMMY ALEXANDER MUÑOZ-MEDINA
WYNDY GERALDIN RUIZ BERMÚDEZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ, D.C.
2024**

**ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE VIDA DE *Chlorella sp* Y SU APORTE
EN LA COMPRENSIÓN DE LA ADAPTACIÓN BIOLÓGICA**

JIMMY ALEXANDER MUÑOZ-MEDINA

WYNDY GERALDIN RUIZ BERMÚDEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

MAGISTER EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Asesorado por:

STEINER VALENCIA VARGAS

INGRID VERA OSPINA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ, D.C.

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

BOGOTÁ, D.C., 2024

Dedicatoria

A Stella Bermúdez y Segundo Ruíz, mis dadores de vida y mi grande inspiración.

A mis raíces, que hoy brillan en el cielo y acompañan mi camino.

Wyndy Geraldin Ruíz Bermúdez.

“Lo esencial es invisible a los ojos”

de Saint-Exupéry (1943)

Dedico este trabajo a mis padres, Miguel Muñoz y Yolanda Medina, quienes, con su amor, apoyo incondicional y paciencia, me han acompañado en todas mis locuras y han sido el motor que me impulsa a seguir alcanzando mis sueños.

Jimmy Alexander Muñoz Medina

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de esta travesía académica, he aprendido que el éxito no es el resultado de un solo esfuerzo, sino de innumerables sacrificios que, poco a poco, me han acercado a este momento. Quiero agradecer, en primer lugar, a mi familia, que ha estado siempre a mi lado, brindándome apoyo incondicional, incluso cuando las horas de estudio parecían interminables y las metas inalcanzables.

A los compañeros que la vida me regaló en los últimos años, Esteban y Oriana por ser una gran motivación, inspiración y un apoyo incondicional en cada momento.

A mi aquelarre, mujeres inspiradoras que siempre me hicieron saber que todo esfuerzo vale la pena.

A Jimmy Z, un compañero con el que aprendí que aquellas ideas locas son la puerta a un Universo por descubrir.

A la profesora Ingrid Vera y el profesor Steiner Valencia, dos maestros inspiradores, que con sus orientaciones hicieron este sueño realidad.

A mis maestras Marcela Bravo y Norma Constanza Castaño por creer siempre en mí.

A las directivas del Colegio Campestre los Encenillos, por apoyar este sueño y a los tripulantes de esta misión por toda su dedicación y compromiso.

Wyndy Geraldin Ruíz Bermúdez.

Agradezco a mi familia por ser siempre la fuente de inspiración y fortaleza en mi vida.

A mis amigos, quienes, con su compañía, consejos y apoyo incondicional, dieron la fuerza necesaria para afrontar los momentos difíciles.

Agradezco a mi compañera de tesis Wyndy Ruíz, quien, con mucha paciencia, estuvo presente en los momentos más complicados, brindando su apoyo y dedicación para el desarrollo de este trabajo. Además, le debo muchos de los aprendizajes adquiridos durante este año.

Agradezco a la Universidad Pedagógica Nacional por haberme brindado una de las mejores experiencias de mi vida.

A mis asesores, Ingrid Vera y Steiner Valencia, por guiar este trabajo con gran paciencia, asertividad y rigurosidad académica.

Finalmente, agradezco a la Colección de Insectos Acuáticos y al Grupo de Investigación Cascada por su constante disposición, consejos y por enriquecer las discusiones, contribuyendo de manera significativa y hacer ECO en los procesos educativos.

Jimmy Alexander Muñoz Medina

Para todos los efectos, declaramos que el presente trabajo es original y de nuestra total autoría: en aquellos casos en los cuales hemos requerido del trabajo de otros autores o investigadores, hemos otorgado los respectivos créditos.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CONTEXTO PROBLEMÁTICO.....	5
2.1 CONTEXTO DE ORIGEN.....	5
2.1.1 Elementos clave que fortalecen el trabajo de profundización	6
2.1.2 El concepto adaptación en la enseñanza de las ciencias	9
2.1.3 Elementos teóricos iniciales que permiten configurar a la adaptación de las microalgas como un problema de conocimiento	13
2.1.4 Reflexiones derivadas de los espacios de la MDCN acerca de la dinámica de lo viviente y su relación con la adaptación	16
2.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	18
3. JUSTIFICACIÓN	20
4. OBJETIVOS	23
4.1 OBJETIVO GENERAL	23
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
5. PROCEDER METODOLÓGICO.....	24
6. PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA	30
6.1 PROFUNDIZACIÓN DISCIPLINAR	31
6.1.1 El estatuto de la adaptación, perspectivas desde el cambio y la acomodación	32
6.1.2 Condiciones de vida: los seres vivos como entornos organizados	41
6.1.3 Las microalgas y los procesos de transformación de la vida.....	55
6.2 PROFUNDIZACIÓN PEDAGÓGICA.....	67
6.2.1 Problemas de conocimiento.....	67
6.2.2 La observación: una posibilidad de reconocer el universo y sumergirse en un universo en una gota de agua	74

7. INTERVENCIÓN EN EL AULA	79
7.1 MISIÓN ESPACIAL: BUSCANDO VIDA EN EL UNIVERSO	79
7.2 CONTEXTO INSTITUCIONAL Y ACTORES	81
7.3 ESTRUCTURA DE LA INTERVENCIÓN EN EL AULA “ <i>Misión Espacial: Buscando vida en el Universo</i> ”	83
7.4 ASÍ SE VIVIÓ LA MISIÓN ESPACIAL	88
7.5 DESCRIPCIÓN DE ACCIONES	89
8. RECUPERACIÓN DE LA EXPERIENCIA	103
9. PRODUCCIÓN DISCURSIVA.....	139
10. IMPLICACIONES Y RECOMENDACIONES	146
11. BIBLIOGRAFÍA	148
12. ANEXOS	155
ANEXO 1. DISEÑO EXPERIMENTAL; <i>Chlorella sp</i> Y LA ADAPTACIÓN BIOLÓGICA..	155
ANEXO 2. Autorización de uso de derechos de imagen sobre fotografías - consentimiento informado Colegio Campestre los Encenillos	176

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Red de términos estructurantes que orientan el trabajo (Elaboración propia).	19
Figura 2. Experiencia de los maestros en el conteo de microalgas como parte del diseño experimental.	26
Figura 3. Flujograma de la descripción de las acciones del proceder metodológico del trabajo de grado. Elaboración propia.	29
Figura 4. Especies representativas de macroalgas de los grupos Rodófitas o algas rojas (A), Feófitas o algas pardas (B), y Clorófitas o algas verdes (C) (CETMAR, 2021).	57
Figura 5. Fotografías de algunas microalgas representativas, entre las que se encuentran la División Chlorophyta (C), la División Cyanophyta (D) y División Euglenophyta (E) vistas al microscopio (Cáceres, 2011).	58
Figura 6. Fotografías (A) y (B) de <i>Chlorella sp</i> , muestra mentada en la cámara de Neubauer, vista a través de microscopio óptico con objetivo de 40x. Elaboración propia.	61
Figura 7. Representaciones gráficas de mundos extraterrestres utilizados con los estudiantes para realizar un zoom desde la Vía Láctea al Planeta Tierra. (Tomada de: https://stellarium.org/es/).....	91
Figura 8. Tripulantes realizando observación solar por telescopio. Durante la observación se caracterizó la estrella anfitriona del Sistema Solar.	103
Figura 9. Fotografía de la construcción del modelo de las capas de la Tierra.	115
Figura 10. Evidencia de la misión documental.	117
Figura 11. Evidencia de la construcción del calendario cósmico.....	119
Figura 12. Construcción del Sistema Solar a escala.....	121
Figura 13. Primera observación por microscopio para el reconocimiento del microcosmos.....	129

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Definición de las sesiones de intervención en el aula. (Elaboración propia)	84
Tabla 2. Tabla de cálculo de la distancia de los planetas en UA. (Elaboración propia).....	97
Tabla 3. Matriz de sistematización, siendo el insumo principal para la construcción del relato de recuperación de la experiencia. (Elaboración propia)	105
Tabla 4. Portadas de las bitácoras de viaje construidas por los estudiantes de grado noveno. (Elaboración propia).....	108
Tabla 5. Evidencia del registro de la información en las bitácoras de viaje. (Elaboración propia)	124
Tabla 6. Construcción de representaciones de organismos extraterrestres. (Elaboración propia) .	126
Tabla 7. Reconocimiento de <i>Chlorella sp</i> con los tripulantes. Fotografías de una alícuota al microscopio, los medios de cultivo en líquido, las jeringas con microalgas en inhibición de oxígeno y, un estudiante realizando observación al microscopio. (Elaboración propia)	131

1. INTRODUCCIÓN

Enseñar ciencias en un país tan diverso, tanto en el ámbito cultural como biológico, como Colombia, exige comprender las múltiples realidades educativas y reflexionar sobre el ejercicio docente que se deriva de ellas. El aula, entendida como un espacio cultural de conocimiento y también de conflicto, requiere que el maestro asuma una gran responsabilidad. A partir de su base teórica, su experiencia y las interacciones con su entorno, el docente debe promover nuevas formas de proceder en el aula, donde la ciencia ofrezca oportunidades para comprender y transformar el mundo de cada individuo.

En este orden de ideas, el rol del maestro, como orientador de los procesos educativos, se convierte en un eje fundamental para desarrollar y ajustar sus prácticas a estas diversidades, fomentando un aprendizaje contextualizado y significativo.

El presente trabajo, titulado *Estudio de las condiciones de vida de Chlorella sp y su aporte en la comprensión de la adaptación biológica*, surge en el marco del programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional. Dicho trabajo se inscribe en discusiones orientadas por aspectos epistemológicos e históricos en los que la profundización disciplinar y pedagógica desempeñan un papel clave tanto en la delimitación del objeto de estudio como en las reflexiones derivadas de la actividad docente.

Del mismo modo, la experiencia, la curiosidad y la motivación para el desarrollo de este trabajo surgen a partir de la pregunta sobre la vida y las condiciones físicas y químicas que permiten la supervivencia y el mantenimiento de organismos como *Chlorella sp* en un planeta como la Tierra. Este cuestionamiento también proviene de hechos astronómicos y astrobiológicos, lo que facilita la consolidación del objeto de estudio, basado en la pregunta

problemática que orienta este trabajo de grado: *¿Qué aspectos del estudio de las condiciones de vida de *Chlorella sp* permiten hacer de la adaptación biológica un problema de conocimiento?*

De esta manera surge el objetivo general del trabajo de grado, enfocado en profundizar en la adaptación biológica como un problema de conocimiento a partir del estudio de las condiciones de vida de *Chlorella sp*, idea que se configura a partir de las discusiones de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales desde los ámbitos epistemológico, reconociendo la naturaleza del conocimiento; disciplinar estableciendo la pertinencia de la disciplina y los contenidos abordados en la escuela; el ámbito pedagógico que permite transformar las prácticas de enseñanza y el ámbito ético político que orienta en sentido de la enseñanza de las ciencias en la escuela y para el caso puntual del trabajo de grado, en la educación básica.

Teniendo en cuenta lo anterior, se establecen tres líneas que constituyen el trabajo de grado: la primera, *la adaptación biológica como problema de conocimiento*, permite discutir la relación entre acomodación y el objeto de estudio; la segunda se centra en el *reconocimiento de las condiciones físicas, químicas y astronómicas necesarias para el surgimiento y la permanencia de la vida en la Tierra*, tomando como caso de estudio la microalga *Chlorella sp*; y la tercera aborda *el papel de la observación en la construcción de comprensiones* sobre los dos elementos mencionados anteriormente. Estas líneas contribuyen al desarrollo de la pregunta problemática y se alinea con los intereses de profundización señalados en los objetivos.

Para dar cuenta de lo anterior, el documento se organiza en seis capítulos estructurantes, iniciando con el contexto problemático, luego el proceder metodológico, la profundización teórica conformada por aspectos de orden disciplinar y pedagógico, la propuesta de intervención en el aula, la producción discursiva y por último las consideraciones finales y las proyecciones del trabajo de grado.

El contexto problemático, parte de las reflexiones a partir del proceso formativo y de la experiencia de los maestros, en contraste con las componentes de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales (MDCN) que permitieron dar cuenta de la adaptación biológica como un problema de conocimiento con relación a las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida, por medio de la definición del caso de estudio que es la microalga *Chlorella sp.* Producto de estos desarrollos emerge la pregunta problema y se plantean los objetivos.

Para el desarrollo de la problemática delimitada y los objetivos propuestos, se define un proceder metodológico estructurado en tres momentos: profundización teórica a nivel disciplinar y pedagógico, y, a partir de estos desarrollos, el diseño, implementación y sistematización de la propuesta de aula; por último, la producción discursiva apuntando a recuperar la experiencia desde las reflexiones que emergen de la relación disciplinar, con los aspectos pedagógicos y didácticos como aspectos centrales en la enseñanza de las ciencias en la educación básica.

La profundización teórica parte de la delimitación establecida en el primer capítulo, abordando como ejes de profundización disciplinar los siguientes elementos: la adaptación biológica, los elementos de la astrobiología que integran las condiciones físicas, químicas y astronómicas necesarias para la vida, y la biología de *Chlorella sp.* Además, en este capítulo de profundización teórica, se desarrolla el apartado de profundización pedagógica, en el cual se explora la categoría de Problemas de Conocimiento (PC) y el papel de la observación. Este enfoque permite un análisis detallado, haciendo una inmersión mediante el "zoom" entre lo macroscópico y lo microscópico, otorgando a ambos niveles de observación un papel protagónico.

Al poner en discusión los capítulos mencionados anteriormente, surge la intervención en el aula bajo el nombre de *Misión Espacial: Buscando vida en el Universo*, un viaje desde los confines de la Vía Láctea, y que finaliza aterrizando en los cuerpos de agua del planeta Tierra. Esta intervención se desarrolla con los estudiantes de grado noveno del Colegio Campestre Los Encenillos, en el municipio de Guasca, Cundinamarca, con la intención de ampliar el

marco de referencia de la enseñanza sobre la adaptación biológica. Se recurrió a la astrobiología para abordar las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida, por medio de actividades desencadenantes que enriquecen la propuesta didáctica del trabajo de grado.

Después de este viaje espacial, se inicia el proceso de recuperación de la experiencia, el cual se realiza a partir de cuatro elementos fundamentales: el primero es la pertinencia, en correspondencia con los componentes de la MDCN; el segundo es la coherencia, construyendo relaciones de significado entre los objetivos del trabajo de grado y su desarrollo; el tercer elemento es la rigurosidad, para analizar las situaciones emergentes de forma clara y precisa; y por último, un ejercicio argumentativo, que requiere suficiencia a través de las evidencias y los testimonios de los estudiantes, sin perder de vista las relaciones que emergen con lo teórico y práctico.

Posterior a la recuperación de la experiencia se da paso a la producción discursiva como el resultado de las reflexiones, alcances, la transformación de la práctica de los maestros y las limitaciones del trabajo de grado, teniendo presente el papel del maestro como intelectual en la enseñanza de las ciencias naturales, asumiendo a su vez a los estudiantes como sujetos epistémicos dentro del proceso.

En el último capítulo se plantean unas consideraciones finales que corresponden a las conclusiones que dan cuenta de la adaptación biológica como un problema de conocimiento, teniendo en cuenta también las emergencias en el desarrollo del proceso. Además, se hace énfasis en la importancia de construir propuestas de aula que posibiliten generar comprensiones interdisciplinarias en la clase de ciencias.

2. CONTEXTO PROBLEMÁTICO

En el presente capítulo se desarrollan los elementos que permitieron configurar la adaptación biológica como un problema de conocimiento, objeto de estudio que emergió a partir de las preguntas iniciales de los maestros y de su experiencia propia, además se muestra el papel de condiciones físicas, químicas y astronómicas que permitieron el surgimiento y permanencia de la vida en la Tierra y su relación directa con el objeto de estudio.

Por consiguiente, se reconoce la idea de adaptación biológica y condiciones en la enseñanza de las ciencias en educación básica por medio del abordaje de los DBA (Derechos Básicos de Aprendizaje) posibilitando construir el problema orientador del trabajo de grado y delimitar los ejes de profundización pedagógica y disciplinar, haciendo que el maestro reflexione sobre su práctica y la transforme.

2.1 CONTEXTO DE ORIGEN

Preguntarse por la vida, tanto en la Tierra como fuera de ella, es esencial para ampliar nuestra comprensión del universo y de nosotros mismos. Explorar los misterios de la vida terrestre nos ayuda a desentrañar las complejidades biológicas que nos conectan con todo ser vivo. Al mismo tiempo, indagar sobre la posibilidad de vida en otros planetas despierta interrogantes fundamentales sobre el origen de la vida, su diversidad y su potencial para existir bajo condiciones desconocidas. Estas preguntas trascienden la ciencia y nos invitan a reflexionar sobre la naturaleza de la existencia y nuestro papel en un cosmos vasto y misterioso.

Desde esta perspectiva, el presente trabajo de grado se enfoca en profundizar en el estudio de las condiciones de vida de las microalgas, en particular de *Chlorella sp*, con el fin de

generar discusiones que permitan abordar la adaptación biológica¹ como un problema de conocimiento². Para respaldar este trabajo, se desarrollarán los aspectos teóricos, históricos y epistemológicos que permitan abordar esta problemática y su aporte en la construcción de conocimiento dentro de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional.

2.1.1 Elementos clave que fortalecen el trabajo de profundización

Existen varios elementos que evidencian las destrezas de los autores en la construcción de objetivos y en la delimitación y documentación de la problemática a abordar. Estos elementos emergen principalmente de la experiencia de cada autor, lo que enriquece y concreta los procesos de profundización. La experiencia personal permite identificar con mayor precisión las necesidades y desafíos inherentes en el desarrollo del trabajo, facilitando la formulación de objetivos claros y el abordaje eficaz de la problemática.

La experiencia, según Larrosa (2007), es fundamental en el desarrollo humano debido a su carácter singular e irreplicable, ya que cada individuo la vive de forma única. El sujeto, a través de la experiencia, adquiere aprendizaje, lo que provoca una transformación en su conocimiento y en su manera de percibir y entender el mundo. En este sentido, la experiencia se convierte en una fortaleza para los autores de este trabajo, ya que les proporciona herramientas disciplinares, técnicas y teóricas para el desarrollo de la propuesta de profundización. Esto les permite reconocer el problema de estudio, profundizar en él y

¹ En el desarrollo del presente trabajo de grado, la postura de la adaptación biológica no se aborda exclusivamente desde una perspectiva ecosistémica, sino que se complementa con elementos de la astrobiología que amplían el marco de referencia, involucrando las condiciones físicas y químicas en la configuración de comprensiones sobre la adaptación biológica.

² Desde la perspectiva de Valencia et al. (2003), los problemas de conocimiento constituyen una categoría en la que es posible reflexionar sobre las ciencias y su enseñanza en términos de actividad cultural. En este enfoque, lo primordial no es la reconstrucción de los corpus teórico-experimentales disciplinares, sino la creación de condiciones comunicativas y experienciales que faciliten la construcción de explicaciones sobre el mundo físico.

generar una producción discursiva basada en las condiciones disciplinares, epistémicas y pedagógicas, todo ello a partir de la reconstrucción del proceso vivido.

En este contexto, la experiencia que ha permitido constituir el problema de conocimiento a abordar proviene tanto del paso por el Programa Curricular de la Licenciatura en Biología (PCLB) de la Universidad Pedagógica Nacional como del desarrollo profesional de los maestros en ejercicio. El PCLB ha facilitado la construcción de conocimiento científico sobre las dinámicas ecológicas de ciertos organismos, como las microalgas, mediante la observación de sus interacciones con el entorno. Esto ha ampliado la curiosidad por comprender los fenómenos presentes en la naturaleza de dichos organismos y ha proporcionado herramientas técnicas y teóricas para desarrollar habilidades científicas, como el diseño y la implementación de montajes experimentales.

Las microalgas son organismos que habitan en una amplia variedad de ecosistemas, tanto acuáticos como terrestres. Aunque no son visibles a simple vista, han influido en la dinámica ecosistémica durante aproximadamente 3,500 millones de años, desde el Eón Arcaico. Como mencionan Margulis y Sagan (2005, p. 34),

la materia emprendió un camino diferente y se generó la vida en la Tierra (...); no se sabe cómo, de una materia inmersa en un baño de energía (o de una energía inmersa en un caldo de materia) surgió la vida.

Esta perspectiva subraya la importancia de explorar las condiciones de vida y la complejidad del concepto de adaptación, elementos clave en el presente estudio. Las microalgas, al ser organismos de fácil manipulación, facilitan el estudio de las dinámicas ecológicas que permiten examinar el concepto de adaptación como un fenómeno inherente a su naturaleza. El análisis de sus condiciones de vida y su dinámica permite comprender con mayor precisión cómo se configura y manifiesta la adaptación biológica en respuesta a diferentes factores ambientales.

Otro aspecto relevante para la configuración de esta propuesta es la participación de uno de los maestros, en el equipo educativo del Planetario de Bogotá, donde se desarrollaron estrategias para la apropiación social del conocimiento científico a través de la divulgación. Esta experiencia permitió reflexionar sobre la astrobiología y construir perspectivas holísticas acerca de la vida, facilitando la formulación de preguntas sobre la historia y la dinámica de los seres vivos en la Tierra. Asimismo, planteó interrogantes acerca de las relaciones entre elementos macroscópicos y microscópicos, que configuran las condiciones de vida y ofrecen una visión compleja para comprender la adaptación biológica.

Así, la adaptación y las microalgas se presentan como elementos clave que nutren de contenido científico los cuestionamientos sobre la vida de estos organismos y las condiciones fisicoquímicas que posibilitan su existencia. Contrario a lo que comúnmente se piensa, la astrobiología no se enfoca exclusivamente en la búsqueda de vida fuera del planeta Tierra, sino también en la comprensión de las dinámicas de los organismos y cómo la vida en la Tierra ha logrado adaptarse y perdurar por aproximadamente 3.500 millones de años (Sagan, 1980).

Estas explicaciones se han construido a partir de la experiencia y los espacios de conversación con diferentes autores. Además de la formación en la Licenciatura en Biología, algunos espacios de desarrollo profesional en la línea de divulgación de las ciencias en el Planetario de Bogotá han permitido establecer relaciones entre la biología y otras ciencias. Desde esta perspectiva, se han desarrollado comprensiones sobre la astrobiología como una apuesta interdisciplinaria en la construcción de nuevos conocimientos.

Estas comprensiones dieron lugar a nuevas preguntas³ que se pretenden materializar en el trabajo de grado. Estas preguntas están orientadas a explorar las relaciones surgidas de la

³ Preguntas como:

¿De qué manera se puede involucra la termodinámica en la comprensión de la adaptación biológica?

identificación de las condiciones físicas y químicas de la Tierra que posibilitaron la vida, así como a indagar y profundizar en aquellas condiciones que permiten construir comprensiones holísticas sobre el objeto de estudio. Desde esta perspectiva, se identifica la necesidad de integrar conocimientos en la enseñanza de las ciencias, donde la pregunta sobre la vida se convierte en un eje central.

2.1.2 El concepto adaptación en la enseñanza de las ciencias

La formación profesional es el punto de partida, ya que la propuesta de profundización se enmarca en elementos propios de la biología. Esto refuerza los intereses y las intenciones de profundización, orientando las discusiones sobre la adaptación y reflexionando sobre su enseñanza en el contexto educativo colombiano. Este enfoque implica considerar lo que establecen las políticas públicas para su comprensión y análisis en el aula, así como las propuestas de los espacios educativos no convencionales en relación con la discusión del problema de conocimiento.

El Ministerio de Educación Nacional⁴ propone los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (2004) para el conjunto de grados, en referencia a lo que los niños, niñas y jóvenes deben saber y saber hacer. Así, se estructuran estándares que desglosan acciones de pensamiento y producción concretas en el manejo de conocimientos propios de las ciencias naturales, con el fin de crear condiciones de aprendizaje a partir de acciones específicas. Esto permite a los estudiantes acercarse al conocimiento científico mediante la categorización de entornos vivos y físicos, así como la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

¿Qué relaciones existen entre eventos astronómicos y la evolución y adaptación de diferentes formas de vida existentes en la Tierra?

⁴ El Ministerio de Educación Nacional (MEN) es el organismo gubernamental encargado de formular, coordinar, y supervisar las políticas y programas relacionados con el sistema educativo en el país (Colombia).

Para dar cuenta de lo anterior, hay que mencionar los estándares y competencias para los diferentes grados, reconociendo los elementos principales que se pueden articular a este trabajo de grado teniendo como criterio la adaptación en la enseñanza de las ciencias naturales. En la educación colombiana, los estándares y competencias son fundamentales para establecer criterios claros y medibles sobre lo que los estudiantes deben saber y poder hacer en diferentes áreas del conocimiento.

Por ende, es importante establecer que los estándares de competencias constituyen un marco de referencia para el desarrollo integral de los estudiantes en diferentes áreas del conocimiento. En el caso de las ciencias naturales, estos estándares promueven el conocimiento del mundo natural, fomentando el interés por comprender los conceptos básicos de biología, física, química y geociencias, así como la importancia de la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Esto genera habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, lo que permite configurar formas de expresión de ideas científicas de manera clara y precisa, de acuerdo con lo establecido en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales propuestos por el MEN (2004).

Esta revisión documental, permitió establecer que el concepto de adaptación biológica es abordado de forma directa en dichos estándares para el grado noveno, proponiendo una identificación y comparación entre las teorías del origen de la vida, enfatizando en la Teoría de la Evolución por selección natural, así como el establecimiento de relaciones entre el clima en las diferentes eras geológicas y las adaptaciones de los seres vivos.

Además, se identifica una profundización en el reconocimiento del entorno vivo, como competencia relacionada con el problema de conocimiento, pues es necesario complejizar las relaciones⁵ para promover experiencias que desencadenen procesos creativos y la continua

⁵ Desde una perspectiva de los problemas de conocimiento, complejizar las relaciones implica adoptar ciertas concesiones epistemológicas que modifican la forma en que el sujeto se sitúa

construcción de preguntas, acciones y argumentos para superar la simple definición de conceptos.

Reconocer las competencias planteadas permite desarrollar los contenidos teóricos y prácticos más importantes para este trabajo, ya que, para este nivel, los estudiantes deben desarrollar habilidades explicativas sobre la variabilidad y diversidad biológica como estrategia para construir conocimientos sobre adaptación, genética y selección natural, de acuerdo con el origen y los cambios evolutivos en los organismos.

No se puede perder de vista que estos estándares de competencias orientan lo que los estudiantes deben saber y saber hacer, pero se van nutriendo a partir de situaciones desencadenantes⁶, hacen parte de los elementos reconocidos dentro de la revisión de los documentos de la política pública y, que también emergen del interés y de profundizar en preguntas propias de los estudiantes, siendo esta una de las pretensiones del trabajo de grado.

En una actualización reciente sobre aprendizajes estructurantes para cada grado, el Ministerio de Educación Nacional (2016) propone los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), donde se explican los conocimientos, habilidades y actitudes básicas y fundamentales para cada individuo. Estos DBA guardan coherencia con los lineamientos curriculares y los Estándares Básicos de Competencias, pero con la característica que estos “plantean elementos para construir rutas de enseñanza que promuevan la consecución de aprendizajes año a año” (MEN, 2016, p.6).

frente al mundo y las pretensiones desde las cuales orienta sus posibilidades de conocer (Valencia et al., 2003, p. 3).

⁶ Continuando con la perspectiva de los problemas de conocimiento (PC), estas situaciones se constituyen en espacios para la problematización de situaciones o eventos del mundo cotidiano que permiten a un grupo de individuos orientar y delimitar sus intereses en la perspectiva de construir conocimiento (Valencia et al, 2003, p. 9).

Así pues, en los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) de Ciencias Naturales relacionados con el objeto de estudio, se reconocen algunos aspectos que llaman la atención de acuerdo con los contenidos centrales a trabajar, para ello, se expone la información de la norma técnica expuesta también por el MEN (2016) en lo correspondiente con grado noveno, estipulando que en este nivel se deben analizar teorías científicas sobre el origen de las especies (selección natural y adaptación) como modelos científicos que sustentan sus explicaciones desde diferentes evidencias y argumentaciones.

Considerando los DBA en Ciencias Naturales expuestos anteriormente, se evidencia que estos también se vinculan, directa o indirectamente, en algunos elementos estructurantes para este trabajo, como la adaptación, características y condiciones de vida, la caracterización de los organismos y sus relaciones con el ambiente, así como la transformación en los seres vivos y la historia de vida, entre otros.

Después de la revisión de lo establecido en la política pública, se reconocen algunas acciones identificadas en la enseñanza de las ciencias en espacios educativos no convencionales, como el Planetario de Bogotá, que desde el año 2015 ha desarrollado actividades en algunas instituciones educativas distritales dentro de los programas de implementación de las jornadas única y extendida. Estas actividades buscan generar entornos de aprendizaje en los que, a partir de la astronomía, se aborden la ciencia y la tecnología de manera amplia, donde no se ubique a los conceptos como eje exclusivo del aprendizaje, sino elementos como la comprensión del quehacer de los científicos y desarrollo de actividades favorables a la ciencia son centrales para la educación científica.

Según lo mencionado por Ramírez, et al., (2018) una de las temáticas que posibilita desarrollar esta idea es la astrobiología y la exploración del Universo. Esta línea temática plantea un reto interesante desde un inicio, ya que permite aterrizar las prácticas de investigación de frontera en procesos escolares. Esto implica abordar cuestiones de difícil respuesta que generan controversia en la comunidad científica, así como retos que exigen la construcción de modelos y la implementación de metodologías atípicas. Además, permite

reflexiones trascendentales que llevan a pensar profundamente sobre la diversidad de vida existente en la Tierra y la fragilidad de los ecosistemas que la sustentan.

Lo anterior, sin perder de vista, que la curiosidad humana y el afán por entender y explicar los fenómenos del entorno han propiciado la formulación de preguntas importantes en diferentes áreas del conocimiento. Algunas de las más cautivadoras, profundas y simbólicas están relacionadas con la vida, ¿Qué es? ¿Cómo se origina? ¿Cuáles son los ambientes en los que se desarrolla y se mantiene? Y tal vez, una en particular que ha cobrado bastante fuerza en las últimas décadas, ya planteada desde tiempo atrás y es ¿Existe vida en otros lugares del Cosmos? Estos y otros interrogantes los han intentado resolver la biología con otras ciencias y han generado una nueva rama de la investigación: la astrobiología, dedicada a entender el origen, la evolución y la distribución de la vida en el universo (Sociedad Mexicana de Astrobiología, SOMA A.C., 2020).

2.1.3 Elementos teóricos iniciales que permiten configurar a la adaptación de las microalgas como un problema de conocimiento

La comprensión de la adaptación como un fenómeno de la naturaleza presente en la dinámica de lo viviente, permite caracterizar las relaciones de los organismos con el ambiente, en tanto sus dinámicas de supervivencia y transformación a lo largo del tiempo. Así pues, también funciona como pretexto pedagógico desde la artificialización⁷ del fenómeno, donde se puedan generar reflexiones sobre su enseñanza y pertinencia en el contexto educativo colombiano.

⁷ la artificialización desde la perspectiva de los problemas de conocimiento permite construir el fenómeno, proporcionando explicaciones a partir de los procesos de pensamiento que implican la objetivación del mundo y la representación de las condiciones de la existencia de dicho fenómeno (Valencia et al., 2003).

Es así, que se reconoce que la adaptación ha sido por muchos años un elemento de análisis en la comprensión de la evolución biológica de los organismos. Para abordarla, es importante tener en cuenta que como lo menciona Medellín (2019), la adaptación surge como consecuencia de los “problemas” que el ambiente pone a los organismos, en donde son estos quienes necesitan resolverlos, a través de dinámicas ecológicas como la selección natural y otros mecanismos que utilizan los organismos y permiten explicar los cambios y la supervivencia.

Por lo tanto, su aspecto actual es el resultado de una larga historia que desde su origen (millones de años atrás) ha constituido cambios geográficos y climáticos que han ocurrido y afectado a los organismos Benedetto (2017). En ese sentido, se puede afirmar que este es un planeta que constantemente sigue transformándose, debido a procesos geológicos y meteorológicos que constituyen esos “problemas” para los organismos y su existencia.

Esa historia de vida de los organismos permite comprender que la adaptación puede entenderse como la adecuación de una estructura de un organismo a su ambiente, como resultado de una selección ocurrida en el pasado, según Mayr (1992). No obstante, también se puede interpretar que la adaptación es producto de la selección natural, que ha favorecido características ventajosas⁸ capaces de ser heredadas por las generaciones futuras, tal como señala Dawkins (1976).

Por su parte, Leal, et al., (2015) reconoce que la astrobiología como disciplina que estudia el origen, evolución, distribución y futuro de la vida en el universo, está intrínsecamente vinculada al concepto de adaptación biológica. La capacidad de los organismos para ajustarse a diferentes condiciones ambientales es clave para comprender cómo la vida podría surgir y

⁸ Las características ventajosas o ventajas adaptativas, desde la perspectiva de Dawkins (1976), hacen referencia a los rasgos que incrementan la aptitud biológica del individuo, lo que significa que los organismos que poseen dichas características tienen más probabilidades de dejar descendencia.

sobrevivir en entornos extraterrestres. Desde extremófilos terrestres que prosperan en condiciones extremas, como altas temperaturas, acidez o radiación, hasta hipótesis sobre formas de vida adaptadas a las atmósferas ricas en metano de lunas como Titán, la astrobiología utiliza los principios de la adaptación biológica para evaluar la posibilidad de vida más allá de la Tierra. Este enfoque también ayuda a interpretar posibles biofirmas y a diseñar estrategias para la búsqueda de vida en otros planetas.

Estos postulados teóricos se relacionan con lo establecido por Valencia, et al., (2003) comprendiendo que los problemas de conocimiento se establecen desde componentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos, aspectos que consolidan la importancia de la construcción de representaciones frente a los fenómenos de la naturaleza, en un espacio como la escuela que es un lugar de conflicto cultural según lo mencionado por los autores.

Así las cosas, se plantean los problemas de conocimiento como una categoría que permite comprender las formas de proceder en la construcción del conocimiento científico que se refleja en la transformación de las prácticas de aula, por medio de explicaciones que se fundamenten desde el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones; como lo postula Valencia, et al., (2003), estableciendo que los problemas de conocimiento abarcan la formulación de interrogantes, el desarrollo de proyectos, la documentación de preguntas, experiencias que permitan la evolución de procesos creativos y diversidad de enfoques para la resolución de preguntas principalmente.

Reconocer las prácticas escolares desde los DBA, competencias y estándares permite integrar la adaptación de las microalgas como un problema de conocimiento, teniendo presente que aporta en la construcción de formas complejas de ver el mundo, pues, como lo menciona Delgadillo, Góngora y Medellín, (2009), la estrategia para la enseñanza de las microalgas desde los aspectos didácticos involucra aprender haciendo, teniendo presente que según los autores la gama de posibilidades para trabajar con una colección biológica son infinitas.

Estas comprensiones establecen un reto en la intervención del aula, pues estos escenarios en los que se materializan los problemas de conocimiento, permitiendo complejizar las relaciones entre diferentes disciplinas⁹ para dar cuenta de las condiciones que intervienen en los procesos de adaptación de las microalgas y así complejizar las relaciones emergentes en el cuestionamiento de la experiencia básica, puntual desde la artificialización del medio en el que crecen y se desarrollan las microalgas, mediante factores limitantes y variaciones.

Lo anterior, se puede establecer desde la intervención de aula formulando problemas y preguntas, un juicioso ejercicio de documentación que permite abordar estos interrogantes, sin dejar de lado el papel importante de las conversaciones grupales¹⁰ que nutren el proceso de construcción de aprendizajes.

2.1.4 Reflexiones derivadas de los espacios de la MDCN acerca de la dinámica de lo viviente y su relación con la adaptación

La Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales (MDCN) permite, desde su enfoque de profundización, evidenciar la importancia de la reflexión del maestro en la construcción de un discurso, producto de la profundización teórica desde lo epistemológico, lo pedagógico y conceptual, para fortalecer las acciones en el marco de la enseñanza de las ciencias como una actividad de la cultura, la reflexión sobre los procesos de construcción de conocimiento científico, comprendiendo este desde el paradigma de la revolución científica, en donde se comprende que la ciencia no está terminada, tal como lo menciona Kuhn (1994) al mencionar hay una modalidad no acumulativa desde la ciencia normal y un cambio revolucionario en donde se alteran las formas de pensar y las formas en que se describen los fenómenos naturales.

⁹ Como la astronomía, la astrobiología, la química, la física principalmente.

¹⁰ Conversaciones entre maestros, estudiantes y asesores del trabajo de grado.

Hablar de la dinámica de lo viviente y su relación con la adaptación desde los constructos de la MDCN, posibilita tener una postura interdisciplinar, de acuerdo con Nieto (2004, p. 69-73):

la interdisciplinariedad viene a ser la conveniente y adecuada articulación de las ciencias y disciplinas particulares y de los diversos círculos epistemológicos o sectores de afinidad disciplinaria, para producir aproximaciones más adecuadas en el trabajo de investigación científica, implica el encuentro y la cooperación entre dos o más disciplinas, aportando cada una de ellas (en el plano de la teoría o de la investigación empírica) sus propios esquemas conceptuales, su forma de definir los problemas y sus métodos de investigación” para que en concierto racional investiguen y ofrezcan mejores respuestas y soluciones a los complejos problemas teóricos y sociales del mundo contemporáneo.

Esta postura, sin duda alguna, genera una perspectiva holística de la dinámica de lo viviente, involucrando factores astrobiológicos, físicos, químicos, astronómicos y geológicos para realizar construcciones continuas de preguntas, acciones, argumentos y diseños experimentales que den cuenta del objeto y entender que esta dinámica está ligada a los cambios y evolución del planeta Tierra, generando condiciones que permitieron la adaptación y el mantenimiento de la vida en el planeta.

Así pues, la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales permite explorar la importancia de la observación, reconociendo que, al observar un objeto o fenómeno, intervienen dos elementos clave: el contexto y la carga teórica. El contexto, en muchas ocasiones, “...no está establecido explícitamente, sino que a menudo es inherente al pensar, al imaginar y al figurar (Hanson, 1958)”.

Esto facilita la sistematización de los procesos, de acuerdo con las posibilidades de observación a simple vista, tanto macroscópica como microscópica, lo que enriquece los procesos de enseñanza y, con ello, el surgimiento de emergencias que enriquecen el trabajo y la producción discursiva.

2.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La construcción de reflexiones complejas en torno al estudio de las condiciones de vida de las microalgas y su aporte en la comprensión de la adaptación biológica permite proyectar la consolidación de problemas de conocimiento que buscan transformar las prácticas de aula a partir de la construcción de explicaciones en torno de la experiencia; entendida la experiencia como “el lugar que permite que pasen cosas” Larrosa (2016) y por ende desde allí generar emoción y motivación por el conocimiento (INFD, 2011).

Adicionalmente, la idea de profundizar en el conocimiento disciplinar abre la posibilidad a la consolidación de conocimiento científico y la reflexión del docente con respecto a su enseñanza. Es importante mencionar que la profundización del conocimiento se construye a partir de diferentes orientaciones en torno a la historia y transformación de las explicaciones que aquí se plantean desarrollar.

En este orden de ideas, el objeto de estudio es producto de intereses personales, del proceso de formación como licenciados en biología y de experiencias en el campo de la docencia, lo que lleva a establecer que en el abordaje de la adaptación, se involucran diversidad de factores articulando la biología con la química, la física y la astrobiología para consolidar una mirada compleja al respecto y, así establecer las relaciones entre la profundización conceptual desde lo histórico y la artificialización de fenómenos, acompañados de reflexiones pedagógicas.

Así, se establecen conceptos estructurantes (ver *Figura 1*) que guían el ejercicio de documentación y profundización teórica, abordando elementos específicos del trabajo a desarrollar. Basándose en la experiencia disciplinar y también en la experiencia educativa en el campo pedagógico y profesional, se abordarán los requerimientos solicitados en el programa de profundización.

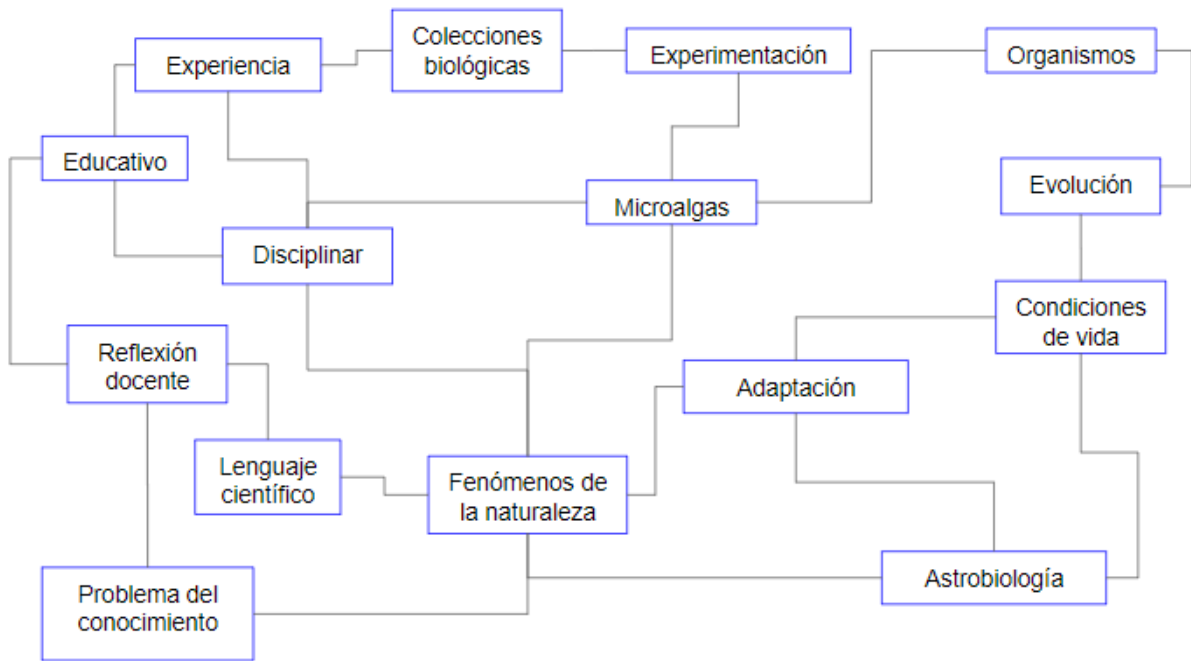


Figura 1. Red de términos estructurantes que orientan el trabajo (Elaboración propia).

Dicho lo anterior, en el marco de los referentes de la MDCN, y de los intereses de investigación explicados en el objeto de estudio, emerge como pregunta de profundización que orienta este trabajo:

¿Qué aspectos del estudio de las condiciones de vida de *Chlorella sp* permiten hacer de la adaptación biológica un problema de conocimiento?

3. JUSTIFICACIÓN

Comprender que la ciencia no está terminada y que es una actividad de la cultura permite generar representaciones del mundo natural y social. Desde esta perspectiva, en la escuela se propician procesos de transformación de las prácticas en el aula, potenciando esta como un sistema de relaciones que ofrece situaciones de aprendizaje que enriquecen la experiencia. Para este contexto en particular, se pretende enfatizar en el estudio de las condiciones de vida de las microalgas y su contribución a la comprensión del concepto de adaptación biológica.

El estudio de estos organismos no es exclusivamente de interés biológico, sino también desde una perspectiva holística de las ciencias, donde intervienen las condiciones físicas, químicas, geológicas y aproximaciones astronómicas que han posibilitado que las microalgas se hayan adaptado y permanecido en el planeta Tierra. Por eso es interesante contemplar la adaptación y su relación con las condiciones de vida como objeto en la educación básica, teniendo presente que la información no es sinónimo de conocimiento, sino que, al contrario, es un referente que permite hacer un ejercicio de documentación de preguntas.

En la educación básica, la enseñanza del concepto de adaptación no ocupa un papel destacado, como se ha evidenciado en la revisión documental de los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) y en la política pública de educación en general. Esto representa una motivación para que los estudiantes construyan conocimientos a partir de los procesos de educación científica escolar, orientándose hacia conocimientos multidimensionales. Se propone desarrollar el proceder metodológico desde la perspectiva de las condiciones físicas y químicas, así como algunos de los postulados de la astrobiología, que permiten reconocer la evolución del planeta Tierra y, a su vez, las adaptaciones de las microalgas a estas condiciones.

Como antecedente de lo mencionado, se encuentra el trabajo titulado “Aportes de la enseñanza de la astrobiología desde un enfoque CTSA”, en el cual se plantea que la enseñanza de las ciencias naturales implica experiencias que influyen en el sujeto tanto en su dimensión subjetiva del ser como del hacer, mediante vivencias que pueden ser vinculadas a cualquier contexto, como es el caso de la astrobiología en un espacio de educación convencional (García, 2019). Este trabajo ofrece reflexiones sobre las ciencias naturales y los eventos relacionados con el ambiente y el sujeto, así como las transformaciones del pensamiento resultantes de la revisión de distintos paradigmas. Se convierte en un aporte clave para la educación científica, promoviendo una comprensión más profunda y holística de los fenómenos naturales y su impacto en la explicación de la vida desde el enfoque CTSA.

Otro de los referentes es el trabajo realizado en la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales en donde se contempla un ejercicio de profundización en las condiciones teóricas y técnicas que permiten constituir a los microorganismos como un problema de conocimiento en la comprensión de la transformación de las sustancias en la enseñanza de las Ciencias Naturales por medio de una metodología documental, constituida desde estudios histórico-epistemológicos sobre el instrumento, el experimento y la técnica (García, 2020). Este trabajo reconoce el aporte de los microorganismos en la profundización teórica del abordaje de temáticas de la biología a través de los intereses producto de la experiencia, así como los procesos de documentación epistemológica y su relación con los problemas de conocimiento.

Por otro lado, los trabajos realizados por Delgadillo y Góngora (2008), Muñoz (2018) y Rivera (2018), permiten evidenciar que las microalgas son organismos de fácil manipulación en laboratorio, en los cuales se pueden establecer variables de experimentación en sus cultivos para establecer relaciones ecológicas (principalmente de la adaptación), identificando así un potencial didáctico con bastante riqueza educativa. Estos trabajos aportan a la propuesta investigativa desde el proceder técnico y las conclusiones que allí se suscitan en torno al trabajo con este tipo de colecciones biológicas, además de proponer la artificialización del conocimiento a partir de la experimentación con los organismos y el surgimiento de preguntas de investigación.

Los antecedentes mencionados, permiten comprender que es posible realizar trabajos de investigación que involucren al maestro en la reflexión pedagógica de su quehacer, posicionándolo como un sujeto del conocimiento que oriente y transforme las prácticas educativas, y que desarrolle experiencias científicas que permitan a los estudiantes interesarse por los fenómenos de la naturaleza, potenciando su capacidad de relacionarse con el mundo que lo rodea, y transformando así su percepción.

La incorporación de la astrobiología en la enseñanza escolar permite una plataforma para una comprensión más profunda y multidimensional del concepto de adaptación biológica, inspirando a los estudiantes a pensar más allá de las fronteras tradicionales de la percepción de cambio y de la biología terrestre.

Lo anterior considerando que la astrobiología combina biología, química, física, astronomía y geología para explorar la vida en el universo. Esta integración interdisciplinar permite observar cómo se conectan diferentes áreas del conocimiento, teniendo como punto de partida la vida en la Tierra, lo que a su vez facilita la comprensión de su pasado, presente y futuro. De esta manera, se puede reconocer la historia temprana del planeta y el papel crucial de microalgas como *Chlorella sp*, que fueron fundamentales en la transformación de la atmósfera y en la evolución y adaptación de la vida. Desde la perspectiva de los problemas de conocimiento, esta integración permite complejizar las explicaciones de los fenómenos estudiados en el ámbito escolar y enriquecer el discurso en la enseñanza de las ciencias naturales, promoviendo la emergencia de nuevas subjetividades.

4. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta el ejercicio de delimitación del problema y con el fin de responder a la pregunta central, se plantean los objetivos que guiarán el desarrollo de este trabajo:

4.1 OBJETIVO GENERAL

Profundizar en la adaptación biológica como un problema de conocimiento a partir del estudio de las condiciones de vida de *Chlorella sp.*

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las condiciones físicas y químicas que inciden en el desarrollo de *Chlorella sp* y su relación con los procesos de adaptación biológica.
- Diseñar, implementar y sistematizar una intervención en el aula que permita configurar la adaptación como un problema de conocimiento en educación básica.

5. PROCEDER METODOLÓGICO

El presente trabajo de profundización se orienta bajo los lineamientos del grupo de investigación Eco-perspectivas de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, enfocado en los procesos de formación de docentes. Este estudio establece elementos de carácter disciplinar, histórico y epistemológico, en los que el maestro de ciencias se convierte en sujeto de reflexión y contextualización. A través de este enfoque, se busca enriquecer su práctica profesional y pedagógica mediante un ejercicio de profundización tanto en el ámbito disciplinar como en el pedagógico, promoviendo una visión crítica y contextualizada de su labor docente.

Retomando lo anterior, es importante destacar que el objeto de estudio que posibilita la profundización surge de una serie de reflexiones, conversaciones, discusiones, encuentros e ideas generadas por los estudiantes durante los seminarios de la maestría. Estas interacciones, sumadas a las discusiones guiadas por los asesores, permiten identificar inquietudes, expectativas e intereses en torno a las propuestas de profundización. A partir de ello, se orientan los esfuerzos hacia una propuesta que vincula este objeto de estudio con las políticas educativas, la enseñanza contextualizada y el marco disciplinar, considerando así la fundamentación y profundización teórica. Además, se revisan trabajos de investigación previos que aportan una perspectiva crítica y enriquecedora para consolidar la propuesta.

De esta manera, se plantea un *contexto problemático* en el que se identifican no solo los intereses de los maestros, sino también la carga experiencial que cada uno de ellos aporta, lo cual orienta el trabajo en concordancia con los objetivos de la maestría. A partir de este contexto, se formula el problema de estudio mediante la pregunta: *¿qué aspectos del estudio*

de las condiciones de vida de Chlorella sp permiten comprender la adaptación biológica como un problema de conocimiento? Estos elementos permiten ampliar, reflexionar y contrastar las comprensiones, tanto con pares académicos como con otros autores, con el fin de enriquecer las explicaciones desde la perspectiva pedagógica. Además, este proceso destaca la importancia de que los maestros consideren la formulación de problemas de conocimiento como un elemento pedagógico clave en la enseñanza de las ciencias, promoviendo una visión crítica y contextualizada del conocimiento científico.

Así pues, para abordar la pregunta desencadenante, se propone dar continuidad al problema planteado y, en el marco del proceder metodológico, establecer tres líneas importantes: la ***profundización teórica***, la ***intervención en el aula*** y la ***producción discursiva***.

No se pueden desligar estas dos líneas en el proceder, ya que, aunque una se relaciona directamente con la documentación teórica, la otra implica poner en juego estos elementos para el diseño de una propuesta educativa que permita al docente reflexionar sobre su quehacer en el aula y la pertinencia de los contenidos científicos en contexto, desarrollando estrategias para determinar las condiciones físicas y químicas que inciden en el desarrollo de *Chlorella sp* y su relación con los procesos de adaptación biológica.

La profundización disciplinar y pedagógica, permite que, a partir del sustento teórico (que incluye elementos históricos y epistemológicos) se generen reflexiones sobre el conocimiento científico y su enseñanza en relación con las necesidades educativas. Por lo tanto, es esencial para la producción de conocimiento y la reflexión docente.

En este sentido, la *profundización teórica* se basa en la interacción de dos elementos clave en el proceso educativo: la fundamentación de la teoría científica y el enfoque pedagógico. Esta interrelación facilita la exploración y explicación de las conexiones y comprensiones que se busca responder, promoviendo una reflexión crítica sobre cómo integrar el conocimiento científico en la práctica educativa. De esta manera, se enriquece tanto el

aprendizaje como la enseñanza, lo que a su vez fortalece la producción discursiva a partir de la construcción de explicaciones.

Como se ha mencionado, este ejercicio de profundización retoma elementos históricos y epistemológicos que lo configuran como un espacio de reflexión crítica. A través de esta reflexión, se busca analizar y reinterpretar elementos clave, lo que contribuye al enriquecimiento de la práctica profesional y a un entendimiento más profundo de los fenómenos educativos y científicos.

En este sentido, además de la profundización disciplinar y pedagógica, los maestros construyen su propia experiencia a través del diseño experimental con cultivos de microalgas¹¹. La propuesta y estandarización de los medios de cultivo utilizados permitieron enriquecer la propuesta de aula, facilitando la construcción de explicaciones complejas tanto del objeto de estudio como del caso analizado (ver *Figura 2*).



Figura 2. Experiencia de los maestros en el conteo de microalgas como parte del diseño experimental.

¹¹ El diseño experimental se llevó a cabo con la microalga *Chlorella sp.* Este organismo fue sometido a variaciones en las condiciones de vida establecidas en el marco de la propuesta de profundización. Los protocolos detallados se encuentran en el Anexo 1 de este documento

Sin lugar a dudas, un aula de clase es un lugar en el que emergen relaciones complejas, debido a la interacción dinámica entre diversos elementos que afectan el proceso de enseñanza y aprendizaje. En primer lugar, la diversidad de estudiantes, con sus diferentes estilos de aprendizaje, habilidades, y antecedentes culturales, crea un entorno multifacético que requiere adaptabilidad y constantes reflexiones por parte del maestro. En ese sentido, diseñar una propuesta de intervención en el aula brinda la posibilidad de conjugar la epistemología, la pedagogía y la didáctica, elementos que se estructuran desde un punto de encuentro en común: la categoría de problemas de conocimiento (PC).

La construcción de la *intervención en el aula* parte del reconocimiento del contexto problema, y de la profundización pedagógica y disciplinar principalmente, de donde emerge una propuesta innovadora e interdisciplinar convirtiendo a los estudiantes ser constructores de nuevo conocimiento, además de permitirle al maestro reconocer que no es un distribuidor de conocimiento, teniendo la posibilidad de sorprenderse con las preguntas que realizan los estudiantes.

Es importante señalar que las experiencias planeadas como parte de la intervención fueron intencionadas, teniendo presentes los elementos de la motivación intrínseca que desde la perspectiva de Ryan (2000) se refiere al impulso para realizar una actividad o tarea por el placer y la satisfacción que proporciona el propio acto de realizarla. En otras palabras, los estudiantes motivados intrínsecamente están interesados en aprender porque encuentran el proceso de aprendizaje en sí mismo gratificante y estimulante, permitiendo concebir a los estudiantes como sujetos epistémicos.

Para que estos elementos (profundización teórica e intervención en el aula) cobren sentido, es indispensable comprender y valorar la sistematización como un proceso de *recuperación de la experiencia*, como una forma de comprender y mejorar las prácticas de enseñanza de las ciencias a partir de la reconstrucción del proceso vivido. Al realizar procesos de interpretación crítica de la experiencia se configura la *producción discursiva* que integra,

además los elementos de la profundización disciplinar y pedagógica que fortalece el discurso frente a la adaptación como un problema de conocimiento.

Todo este proceder metodológico se ve reflejado en la *Figura 3*, que muestra la organización general del trabajo de grado, siendo el contexto problema el orientador de los desarrollos de la propuesta, estableciendo relaciones entre los diversos elementos que conforman el trabajo de grado y que permiten configurar la adaptación biológica como un problema de conocimiento.

Al igual que el conocimiento científico, el presente trabajo de grado no es una propuesta acabada, ya que, a partir de la identificación de las emergencias, es posible formular proyecciones y recomendaciones de los resultados del proceso de sistematización.

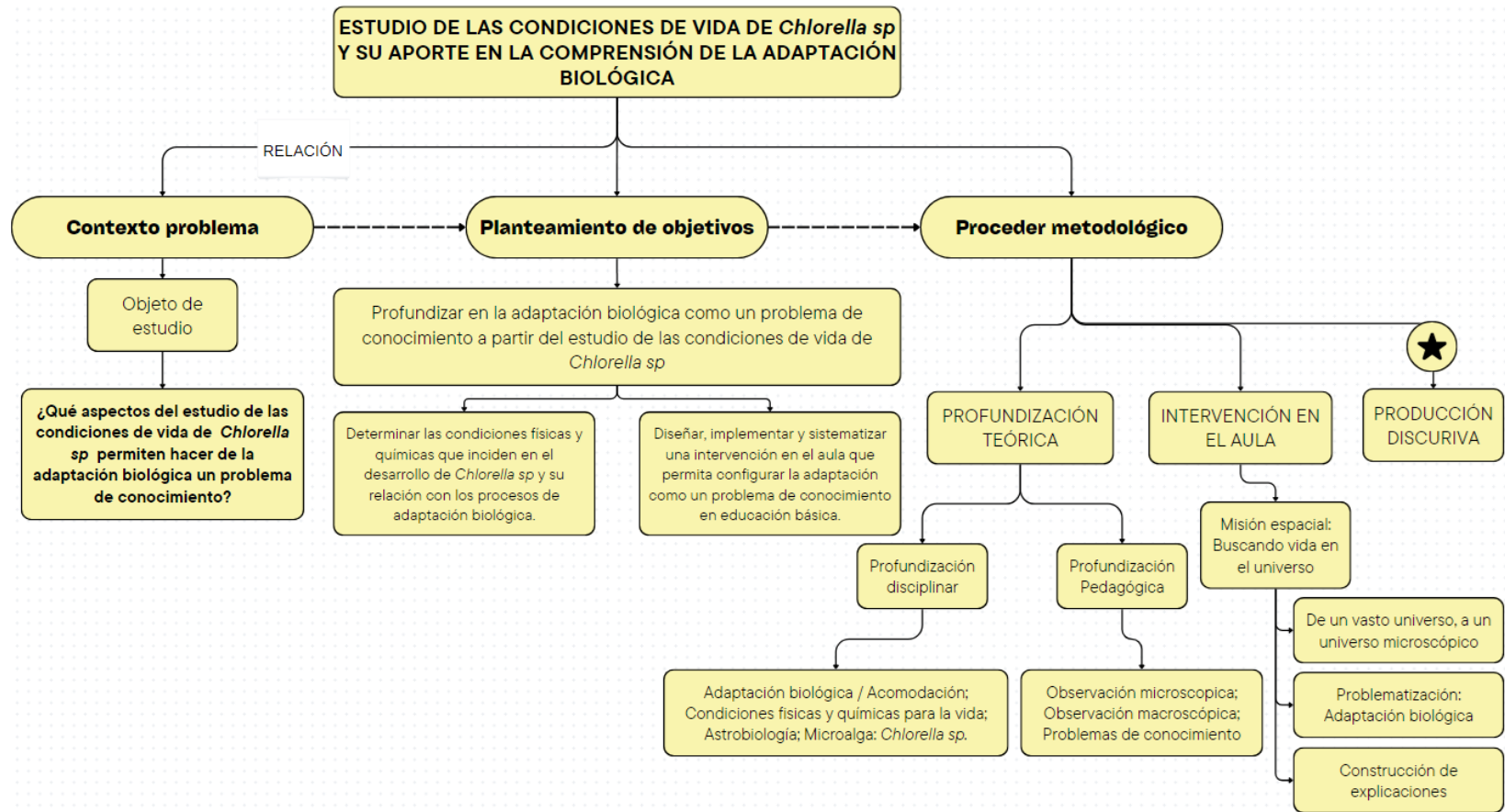


Figura 3. Flujograma de la descripción de las acciones del proceder metodológico del trabajo de grado. Elaboración propia.

6. PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA

En relación con el desafío de la profundización teórica sobre las condiciones de vida de *Chlorella sp* y su aporte en la comprensión de la adaptación biológica como un problema de conocimiento, los referentes teóricos se convierten en pilares fundamentales. Estos referentes, tanto desde una perspectiva histórica como epistemológica, permiten nutrir y enriquecer la construcción de relaciones de conocimiento en diversos contextos. Además, proporcionan una base sólida para comprender los procesos de adaptación y cómo se pueden abordar en diferentes escenarios educativos, facilitando la construcción de relaciones entre los cuerpos colegiados de la ciencia con elementos pedagógicos que promuevan una comprensión más amplia y contextualizada del fenómeno.

Asimismo, estos elementos de profundización teórica enriquecen la discusión académica al permitir la construcción de explicaciones más robustas y la recontextualización de conocimientos científicos clave, como la adaptación biológica. Esta reconceptualización no solo amplía el horizonte de conocimiento, sino que también genera nuevas formas de interpretar el fenómeno en cuestión, promoviendo su enseñanza y comprensión en entornos educativos.

Además, los aspectos emergentes desde la profundización pedagógica también se consideran importantes. Por lo que la profundización disciplinar y la profundización pedagógica se convierten en los ejes centrales alrededor de los cuales gira esta revisión teórica.

6.1 PROFUNDIZACIÓN DISCIPLINAR

La profundización disciplinar que se desarrolla en el presente capítulo establece que la vida tal como la conocemos, es el resultado de una serie de factores que interactúan de manera compleja y precisa. Más allá de los requerimientos biológicos esenciales, como el agua y los nutrientes, la existencia de organismos depende de un conjunto de condiciones físicas, químicas y astronómicas que permiten la habitabilidad de un entorno.

La temperatura adecuada, la disponibilidad de elementos químicos fundamentales como el carbono y el nitrógeno, la existencia de fuentes de energía y la estabilidad de la órbita planetaria son solo algunos de los factores determinantes. Este capítulo explora no solo los aspectos biológicos, sino también las propiedades físicas del medio ambiente, las interacciones químicas necesarias para el desarrollo y sostenimiento de la vida, y las condiciones astronómicas que influyen en la capacidad de un planeta para albergar organismos, desde la distancia a su estrella hasta la composición y dinámica del Sistema Solar.

Para desarrollar lo mencionado anteriormente, se acude al caso de estudio que es *Chlorella sp*, teniendo presente que las microalgas representan un excelente modelo para estudiar cómo las condiciones físicas, químicas y astronómicas influyen en la vida. Estas pequeñas formas de vida fotosintéticas, presentes en una amplia variedad de ambientes acuáticos, dependen de un conjunto preciso de factores para prosperar.

La temperatura del agua, la disponibilidad de luz solar, los niveles de dióxido de carbono y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo son determinantes clave para su crecimiento (Roldán y Ramírez, 2008; Gómez, 2007). Además, su evolución y distribución están condicionadas por distintas dinámicas, como la duración del día y las estaciones, que regulan la cantidad de luz disponible. El estudio de las microalgas permite no solo comprender cómo las condiciones locales afectan la vida, sino también extrapolar estas ideas a ecosistemas

extraterrestres. A continuación, se desarrollan los elementos que permiten dar cuenta de lo anterior.

6.1.1 El estatuto de la adaptación, perspectivas desde el cambio y la acomodación

La vida en la Tierra ha desarrollado una variedad de formas y comportamientos a lo largo de millones de años; desde los organismos más simples hasta los más complejos, todos han logrado sobrevivir y prosperar en sus respectivos ambientes. Este fenómeno se debe a la capacidad biológica de los seres vivos para enfrentar y superar desafíos ambientales. Al observar la diversidad de la fauna y la flora en diferentes ecosistemas, es evidente que cada especie posee características que le permiten maximizar sus oportunidades de supervivencia y reproducción. Estas características son producto de un largo proceso de cambios y ajustes que han permitido a los organismos responder eficientemente a las condiciones específicas de sus hábitats.

De estas características podemos destacar no solo la capacidad biológica de resistir, mantenerse y reproducirse, sino también la necesidad de considerar las condiciones externas que afectan a los organismos al enfrentarse a los problemas del ambiente¹². Así pues, estudiar las condiciones que afectan a los organismos, es hacer de la adaptación biológica un problema de conocimiento.

Reconocer las condiciones necesarias para el surgimiento y mantenimiento de las diversas formas de vida que habitan la Tierra implica pensar en los cambios¹³ y en las características

¹² Desde la perspectiva de Lewontin (1977) y Medellín (2019), el ambiente pone de manifiesto problemas a los organismos, de los cuales estos deben resolver, utilizando para ello la selección natural.

¹³ Hablar de cambios implica abordar temas relacionados con la adaptación, la acomodación y, en general, la biología evolutiva. Es importante comprender que la acomodación se refiere a los ajustes que los organismos realizan en respuesta a su entorno; mientras que el proceso de adaptación implica cambios heredables en las poblaciones, que se producen a lo largo de varias generaciones. Estas ideas se desarrollan en mayor profundidad en el siguiente subcapítulo.

de un organismo que aumentan su capacidad para sobrevivir y reproducirse en un ambiente específico, involucrando conceptos clave como selección natural, la variación genética, las variaciones estructurales, entre otros. Además, es esencial considerar la interacción entre los organismos y su entorno, analizando las presiones del ambiente (cambios en las condiciones de vida) y la respuesta de los organismos a lo largo del tiempo.

Abordar estos discursos estructurantes de la biología requiere de la construcción de una perspectiva holística que integre elementos de varias áreas de conocimiento¹⁴, como la física, la química, la astronomía, entre otros. El reconocimiento de estas perspectivas lleva al maestro a ampliar el marco de referencia y a problematizar el objeto de estudio, teniendo presente que nacen de la relación constante entre el sujeto y el objeto.

Lo mencionado anteriormente se sustenta también en la categoría de problemas de conocimiento, que establece como eje fundamental la complejización de relaciones. Esta se entiende como el cambio en las formas de ver, pensar y actuar, aspectos que requieren el desarrollo de un pensamiento capaz de dialogar con otras formas de conocimiento y de reconocer que el saber no está acabado. Así, se busca la construcción de una forma compleja de ver y entender el mundo Valencia, et al., (2003).

Al hablar de evolución y adaptación, es necesario evocar los estudios realizados por Charles Darwin¹⁵, cuyo trabajo sobre la selección natural revolucionó nuestra comprensión de cómo las especies cambian y se adaptan a lo largo del tiempo. Sin embargo, después de profundizar en los postulados de Darwin sobre la Teoría de la Evolución por selección natural y su relación con la adaptación biológica, es importante ponerlos en conversación con otros

¹⁴ Schneider y Sagan (2005) afirman que, así como se configuran comprensiones sobre la evolución y a adaptación desde la biología, la física y la química, es importante incluir a la termodinámica, pues es indispensable tener presente la degradación energética, lo que permite afirmar que la termodinámica también selecciona.

¹⁵ La obra de Darwin, *El origen de las especies*, es el punto de partida al evocar el fenómeno de la adaptación biológica en la naturaleza. Este texto se convierte en un hito para su comprensión y análisis en la construcción de explicaciones.

autores. Esto es especialmente relevante en el contexto del presente trabajo de grado, que se enfoca en profundizar en la adaptación biológica como un problema de conocimiento a partir del estudio de las condiciones de vida de *Chlorella sp.* En este orden de ideas, no se puede perder de vista que hablar de la adaptación biológica de los organismos implica abordar el cambio y la transformación, retomando lo propuesto por Medellín (2019).

Teniendo presente el caso de estudio y la modificación de condiciones realizadas en los medios de cultivo¹⁶, es necesario hacer un análisis documental en el que se pueda problematizar si la noción de cambio se refiere a la adaptación biológica o si son referentes a la naturaleza de la temporalidad¹⁷ que puede ser abordada desde el entendimiento de la acomodación, sin que estos cambios evidenciados en el montaje experimental tengan incidencia en las variaciones genéticas de la especie como tal.

En este orden de ideas, la acomodación hace referencia a los ajustes temporales y no hereditarios que un organismo realiza en respuesta a cambios inmediatos en su entorno. Estos ajustes pueden ser fisiológicos, conductuales o morfológicos y permiten mantener la homeostasis y funcionar eficazmente en condiciones cambiantes, así que la acomodación es una respuesta reversible a corto plazo, a diferencia de las adaptaciones evolutivas de largo plazo y hereditarias, de acuerdo con lo propuesto por Beall (2006). Un concepto que está relacionado con esta idea de acomodación es la plasticidad fenotípica, concepto que se configura a partir de la capacidad de reacción de los organismos.

La plasticidad fenotípica permite a los organismos ajustar sus características en tiempo real, lo que puede mejorar su supervivencia y reproducción en ambientes cambiantes. Este ajuste puede ser una respuesta a factores como cambios en la disponibilidad de recursos,

¹⁶ La modificación de las condiciones de vida en los medios de cultivo se realizó con el organismo de estudio *Chlorella sp.* Los datos y resultados de este diseño experimental se encuentran en el Anexo 1.

¹⁷ La temporalidad es la relación entre el tiempo y los cambios que experimenta el organismo en respuesta a las modificaciones en las condiciones del medio de cultivo.

temperatura, presencia de depredadores, entre otros. Es así, que de acuerdo con Beall (2010) la plasticidad fenotípica puede actuar como un "puente" hacia la adaptación genética. Cuando un cambio ambiental es nuevo o temporal, la plasticidad permite la supervivencia inmediata, si el cambio persiste, puede haber tiempo suficiente para que la selección natural actúe sobre variaciones genéticas que mejoren la capacidad de respuesta al nuevo entorno.

Considerando lo mencionado, es importante tener presente que la plasticidad fenotípica tiene ventajas, costos y límites, pues para que los organismos den una respuesta puede requerir energía y recursos, además, no todas las características pueden ser ajustadas plásticamente; algunas pueden estar restringidas genéticamente.

Así, para hablar de adaptación se discuten diversas perspectivas que configuran este concepto como un problema de conocimiento, considerando que la vida en la Tierra y su permanencia no pueden explicarse desde una visión simplista, pues se involucran diversidad de factores. Así las cosas, pareciera que cualquier cambio presente en los seres vivos se refiere a adaptaciones biológicas, pero surgen discusiones para especificar qué cambios son adaptaciones y cuáles no.

A continuación, se presentan elementos para problematizar la adaptación biológica y así establecer las formas en que se aborda el objeto de estudio en el presente trabajo de grado.

La adaptación como resultado de la selección natural un estudio a partir de Darwin

No se puede hablar de adaptación biológica sin remitirse al precursor de esta idea, Charles Robert Darwin, quien en 1831 emprendió un viaje de cinco años a bordo del *Beagle*. Durante este viaje, exploró una variedad de ecosistemas y recolectó una vasta cantidad de datos sobre flora, fauna, geología y geografía en diferentes regiones del mundo. Este viaje le permitió reunir la información que lo convertiría en el pionero de una teoría que revolucionaría la comprensión de la vida en el planeta Tierra.

Durante su viaje, Darwin observó una notable diversidad de especies y sus adaptaciones a diferentes ambientes. Desde el inicio de su viaje, se preguntó por la distribución geográfica de los seres orgánicos que viven en América del Sur y por las relaciones geológicas entre los habitantes actuales y los antiguos en aquel continente (Darwin, 1992, p9). Estos pensamientos le fueron cruciales en la hipótesis del origen de las especies, en la que se considera que las especies no han sido independientemente creadas, sino que han descendido, como las variedades de otras especies, a partir de procesos de selección natural y adaptación.

En sentido estricto, la reflexión que esto suscita, considerando las afinidades mutuas de los seres orgánicos, las relaciones embriológicas, la distribución geográfica y la sucesión geológica, entre otras¹⁸, permite pensar en las condiciones físicas y la presión que ejerce el ambiente sobre los organismos, poniéndolos a prueba y permitiendo la supervivencia del mejor adaptado. Esta perspectiva integral nos lleva a comprender cómo los organismos no solo enfrentan desafíos constantes en su entorno, sino que también evolucionan en respuesta a estos desafíos, desarrollando características que les confieren ventajas adaptativas. Así, la selección natural actúa como un filtro que favorece a aquellos individuos cuyas variaciones genéticas les permiten prosperar en sus respectivos hábitats.

En el Capítulo IV de El origen de las especies¹⁹, Darwin articula a las explicaciones el concepto de selección natural y señala cómo los individuos con variaciones favorables tienen más probabilidades de sobrevivir y reproducirse, pasando estas características a las siguientes generaciones. Estas variaciones pueden proporcionar ventajas que se acumulan con el tiempo, llevando a la adaptación de la especie a su entorno específico. Las variaciones surgen

¹⁸ Para Darwin, estos argumentos son fundamentales en su hipótesis del origen de las especies, por lo que se convierten en evidencias para su reflexión lógica; sin embargo, no es satisfactoria para demostrar que las innumerables especies que habitan el mundo se han modificado para adquirir la perfección de estructuras (Darwin, 1992, p11).

¹⁹ Capítulo IV: Selección Natural, o la supervivencia de los más adecuados. Origen de las Especies (sexta edición). Charles Darwin (1992). Buenos Aires, Editorial Planeta De Agostini.

debido a la presión que el entorno ejerce sobre las poblaciones, favoreciendo a aquellos individuos con características ventajosas, lo que promueve la adaptación mutua.

Las condiciones ambientales, como el clima, la disponibilidad de alimentos y la presencia de depredadores, juegan un papel crucial en determinar qué variaciones son ventajosas. Además, estas variaciones son fundamentales en la lucha por la existencia, ya que permiten mejorar la capacidad de un individuo para obtener recursos y reproducirse, siendo seleccionadas naturalmente. Esto se traduce en una mejora continua en la adaptación de las especies a su entorno.

La adaptación ¿una respuesta a los cambios de las condiciones en el ambiente?

La complejidad de la vida permite configurar comprensiones sobre los fenómenos y formas abordadas, siendo la adaptación un caso puntual que da cuenta de que la biología de los organismos es compleja. Una característica que parece ser una adaptación puede tener múltiples interpretaciones, o podría ser una respuesta inmediata al cambio abrupto del ambiente, en relación con el apartado anterior sobre acomodación.

Desde esta perspectiva es necesario reconocer que no todos los procesos de cambio implican adaptación, por eso Gould (1989) plantea el concepto de contingencia histórica, que hace referencia a la idea de que los eventos evolutivos están muy influenciados por las circunstancias específicas y aleatorias del pasado. Esto significa que la evolución de las especies no sigue un camino predeterminado y que muchos de los cambios evolutivos que ocurren son el resultado de eventos fortuitos y únicos que no se repetirían si la historia se desarrollara nuevamente. Este concepto desafía la idea de que la evolución es un proceso lineal y predecible dirigido únicamente por la selección natural.

Es así como Gould incluye en sus explicaciones el concepto de equilibrio puntuado²⁰, idea que desarrolla junto con Niles Eldredge (1972) sugiriendo que las especies experimentan largos períodos de estabilidad, que posteriormente pueden ser interrumpidos por breves episodios de cambios rápidos. Durante estos episodios de cambio, las especies pueden acomodarse rápidamente a nuevas condiciones ambientales o presiones selectivas. Desde esta perspectiva se establece que las acomodaciones fenotípicas pueden actuar como precursores de adaptaciones genéticas. Si una acomodación proporciona una ventaja significativa y consistente, los individuos que mejor pueden expresar esta acomodación podrían tener mayor éxito reproductivo y con el tiempo, esta característica podría ser seleccionada genéticamente y convertirse en una adaptación.

Dentro de los postulados de Gould (1989), la contingencia y las acomodaciones rápidas a cambios de las condiciones en las que habitan los seres vivos pueden ser cruciales. Las poblaciones que pueden fenotípicamente acomodarse a nuevos entornos tienen más probabilidades de sobrevivir y reproducirse durante periodos de cambio rápido, lo que puede llevar a adaptaciones genéticas a largo plazo.

Así pues, la acomodación permite una respuesta inmediata a los cambios ambientales, proporcionando una ventaja de supervivencia a corto plazo, esta respuesta rápida puede ser crucial en escenarios de cambio ambiental repentino, como los descritos en la teoría del equilibrio puntuado, haciendo que, a largo plazo, las acomodaciones que mejoran la aptitud pueden ser codificadas genéticamente, convirtiéndose en adaptaciones permanentes dentro de la población.

Es importante tener presente que Gould no utilizó el término "acomodación" de manera prominente, sus ideas sobre adaptación, equilibrio puntuado, plasticidad fenotípica,

²⁰ Esta idea de equilibrio puntuado representa una de las contribuciones más importantes y controvertidas a la biología evolutiva. Esta teoría desafió la visión tradicional gradualista de la evolución propuesta por Charles Darwin, proponiendo un modelo alternativo para explicar los patrones observados en el registro fósil.

multifuncionalidad y contingencia histórica sugieren una comprensión de cómo las especies y sus características pueden ajustarse y adaptarse a las circunstancias cambiantes y contingentes.

Criterios e implicaciones para hablar de adaptación biológica

Para hablar de adaptación biológica es importante mencionar no solo a Darwin y la teoría evolucionista de selección natural, sino que también basado en su trabajo, las nuevas bases teóricas que sustentan el darwinismo y el neodarwinismo. Claro está, el precursor de tan importantes ideas no se puede dejar de un lado, pues sus reflexiones no solo revolucionaron la forma en la que se pensaba el mundo natural, sino que marcaron un hito para la filosofía.

Darwin se empeñó en desarrollar una teoría del origen de las especies que, hasta ese momento, ningún naturalista había concebido. Propuso un enfoque innovador que estableció un precedente en la comprensión de la historia natural. Como lo menciona Ernst Mayr (1992, p. 11):

Este empeño lleva inmediatamente a la reflexión sobre Darwin, ya que nadie ha influido más que este extraordinario victoriano en nuestra moderna visión del mundo, tanto dentro como más allá del ámbito de la ciencia. Volvemos a su obra sin parar, porque, pensador audaz e inteligente, planteó preguntas profundas sobre nuestros orígenes que nunca se han hecho y, cómo científico dedicado e innovador, dio respuestas brillantes, que a menudo conmocionaron al mundo.

Darwin basó sus explicaciones en cuatro postulados fundamentales: selección natural, variación, lucha por la existencia y ajuste al entorno. Estos elementos constituyen el núcleo del pensamiento darwinista y reflejan las ideas de los científicos que le precedieron, como señala Mayr (1992); pero este pensamiento tiene limitaciones, lo que ha llevado a la reorganización y refinamiento de sus ideas.

La adaptación biológica, un concepto fundamental en la teoría evolutiva, se ha estudiado y comprendido con los trabajos de Charles Darwin y filósofos naturalistas contemporáneos. Darwin, en su obra *El origen de las especies*, introdujo la idea de que la adaptación es el resultado de la selección natural, donde las variaciones dentro de una población permiten que los individuos mejor adaptados a su entorno sobrevivan y se reproduzcan (Mayr, 1992). Este proceso continuo, impulsado por la lucha por la existencia y la presión del ambiente, da lugar a una mejora progresiva de las especies (Darwin, 1992).

Sin embargo, aunque estos elementos contaban con algunas evidencias, no fueron del todo convincentes para algunos científicos de la época. Aunque muchos naturalistas defendieron la idea del ancestro común, tardaron en aceptar plenamente la teoría de la selección natural²¹. Esto se debió a la falta de comprensión completa de los mecanismos genéticos que sustentan la herencia y la variabilidad, lo que hizo que algunos científicos se dudaran de cómo se produjeron las adaptaciones y la evolución de las especies (Mayr, 1992).

Con el tiempo, y con el avance de disciplinas científicas como la genética y de campos como la sociobiología, la selección natural se aceptó como principio central de la teoría de la síntesis evolutiva moderna. Esta teoría, que integra la selección natural de Darwin con los descubrimientos genéticos de Mendel y otros avances posteriores, ha unificado aspectos de la biología para dar una explicación coherente y robusta de cómo las especies evolucionan y se adaptan en el tiempo.

Hoy en día nos enfrentamos a nuevos retos en el campo de la adaptación y la biología evolutiva. Los postulados de Darwin, casi dos siglos después siguen vigentes, ya que marcaron un precedente en la manera de concebir el mundo natural. Actualmente, con el apoyo de ciencias como la biología molecular, la genética, la ecología y la biología del

²¹ Retomando a Mayr (1982, p.176), es de rescatar que Darwin nunca dijo “la selección puede hacerlo todo”, de hecho, sus postulados del origen de las especies rescatan la selección natural pero no lo ponen como único proceso evolutivo.

desarrollo, se ha podido profundizar y ampliar la comprensión de los mecanismos evolutivos. Por lo pronto, pensar en la adaptación biológica requiere un análisis desde múltiples perspectivas, reconociendo que su campo no está completo y que continúa siendo un fenómeno contemporáneo de estudio y análisis. Este enfoque multidisciplinario permite una visión más integral y actualizada de cómo los organismos se adaptan y evolucionan en respuesta a la presión que generan sus ambientes cambiantes.

6.1.2 Condiciones de vida: los seres vivos como entornos organizados

Con la intención de abordar la pregunta problema ¿Qué aspectos de las condiciones de vida de *Chlorella sp* permiten hacer de la adaptación biológica un problema de conocimiento? Se establecieron tres líneas generales de profundización que a su vez posibilitan el establecimiento de relaciones entre sí. Estas líneas de profundización son: adaptación biológica, condiciones de vida y el estudio de caso correspondiente a la caracterización de la microalga *Chlorella sp*.

Es importante considerar las condiciones astronómicas para comprender el surgimiento y el mantenimiento de la vida en la Tierra. Estas condiciones permiten entender la importancia de la zona habitable, ya que determinan la ubicación de la Tierra dentro de esta zona en el Sistema Solar. Esta zona es la región alrededor de una estrella donde las condiciones son adecuadas para que exista agua líquida en la superficie de un planeta, esta posición también es importante para que de forma natural se regule la cantidad y tipo de radiación emitida por la estrella, aspecto que pueden influir en la habitabilidad.

Otra de las condiciones importantes para el surgimiento y mantenimiento de la vida es el campo magnético que desempeña un papel crucial al proteger la atmósfera y la superficie del planeta de la radiación solar dañina, como los vientos solares cargados de partículas, este ayuda a mantener una atmósfera estable y permite que existan condiciones adecuadas para la vida.

Por su parte, la actividad geológica, que incluye fenómenos como la tectónica de placas, los volcanes y los terremotos, es de gran importancia teniendo presente que posibilitan el flujo de materia y energía en la Tierra y la regulación del clima a largo plazo. A continuación, se realiza una profundización de estas condiciones, las cuales han hecho posible que la vida en general y, la microalga (*Chlorella sp*) en particular, prospere en diversos entornos. Se analizará cómo estos procesos geológicos han influido en el desarrollo y evolución de la vida en el planeta, contribuyendo a nuestra comprensión de la adaptación biológica de *Chlorella sp* y sus condiciones de vida.

Condiciones de vida: Una mirada desde los flujos de materia y energía

Como se mencionó anteriormente, las condiciones para el surgimiento y mantenimiento de la vida en la Tierra no dependen exclusivamente de las dinámicas propias del planeta, sin perder de vista que además de las condiciones geofísicas y químicas de la Tierra, como la presencia de agua líquida, una atmósfera rica en oxígeno y una temperatura adecuada, las condiciones astronómicas son esenciales para el surgimiento y mantenimiento de la vida.

La ubicación de la Tierra en la zona habitable del Sistema Solar asegura temperaturas que permiten la existencia de agua en estado líquido, un elemento crucial para los procesos biológicos. La estabilidad del Sol como una estrella de secuencia principal²² proporciona una fuente constante de energía, indispensable para la fotosíntesis y otros procesos vitales.

²² El Sol es clasificado como una estrella de tipo espectral G, también conocida como enana amarilla. Aunque es la fuente principal de energía para la Tierra, en el contexto del universo, es una estrella de tamaño y luminosidad medias, considerada "secundaria" en comparación con estrellas más masivas y brillantes, como las supergigantes o gigantes azules. Sin embargo, su estabilidad como estrella de secuencia principal, es decir, en la etapa más prolongada de su ciclo de vida, lo convierte en una fuente constante y adecuada de energía para sostener la vida en nuestro planeta (Kaler, 2001).

Además, la inclinación axial de la Tierra, estabilizada por la Luna, genera estaciones y variaciones climáticas que promueven la adaptación biológica y la biodiversidad. Estas variaciones climáticas han impulsado la evolución y la capacidad de los organismos para adaptarse a distintos entornos. Así, las condiciones astronómicas, junto con la capacidad de adaptación biológica, permitieron que la vida surgiera, prosperara y evolucionara en la Tierra. Según Lovelock (1979), la vida no solo ha sido moldeada por las condiciones de su entorno, sino que también ha jugado un papel activo en la modificación de estas condiciones, creando un sistema autorregulado en el que la biota y el ambiente físico interactúan continuamente. Este enfoque, conocido como la hipótesis Gaia, propone que la Tierra funciona como un organismo autorregulado, donde los seres vivos influyen en los procesos químicos y físicos del planeta para mantener condiciones adecuadas para la vida. En consecuencia, las variaciones climáticas y astronómicas, junto con la intervención biológica, han contribuido de manera crucial al desarrollo y sostenibilidad de la vida en la Tierra.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede realizar un recorrido por las contribuciones de varios autores que han aportado al entendimiento de las condiciones físicas y químicas necesarias para el surgimiento y adaptación de la vida en la Tierra.

En este orden de ideas, desde la perspectiva de Maturana y Varela (2009), la aparición de los seres vivos depende de una serie de condiciones que empiezan a ser comprendidas desde una visión global. Describen la ubicación del Sistema Solar y el origen de la Tierra, que desde hace 5 mil millones de años ha mostrado transformaciones, iniciando con una atmósfera compuesta principalmente de Metano, Amonio, Hidrógeno y Helio.

Maturana y Varela (2009) establecen la importancia del Sol en esta cadena de transformaciones. La atmósfera primitiva sometida a altas radiaciones de luz UV, rayos gamma, descargas eléctricas, entre otros, ayudaron a modificar la atmósfera con transformaciones químicas en cadena, y, sin duda, para que surgiera la vida, se necesitaron ciertas condiciones físicas y químicas en la Tierra primitiva, como la presencia de agua

líquida y descargas eléctricas, que posibilitaron la formación de moléculas orgánicas complejas.

Posterior a estas transformaciones, se originaron las moléculas de Carbono en la atmósfera, lo que favoreció el surgimiento de la diversidad morfológica de las moléculas orgánicas, con la formación de redes de reacciones moleculares permitiendo el surgimiento de la vida²³. Para Maturana y Varela (2009), la organización da cuenta de las relaciones que tienen que darse para que algo sea, en el caso de los seres vivos, se caracterizan porque se producen continuamente a sí mismos, lo que es denominado para los autores como autopoiesis, siendo esta idea una muestra de que la vida surgió a partir de un proceso de evolución química, procesos que permitieron la formación de moléculas orgánicas complejas a partir de compuestos simples.

Reconociendo lo mencionado, dentro de las condiciones químicas se identifica el origen de las moléculas orgánicas como un proceso no lineal, emergiendo de transformaciones químicas complejas y que no son secuenciales. En este orden de ideas, Maturana y Varela (2009) reconocen dos principios fundamentales que distinguen a los seres vivos: la organización y la estructura, definiendo el primero de ellos como las relaciones que deben darse, definición que no se separa de la estructura en tanto que además de los componentes que constituyen una unidad en particular, se establecen relaciones que definen a los organismos como autopoieticos.

Lo mencionado anteriormente permite construir la idea de que los organismos *per se* son autónomos y sus niveles de organización dependen de las relaciones y las interacciones del sistema. Según Maturana, el ser y el hacer son inseparables, pues “sólo cuando en la historia de la Tierra se dieron las condiciones para la formación de moléculas orgánicas como las

²³ Alexander Oparin (1924) añade que el carbono es base fundamental para el desarrollo de moléculas que favorecieron el origen y evolución de la vida en el planeta tierra.

proteínas se hicieron posible la formulación de unidades autopoieticas” (Maturana, 2009, p.110)

Ahora bien, siguiendo con la idea de Maturana de establecer las condiciones que hicieron posible la vida y su permanencia²⁴ en la Tierra, se integran elementos que desde la Geología involucran factores como el vulcanismo y la tectónica de placas, además de condiciones físicas como el campo magnético y el reconocimiento de la zona habitable en sistemas planetarios. Adicionalmente se integran elementos desde la química que permiten ampliar la idea de las condiciones de vida de los seres vivos, entendiéndose como entornos organizados.

Astrobiología: Estudiando el Universo para conocer las condiciones locales

Aunque la astrobiología podría centrarse solo en la pregunta de si hay vida fuera de la Tierra, este campo del conocimiento científico ha avanzado significativamente para abordar interrogantes fundamentales de la humanidad. Se pregunta sobre los inicios de la vida y si esta es una característica exclusiva de la Tierra o universal. Delgado (2015) sostiene que, para considerar la vida como una característica universal, primero es necesario comprender cuáles son sus condiciones esenciales, tal como las conocemos en la Tierra, para luego analizar la posibilidad de su existencia y alcance en el Universo.

Como ciencia, la astrobiología no busca limitarse a áreas específicas de estudio, sino integrar conocimientos de diversas disciplinas como astronomía, física, química, geología, ingeniería y biología, convirtiéndola en una ciencia pluridisciplinaria, según Leal, et al., (2015), esta integración tiene como objetivo abordar preguntas fundamentales que configuran su objeto de estudio: ¿De dónde venimos? ¿cómo comienza, se adapta y evoluciona la vida? ¿Existe

²⁴ Desde Maturana (2009) esta permanencia es vista desde la postulación del concepto de Autopoiesis.

vida en otros lugares del Universo? ¿Cuál es el futuro de la vida? ¿Cuáles son los límites físicos y químicos de un ambiente habitable?

Estas ideas e interrogantes fueron consolidadas tras la creación del Instituto de Astrobiología de la NASA (NAI) en 1996, facilitando el intercambio interdisciplinario, estableciendo estudios de formas de vida que se desarrollan en ambientes extremos. La existencia de microorganismos en estos ambientes, han permitido ampliar el espectro de lo que se creía acerca de los requisitos indispensables para el desarrollo de la vida.

González (2003) afirma que las condiciones de vida en la Tierra dependen de otros factores de la Galaxia y del Sistema Solar. Considera al agua como un tesoro de la Tierra, ya que su estado líquido es el mayor indicador biológico existente, siendo el disolvente más propicio para la síntesis molecular. En su estado sólido, el agua juega un papel fundamental en el estudio del desarrollo de la vida en la Tierra, al albergar moléculas orgánicas congeladas provenientes de distintas eras geológicas, precisando las condiciones de la atmósfera al inicio de la vida.

Desde esta perspectiva, la Tierra se considera un complejo de fenómenos físicos, químicos y biológicos, lo que permite comprender el planeta como un sistema dinámico, complejo y constantemente cambiante, lo que posibilitó el surgimiento y mantenimiento de la vida.

De esta manera, Leal et al. (2003) destacan la importancia de la atmósfera terrestre, formada por los gases liberados durante una intensa actividad volcánica, junto al vapor de agua disponible. Hace 4.300 millones de años se formó una atmósfera primitiva, compuesta principalmente por CO₂, en la cual obtener energía a partir de la respiración celular habría sido imposible. Con el tiempo, esta atmósfera se transformó gracias a la aparición de los primeros organismos.

Como se ha venido mencionando, la Geología es un factor determinante para la existencia de la vida, pues los eventos geológicos permitieron las condiciones iniciales y el escenario

perfecto para la explosión de la vida, su diversificación, evolución y adaptación. De Pater (2010) afirma que los accidentes geográficos y los tipos de roca tuvieron una influencia directa en la distribución de las especies. Las variaciones topográficas, los cambios de temperatura y la disponibilidad de oxígeno, jugaron un papel fundamental en los procesos de adaptación biológica de las especies. Estas condiciones determinaron no solo dónde las especies podían prosperar, sino también cómo evolucionaban para adaptarse a entornos específicos.

Es esta la razón por la cual la litología²⁵ de una región, combinada con la geomorfología y un cambio paulatino de los paisajes influyen física y químicamente las formas de vida en la Tierra, sin perder de vista que los eventos geológicos en la historia terrestre son los que han generado un mundo habitable, pues permitieron la aparición y evolución de la vida, reconociendo que son tres los aspectos de la geología de la Tierra que son importantes para la vida: el volcanismo, la tectónica de placas y el campo magnético Des Marais, et al., (2002).

La actividad volcánica y la tectónica de placas: Existen estudios que determinan que los volcanes han sido cruciales para el desarrollo de la vida, ya que liberaron los gases atrapados en las capas subterráneas durante la formación de la Tierra. Esta liberación fue una de las fuentes primarias para la consolidación de la atmósfera, lo que contribuyó a la creación de ambientes químicos y térmicos adecuados, condiciones fundamentales para el surgimiento de la vida en el planeta.

Por su parte, la tectónica de placas ha permitido un desplazamiento lento en las continentales, generando variaciones en el clima global, cambios que han hecho que haya estabilidad climática, permitiendo la adaptación de las especies en largos periodos del tiempo.

²⁵ Entendida como una rama de la geología encargada del estudio de las características de las rocas que constituyen una determinada formación geológica.

El campo magnético: De Pater (2010) establece que el campo magnético de la Tierra es generado en su interior, es importante para la vida en tanto preserva la atmósfera terrestre, pues la protege del viento solar. Encontrar vida en otros mundos tiene una relación directa con la existencia de un campo magnético, pero es importante tener presente que, en los planetas rocosos como la Tierra, este campo magnético no es eterno, pues el viento solar puede barrer la atmósfera durante millones de años.

Geología en relación con la habitabilidad planetaria: El NAI (NASA Astrobiology Institute) establece que las condiciones de la biosfera terrestre, combinadas con las características físicas y químicas del Sistema Solar favorecen el surgimiento de organismos, unicelulares y multicelulares en todo rango de complejidad.

Esta habitabilidad planetaria se caracteriza por regiones extensas de agua en estado líquido, un medio favorable para el ensamble de moléculas orgánicas de estructura compleja y una fuente de energía para el sustento del metabolismo.

Así las cosas, la zona de habitabilidad según lo propuesto por Des Marais, et. al., (2002) varía dependiendo de la estrella huésped, pues existe un rango de distancias para encontrar un mundo parecido a la Tierra, orbitando alrededor de una estrella. Para el caso del Sistema Solar, esta zona de habitabilidad está alrededor de los 150.000.000 kilómetros, definiendo esta distancia como la zona en la que un planeta puede alejarse o acercarse a su estrella sin afectar las condiciones, siendo una de las más importantes para el mantenimiento de agua en su estado líquido en su superficie.

Química prebiótica: Sin perder de vista las preguntas fundamentales planteadas por la astrobiología, vale la pena mencionar que, para los evolucionistas, la vida en la Tierra tuvo origen a partir de los componentes inertes existentes hace 3900 - 3500 millones de años,

según lo propuesto por Tarbuck (2010), iniciando con compuestos orgánicos, que se autoorganizaron para dar origen al primer sistema autoreplicante²⁶.

Cualquiera que sea la discusión, involucra a la química orgánica, teniendo como eventos fundamentales: el origen de los monómeros²⁷, aparición de fosfolípidos, primeros coacervados y membranas compuestas y la aparición de ribozimas o ARN auto catalítico capaz de replicarse.

En general, la química prebiótica se refiere al estudio de los procesos químicos que preceden al origen de la vida (biogénesis) en la Tierra y potencialmente en otros lugares del universo. Desde la perspectiva de la astrobiología, la química prebiótica es crucial para entender cómo la vida puede surgir en diferentes entornos cósmicos. En este orden de ideas, se establecen cuáles al parecer fueron estas condiciones iniciales. Según Leal, et al., (2015), estas condiciones se pueden estudiar a partir de la astrobiología, a través de la comparación de condiciones y ambientes externos, tal como lo menciona en el siguiente apartado (p.49):

Planetas y Lunas: La astrobiología investiga planetas y lunas que podrían tener las condiciones adecuadas para la química prebiótica. Esto incluye la presencia de agua líquida, una atmósfera adecuada, y fuentes de energía. Marte, Europa (una luna de Júpiter) y Encélado (una luna de Saturno) son ejemplos de lugares que podrían tener condiciones adecuadas.

Ambientes Extremófilos: Los estudios en ambientes extremófilos de la Tierra, como las fuentes hidrotermales en el fondo del océano, ayudan a entender las formas en que la vida podría surgir en condiciones extremas, similares a las que podrían encontrarse en otros cuerpos celestes.

Además, estos autores plantean que experimentos como el de Miller-Urey (1953) demostraron que los aminoácidos y otras moléculas orgánicas pueden formarse a partir de

²⁶ Maturana y Varela (2009) plantean que estos sistemas autoreplicantes se caracterizan por ser un sistema que tiene la capacidad de producir copias de sí mismo sin la intervención de un agente externo. Este concepto es fundamental en biología y en el estudio del origen de la vida, ya que las primeras formas de vida en la Tierra debieron ser sistemas capaces de autoreplicarse para asegurar su continuidad y evolución.

²⁷ Surgimiento de las bases nitrogenadas, aminoácidos y lípidos.

compuestos simples en condiciones similares a las de la Tierra primitiva. También mencionan experimentos que muestran que se han encontrado aminoácidos y otras moléculas orgánicas en meteoritos y cometas, lo que sugiere que estos cuerpos celestes pueden transportar los bloques de construcción de la vida a través del sistema solar y más allá.

Después del surgimiento de la vida en la Tierra, estas transformaciones de las sustancias no sólo se dieron a partir de las condiciones físicas y químicas, pues los primeros seres vivos producto de su metabolismo modificaron la Tierra primitiva²⁸:

...estos “genios microbianos” pueden captar la luz, producir alcohol, expeler hidrógeno y fijar nitrógeno gaseoso, fermentar azúcar en vinagre o convertir iones sulfato o gránulos de azufre en sulfuro de hidrógeno gaseoso. Hacen todo esto y mucho más no porque sean “patógenos” o trabajen para nosotros limpiando el entorno, sino porque el imperativo de la supervivencia los llevó a inventar cada una de las principales transformaciones metabólicas en la superficie del planeta... (Margulis & Sagan, 2005, p.58).

Termodinámica de la vida

Por otro lado, una de las perspectivas que contribuye a la comprensión de las condiciones que permiten entender a los seres vivos como entornos organizados es la perspectiva termodinámica, mostrando la importancia del equilibrio en la temperatura para el ecosistema planetario y las tendencias evolutivas que esto genera, teniendo en cuenta que la termodinámica selecciona y permite la proliferación de especies, factores que permiten enunciar las condiciones para el sostenimiento de la vida.

Es así, que Sagan y Schneider (2009) afirman que la evolución de la vida se puede explicar desde su eficiencia como sistema, teniendo presente que cuánto más madura un ecosistema, más energía solar degrada, pues la riqueza ecológica se correlaciona en la historia de la Tierra con la reducción del gradiente de temperatura.

²⁸ Siendo las microalgas, entre ellas *Chlorella* sp. algunas de estas especies.

Por ende, abordar las condiciones que posibilitan la vida desde la termodinámica parte de comprender que la complejidad de la vida está relacionada con la degradación de energía, razón por la cual es importante comprender la Tierra como un ecosistema, que extrae energía de la radiación solar, para degradarla como le sea posible.

En este orden de ideas, es importante hablar de los flujos energéticos proporcionados por el carbono (C) comprendiendo las formas en que se transforma por medio de procesos físicos y biológicos (López, 2011). Estos elementos permiten comprender las tendencias evolutivas que se pueden analizar según los principios de la termodinámica. La capacidad del carbono para formar diversas estructuras y compuestos complejos es fundamental para la vida, y su ciclo biogeoquímico influye significativamente en los procesos evolutivos y ecológicos en la Tierra.

Sagan y Schneider (2009) generan comprensiones sobre cómo la evolución puede entenderse desde la mirada de la degradación energética. Al principio, los organismos se envenenaban al aguantar los gradientes de los que dependían, ya que las condiciones necesarias para la transformación de la atmósfera aún no estaban presentes. Esto demuestra que, aunque la termodinámica permite entender la evolución, no es suficiente por sí sola. Se deben considerar dos variables adicionales: disipación energética y transpiración con la diversidad.

En general, se entiende la sucesión ecológica como el cambio temporal y direccional en la composición y estructura de una comunidad biológica a lo largo del tiempo, donde unos taxones sustituyen a otros. Estos procesos pueden evidenciarse en el transcurso de cientos de años. Por otro lado, los procesos evolutivos ocurren al azar y son producto de mutaciones. Según lo postulado por Jay Gould (1989), la evolución es, en gran medida, un proceso aleatorio, lo que resalta la complejidad y la diversidad de la evolución biológica en un contexto de cambio constante.

Lo anterior se relaciona con las ideas de Sagan y Schneider (2009) quienes afirman que los ecosistemas buscan un equilibrio, haciendo complementarios la evolución y la termodinámica. Esto abre una discusión entre la termodinámica y la evolución. Depew y Weber (1994) señalan que Charles Darwin estaba fuertemente influenciado por Newton, argumentando que el fundamento de la biología de poblaciones es un modelo termodinámico. Esto enfatiza su propia complejidad, que otorga importancia a todas las condiciones inherentes y emergentes, incluyendo aquellos factores físicos que explican los mínimos necesarios para el surgimiento y mantenimiento de la vida en la Tierra.

Por su parte, Gould (1997), quien se ha destacado por sus investigaciones evolucionistas, estudian los genes como unidades estadísticas, demostrando que las propiedades de las poblaciones son análogas a los mecanismos de²⁹. Además, afirma que las unidades de selección natural no son los individuos, sino las pautas de flujo termodinámico y la interacción entre los organismos que establecen estructuras que degradan la energía en diferentes escalas.

Desde esta perspectiva, la selección natural tiende a incrementar el flujo de energía a través del sistema, lo cual es respaldado por Gould (1997), quien sostiene que la vida se expande buscando todos los nichos disponibles. Esta idea también es apoyada por Dawkins (1976), quien en su teoría del "gen egoísta" describe cómo los organismos actúan como vehículos para la propagación de los genes, contribuyendo a la distribución y acumulación de energía en el sistema biológico.

²⁹ Mecanismos postulados desde la Teoría de la Evolución por Selección Natural que son: selección estabilizadora, selección direccional, selección disruptiva y selección sexual. Es importante mencionar que para efectos del desarrollo del presente capítulo no es indispensable definir cada uno de ellos.

Teniendo en cuenta lo anterior, desde la perspectiva de *la Termodinámica de la vida*³⁰ Se plantea el interrogante sobre la proliferación de especies, pues al parecer, el cambio en el número de especies abre nuevas vías para la captación y degradación de energía.

Es así como, poniendo en consideración los aspectos termodinámicos y las condiciones que se plantean desde la astrobiología para construir el discurso sobre las condiciones de vida de los seres vivos entendidos como entornos dinámicos, se encuentran relaciones en tanto estas condiciones no son sólo producto de las interacciones entre los seres vivos, sino que a su vez de la historia de la Tierra como planeta³¹.

Desde esta perspectiva, es importante comprender que la vida en la Tierra no ha existido siempre, sin embargo, a medida que la vida surge, se abren nuevas posibilidades para la acumulación, captación y degradación de energía. Así mismo, se puede comprender que la desaparición de una especie también tiene gran impacto, pues se pierde información genética generando cambios en los ecosistemas y en los procesos de degradación energética.

Depew y Weber (1994) plantean la importancia de la fotosíntesis para los procesos de transformación de energía, pues siempre que los productores³² de alimento hagan su trabajo, habrá energía de sobra para el sostenimiento de la Tierra como ecosistema, comprendiendo así que, la diversidad de especies depende de la energía solar disponible, energía que de acuerdo con los 23° de inclinación de la Tierra con respecto al Sol, no se distribuye de forma equitativa en todas las regiones.

³⁰La termodinámica de la vida (Prigogine, 1972); texto orientador para definir el apartado de las condiciones para la vida.

³¹ Involucrando elementos como: La ubicación de la Tierra en el Sistema Solar, la consolidación de su campo magnético y su historia geológica principalmente.

³² Dentro de ese grupo de productores, es importante caracterizar a *Chlorella sp.* como estudio de caso en el desarrollo del trabajo de grado.

Dicho esto, Sagan y Schneider (2009) postulan condiciones para la vida, vistas desde el punto de vista termodinámico, específicamente desde las comprensiones en cuanto a la evolución y adaptación de las especies. Estas condiciones son:

Energía disponible para la disipación: Esta condición explica la existencia de un gradiente latitudinal de especies, registrando más diversidad en la zona ecuatorial, diversidad que tiene una relación directa con las tasas de evaporación producto de la transformación de esa energía disponible.

Área geográfica: Dependiendo de la superficie del planeta Tierra, hay un aumento o disminución del número de especies y así mismo de las interacciones que pueden favorecer la degradación de energía.

Producción primaria: Cuanto mayor es la producción primaria, se encuentra mayor disponibilidad de energía para que pueda estar estable la cadena alimentaria.

Altitud: La diversidad es inversamente proporcional a la altitud. Dependiendo de la variación del gradiente de temperatura se puede retardar o acelerar el metabolismo y de esta forma alterar la productividad.

Heterogeneidad espacial: La variedad de hábitats afecta la diversidad y adaptación de las especies, pues la cantidad de especies aumenta en la confluencia de los ecosistemas.

Tiempo transcurrido: La diversidad de especies aumenta a lo largo de los procesos de sucesión ecológica y del tiempo geológico.

Estabilidad medioambiental frente a la variabilidad: El surgimiento de nuevas especies, su adaptación y la diversidad de las especies es mayor en ambientes estables como es el caso del fondo marino.

Factores históricos contingentes: Los sucesos impredecibles como los incendios, glaciaciones, terremotos, contaminación de fuentes hídricas, entre otros, reducen la diversidad y las posibilidades de adaptación.

Tamaño y movilidad: Los organismos más pequeños necesitan menos recursos, lo cual los hace más diversos.

Nuevas especies: Las nuevas especies crean nuevos hábitats, cada nueva especie proporciona nuevos recursos y nuevas fuentes de transformación de energía.

Estas condiciones planteadas por los autores son una muestra de la relación directa que existe entre la diversidad de especies y la energía disponible para ser transformada, siendo factores clave para el sostenimiento de la vida en la Tierra. Lo anterior permite entender al planeta Tierra como un ecosistema complejo, mostrando la importancia de comprender las relaciones entre factores físicos, químicos y biológicos.

Así se establecen relaciones entre termodinámica y diversidad, ya que los seres vivos alcanzan niveles de procesamiento de energía. Según Sagan y Schneider (2009), los sistemas que obtienen más energía y la invierten eficientemente en la producción de descendencia son menos propensos a ser eliminados por el proceso selectivo.

6.1.3 Las microalgas y los procesos de transformación de la vida

En los sistemas acuáticos marinos, epicontinentales y dulceacuícolas, existe una gran diversidad de vida, tanto macroscópica como microscópica. Estas formas de vida se caracterizan por participar en diversas dinámicas ecológicas dentro de estos sistemas naturales, estableciendo relaciones que dependen de condiciones adecuadas para su desarrollo.

Algunos organismos presentan adaptaciones que les permiten vivir en dichos ecosistemas con unas estructuras demasiado simples, y en condiciones muchas veces adversas. En los sistemas acuáticos hay diversidad taxonómica, y esto es esencial en la conformación de redes tróficas.

Entre los organismos acuáticos se pueden caracterizar de acuerdo con su estructura, morfología, relaciones ecológicas y hábitat. Muchos de los organismos son microscópicos, invisibles a simple vista, pero demasiado importantes para el mantenimiento de la vida y las transformaciones de energía (ver capítulo Termodinámica de la vida). Así pues, en los

sistemas acuáticos hay relaciones ecológicas bien complejas, con dinámicas que permiten entrelazar el pasado, presente y futuro de la vida en el planeta Tierra.

Algunos de estos organismos tan históricos que han revolucionado la atmósfera y las condiciones pertinentes para la existencia de diversas formas de vida (como se menciona en el capítulo anterior). En esa medida, profundizaremos en los organismos algales³³, organismos que se pueden clasificar de acuerdo con su tamaño en macroalgas y microalgas, y que son esenciales en las dinámicas de dichos ecosistemas.

Las macroalgas son organismos pluricelulares fotosintéticos de vida acuática (ver *Figura 4*), habitan principalmente en ambientes marinos, aunque también pueden encontrarse en aguas dulces y salobres, viven adheridas al sustrato y obtienen sus nutrientes a través de las hojas. Estos organismos desempeñan un papel clave en la estructuración de ecosistemas costeros, contribuyendo a la estabilización de los sedimentos marinos y proporcionando refugios para diversas especies (CETMAR, 2021). Las macroalgas son organismos con una importancia ecológica demasiado elemental, pero no son el enfoque de este apartado, por lo que no se estimará a profundidad.

³³ El término “alga” se utiliza comúnmente para referirse a organismos fotosintéticos, muy cercanos a las plantas, principalmente acuáticos, aunque también se las encuentra en ambientes húmedos como rocas y suelos, que muestran poca diferenciación celular. Estos organismos pueden formar colonias, presentar filamentos, ser unicelulares, ser complejas en su estructura o ser taloides (Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1994, p.2)



Figura 4. Especies representativas de macroalgas de los grupos Rodófitas o algas rojas (A), Feófitas o algas pardas (B), y Clorófitas o algas verdes (C) (CETMAR, 2021).

Por otro lado, las microalgas, enmarcadas en el fitoplancton³⁴ de los sistemas acuáticos, son organismos con pigmentos fotosintéticos, principalmente clorofila a, capaces de realizar fotosíntesis oxigénica y encargadas de la principal fuente de productividad primaria de dichos ecosistemas (Gómez, 2007).

Entre las microalgas se incluyen organismos con dos tipos celulares: cianobacterias, con estructura celular procariota, y las restantes microalgas con estructura celular eucariota; sin embargo, el término microalga no tiene valor taxonómico alguno (Gómez, 2007, p.4), no obstante, poseen un valor ecosistémico importante ya que son la principal fuente de biomasa, contribuyen al balance de oxígeno y dióxido de carbono, e inician el flujo de energía en los ecosistemas, además de su uso ecológico como bioindicadores de calidad de agua (Vélez-Azañero, et al., 2016). Su desaparición significaría la ausencia de la principal fuente de alimento y energía para los animales acuáticos, ya que además de oxigenar el agua durante

³⁴ El fitoplancton junto con el zooplancton, conforman el plancton en los ecosistemas acuáticos; estos organismos se caracterizan por ser de vida errante o bentónicos. Estos organismos son de vital importancia para el flujo de materia y energía en dichos ecosistemas (Roldan y Ramírez, 2008).

el día, aportan polisacáridos, aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas y proteínas a los organismos asociados a ellas (Álvarez, 1994, p.3).

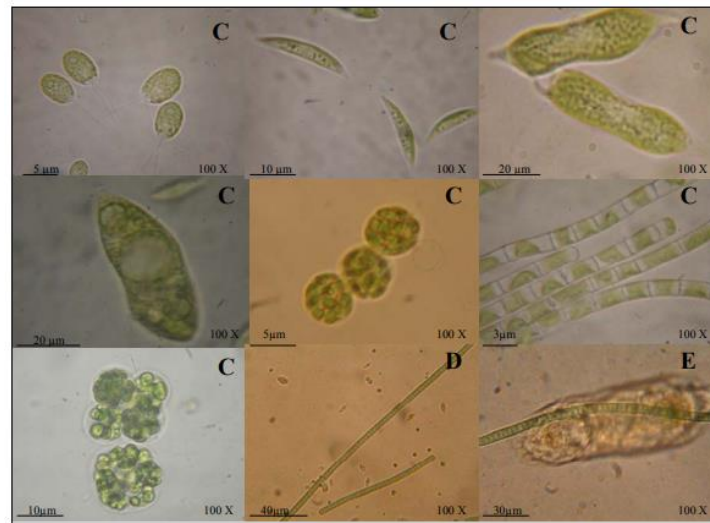


Figura 5. Fotografías de algunas microalgas representativas, entre las que se encuentran la División Chlorophyta (C), la División Cyanophyta (D) y División Euglenophyta (E) vistas al microscopio (Cáceres, 2011).

Estos organismos llaman la atención por los interrogantes que le plantean la ciencia sobre su hábitat, gracias a su simplicidad y amplia distribución³⁵, además de poseer un valor biotecnológico gracias al uso y aplicación de estos organismos en la industria y como biorremediadores de las condiciones físico-químicas de los ecosistemas acuáticos, así como también en la producción de biocombustibles, suplementos alimenticios, productos farmacéuticos y cosméticos entre otros (Gómez, 2007; Bermeo, 2011; y, Arrieta, 2022)

Gómez (2022) señalan que las microalgas son favorables para el estudio biológico, ya que son organismos adaptables a diversas condiciones ambientales, favorecido por sus altas tasas

³⁵ Liliana Gómez (2007, p4) retoma que muchas especies habitan en condiciones extremas, mientras que otras son estenotolerantes y desarrollan sus colonias en condiciones favorables, privilegiando factores limitantes como la radiación lumínica, la temperatura, concentración de nutrientes, etc.

de reproducción y un ciclo biológico breve, siendo altamente eficaces en la transformación de sustancias, por lo que les encuentra gran valor comercial en la aplicación de procesos industriales.

Estas características hacen de las microalgas no solo un objeto de estudio atractivo para la biología, sino también un recurso valioso para la industria. Lily Arrieta (2022) recopila algunas de las características generales de las microalgas, señalando que las células de las microalgas están compuestas por una pared celular, membrana plasmática, citoplasma, núcleo y diversos orgánulos. Estos organismos contienen plástidos ricos en clorofila, los cuales son responsables de producir su alimento a través de la fotosíntesis, lo que las clasifica como organismos autótrofos. Además, se destacan por ser una fuente rica en proteínas, lípidos, carbohidratos y vitaminas. Otra característica relevante de las microalgas es su capacidad para alcanzar rápidas tasas de crecimiento, gracias a su notable adaptabilidad y su metabolismo acelerado.

Las microalgas son organismos altamente versátiles, tanto desde el punto de vista ecológico como biotecnológico, según lo mencionado por diversos autores. Su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y su valor nutricional las convierten en un recurso prometedor para aplicaciones industriales, biotecnológicas y en el campo de la investigación. La comprensión de sus características y procesos es fundamental para seguir explorando su potencial en diversas áreas.

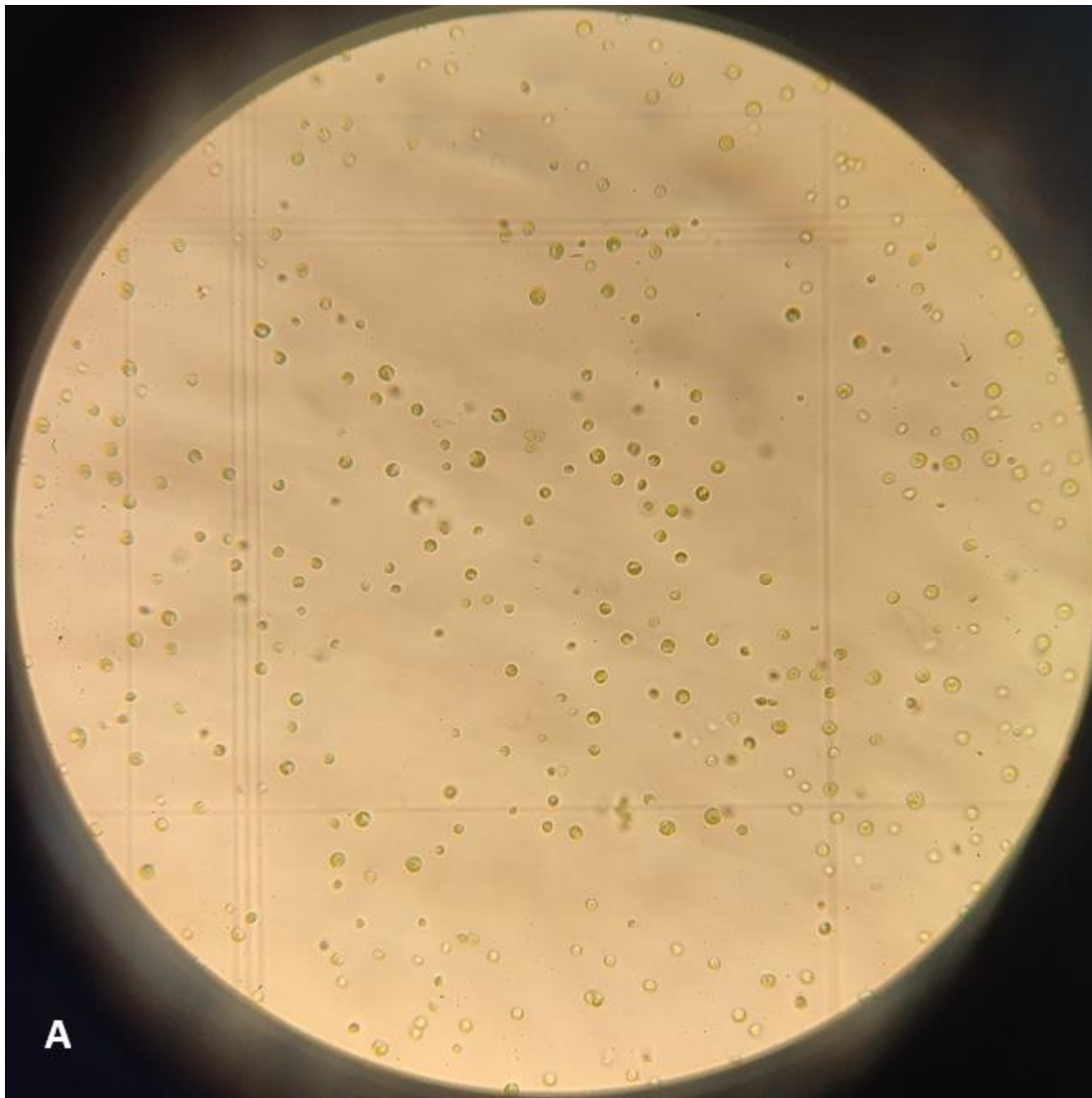
Caracterización morfo-fisiológica de *Chlorella sp*

Chlorella es un género de alga verde, perteneciente a la división chlorophyta, caracterizada por tener una estructura unicelular eucariota³⁶. Los organismos del género *Chlorella* tienen

³⁶Clasificación de acuerdo a su estructura celular, teniendo en cuenta que en las clasificaciones taxonómicas de las microalgas, no hay exactitud en su caracterización sistemática

sus células de forma esférica como se muestra en las fotografías de algunas de estos organismos representados en la *Figura 6*; además, miden alrededor de 2 a 10 μm de diámetro, sin flagelos en ninguno de sus estados de desarrollo.

La *Chlorella* es un organismo que se reproduce rápidamente a través de la fotosíntesis en medios autotróficos, heterotróficos y mixotróficos; además poseen importancia biotecnológica, ya que algunas de las especies como la *Chlorella vulgaris* es usada en algunas investigaciones como recurso para reemplazar los combustibles fósiles y para alimento. (Bermeo, 2011)



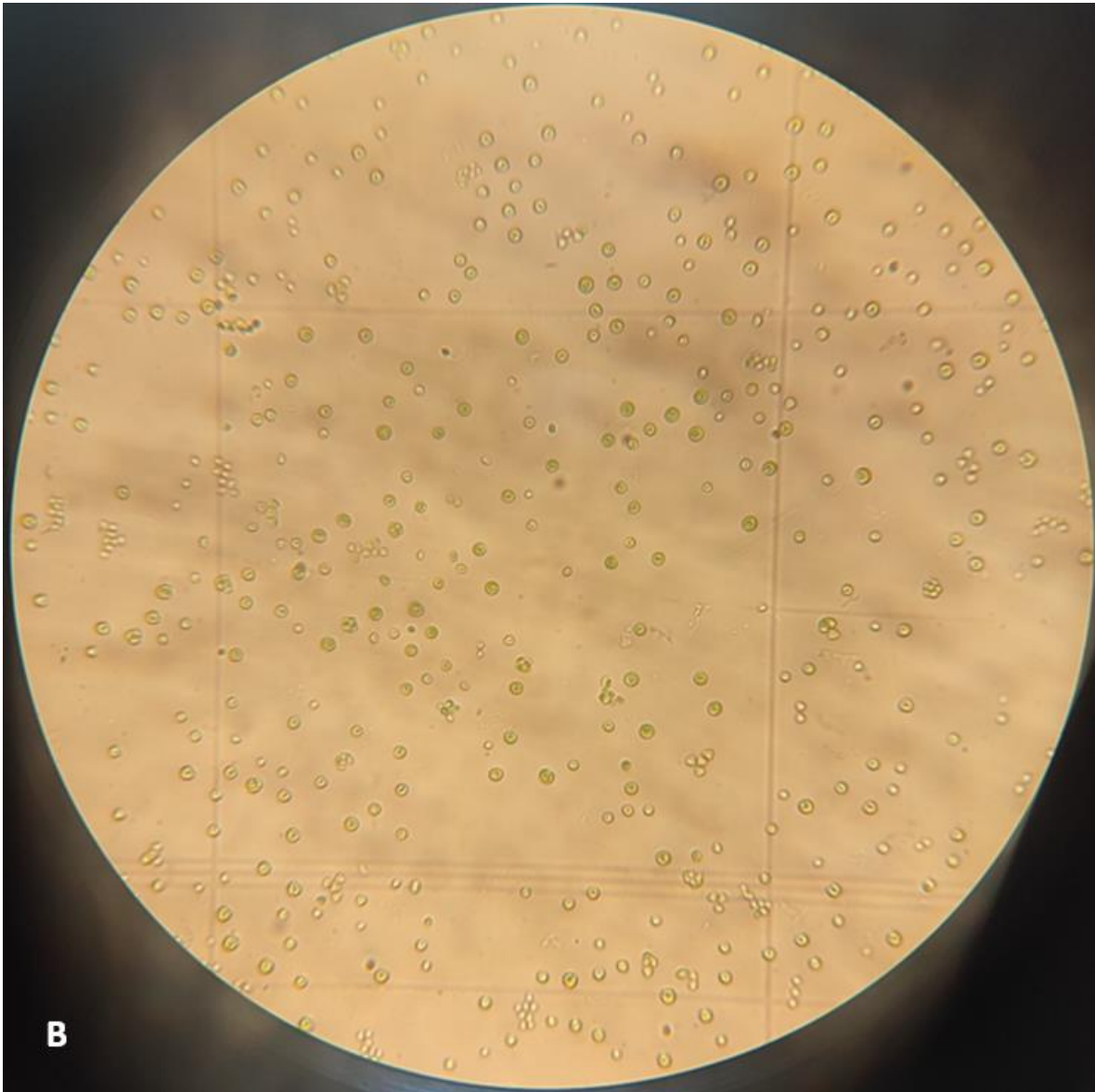


Figura 6. Fotografías (A) y (B) de *Chlorella sp.*, muestra mentada en la cámara de Neubauer, vista a través de microscopio óptico con objetivo de 40x. Elaboración propia.

La división chlorophyta, denominadas también algas verdes debido a su característico color poseen principalmente clorofila a y b. Estos organismos se desarrollan bajo una amplia gama de condiciones, por lo que muchas de ellas han sido utilizadas como indicadores de contaminación (Roldan y Ramírez, 2008, p263).

Dentro de esta división, Ayala (2015), microbióloga de la universidad de los Andes, añade que el género *Chlorella* se destaca por poseer las siguientes características:

La *Chlorella* posee formas unicelulares aisladas o en colonias, con vacuolas contráctiles.
Presencia de zoosporos³⁷. Estos no se encuentran revestidos por escamas o sin pared celular.
Las células tienen forma oval, elipsoidales o subesféricas.
Su pared celular puede ser lisa o con gránulos.
Las células se encuentran pigmentadas por cianelas³⁸ o cloroplastidios.
Poseen pirenoide³⁹.

Las microalgas del género *Chlorella* son algunos de los organismos más estudiados dentro del fitoplancton presente en los sistemas acuáticos, convirtiéndose en objetos de interés científico, biotecnológico, farmacéutico e industrial. Hasta el momento, se han descrito 44 especies, de las cuales cinco han sido las más investigadas: *C. vulgaris*, *C. pyrenoidosa*, *C. ellipsoidea*, *C. sorokiniana* y *C. kessleri* (Gómez-Luna, et al., 2022).

La clasificación taxonómica de *Chlorella sp.*, retomando a Kanno (2005) citado por Ruiz (2012), ubica a este organismo de la siguiente manera:

División: Chlorophyta
Clase: Chlorophyceae
Orden: Chlorococcales
Familia: Oocystaceae
Género: *Chlorella*
Especie: *C. vulgaris*

³⁷Los zoosporos son una estructura reproductiva en la fase haploide del organismo.

³⁸Plastos que tienen función fotosintética.

³⁹El pirenoide es una estructura proteica implicada en la síntesis de almidón (Morales et al., 2017).

***Chlorella sp* y su ecología**

En general, se estima que las microalgas fueron las primeras formas de vida en el planeta Tierra (Bermeo, 2011), ya que, como se mencionó en los apartados anteriores, una de las principales actividades fisiológicas de las microalgas es producir su alimento a partir de la fotosíntesis, y con ella, la producción y regulación de oxígeno y dióxido de carbono, dos elementos vitales que favorecen las condiciones de vida en el planeta tierra, por eso llaman su atención en el mundo científico por su papel biológico.

La división Chlorophyta en general se desarrolla bajo una amplia gama de condiciones, por lo que es uno de los grupos más diversos de los sistemas acuáticos de aguas dulces, con algunas representaciones en estuarios y en el mar (Roldan y Ramírez, 2008). Estos organismos son objeto de estudio en la bioindicación de ambientes contaminados.

Chlorella se encuentra principalmente en biotopos⁴⁰ de agua dulce, al igual que la mayoría de los organismos de la división Chlorophyta, sin embargo, es posible encontrarlas en ambientes marinos y estuarinos; en particular, se establecen junto con el plancton en la zona fótica⁴¹, puesto que allí es donde hay mayor disponibilidad de luz y con ella, estos organismos se favorecen en tanto a una mayor eficiencia fotosintética. También es posible encontrarla en ambientes terrestres, con limitaciones fisiológicas, y disminuyendo su eficiencia fotosintética, pero de igual manera, sobreviviendo a algunas de estas condiciones.

La fuente de luz acciona las reacciones fotosintéticas de estos organismos, por lo que la intensidad, la calidad espectral y el fotoperiodo son indispensables en el funcionamiento de estos seres vivos.

⁴⁰En la literatura, sobre todo de los países centroeuropeos, se usa biotopo no sólo para definir el lugar topográfico, sino el conjunto de condiciones de vida junto al lugar definido espacialmente, ya claramente delimitados sus rasgos y límites físicos (Gómez, 2007, p4)

⁴¹Zona de los ecosistemas acuáticos en donde penetra la luz solar. La profundidad puede variar conforme al nivel de trofia (cantidad de nutrientes) del ecosistema.

Así pues, como señala Gonzales (2000), la adaptación de las microalgas a variaciones extremas en la intensidad de luz, es decir, entre luz y sombra, es un fenómeno bien conocido. Esta adaptación se caracteriza por cambios en el contenido intracelular de pigmentos, los cuales suelen estar acompañados de alteraciones en la respuesta fotosintética y en la composición química de las células. Además, Gonzales destaca que la introducción de un ciclo celular que considere el ciclo día-noche es un avance significativo, dado que este ciclo es posiblemente el factor ambiental más importante en la mayoría de los ecosistemas (Ruiz, 2012, pág. 10-11)

Esta capacidad de las microalgas para adaptarse y mostrar una notable plasticidad fenotípica ante variaciones en la intensidad de luz es de gran interés, ya que la respuesta de estos organismos les proporciona ventajas de supervivencia. Esto las convierte en organismos con una amplia distribución y una notable resistencia a las presiones ambientales.

En particular, las microalgas del género *Chlorella* se reproducen de manera asexual, formando individuos idénticos al progenitor a través de un proceso de bipartición o fisión binaria (Álvarez, 1994). Esta característica resalta la importancia de definir las condiciones de vida que les confieren un interés académico relevante para este trabajo, ya que comprender su reproducción y adaptación es fundamental para explorar este fenómeno en condiciones de laboratorio (Ver Anexo 1).

Condiciones de vida de *Chlorella sp*

Las microalgas en general han desarrollado diferentes procesos metabólicos adaptativos que les han permitido vivir y desarrollarse a lo largo del tiempo en el planeta Tierra; estos procesos de permanencia se deben a condiciones físicas y químicas, entre las cuales se destacan:

Medio acuoso: Las microalgas son reconocidas por formar parte de los ecosistemas acuáticos, de donde obtienen los nutrientes y realizan todas sus funciones metabólicas. *Chlorella sp* por ejemplo es un organismo que vive en los sistemas acuáticos lénticos y posee un crecimiento y comportamiento de vida errante.

Macro y micronutrientes: Al igual que otros organismos fotosintéticos como las plantas y macroalgas, las microalgas necesitan de macro y micronutrientes presentes en los sistemas acuáticos. Entre los principales elementos, las microalgas necesitan Nitrógeno, que toma del ambiente en forma de nitratos y/o amonio (Hernández-Pérez y Labbé, 2014); así como también Fósforo, Azufre, Sodio, Calcio, Hierro y Boro, entre otros, para llevar a cabo sus procesos metabólicos y sintetizar componentes celulares esenciales para su desarrollo y reproducción.

Luz: La eficiencia de los procesos metabólicos, especialmente el de la fotosíntesis, se debe a la presencia de luz solar, fluorescente o LED (según las condiciones de laboratorio). Para la supervivencia de las microalgas, es crucial que estén expuestas a la luz, ya que esto permite la captación de energía necesaria para llevar a cabo la fotosíntesis. Este proceso les proporciona el sustento energético para sintetizar nutrientes y crecer, contribuyendo así a su permanencia y desarrollo en diversos entornos acuáticos.

Fotosíntesis y respiración celular: La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las microalgas convierten la luz solar en energía química, utilizando dióxido de carbono y agua para producir carbohidratos y liberar oxígeno. Por otro lado, la respiración celular es el proceso inverso, donde las microalgas utilizan esos carbohidratos y oxígeno para obtener energía, liberando dióxido de carbono como producto residual.

Estos procesos metabólicos son fundamentales para la adaptación y persistencia de las microalgas en diferentes entornos acuáticos, asegurando su papel vital en los ecosistemas marinos y de agua dulce. No obstante, aún queda mucho por descubrir, ya que, al ser organismos tan pequeños en tamaño y antiguos en relación con su historia de vida, generan

importantes interrogantes sobre sus respuestas biológicas ante la presión que genera el ambiente sobre ellos.

Como se ha mencionado, las microalgas son organismos que representan un valor ecosistémico y científico significativo. En primer lugar, son parte crucial de la estructura ecológica de los ambientes acuáticos, contribuyendo a la estabilidad y productividad de los ecosistemas. En segundo lugar, debido a su amplia distribución y capacidad para resistir diversas condiciones ambientales, gracias a su notable plasticidad fenotípica, las microalgas poseen un enorme valor científico. Su estudio permite revelar múltiples interacciones con el entorno, ampliando nuestra comprensión sobre los mecanismos de adaptación biológica, y ofreciendo pistas sobre cómo los organismos responden y se acomodan a los cambios ambientales.

6.2 PROFUNDIZACIÓN PEDAGÓGICA

El presente capítulo parte de las reflexiones realizadas en conjunto con los asesores del trabajo de grado, proceso que permitió delimitar los elementos de orden pedagógico y didáctico orientadores del presente trabajo de grado, estableciendo a su vez relaciones con el objeto de estudio.

En consecuencia, la profundización pedagógica se desarrolla a partir de las comprensiones de la categoría de Problemas de Conocimiento⁴² (PC), el papel de la representación en la enseñanza de las ciencias y la observación y su papel en la comprensión de la relación entre condiciones necesarias para el surgimiento de la vida en la Tierra y adaptación biológica.

6.2.1 Problemas de conocimiento

La enseñanza de las ciencias naturales comprende dinámicas complejas, teniendo en cuenta que las acciones del maestro están configuradas por fundamentos teóricos que implican a su vez adquirir ciertos compromisos en los que “se hace relevante asumir el conocimiento como una actividad de la cultura y la ciencia como una actividad de construcción de explicaciones” Valencia, et al., (2003) siendo un tipo de actividad que está social e históricamente legitimada.

En este orden de ideas, el trabajo de grado se configura comprendiendo que el aula es un sistema complejo y un espacio de conflicto epistémico que permite generar reflexiones críticas sobre las experiencias del maestro y del estudiante, por medio de expresiones de apropiación de las prácticas en el marco de la enseñanza de las ciencias naturales.

⁴² Categoría que abarca elementos de orden epistemológico, pedagógico y didáctico.

Una de las reflexiones con las que parte el desarrollo del trabajo de grado es el abordaje de las preguntas, pues generalmente es el maestro quien expresa a los estudiantes sus propias preguntas y se invisibilizan los espacios para que sean los estudiantes quienes expresen sus interrogantes⁴³ olvidando que las preguntas surgen de la motivación, la observación y la curiosidad, a partir de su grado de conceptualización y del contexto en el que se desenvuelve el estudiante (Giordan & Vecchi, 1998, pág. 86-90).

Frente a lo mencionado anteriormente, se establecen afinidades con las formas de proceder del grupo de investigación Eco-perspectivas, en el que se pretende realizar un constante ejercicio de problematización de fenómenos asociados a la enseñanza de las ciencias naturales, sin perder de vista que en la enseñanza se vinculan concepciones desde las cuales se concibe la ciencia como una actividad de construcción de representaciones del mundo natural y social, las prácticas de su enseñanza como la emergencia de nuevas subjetividades y los problemas de conocimiento como una categoría alternativa para dar cuenta de su complejo devenir Valencia, et al., (2003).

A partir de allí, emergen espacios de diálogo con los asesores, que han permitido comprender la complejidad que está presente en los procesos de enseñanza de las ciencias, siendo esta la razón por la que se acude al reconocimiento de diferentes elementos que conforman la categoría de problemas de conocimiento, que generan un entramado de relaciones entre aspectos epistemológicos, didácticos y pedagógicos que se desarrollan a continuación.

Referentes epistemológicos

Sin lugar a duda acudir a estos referentes genera transformaciones en la construcción de conocimientos en ciencias, pues permite a los maestros abordar preguntas que tienen que ver

⁴³ Al parecer por la tradición de los espacios educativos convencionales, en dónde los procesos de enseñanza se centran en un ejercicio de transmisión y memorización de información.

con la naturaleza del conocimiento, sus procesos de producción y sus estrategias de legitimación social Valencia, et al., (2003).

Estas comprensiones hacen posible dar sentido a la relación con lo natural, mediadas a su vez por la interacción saber y poder⁴⁴, relaciones que permite configurar transformaciones en la construcción de conocimiento en ciencias teniendo presente que conocer es representar y representar es conocer, pues “Las representaciones son entendidas como construcciones discursivas con carácter ideológico que expresan relaciones de saber-poder que se dan en los contextos culturales donde circulan” Valencia, et al., (2003).

Lo mencionado anteriormente no desconoce los demás saberes que circulan en la escuela, lo que permite comprender múltiples formas de construir la realidad y conocer el mundo, en este caso puntual, integrando los conocimientos de condiciones físicas y químicas a las comprensiones sobre la adaptación biológica como un problema de conocimiento.

De la experiencia básica a la complejización de relaciones

Si hay una intención de transformar las prácticas de enseñanza de las ciencias naturales, es importante reconocer que el pensamiento contemporáneo y el reconocimiento de los actores del proceso como sujetos epistémicos implica la complejización de los saberes y las relaciones sujeto – objeto, relación de dónde nacen los objetos de conocimiento, pues de acuerdo con lo mencionado por Valencia, et al., (2003) el sujeto se sitúa frente al mundo y allí encuentra las posibilidades de conocer, permitiendo que se desarrolle un proceso de construcción de conocimientos a partir de las nuevas perspectivas conocidas.

⁴⁴ En este caso puntual, la postura del poder es comprendida desde Foucault, del poder como relación, pues el poder no se ejerce de manera unilateral o desde una posición centralizada. Más bien, lo concibe como un conjunto de relaciones y dinámicas que se manifiestan en todos los ámbitos de la vida: Donde hay interacción, hay poder.

Es fundamental entender que la ciencia no es un saber terminado, sino un proceso en constante evolución. A lo largo de la historia, las teorías científicas han sido revisadas, corregidas e incluso reemplazadas a medida que surgen nuevas evidencias y avances tecnológicos. Este carácter dinámico de la ciencia fomenta la búsqueda continua del conocimiento y el cuestionamiento de lo que ya se conoce y ha sido aceptado a través de la historia, siendo esta la razón por la cual no se puede obviar las interpretaciones de los fenómenos naturales.

Así surge la categoría de problemas de conocimiento (PC) donde “los sujetos ponen en juego diferentes estrategias para construir explicaciones a situaciones del mundo natural y social” Valencia, et al., (2003), permitiendo cuestionar la experiencia básica siendo importante según los autores la artificialización del mundo natural, proceso en el que el sujeto se distancia de la experiencia, para artificializar el mundo y tener información sobre él.

Reconocer a los actores como sujetos epistémicos siguiendo esta idea de los PC, permite que el sujeto construya objetos de conocimiento, por medio del establecimiento de variables y relaciones haciendo que el sujeto objetive el mundo, pues se construyen fenómenos en la medida en que apropia y da cuenta de las condiciones que permiten la existencia, aspectos que permiten dar cuenta de otro elemento central en el marco de esta categoría, que se describe a continuación.

La complejización de las relaciones

Para que las relaciones sobre un fenómeno sean complejas, se requiere de un pensamiento capaz de dialogar con diversas formas de conocimiento, de rechazar las concepciones reduccionistas con la intención de construir un conocimiento multidimensional, comprendiendo que el saber no está acabado, lo que permite estructurar formas complejas de ver el mundo.

Por esta razón el maestro se configura como un actor del proceso que posibilita “dinámicas de transformación cultural y un intelectual comprometido con nuevas maneras de entender los contextos” Valencia, et al., (2003), con el fin de transformar la realidad social y educativa de la escuela; así mismo los estudiantes, han de llegar a “desarrollar competencias para instalarse en los saberes sociales legitimados” Valencia, et al., (2003) y el estudiante no es concebido como un objeto, sino como un sujeto protagonista en la construcción de conocimiento.

Referentes pedagógicos

Los planteamientos de orden pedagógicos y epistemológicos son importantes para orientar prácticas educativas alternativas en la enseñanza de las ciencias, razón por la cual es importante evocar el pensamiento de Kuhn (1962) quien presenta la idea de que el conocimiento científico no es un proceso lineal y acumulativo, sino que está sujeto a cambios radicales, lo que implica reconocer la provisionalidad del conocimiento, asumiendo que este no está nunca "terminado" porque siempre está en evolución. Los paradigmas científicos pueden cambiar, y con ellos, nuestras concepciones sobre la realidad. En este sentido, la ciencia es un proceso dinámico y en constante transformación, en lugar de una acumulación lineal de hechos y teorías definitivos.

Innovar en la clase de ciencias implica reconocer “el papel de los intereses de los estudiantes, las motivaciones que permiten definir las temáticas y problemas a trabajar; el tipo de relaciones con los textos, el uso de material audiovisual, las salidas pedagógicas y las socializaciones, entre otros” Valencia, et al., (2003)

Sin lugar a duda, el aula es un sistema complejo, además cambiante, así como lo es también el conocimiento, siendo necesario delimitar algunos criterios de actuación y las formas de proceder que concretan procesos implicados en la constitución de PC.

Recordando que el proceso de generar preguntas permite la resignificación de los fenómenos de estudio, se establecen los **criterios de actuación**, teniendo presente que los problemas de conocimiento parten de las experiencias que llevan a problematizar un fenómeno natural haciéndose importante la significación que se le da a una situación o fenómeno de estudio, esto es, la actividad misma de conocer” Valencia, et al., (2003)

Hablar de problemas de conocimiento no es un análogo a la realización de una receta, pues las dinámicas en el aula *per se* son complejas, sin embargo, al involucrar esta categoría se desarrollan unos **criterios de actuación** que permite al maestro reflexionar sobre sus propias prácticas, estos criterios son:

Situaciones desencadenantes: Los procesos de enseñanza de las ciencias deben ser intencionados, reconociendo además que según lo postulado por Valencia, et al., (2003), los problemas de conocimiento se enriquecen con las preguntas de los estudiantes, que hacen más complejos los problemas, permitiendo comprender que siempre hay nuevos comienzos que le permiten al maestro una constante reflexión sobre su actividad en el aula.

Así, estas situaciones solo pueden describirse cuando el maestro reflexiona sobre la actividad en el aula. No se definen de forma a priori, ni se prescriben; por el contrario, emergen en la confluencia de preguntas, la contrastación de hipótesis, la delimitación colectiva de intereses y los comentarios espontáneos, entre otros Valencia, et al., (2003).

Relaciones alternativas: Para construir problemas de conocimiento, es importante la organización de los espacios en los que van a ocurrir, siendo importante la contextualización previa, ejercicio que permite que se transforme la idea de relaciones unidireccionales en los procesos de construcción de conocimiento en la clase de ciencias.

De acuerdo con la categoría de PC, la información deja de ser una fuente de conocimiento y es entendida entonces como un elemento para documentar explicaciones sobre los fenómenos o hechos observados. Este cambio también influye en la percepción de los actores del proceso

educativo: los estudiantes comienzan a verse como pares entre sí y al maestro no como el único poseedor del saber. En estas relaciones, los problemas del entorno se asumen como propios, lo que fortalece la curiosidad y el interés por conocer, reconociendo al ser humano como parte emergente del entorno natural Valencia, et al., (2003)

Ambientes comunicativos: Desde la categoría de PC se debe reconocer, de acuerdo con lo postulado por los autores que el sujeto es y se configura a través de la palabra, por ende, los procesos de enseñanza de las ciencias deben permitir la estructuración de un discurso público, además de formular preguntas, delimitar problemas, expresar inquietudes y diseñar alternativas de trabajo, aportando elementos para permitir la problematización y construcción de nuevos conocimientos.

Los problemas de conocimiento y la enseñanza de las ciencias

Los PC emergen como una categoría alternativa para comprender la construcción de conocimiento en ciencias Valencia, et al., (2003), así pues, es importante que se construyan objetos de conocimiento y se planteen estrategias para la aproximación a los fenómenos y las construcciones de nuevas realidades haciendo que el sujeto objetivise el mundo, proceso que es conocido como **artificialización del mundo natural**.

Así las cosas, la categoría de PC permite trascender los contenidos, e ir hacia la comprensión de un fenómeno a partir de unas intenciones iniciales, que se han de transformar en el devenir de las prácticas escolares Valencia, et al., (2003).

En el marco del trabajo de grado, como parte de la profundización disciplinar (que necesariamente se triangula con la profundización pedagógica), se propone una actividad experimental que busca, a través del diseño de una experiencia de laboratorio y la artificialización del mundo natural, según la perspectiva de los problemas de conocimiento Valencia, et al., (2003), construir explicaciones más complejas y detalladas sobre el caso de estudio y el objeto de profundización.

Esta actividad se centra en la comprensión de las relaciones entre los diversos factores involucrados y en el análisis del fenómeno in situ, lo que permite no solo observar el comportamiento del fenómeno en condiciones controladas, sino también profundizar en las interacciones que emergen en el entorno natural. De este modo, se promueve una aproximación crítica y reflexiva al estudio del fenómeno, favoreciendo el cuestionamiento de la experiencia básica y la complejización de las descripciones en torno al problema de conocimiento, como se puede evidenciar en el anexo número 1.

6.2.2 La observación: una posibilidad de reconocer el universo y sumergirse en un universo en una gota de agua

La observación es el corazón palpitante del presente trabajo de grado, una ventana abierta al misterio y la maravilla del mundo natural. A través de ella, no solo se ve, sino que se posibilita la construcción de comprensiones, no solo se registran hechos, sino que se despierta la curiosidad que impulsa el descubrimiento. Observar es más que mirar: es detenerse, cuestionar, analizar y conectar. En cada experimento y en cada fenómeno observado, los estudiantes encuentran la oportunidad de ser exploradores, desafiando lo conocido y atreviéndose a ver lo invisible. Es en la observación donde se forjan los nuevos conocimientos, porque aprender a observar es aprender a pensar y cuestionar.

Para dar cuenta de la adaptación biológica como un problema de conocimiento, es importante reconocer al aula como un espacio de conflicto cultural, pero también de conocimiento, pues al vivir nuevas experiencias se duda de la cotidianidad y se abre paso a construir nuevas formas de comprender la realidad.

En este orden de ideas, en la clase de ciencias los estudiantes se embarcan en un fascinante viaje de descubrimiento. Primero, observan el universo macroscópico, desde el cielo estrellado hasta los paisajes de la Tierra, maravillándose ante la magnitud de los planetas, las galaxias y los fenómenos naturales que moldean su mundo. Luego, con la ayuda del

microscopio, explorarán un nuevo universo oculto a simple vista: el microcosmos de una gota de agua.

Allí, entre diminutos organismos y estructuras invisibles, descubren que lo aparentemente insignificante está lleno de vida y complejidad. En este recorrido, aprenderán que la observación, ya sea de lo grandioso o lo diminuto, es la llave para entender los misterios de la realidad en la que habitamos.

Desde esta perspectiva, es importante retomar el pensamiento de Hacking (1996) quien afirma que la observación es habilidad, siendo esta la razón por la cual algunas personas son mejores que otras, pero esto no implica que esta habilidad no se pueda transformar, pues se puede mejorar con entrenamiento y práctica.

Para hacer el "zoom" que permite observar la Vía Láctea, el Sistema Solar, y detenerse en la Tierra con sus cuerpos de agua que esconden un universo biodiverso, es fundamental el uso de instrumentos como el microscopio y el telescopio. Estas situaciones desencadenantes no solo abren paso a nuevas preguntas y problemas, en donde hay una definición intencionada de los procesos, sino que también, como menciona Valencia, et al., (2003), los problemas de conocimiento se enriquecen con las preguntas de los estudiantes, permitiéndole al maestro reflexionar a partir del instrumento sobre las formas de proceder en el aula.

Así pues, Hacking (1996) afirma que la mayor parte de la observación científica moderna no se lleva a cabo a simple vista, sino mediante instrumentos que permiten percibir fenómenos que están más allá de nuestras capacidades sensoriales. Microscopios, telescopios, entre otros, no son simples ampliaciones de los sentidos; son dispositivos que filtran, amplían o transforman la realidad.

De acuerdo con esta perspectiva, es importante tener presente que la observación nunca es completamente neutral, ya que siempre está mediada por teorías. Pues como menciona el autor, no vemos lo que no entendemos, esto significa que las teorías científicas existentes

influyen en lo que los científicos eligen observar y cómo interpretan lo que ven, ya que la realidad está determinada por las construcciones propias a partir del reconocimiento de las teorías o por la misma estructura social de la ciencia, entendiéndola como una actividad de la cultura. Para Hacking, aunque las teorías pueden cambiar, la intervención experimental es una fuerte indicación de la realidad de los fenómenos.

Por otra parte, la observación es fundamental en la construcción de conocimiento en las ciencias, pues se considera un contenido de carácter procedimental, entendido como “el conjunto de acciones ordenadas y dirigidas hacia la consecución de una meta determinada” (Coll y Valls, 1992) en este caso puntal por medio de la observación de un Universo macroscópico y uno microscópico.

La observación ligada a la carga teórica

Hacking (1996) y Hanson (1958) concuerdan con que los procesos de comprensión de realidades a partir de la observación dependen completamente de las construcciones teóricas de los sujetos, construcciones que se han realizado por medio de la experiencia de los sujetos, experiencias que parten del contexto, elementos que se terminan reflejando en las formas en que se expresa lo conocido y las propias comprensiones de la realidad.

Hanson (1958) se centra en cómo la percepción y la interpretación de los hechos, que están influenciadas por el trasfondo teórico del observador, pues es importante tener presente que no existe una "observación pura", ya que toda observación está condicionada por el conocimiento, las expectativas y las teorías previas que se poseen y que se han configurado a través de la experiencia.

Desde esta perspectiva, el autor establece que la observación comprende un carácter teórico, ya que las interpretaciones al detallar un objeto están fuertemente influenciadas por el conocimiento previo que se tiene sobre él. Observar no es una acción neutral, ya que conlleva una carga teórica.

En la observación se pueden distinguir dos formas distintas de interpretar la realidad de acuerdo con el pensamiento de Hanson, que son “ver qué” y “ver como” en dónde la primera forma de ver está orientada al acto básico de percepción, al reconocimiento de un objeto en particular, acción que no necesariamente implica hacer un ejercicio de interpretación o de relación con algún constructo teórico.

Por su parte, “ver como” es un acto complejo, pues involucra procesos cognitivos, teniendo presente que se establecen relaciones con la carga teórica de acuerdo con las previas construcciones de marcos teóricos como una forma de representar la realidad. Esta perspectiva de la observación sin duda alguna posibilita desafiar los paradigmas previamente establecidos, permitiendo que la observación sea un proceso crítico y de constante reflexión.

Es esta la razón por la cual la observación se configura como lineamiento pedagógico central en el presente trabajo de grado, pues la propuesta de aula va más allá de permitir que se realicen descripciones de objetos y fenómenos como se perciben, sino por el contrario generar procesos de nuevas exploraciones, establecer otras formas de conocimiento a partir de lo observado (del ver cómo), transformaciones de paradigmas, permitiendo la construcción de interpretaciones alternativas, en este caso puntual sobre la adaptación biológica, integrando a las explicaciones las condiciones físicas, químicas y astronómicas.

Así las cosas, es importante comprender que la observación es fundamental en los procesos de construcción de conocimiento, lo que permite configurar a los actores del proceso como sujetos epistémicos con la capacidad de realizar interpretaciones críticas de las experiencias vividas, afinando además la capacidad de describir y apropiarse los fenómenos para ampliar el conocimiento y aproximarse a comprensiones holísticas, teniendo en cuenta que de acuerdo con Hanson “son las personas las que ven y no los ojos”.

En tal sentido, la observación está estrechamente relacionada con la idea de representación, pues Hanson (1958) se centró en comprender cómo las imágenes visuales y conceptos

mentales representan el mundo y las formas en que lo observado se traduce en términos cognitivos y lingüísticos cuestionando la noción tradicional de lenguaje como un simple medio de comunicación, para él, el lenguaje también es una herramienta de representación, siendo esta la razón por la cual la representación no es solo una cuestión de reflejar pasivamente la realidad, sino de construir significado.

Sin lugar a duda existe una relación estrecha entre observación y representación, pues las palabras y la carga teórica *per se* no solo describen el mundo, también lo modelan y dan forma a las comprensiones, por lo tanto, la representación no es solo una cuestión de reflejar pasivamente la realidad, sino de construir significado.

A partir de lo anterior, es pertinente reflexionar sobre el papel de la representación en la enseñanza de la adaptación ya que es fundamental que el maestro a partir de su práctica amplíe la mirada sobre el objeto de estudio, generando procesos de producción discursiva, como una forma de representación que hace posible profundizar y ampliar la mirada involucrando las condiciones físicas, químicas y astronómicas necesarias para el surgimiento y permanencia de la vida en la Tierra y específicamente del caso de estudio que es la microalga *Chlorella sp.*

7. INTERVENCIÓN EN EL AULA

Este capítulo es el resultado de la profundización pedagógica y disciplinar, proponiendo una ruta de trabajo para los estudiantes de grado noveno del Colegio Campestre Los Encenillos, denominada *Misión espacial: Buscando vida en el Universo*, una ruta que muestra como la vida en el universo es un fenómeno que se extiende a múltiples escalas, desde los vastos sistemas galácticos hasta los organismos microscópicos que habitan nuestro planeta.

Este capítulo explora un recorrido gradual desde la Vía Láctea, nuestra galaxia hogar, hasta la identificación de una microalga como ejemplo representativo de vida en la Tierra. Comenzando con una visión astronómica, examinamos cómo las estructuras a gran escala, como las galaxias y los sistemas solares, proporcionan las condiciones básicas para la vida al nivel planetario.

A medida que nos acercamos a nuestro propio sistema solar, se revela la relación entre la Tierra y su estrella, el Sol, un factor crucial para la habitabilidad. Finalmente, reducimos el enfoque hasta llegar a los ecosistemas acuáticos donde *Chlorella sp.*, a través de su capacidad fotosintética, no solo contribuyen significativamente a la producción de oxígeno, sino que también ejemplifican cómo la vida puede florecer en un rango preciso de condiciones físicas y químicas. Este zoom gradual permite vincular la magnitud del cosmos con los minúsculos pero vitales organismos que sustentan la vida en nuestro planeta, a continuación, la descripción de cada una de las paradas de esta misión:

7.1 MISIÓN ESPACIAL: BUSCANDO VIDA EN EL UNIVERSO

El saber disciplinar de los maestros en ciencias naturales es fundamental para el diseño e implementación de propuestas alternativas en la enseñanza. Este conocimiento profundo de la ciencia permite no solo comprender, sino proponer alternativas de enseñanza, además de

identificar las dificultades y desafíos que los estudiantes pueden enfrentar al construir nuevos conocimientos y su complejización.

Al contar con una sólida base en su disciplina, los maestros tienen las habilidades que permiten desarrollar enfoques pedagógicos innovadores y adaptativos, que respondan a las necesidades específicas de los estudiantes y fomenten un aprendizaje más significativo y contextualizado. Así, el dominio disciplinar de los maestros fortalece los procesos educativos al permitir crear ambientes de aprendizaje que estimulan la curiosidad, el pensamiento crítico y la apropiación social del conocimiento, conocimiento construido desde la experiencia.

Lo anterior desde la perspectiva de Larrosa (2003), pues se establecen las condiciones para movilizar el pensamiento para interactuar con los esquemas de percepción de los sujetos, pues destaca la experiencia como un proceso personal y transformador que va más allá de la mera acumulación de información, pues la educación permite concebir la experiencia como una forma de conocimiento y como un proceso transformador.

La intervención en el aula que se describe en este capítulo surge de la profundización teórica disciplinar y pedagógica, además de las reflexiones suscitadas mediante la construcción de criterios disciplinarios, pedagógicos y epistemológicos, según los lineamientos de la Maestría en docencia de las Ciencias Naturales.

Desde esta perspectiva, comprender la adaptación como problema de conocimiento busca que los estudiantes sean los protagonistas de la experiencia⁴⁵ y a partir de allí de la construcción de conocimiento, consolidándose como sujetos epistémicos que reflexionan a partir de la experiencia y tienen la posibilidad de construir nuevo conocimiento.

Así, problematizar el conocimiento enseñado en la escuela es crucial para fomentar un aprendizaje crítico y reflexivo, pues al cuestionar y analizar el saber, no solo como verdades inmutables sino como construcciones sociales, históricas y culturales, los maestros permiten

⁴⁵ Esta, comprendida desde la perspectiva de Larrosa

al estudiante comprender la naturaleza dinámica del conocimiento, promoviendo una mayor capacidad para cuestionar, analizar y debatir, herramientas esenciales para la formación de ciudadanos críticos y comprometidos con su entorno. Además, al problematizar el conocimiento, se abren espacios para incluir perspectivas y saberes mediante la profundización teórica que acaba enriqueciendo el currículo.

En el aula hay dudas en los estudiantes sobre el objeto de estudio, teniendo presente que cuestionarse alrededor del aprendizaje ayuda a los estudiantes a desarrollar procesos de metacognición, además de reflexionar entorno a la construcción de aprendizajes, permitiendo ser más conscientes de sus estrategias de aprendizaje, es fundamental promover la construcción de explicaciones en ciencias, pues implica buscar respuestas sobre un fenómeno, buscando diversidad de alternativas para configurar el conocimiento (Giordan y Vecchi, 1998).

Es así como, la intervención en el aula se configuró como una propuesta que complejiza la enseñanza de las ciencias, por medio de la constante indagación y profundización que termina materializándose en un proceso de construcción de conocimiento que atiende a las emergencias del proceso, siendo una de ellas la perspectiva desde la cual es entendida la adaptación biológica con relación al caso de estudio.

7.2 CONTEXTO INSTITUCIONAL Y ACTORES

El Colegio Campestre los Encenillos es una Institución de educación formal ubicada en el Municipio de Guasca Cundinamarca, se enfoca en la formación integral de niños, niñas y adolescentes en el proceso de aprendizaje significativo a través de acciones pedagógicas innovadoras desde la lúdica, el arte y la convivencia social que posibilitan la participación e investigación, enfocando sus acciones en la promoción de mentes alegres, creativas e innovadoras que apliquen los principios de convivencia social, afronten los avances tecnológicos y sociales del mundo actual, de acuerdo con lo establecido en el manual de convivencia de la Institución.

Al ser una Institución rural, se estableció una política de responsabilidad ambiental, que promueve el pensamiento de singularidad, en el que se reconoce la individualidad de cada ser vivo que está en el entorno, mostrando que cada uno de ellos debe ser cuidado y respetado. Además, se promueve el cuidado del medio ambiente para garantizar la calidad de vida de las generaciones futuras en el accionar de todas las áreas institucionales con la finalidad de generar prácticas responsables dentro del enfoque de sustentabilidad ambiental y la búsqueda de eficiencia en los procesos para lograr un óptimo nivel de uso de los recursos.

La Institución educativa cuenta con espacios amplios, que hacen posible la construcción de escenarios de exploración y de observación ⁴⁶, además del laboratorio de Ciencias Naturales que cuenta con instrumentos de observación microscópica y macroscópica.

Es importante mencionar que los espacios definidos para la clase de ciencias naturales denominada PCEN (Proyección Científica y Entorno Natural) es de cuatro horas a la semana, posibilitando así desarrollar la implementación sin alterar las dinámicas académicas de los estudiantes.

Sin lugar a duda, los estudiantes y los procesos propios de construcción de conocimiento que han realizado hasta el momento son el eje central para la construcción y desarrollo de la intervención en el aula, teniendo presente uno de los principales referentes epistemológicos que orienta la intervención en el aula que es la categoría de problemas de conocimiento (PC) en donde se establece el rol que cumplen los estudiantes, pero a su vez el papel fundamental de los maestros que orientan el proceso:

[...] El estudiante como un sujeto que elabora formas creativas de relacionarse consigo mismo, con los otros y con su entorno, y que es capaz de emocionarse con el conocimiento
[...] El maestro como un posibilitador de dinámicas de transformación cultural y como un intelectual ideológicamente comprometido con nuevas maneras de entender los contextos en

⁴⁶ Teniendo en cuenta que es una categoría fundamental en el desarrollo de la intervención, pues potencia la construcción de preguntas que enriquecen cada uno de los momentos de intervención en el aula.

los que desarrolla su labor [...] La escuela se configura como territorio de transformación cultural Valencia, et al., (2003) pág. 6

Teniendo en cuenta lo anterior, la intervención en el aula se realizó con un grupo de 18 estudiantes de grado noveno, conformado por 16 mujeres y 2 hombres entre los 13 y 15 años. Para desarrollar las actividades el grupo se subdividió en 6 tripulaciones, conformada por tres estudiantes que se unieron teniendo presentes las habilidades reconocidas entre ellos.

7.3 ESTRUCTURA DE LA INTERVENCIÓN EN EL AULA “*Misión Espacial: Buscando vida en el Universo*”

La intervención en el aula “*Misión Espacial: Buscando vida en el Universo*”, surgió, como se comentó anteriormente de elementos de orden disciplinar, tales como las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida y la astronomía que permitieron configurar una idea de adaptación con estudiantes de grado noveno, y referentes de orden pedagógico y didáctico relacionados con los problemas de conocimiento; aspectos que constituyeron un referente de aspectos importantes en el diseño de la intervención como las fases, propósitos, acciones y recursos, presentados de forma resumida en la *Tabla 1*. y que se describen de forma rigurosa en el apartado 7.4.

La intervención se denomina “*Misión Espacial: Buscando vida en el Universo*” nombre que surgió del interés de ampliar las explicaciones en torno a la adaptación biológica, haciéndose fundamental considerar las condiciones físicas, químicas e incluso astronómicas del entorno en el que viven. Esto, teniendo en cuenta que las adaptaciones no ocurren en un vacío, son respuestas a un conjunto complejo de factores.

Tabla 1. Definición de las sesiones de intervención en el aula. (Elaboración propia)

INTERVENCIÓN DE AULA				
<i>Misión espacial: Buscando vida en el universo</i>				
Objetivo Propuesto: Reconocer las condiciones físicas y químicas que posibilitaron el surgimiento y permanencia de las microalgas en el planeta Tierra				
Fases	Propósito	Acciones concretas	Sesiones	Recursos
Zona de despegue Contextualización	Establecer relaciones físicas en torno a la ubicación de la Tierra en el espacio y los procesos biológicos	Presentación de la Misión y definición de roles de los tripulantes. Diseño de la Bitácora (debe ser construida de acuerdo con el rol que tiene cada grupo)	Sesión 1: Explicación de la bitácora. Definición de roles en el viaje Sesión 2: Conociendo la Galaxia. Mirar y pensar el universo - zona de habitabilidad estelar	Bitácoras de viaje App: Stellarium Canción cosmos-Sagan
Primera parada La Tierra Problematización de la experiencia básica	Comprender el planeta Tierra como un lugar habitable debido a sus condiciones	Pregunta desencadenante: ¿Qué tipo de condiciones físicas y químicas, permiten la vida en el planeta Tierra? Reconocer las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida en la Tierra	Sesión 3: La Tierra como un ecosistema complejo. Sesión 4: Más que una propuesta celestial - La Tierra como un ecosistema complejo (zoom desde el centro de la Tierra)	- Infografías - Plastilina
Segunda parada 4.500 m.a. en el tiempo	Desarrollar escalas de tiempo en la formación de la Tierra y la evolución de la vida	Diferenciar las condiciones iniciales para el surgimiento y evolución de la vida en el planeta Tierra. Incursión a través de una pregunta problema: La vida acuática, ¿qué, por qué y cómo surgió?	Sesión 5: Realización del Calendario Cósmico Sesión 6: Reconocimiento de la escala de tiempo geológico - Surgimiento de las microalgas	- Tablero. - Marcadores. - Escalas de tiempo. - Imágenes: sucesos geológicos y biológicos. - Video YouTube: La formación de la tierra https://www.youtube.com/watch?v=h59WR1xJHrU
	Reconstruir las condiciones físicas y químicas que posibilitan la vida en la Tierra, identificando la zona de habitabilidad estelar en el Sistema Solar.	Caracterización de la zona de habitabilidad estelar a partir de las UA	Sesión 7: Un recorrido por el Sistema Solar, caminando por la zona de habitabilidad estelar.	Dron, modelo a escala de los planetas del Sistema Solar
Tercera parada Condiciones de vida de <i>Chlorella sp</i>	Establecer relaciones entre <i>Chlorella sp</i> y las condiciones físicas y químicas del planeta Tierra que permitieron su surgimiento y permanencia.	Identificar formas de vida microscópicas en los sistemas acuáticos. Reconocer las condiciones de vida de <i>Chlorella sp</i> Realización de medios de cultivo e inoculación a partir de las variaciones propuestas Observación e indagación.	Sesión 8: Un universo en una gota de agua. Presentación de organismos del zooplancton y fitoplancton con sus características. Relación entre estas formas de vida y su “adaptación” en los ecosistemas. Sesión 9: Laboratorio: reconocimiento de organismos en una gota de agua e identificación de microalgas. Sesión 10: Variación de condiciones	- Láminas con imágenes e información de zooplancton y fitoplancton - Tablero y presentación en power point - Muestra de agua tomada - Microscopio - Informe de la Agencia Espacial Europea (ESA) sobre fotosíntesis en el espacio a partir de microalgas
Final del viaje Complejización de las explicaciones	Complejizar la mirada de <i>Chlorella sp</i> y las condiciones de vida que le permiten tener una amplia distribución ecosistémica.	Estudios de caso: 🚩 ¿Qué pasaría si llevamos a <i>Chlorella sp</i> a varios planetas de nuestro Sistema Solar? 🚩 ¿Adaptación o acomodación?	Sesión 11: Construcción de pieza gráfica/documental y socialización de los productos con la Institución.	Insumo: Video realizado en la sesión # 7

Las condiciones físicas, como la temperatura, la humedad, la gravedad, la disponibilidad de luz, entre otras, influyen en las características fisiológicas y comportamentales de los seres vivos, por su parte, las condiciones químicas, como la disponibilidad de nutrientes, las reacciones químicas que entre ellos ocurren, determinan la existencia y permanencia de diversidad de organismos.

Asimismo, factores astronómicos, como la posición de la Tierra respecto al Sol (que marca la zona de habitabilidad estelar), afectan los ciclos de luz y oscuridad, estaciones y patrones climáticos, que a su vez influyen en la adaptación de los organismos a lo largo del tiempo. Por tanto, una comprensión completa de la adaptación biológica requiere un enfoque holístico que incorpore estos diversos factores ambientales.

Por ende, la intervención en el aula pretende reconocer las condiciones físicas y químicas que posibilitaron el surgimiento y permanencia de la microalga *Chlorella sp* en el planeta Tierra, propuesta que se desarrolla en cinco fases llamadas ***zona de despegue, una parada en la Tierra, viaje en el tiempo, una siguiente parada para conocer las condiciones de vida de Chlorella sp y fin del viaje***. Cada una de las cuales responde a un propósito específico que será presentado de manera detallada en la sección siguiente y articula dentro de sí misma diferentes acciones intencionadas como, videos, prácticas de laboratorio, observaciones astronómicas, construcción de modelos, registro de experiencias en bitácoras de viaje, entre otros.

Descripción de Fases y Sesiones

A partir del reconocimiento de los intereses y experiencias que permitieron delimitar el objeto de estudio del presente trabajo de grado, se inició un proceso de profundización disciplinar, pedagógico y epistemológico demarcando las intenciones de la intervención en el aula, que responden a la forma de comprender la adaptación biológica como un problema de conocimiento en la enseñanza de las ciencias.

Es así como nace “*Misión Espacial: Buscando vida en el Universo*”, una propuesta de intervención en el aula que busca en primer lugar complejizar las explicaciones a partir de los conocimientos construidos de forma conjunta. Esta propuesta busca transformar las relaciones de los sujetos con los objetos de estudio, teniendo además presente que el conocimiento no es definitivo y que, en el ámbito científico, surgen constantemente nuevas explicaciones a fenómenos naturales. Estas emergencias permiten el análisis, la discusión y las explicaciones, facilitando la comprensión y la divulgación de los avances en este campo.

Las situaciones desencadenantes son espacios para la problematización de situaciones o eventos cotidianos que permiten a un grupo orientar y delimitar sus intereses en la perspectiva de construir conocimiento [...] Los ambientes comunicativos: reconocer que el sujeto es y se configura con la palabra hace necesario propiciar actividades en el aula que permitan a los individuos hablar, escribir y escuchar Valencia, et al., (2003).

Además, la propuesta de intervención en el aula implicó reconocer que la interdisciplinariedad en la enseñanza de las ciencias es crucial para fomentar una comprensión holística y profunda del mundo natural. Al integrar conocimientos y métodos de diferentes disciplinas, como la biología, la química, la física y la astronomía, los estudiantes pudieron abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas, desarrollando habilidades críticas y creativas. Esta aproximación no solo enriquece el aprendizaje, además, la interdisciplinariedad promueve la curiosidad y el entusiasmo por el aprendizaje, al mostrar cómo los conceptos científicos están interconectados y son aplicables en contextos del mundo real.

La intervención en el aula se conformó por once sesiones, cada una de ellas con una duración de dos horas aproximadamente, con la intención de reconocer las condiciones físicas y químicas que posibilitaron el surgimiento y permanencia de la microalga *Chlorella sp* en el planeta Tierra y a partir de allí se problematizaron las comprensiones sobre la adaptación

biológica por medio de la organización de cuatro paradas⁴⁷ que orientan la misión espacial: la primera de ellas conocida como la *zona de despegue*, haciendo posteriormente una parada con la intención de caracterizar la experiencia básica para que en la siguientes paradas se desarrollen nuevas construcciones de conocimiento.

En cuanto a la parada de inicio denominada *Zona de despegue* se propuso una contextualización de la misión espacial, para ello cada estudiante eligió un rol, además se desarrolló una explicación sobre las formas de registrar las actividades que realizaron los tripulantes, por medio de la construcción de una bitácora del viaje.

Después, en la primera parada, se **Problematizó la experiencia** para indagar y pensar si al hablar del surgimiento y permanencia de la vida en la Tierra basta con acudir a las perspectivas planteadas exclusivamente desde explicaciones biológicas, mediante actividades desencadenantes para reconocer el lugar del planeta Tierra en el vecindario cósmico.

A continuación, se realiza una parada que invita a **Viajar en el Tiempo**, lo que hizo posible comprender que al hablar de las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida se debe acudir al reconocimiento de escalas geológicas para desarrollar una noción diferente de tiempo y poder ubicar allí los eventos que posibilitaron diferenciar las condiciones iniciales para el surgimiento y evolución de la vida en el planeta Tierra.

Lo anterior permitió realizar una tercera parada para abordar las **condiciones de vida de *Chlorella sp.*** Después de ubicar temporalmente el surgimiento de esta microalga, se pudo profundizar en las condiciones físicas, químicas y astronómicas necesarias para su surgimiento y permanencia como otra especie habitante del planeta Tierra. Para este desarrollo, se llevó a cabo una experimentación en el laboratorio (ver Anexo 1), donde se

⁴⁷ Las fases hacen referencia a cada una las etapas desarrolladas en la intervención en el aula.

analizaron las condiciones de vida y las respuestas fisiológicas de los organismos en condiciones controladas.

El viaje finalizó con la **Complejización de las experiencias** por medio de preguntas orientadoras, lo que hizo posible consolidar y socializar las construcciones realizadas por los estudiantes a través de la misión espacial. Para ello los estudiantes construyen una pieza gráfica y la socializan con la Institución Educativa.

7.4 ASÍ SE VIVIÓ LA MISIÓN ESPACIAL

Como se mencionó anteriormente, la intervención en el aula comprende cinco fases, que a su vez se subdividen en once sesiones que permiten abordar el problema de conocimiento propuesto en el trabajo de grado. A continuación, algunas consideraciones sobre la propuesta:

¿Por qué esta propuesta lleva por nombre Misión Espacial?

Teniendo en cuenta los aspectos de la astrobiología que orientaron la profundización teórica disciplinar, se propuso caracterizar las condiciones de vida de un organismo en particular (*Chlorella sp*) con el fin de contextualizar la zona de habitabilidad en el Sistema Solar y así aportar a la comprensión de la adaptación biológica. Así pues, desde la astrobiología se busca entender los límites de vida y las condiciones físicas y químicas bajo las cuales esta puede existir dentro y fuera del planeta Tierra.

En esa medida, se planteó llevar a los estudiantes a una Misión Espacial en el universo, y en especial al Sistema Solar, en donde, a partir de la caracterización de las condiciones de vida y la zona de habitabilidad, se desarrolló la propuesta de aula que giró en torno a la adaptación biológica de *Chlorella sp*, para ello, los estudiantes se involucran de forma significativa en el proceso educativo, esto permitió construir explicaciones al fenómeno de la vida en el Universo.

7.5 DESCRIPCIÓN DE ACCIONES

Se inició un viaje en los confines de la vastedad de la Vía Láctea, donde miles de millones de estrellas parpadean como faros en un océano oscuro e infinito. Al acercarse, un brillo familiar capta la atención: es el Sol, un faro en el cosmos. Al deslizarse entre los planetas del Sistema Solar, se encuentran ocho, cada uno con su propia historia, hasta que finalmente, como si la cámara hiciera un zoom, la Tierra aparece un pequeño punto azul en la inmensidad. Es un lugar único donde la vida florece en cada rincón, es el hogar de *Chlorella sp.*. Desde el espacio, su fragilidad y belleza llenan de asombro, recordando que, aunque este planeta es solo un grano de arena en la playa cósmica, es el hogar de historias, sueños y posibilidades infinitas. Así comienza esta *Misión Espacial, buscando vida en el Universo*:

Sesión 1: Socialización de la bitácora y definición de roles

En este primer encuentro con los estudiantes se realizó un ejercicio de contextualización de la misión espacial, además de las misiones documentales, que es la forma de registrar la información en cada una de las paradas del viaje, registro que se realizará en la bitácora de viaje del estudiante.

Cada parada del viaje tuvo un objetivo específico que le permitió al estudiante orientar la misión espacial y formular preguntas problema en torno a la temática de interés. La misión documental no solo implicó la reflexión, sino también la sistematización de las experiencias, construcción de relatos y piezas gráficas, además de la construcción de explicaciones desarrolladas por cada estudiante en su bitácora de viaje.

La tripulación debe estar completa para dar inicio a esta Misión Espacial, siendo esta la razón por la que los estudiantes se identificaron con los siguientes roles: comandante de la misión, piloto, ingeniero aeroespacial, especialista en biología espacial, especialista en comunicaciones, fotógrafo y analista de datos.

Es importante tener presente que, en cada parada, cada rol contribuye a una tarea específica, lo que requiere colaboración, trabajo en equipo y comunicación efectiva entre los miembros. Este enfoque, donde la definición de roles y la distribución equitativa del trabajo enseñan la importancia de la cooperación para alcanzar objetivos comunes, es fundamental para llevar a cabo la misión espacial.

Sesión 2: Conociendo la Galaxia

Para buscar vida en el universo, es fundamental comprender primero la vida en la Tierra porque el conocimiento sobre cómo y por qué la vida surge y se desarrolla está basado en los ejemplos de nuestro planeta. Nuestra forma de comprender la vida se configura bajo los procesos biológicos, químicos y físicos que hasta hoy conocemos como exitosos y que sustentan la formación, la permanencia, adaptabilidad y perpetuación de la vida en la Tierra.

Al estudiar la diversidad de formas de vida en la Tierra, sus condiciones ambientales, y los mecanismos evolutivos que las sustentan, se pueden desarrollar hipótesis y preguntas para buscar señales de vida en otros lugares del cosmos. Además, comprender la vida terrestre ayuda a definir las características y las formas de reconocer posibles señales de vida diferentes de las formas conocidas, pero indicativos de procesos biológicos.

Así pues, el estudio de la vida en la Tierra actúa como una base crucial para ampliar la búsqueda de vida en el universo, reconociendo las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida, sin perder de vista que estas condiciones no son exclusivas de la Tierra, sino que hacen parte de dinámicas que ocurren en otros lugares del Universo.

Este zoom inicia en la inmensidad de la Vía Láctea, continuó el viaje por el cosmos hacia el Sistema Solar, para examinar las condiciones físicas y químicas esenciales para la vida. A medida que el enfoque se desplaza desde la escala galáctica hasta los confines del Sistema Solar, se reveló un entorno único en el que los elementos clave, como el agua en estado

líquido, la presencia de carbono, y una atmósfera protectora, se combinan para crear un nicho propicio para la vida. Este viaje intergaláctico no solo destacó la singularidad de la Tierra dentro de su Sistema Solar, sino que también subraya la complejidad y precisión de las condiciones necesarias para que la vida prospere en este rincón del Universo.

El recorrido se realizó haciendo uso de Stellarium, que es un software que proporciona representaciones visuales de los objetos celestes y sus movimientos, permitiendo realizar un reconocimiento del sistema del que hace parte la Tierra, además de las relaciones que se establecen con cada uno de los elementos que lo conforman.



Figura 7. Representaciones gráficas de mundos extraterrestres utilizados con los estudiantes para realizar un zoom desde la Vía Láctea al Planeta Tierra. (Tomada de: <https://stellarium.org/es/>)

En la *Figura 7* se muestran las posibilidades que brindó el Stellarium para desarrollar esta parada, pues por medio de este aplicativo se pudo viajar a mundos extraterrestres, siendo este un recurso didáctico excepcional para la enseñanza de las ciencias debido a su capacidad para simular el cielo estrellado en tiempo real y ofrecer una representación visual precisa del cosmos.

Esta herramienta de software permite a los estudiantes explorar y observar constelaciones, planetas y otros cuerpos celestes desde una perspectiva interactiva, para que de esta manera surjan nuevas preguntas, que son de vital importancia para complejizar las relaciones, de acuerdo con lo establecido por la categoría de problemas de conocimiento.

Sesión 3: La Tierra como un ecosistema complejo

Luego de reconocer la Vía Láctea y de realizar algunas paradas en puntos fundamentales, como es el caso del Sistema Solar y específicamente en los planetas y algunos de sus satélites naturales, se detuvo la mirada en la Tierra y se hizo un viaje al interior, para identificar el campo magnético terrestre como una característica fundamental que ha permitido que la vida prospere en la Tierra. Al interactuar con las partículas cargadas del viento solar, este campo crea una barrera natural que protege la atmósfera del planeta, preservando así condiciones favorables para la existencia de agua y de temperaturas estables.

Este viaje al centro de la Tierra se realizó por medio de la construcción de un modelo en plastilina, modelo que permitió mediar la conversación y así poder comprender el planeta Tierra como un lugar habitable debido a sus condiciones.

Sesión 4: Mirar y pensar el Universo

En el vasto e inhóspito Universo, el agua en estado líquido es un verdadero tesoro, una rareza cósmica que desafía la inmensidad del espacio. A pesar de la gran cantidad de planetas y estrellas, encontrar agua líquida es como hallar un oasis en medio de un desierto infinito. En este líquido primordial surge y florece la vida tal como la conocemos, y su existencia depende de condiciones muy escasas. Cada gota de agua líquida en el Universo es testimonio de una conjunción improbable de factores que se alinean, recordándonos lo especial y único que es nuestro propio planeta, donde los océanos y ríos nutren la diversidad de la vida.

Después de comprender la zona de habitabilidad estelar y sus implicaciones para la existencia y permanencia de la vida en la Tierra, se invita a los estudiantes a pensar sobre las formas de vida en una gota de agua y realizar la primera aproximación al uso del microscopio.

Sesión 5: Calendario Cósmico

Recién hemos despertado ante el gran océano de espacio y tiempo del que hemos surgido. Somos el legado de 15 mil millones de años de evolución cósmica. Podemos elegir entre enriquecer la vida y conocer el universo o dilapidar nuestra herencia autodestruyéndonos sin sentido. El primer segundo del próximo año cósmico dependerá de lo que hagamos, aquí y ahora con nuestra inteligencia y conocimiento del Cosmos (Sagan, 1980, pág. 38).

Para comprender el origen de las condiciones físicas, químicas y astronómicas que han posibilitado el surgimiento y permanencia de la vida en la Tierra fue necesario conocer la historia del planeta, que está ligada a la formación del Sistema Solar a partir de diversas dinámicas del Universo, comprendiendo que estos sucesos han ocurrido en grandes escalas de tiempo, por esta razón se propuso a los estudiantes la construcción del Calendario Cósmico con base al planteado por Carl Sagan, teniendo presentes los siguientes pasos:

Definición de la escala de tiempo:

El Calendario Cósmico condensa los 13.8 mil millones de años de historia del universo en un año calendario normal, donde:

1 día = 37.8 millones de años

1 hora = 1.58 millones de años

1 minuto = 26,000 años

1 segundo = 438 años

Dividir el año en meses

Se dividió el año en doce meses, cada uno representando una fracción del tiempo del universo, para facilitar el ejercicio se toman como referencia dos fechas importantes:

Enero 1: El Big Bang ocurre en este día.

Diciembre 31, 11:59:59 PM: La aparición de los humanos modernos ocurre en el último segundo del último día del año.

Ubicar los eventos importantes en el Calendario Cósmico

A continuación, se pusieron los principales eventos de la historia cósmica en el año cósmico así:

Enero 1: Big Bang (origen del universo).

Enero 10: Formación de las primeras estrellas.

Marzo 15: Formación de la Vía Láctea.

Septiembre 2: Formación del Sistema Solar.

Septiembre 21: Formación de la Tierra.

Septiembre 25: Aparición de la vida en la Tierra (primeras formas de vida).

Diciembre 17: Aparición de los primeros organismos multicelulares.

Diciembre 24: Surgimiento de los dinosaurios.

Diciembre 30: Extinción de los dinosaurios.

Diciembre 31 (aproximadamente a las 11:52 PM): Primeros homínidos.

Diciembre 31 (11:59:46 PM): Nacimiento de la civilización humana (primeras ciudades, escritura).

Diciembre 31 (11:59:59 PM): Revolución Industrial.

De acuerdo con esta construcción se hizo una parada en el 25 de septiembre, fecha en la que surgen las primeras formas de vida y fecha probable para presentar al caso de estudio *Chlorella sp.*

Así pues, el propósito de construcción del Calendario Cósmico con los estudiantes de grado noveno fue mostrar la inmensa escala temporal del universo y cómo la historia de la vida en la Tierra es un pequeño fragmento dentro de este contexto, por ende, este calendario ayudó a visualizar la evolución del cosmos, y cómo nuestra existencia es solo un pequeño destello en la vastedad del tiempo cósmico.

Sesión 6: Reconocimiento de la escala del tiempo geológico y surgimiento de las microalgas

Tras entender que la vida no depende solo de las condiciones propias de la Tierra, sino que los factores físicos, químicos y astronómicos del Sistema Solar son fundamentales en el surgimiento y permanencia de la vida en la Tierra, es importante realizar una aproximación a la historia del planeta como tal, aproximación que se realiza desde el reconocimiento de la escala geológica.

Enseñar adaptación a través de la escala del tiempo geológico ofreció una perspectiva poderosa sobre la capacidad de los seres vivos para sobrevivir y prosperar en un mundo en constante cambio. A medida que exploran millones de años de historia de la Tierra, los estudiantes se aproximaron a la comprensión de que la vida no solo ha evolucionado, sino que ha enfrentado desafíos monumentales como extinciones masivas, cambios climáticos y desplazamientos de continentes.

Para abordar este proceso de comprensión y construcción de conocimientos, los estudiantes colorearon la escala del tiempo geológico, evidenciando los cambios que han experimentado las formas de vida en la Tierra. Durante el ejercicio, se proyectó el documental “*La formación de la Tierra*”. Al finalizar la navegación, los estudiantes llevaron a cabo la misión documental, que consistió en la construcción de un relato sobre la experiencia desarrollada.

Sesión 7: Zona de habitabilidad estelar

Construir un modelo a escala del Sistema Solar permitió a los estudiantes visualizar la inmensidad del Cosmos y comprender de manera tangible lo que, de otro modo, parecía abstracto. Siguiendo el legado de Carl Sagan, este ejercicio no solo reveló las vastas distancias entre los planetas, sino que destaca la zona de habitabilidad estelar: ese delicado lugar donde las condiciones son propicias para la vida tal como la conocemos. Al ver cómo la Tierra se sitúa dentro de esta región especial, los estudiantes desarrollan un sentido profundo de asombro y aprecio por la singularidad de nuestro planeta. Estos modelos despertaron la curiosidad sobre lo frágil y precioso que es el equilibrio cósmico, y cómo nuestra existencia está entrelazada con las leyes del universo.

Teniendo presente lo mencionado, se propuso la construcción de un modelo del Sistema Solar a escala de distancia⁴⁸, en una zona aledaña al colegio, en un recorrido de un kilómetro (1 km), los estudiantes ubicaron estratégicamente cada planeta. La construcción de la escala se realizó de forma que la zona habitable equivalente a 1 UA (unidad astronómica) esté en la fuente hídrica del sendero, para retomar las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida, que no dependen de las dinámicas propias de la Tierra, luego de construir el modelo a escala, se realizó un sobrevuelo con un dron para continuar con la búsqueda de evidencias de la misión espacial.

⁴⁸ La escala que se define para la experiencia es únicamente de distancia, ya que el interés principal es ubicar la zona habitable, sin embargo, se mantiene una proporción de tamaños, sin manejar estrictamente una relación directa entre tamaño y distancia.

En esta sesión, la misión documental consiste en calcular las distancias a las cuales deben estar ubicados los planetas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Tabla de cálculo de la distancia de los planetas en UA. (Elaboración propia)

PLANETA	UA (Unidad Astronómica)	Distancia desde el sol en metros. Escala (1 UA / 33.3m)
Mercurio	0,5 UA	
Venus	0,7 UA	
Tierra	1 UA	33.3 m
Marte	1,5 UA	
Júpiter	5 UA	
Saturno	9 UA	
Urano	20 UA	
Neptuno	30 UA	

Al finalizar el recorrido, cada tripulación construyó un relato en la bitácora del viaje, relato que estuvo guiado por las siguientes preguntas orientadoras: ¿De qué factores depende la existencia de agua en estado líquido? ¿Hay alguna relación con el origen y mantenimiento de vida en la Tierra? ¿En el Sistema Solar, podríamos catalogar un posible planeta en el que pueda existir vida? ¿por qué? ¿de qué forma te imaginas un organismo que habite este lugar?

Sesión 8: Un Universo en una gota de agua

Tras reconocer las condiciones necesarias para la existencia de agua en estado líquido, se realiza la primera práctica de laboratorio, con la intención de reconocer lo existente en una gota de agua, pues se dice que hay un universo en una gota de agua porque, aunque parece

simple y diminuta a simple vista, hay varias formas de vida que habitan en un mundo invisible para el ojo humano.

Bacterias, protozoos, algas y otros organismos microscópicos pueblan este microcosmos, viviendo, interactuando y reproduciéndose en una escala completamente distinta a la generalmente conocida. Este diminuto ecosistema refleja la complejidad y diversidad de la vida en su forma más elemental, y nos recuerda que la naturaleza opera en todos los niveles, desde lo más vasto hasta lo más diminuto. Explorar este universo microscópico nos revela lo interconectada que está la vida, y cómo, incluso en lo más pequeño, hay maravillas ocultas esperando ser descubiertas.

Aquí, los estudiantes realizaron su primera observación al microscopio, en este espacio se identificaron los seres vivos encontrados en una gota de agua, gota proveniente de una muestra de agua tomada en la zona de habitabilidad estelar⁴⁹.

Para facilitar este reconocimiento, se realizó un ejercicio de observación de organismos del zooplancton y fitoplancton, que se presentan por medio de láminas que brindaron la posibilidad a los estudiantes reconocer sus características, haciendo énfasis por medio del discurso en las condiciones necesarias para la vida de estos seres microscópicos.

Sesión 9: Reconocimiento de microalgas

Al utilizar el microscopio, los estudiantes se sumergieron en un universo invisible, donde seres diminutos como las microalgas revelan su estructura y función. Esta experiencia amplió su visión del mundo y enriqueció su comprensión de los procesos biológicos fundamentales.

⁴⁹ Esta zona de habitabilidad se refiere al río aledaño a la Institución Educativo, dónde fue ubicada la Tierra y la zona habitable en el modelo del Sistema Solar.

Cada descubrimiento bajo el microscopio les permitió afinar su capacidad de observación, desarrollar habilidades científicas y apreciar la complejidad de la vida a nivel microscópico.

Es así como, después de realizar el recorrido por el universo que permitió identificar las condiciones físicas, químicas y astronómicas necesarias para la vida, y de reconocer que hay un universo en una gota de agua, fue importante que los estudiantes identificaran el organismo con el cual se desarrollaría el estudio de caso: *Chlorella sp.* Se utilizó una muestra que contiene la cepa. Previo a la observación, se llevó a cabo una clase magistral que permitió hablar sobre las características de esta microalga y socializar con los estudiantes un experimento desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA), en el que se muestra la posibilidad de realizar el proceso de fotosíntesis en el espacio usando dicho organismo.

Además de reconocer la microalga, la intención de esta sesión fue continuar con la comprensión de la adaptación biológica, tomando como referente el experimento mencionado en el Anexo 1. Esto permitió discusiones que serán orientadas desde el eje de profundización disciplinar desarrollado en el presente trabajo de grado.

Sesión 10: Variación de condiciones

Chlorella sp es un organismo con una amplia distribución debido a sus respuestas fisiológicas al ambiente (ver capítulo “Condiciones de vida de *Chlorella sp*”). Por lo tanto, se pueden realizar actividades experimentales que involucren a este organismo sin someterlo a su muerte biológica. En esta línea, se propuso variar dos condiciones de vida para observar su respuesta metabólica, evaluada a través del crecimiento poblacional.

Las dos variables analizadas para el cambio de las condiciones de vida fueron:

Tiempo de exposición a la luz: Las condiciones óptimas de laboratorio sugieren que las microalgas deben estar expuestas a la luz durante 12 a 16 horas al día. Esta variable influye directamente en el metabolismo de *Chlorella sp*, ya que la cantidad de luz

afecta los procesos fotosintéticos, lo que puede provocar diferencias significativas en el metabolismo y, en consecuencia, en el crecimiento poblacional. La exposición insuficiente o excesiva a la luz alteran la tasa de fotosíntesis y el desarrollo general de las microalgas.

Inhibición del aire: Restringir el ingreso de aire al medio de cultivo afecta de manera directa el flujo de materia y energía, necesarios para los procesos metabólicos de *Chlorella sp.* La falta de aire limita la disponibilidad de oxígeno y dióxido de carbono, esenciales para la fotosíntesis y la respiración celular. Esta limitación se manifiesta en un evidente enlentecimiento de sus procesos reproductivos y por lo tanto disminución en el crecimiento poblacional.

Medio acuoso: Aunque se consideraron dos variaciones, también se pensó en utilizar medios de cultivo sólidos. Esto se basó en el hecho de que las microalgas, y en particular *Chlorella sp.*, son organismos que se encuentran principalmente en ecosistemas acuáticos. Sin embargo, los medios de cultivo ricos en nutrientes, solidificados con agar-agar, se contaminaron, lo que impidió obtener los resultados esperados, que eran el crecimiento colonial en lugar del crecimiento aislado.

El control de estas variables permite analizar los procesos de acomodación⁵⁰ de los organismos a la presión generada por el ambiente, en este caso, inducida por el diseño experimental. Estas variables ayudan a entender cómo los organismos, en particular *Chlorella sp.*, se ajustan y responden a cambios en su entorno, proporcionando información valiosa sobre su adaptabilidad y los mecanismos metabólicos involucrados en su crecimiento y supervivencia bajo condiciones experimentales específicas.

⁵⁰ Revisar concepto de acomodación y adaptación en la profundización teórica.

Sesión 11: Construcción del documental y socialización con la Institución

La producción discursiva posterior al desarrollo de la propuesta de aula es fundamental, ya que permite no solo organizar y sintetizar los hallazgos, sino también compartirlos de manera clara y coherente con otros. Este ejercicio fortalece el pensamiento crítico y analítico, ayudando a los maestros y estudiantes a profundizar, generar comprensiones sobre los ejes de profundización y reflexionar sobre el proceso vivido. Además, la comunicación efectiva de los resultados abre un espacio para el diálogo, la retroalimentación y la construcción de conocimiento colectivo, lo que enriquece el avance y la posibilidad de construcción de nuevo conocimiento, además de los procesos de aprendizaje en la comunidad académica.

Para finalizar la Misión Espacial, se construyó con los estudiantes un documental mostrando el desarrollo del proceso desde el momento en el que inició el viaje en la Vía Láctea, posteriormente el Sistema Solar y en su interior establecer la zona de habitabilidad estelar.

Luego de esta visita de reconocimiento por el vecindario cósmico, se realizó una parada en la Tierra, mostrando además todos los procesos físicos y químicos necesarios para la existencia de agua en estado líquido y posteriormente hacer ese salto a lo microscópico con el reconocimiento de *Chlorella sp*, la construcción de esta pieza audiovisual sin duda alguna permite reconocer la producción discursiva de los estudiantes tras vivir la experiencia en las implementaciones.

En este orden de ideas, complejizar las relaciones sobre la enseñanza de la adaptación biológica desde los problemas de conocimiento en la escuela abre un universo de posibilidades educativas, ofreciendo a los estudiantes una ventana fascinante hacia los misterios del cosmos y la inmensidad del espacio. Esta disciplina no solo despierta la curiosidad natural de los jóvenes sobre el origen y el funcionamiento del universo, sino que también fomenta habilidades interdisciplinarias cruciales, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la aplicación de conceptos matemáticos, científicos, entre otros.

La intervención en el aula generó momentos de reflexión sobre las formas de construir conocimiento en la clase de ciencias, estando en constante diálogo los saberes disciplinar, pedagógico y didáctico reconociendo el aula como un sistema complejo, en donde se conjugan el contexto, la teoría y las experiencias, lo que permite comprender y mejorar las prácticas de enseñanza, siendo esta la razón por la cual la categoría de problemas de conocimiento, permitiendo que los estudiantes sean los protagonistas en la construcción de conocimiento.

8. RECUPERACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Los seres humanos utilizamos narrativas para expresar nuestras emociones, sentimientos y deseos. Narrativas diversas: escritas, verbales, no verbales y hasta artísticas, usando diversos medios, desde papel y lápiz hasta páginas en las redes sociales de internet. Ellas representan nuestras identidades personales y nos ayudan a organizar las experiencias. Los diseños cualitativos pretenden “capturar” tales narrativas (Hernández-Sampieri, 2014).



Figura 8. Tripulantes realizando observación solar por telescopio. Durante la observación se caracterizó la estrella anfitriona del Sistema Solar.

El presente capítulo tiene como propósito recuperar la experiencia de la *Misión Espacial, Buscando Vida en el Universo*, como un ejercicio reflexivo en el marco de la categoría de problemas de conocimiento. Se pretende mostrar los procesos de construcción de representaciones que otorgan sentido a las relaciones complejas que surgen a partir de la interacción con el objeto de estudio.

Teniendo en cuenta la intervención en el aula, en este capítulo es primordial el discurso de los maestros y los alcances que les permiten reflexionar pedagógica y didácticamente sobre los desarrollos abordados a partir de la experiencia vivida. La recuperación de esta experiencia, basada en los registros, las emociones y los sentires de los estudiantes, que como se evidencia en la *Figura 8* se apropiaron del proceso vivido, lo que se evidencia en sus expresiones durante las actividades propuestas, cobra gran relevancia.

Así las cosas, se acudió a una ruta para realizar el proceso de recuperación de la experiencia vivida, mediante la construcción de matrices que posibilitaron organizar previamente la información que fue recolectada mediante la bitácora, el diario de campo de los maestros que acompañaron el proceso y los audios producto de las conversaciones con los tripulantes de la misión espacial, como se puede evidenciar en la *Tabla 3*.

Para iniciar este proceso de sistematización, las declaraciones de los estudiantes se cruzaron con los propósitos de cada una de las paradas, sin perder de vista demás que los recursos didácticos elegidos tenían una intención. Además, la matriz permitió rescatar las dinámicas que permitieron desarrollar la sesión y las emergencias del proceso, permitiendo dar cuenta de los referentes de la categoría de problemas de conocimiento para hacer un análisis objetivo de las situaciones.

Lo anterior, teniendo en cuenta que no se trataba solo de un ejercicio de clase, sino de una oportunidad para abrir espacios de interacción discursiva y construcción de conocimiento a través de actividades novedosas en el aula. Esto permitía que los estudiantes exploraran un mundo de posibilidades, descubriendo e interactuando con fenómenos de la naturaleza y, en general, con el mundo natural a partir de la artificialización y de las situaciones desencadenantes. Dicha experiencia surge de las discusiones de los maestros, de su desarrollo teórico y didáctico, y de la reflexión sobre su práctica en contexto.

Tabla 3. Matriz de sistematización, siendo el insumo principal para la construcción del relato de recuperación de la experiencia. (Elaboración propia)

Parada:			
Planeación o diseño de la sesión	Implementación - Evidencias	Recuperación - Lecturas (Generalización)	Reflexión derivada - Reflexiones en torno a <u>PdC</u>
Propósitos de la sesión:	Actitudes:	Elementos llamativos - a destacar:	
Elección del recurso didáctico:	Aportes significativos:		
Uso del recurso:	¿Cómo se llevó a cabo la sesión?:	Emergencias:	
Descripción de los elementos para la explicación:			

Desde esta perspectiva, la recuperación de experiencias implica reflexionar y aprender a partir de vivencias en el ámbito social y educativo. Según Jara (2012), la sistematización, y por tanto la recuperación de experiencias, involucra una práctica investigativa que permite recolectar, analizar y transformar dichas experiencias en conocimiento útil para mejorar prácticas y procesos.

Jara resalta que este tipo de ejercicios no es solo un ejercicio de documentación, sino también una herramienta para la transformación social, ya que promueve la reflexión crítica de las dinámicas sociales y educativas con el fin de transformar la práctica y enfrentar problemas y desafíos. Además, este proceso involucra a los participantes, promoviendo la autoevaluación y el intercambio de saberes. De este modo, se generan herramientas que permiten cuestionar, reflexionar y transformar tanto las prácticas como los entornos en los que se actúa, posibilitando que los aprendizajes sean replicados o adaptados en otros contextos.

Para el ejercicio de sistematización y recuperación de la experiencia, se consideran diversos tipos de registros recolectados *in situ*: estos incluyen observaciones cualitativas, impresiones, emociones y reflexiones tanto de los docentes en ejercicio como de los estudiantes, quienes

actuaron como tripulantes de la misión⁵¹, lo que permite captar las dinámicas sutiles del proceso educativo. Además, se incorporan algunos registros audiovisuales que enriquecen la documentación al capturar expresiones no verbales, interacciones y momentos clave que no siempre se reflejan en las anotaciones en las bitácoras descritas por los estudiantes. Para dar cuenta de estos registros y de su relevancia en el proceso, se presentan a continuación como parte de un relato que organiza y estructura de manera dinámica la recuperación de la experiencia.

Es importante tener presente que la recuperación de la experiencia es un elemento teórico y pedagógico, pues la experiencia docente constituye un pilar fundamental para la reflexión crítica sobre las prácticas educativas, ya que cada situación en el aula, desde los desafíos hasta los logros, brinda al maestro oportunidades para analizar la efectividad de sus estrategias, entender las necesidades de sus estudiantes y ajustar su enfoque pedagógico.

Este proceso de reflexión permite al docente reconocer patrones, identificar áreas de mejora y construir un conjunto sólido de estrategias didácticas. Al reflexionar sobre sus experiencias, el maestro no solo mejora su práctica, sino que también desarrolla una comprensión más profunda de su rol, fortaleciendo su capacidad para adaptarse y responder de manera innovadora a los cambios y demandas del entorno educativo.

La Misión Espacial, buscando vida en el Universo comienza en el vasto océano estelar, atravesando nebulosas brillantes y estrellas titilantes que parpadean como faros en la oscuridad del cosmos. Viajar por el espacio es como un sueño despierto, donde cada giro y aceleración te acercan a la majestuosidad de la Vía Láctea, un remolino de luces y colores que se despliegan ante tus ojos. En esta odisea intergaláctica, los planetas giran en su danza cósmica, y cada uno cuenta una historia milenaria. Después de una travesía inolvidable, el viaje culmina en un regreso a la Tierra, ese pequeño y azul hogar que, desde la distancia,

⁵¹ Recordando que, durante la intervención en el aula, los estudiantes desempeñaron un papel protagónico como tripulantes de una misión espacial.

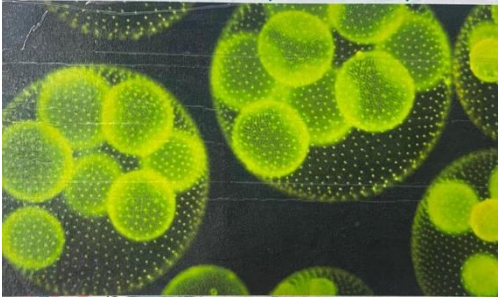


parece un susurro de vida y esperanza en la inmensidad del universo. Allí, entre paisajes familiares y cielos infinitos, resuena el eco de cada estrella, recordándonos lo pequeños y grandiosos que somos al mismo tiempo.

Una vez inmersos en el universo y comprendido el lugar que ocupa el planeta Tierra en él, se dio inicio a la primera fase de la misión. En esta etapa, se realizó la **Contextualización de la misión**, conocida como la “zona de despegue”. El 4 de abril los estudiantes debían establecer un método riguroso para registrar todo lo sucedido en el viaje. Por esta razón, construyeron sus bitácoras de viaje, donde documentarían los hallazgos, observaciones y emergencias a lo largo del proceso. Estos registros se llevaron a cabo utilizando la estrategia de las misiones documentales⁵².

⁵² En el marco de la intervención en el aula, se le conoce como misión documental al registro de información que se debe realizar en cada parada, bien sea en forma de relato, dibujo, mapa conceptual, entre otros.

Tabla 4. Portadas de las bitácoras de viaje construidas por los estudiantes de grado noveno.
(Elaboración propia)

Portada	Breve descripción
	<p>Los integrantes del grupo decidieron que su tripulación se llamara <i>Life the universe</i>, según lo mencionado por los integrantes este nombre fue colocado porque en la misión espacial “<i>vamos a vivir el universo por todo lo que vamos a aprender</i>”.</p> <p>“Elegimos la imagen porque muestra que los seres vivos que han vivido en la Tierra han cambiado y que cambian porque la Tierra no ha sido siempre igual”</p>
	<p>Esta tripulación denominada <i>Los buscadores de vida</i> decidieron personalizar de esta forma la bitácora teniendo presente que “<i>La misión espacial que vamos a desarrollar se ve muy interesante, pero para saber si hay vida en otro lado debe ser importante conocer la vida de la Tierra, por ejemplo, el mar, que lo que uno ve en documentales y eso es que aún no está muy bien estudiado</i>”</p>
	<p><i>Los misioneros</i> son una tripulación que “<i>estamos dispuestos a vivir la misión espacial y personalizamos así nuestro diario del viaje porque queremos saber mucho sobre el Sistema Solar y la vida, hasta ahora no conocemos bien de esto y nos motiva. También nos parece interesante saber por qué ahora los científicos dicen si hay vida o no fuera de la Tierra</i>”</p>
	<p>Los tripulantes decidieron que su nombre iba a ser igual al de la misión <i>Buscando vida en el Universo</i>. Una hermana de uno de los tripulantes es diseñadora y apoyó el diseño de la bitácora con una ilustración que permite ver “<i>cómo sería por ejemplo hacer un cultivo en Marte, pusimos unas algas porque la profe nos contó que haríamos un viaje de algo grande como los planetas hasta llegar a algo pequeño como algas, esto nos emociona porque es llamativo y chévere aprender lo que nos gusta</i>”</p>

	<p><i>“La tripulación Atenea es una tripulación de mujeres con mucha sabiduría y nos inspira mucho la profe que es una mujer que es apasionada con todo lo que nos enseña, este viaje espacial se ve muy interesante porque nosotras no sabíamos que la vida de la Tierra depende de cosas que pasan en el espacio”</i></p>
	<p>Los estudiantes de esta tripulación hacen parte de una organización de ciencias que se desarrolla en un club campestre cerca al municipio, decidieron llamarse Los genios exploradores de la vida “porque hemos trabajado en ciencia y en astronáutica, pero desde el enfoque de la robótica, con estas clases vamos a complementar este mundo ahora dando ideas de como explorar la vida dentro y fuera de la Tierra”</p>
	<p>Los exploradores de la vida son una tripulación que se caracteriza por su curiosidad y dedicación cuando algo les apasiona, en esta oportunidad personalizaron la bitácora de este modo “<i>porque nuestra compañera tenía este dibujo hecho a mano y uno de nosotros lo volvió digital con una IA y nosotros decimos que si hay vida fuera de la Tierra no tiene que ser parecida a nosotros con dos piernas dos brazos y así como somos, sino que pueden ser diferentes como en el dibujo de nuestra compañera</i>”</p>

Luego de realizar las bitácoras, los estudiantes hicieron su primer viaje dirigido, haciendo uso del Stellarium. El viaje inició en la Vía Láctea, allí se pudo ingresar al Sistema Solar para hacer una parada especial en el majestuoso planeta Tierra. En este recorrido se fueron conociendo variedad de cuerpos celestes que presentan diferentes condiciones físicas, químicas y astronómicas.

Físicamente, los planetas varían en tamaño, gravedad y temperatura; por ejemplo, Mercurio es extremadamente caliente durante el día y muy frío en la noche. Químicamente, cada planeta tiene una composición única: Venus, por ejemplo, tiene una atmósfera rica en dióxido de carbono, mientras que Marte tiene agua congelada en sus polos. Astronómicamente, el

sistema solar se organiza en torno al Sol, que proporciona la energía necesaria para la vida en la Tierra e influye en las órbitas de los planetas, asteroides y cometas. Estas interacciones hacen del sistema solar un lugar fascinante y diverso.

Para esta parada, la misión documental consistía en la construcción de un relato sobre los objetos reconocidos en este viaje, realizando por medio del ejercicio escritural, una caracterización de estos. A continuación, algunas ideas plasmadas por los estudiantes:

E1: *“yo nunca pensé que todo estuviera como conectado, porque yo pensaba que la Tierra era aparte, tampoco reconocía que el Sol es estrella y no sabía cómo era de importante para que los humanos estemos vivos”*

E2: *“En el Universo hay muchas cosas, yo no sabía que vivíamos en una galaxia y pues es raro, pero sin todas esas cosas que nos mostró la profe ni si quiera agua había en mi planeta, pero entonces me pregunto ¿cómo era antes la Tierra?”*

E3: *“Pues aparecen varias preguntas, porque era normal que acá haya agua y que si hay poquita temperatura se congela y todo eso, y el agua tiene un ciclo, pero eso es normal, pero no me he preguntado por qué está el agua y muy loco saber que eso depende de si el lugar está lejos o medio lejos del Sol, no hay agua porque si como yo creo que el mundo piensa”*

E4: *“A mí se me movió algo en la cabeza porque literalmente mis compañeros y yo viajamos por el universo con ese programa que nos mostró la miss, pero no sólo eso, ella también dijo una frase de un señor Sagan y yo entendí que todo lo que hay en la Tierra está porque pasaron cosas en el Universo y eso está chévere, yo creo que con este proyecto voy a conocer cosas interesantes de la ciencia porque casi no me gusta”*

Las frases mostradas anteriormente hacen parte del primer registro que los estudiantes realizaron en sus bitácoras, allí es posible reconocer que, a pesar de ser la primera intervención, se empieza a configurar una la idea de condiciones necesarias para la vida, teniendo presente lo mencionado en el año 1980 por Carl Sagan quien nos recordaba que todos los elementos que componen la Tierra, incluyéndonos a nosotros mismos, tienen un origen cósmico. Además, esta actividad permitió a los estudiantes cuestionarse acerca de la

historia del Universo, el origen de las condiciones actuales y las relaciones que existen entre la Tierra y el Sistema Solar.

Los átomos en nuestros cuerpos, el hierro en nuestra sangre, el calcio en nuestros huesos y hasta el aire que respiramos se forjaron en el corazón de antiguas estrellas que explotaron hace miles de millones de años⁵³ (Sagan,1980). Esta afirmación no solo nos revela la naturaleza cósmica de nuestra composición, sino que también nos invita a reflexionar sobre nuestra conexión con el universo. Sagan nos impulsa a reconocer que somos parte del Cosmos, una extensión de la materia que se originó en las estrellas. De manera complementaria, el químico Antoine Lavoisier, en el siglo XVIII, enunció su célebre ley de conservación de la materia: "La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma" (Bascuñán, 1999). Este principio fundamental refuerza la idea de que todo en el universo, incluidos nosotros, está en constante transformación, recordándonos nuestra profunda interrelación con el resto del cosmos y que, en última instancia, somos el resultado de procesos estelares que han tenido lugar en un universo en continua evolución.

En su célebre frase, "somos polvo de estrellas", Carl Sagan subrayaba la profunda conexión entre la Tierra y el resto del universo. Todo lo que vemos y experimentamos en nuestro planeta está entrelazado con los procesos cósmicos que han tenido lugar desde el origen del cosmos, un recordatorio de que la humanidad y la vida en general, no es una entidad separada del universo, sino una parte integral de él.

⁵³ El ciclo de vida de una estrella comienza con el colapso de una nube de gas y polvo llamada nebulosa, donde la gravedad reúne material hasta formar un núcleo denso y caliente. A medida que la temperatura aumenta, comienza la fusión nuclear en el núcleo, marcando el nacimiento de una estrella. La estrella pasa la mayor parte de su vida en la secuencia principal, donde fusiona hidrógeno en helio. Eventualmente, dependiendo de su masa, la estrella agotará su combustible, lo que la llevará a expandirse y convertirse en una gigante roja o supergigante. Las estrellas de baja masa terminarán sus días como enanas blancas, mientras que las más masivas explotan en supernovas, dejando detrás una estrella de neutrones o un agujero negro. Este ciclo contribuye a la formación de nuevos elementos, que se reciclan en el universo, formando nuevas generaciones de estrellas (Sagan et al, 2008)

Desde esta perspectiva y sin perder de vista el objetivo general del presente trabajo de grado enmarcado en profundizar en la adaptación biológica como un problema de conocimiento a partir del estudio de las condiciones necesarias para la vida, se tiene como referente de profundización las ideas de Sagan y Schneider (2009) quienes interpretan la existencia de los seres vivos que habitan la Tierra desde una perspectiva termodinámica, enfatizando que los procesos biológicos están profundamente entrelazados con las leyes físicas del universo.

Los autores establecen que la vida no es una entidad aislada, sino un sistema abierto que intercambia energía y materia con su entorno, en un constante flujo de organización y entropía. Así como las estrellas queman su combustible y liberan energía, los organismos absorben energía del sol o de los nutrientes y la transforman en orden, crecimiento y evolución. Esta interacción entre la vida y su entorno demuestra que la Tierra, los seres vivos y el cosmos están unidos por las mismas fuerzas fundamentales. Para Dorion Sagan (2009), la vida es una manifestación de la termodinámica a gran escala, un proceso continuo en el que los seres vivos forman parte de un todo mayor, en constante intercambio con el universo.

Así las cosas, a partir de los relatos de los estudiantes se empieza a configurar una idea de complejidad, en dónde preguntas⁵⁴ sobre la existencia del agua líquida en la Tierra, el reconocimiento del Sol como una estrella y la importancia de la distancia Tierra – Sol (Unidad Astronómica UA) permiten continuar con las próximas paradas de la Misión Espacial, teniendo presente que el universo que observamos, con sus galaxias, estrellas y planetas, es un recordatorio de la inmensidad y complejidad que nos rodea.

Desde la distancia abrumadora de los cuerpos celestes hasta los misterios del espacio profundo, el ser humano ha soñado con desentrañar los secretos del cosmos. Sin embargo, en ese anhelo por comprender lo lejano, a menudo se pasa por alto que lo infinitamente pequeño

⁵⁴ Teniendo presente que la pregunta juega un papel fundamental, pues permite a “la emergencia de concepciones, la toma de conciencia de la existencia de contradicciones, la posibilidad de confrontación de opiniones diferentes, la incitación a la búsqueda y a la acción” (Giordan & Vecchi, 1998)

alberga su propia majestuosidad. El universo no solo se extiende hacia lo externo, sino también hacia lo microscópico, donde una simple gota de agua puede contener más maravillas de las que podemos imaginar. Así como el universo está lleno de estrellas, en el mundo microscópico los organismos viven en ecosistemas igualmente dinámicos y complejos.

Dentro de esa gota de agua, imperceptible para el ojo humano, residen microalgas, bacterias y otros organismos que funcionan como piezas esenciales en la maquinaria de la vida. Estas microalgas, pequeñas pero vitales, capturan la luz del sol y realizan fotosíntesis, liberando oxígeno y regulando los ciclos biogeoquímicos. Son testimonio de que, en lo diminuto, existen estructuras tan complejas como en las galaxias que habitan el espacio. El viaje desde lo más lejano del cosmos hasta lo microscópico revela una verdad fundamental: en cada escala de la existencia, desde las estrellas hasta una gota de agua, el universo se manifiesta en formas tan extraordinarias como diversas.

Así las cosas, pareciera natural el saber que el planeta Tierra hace parte del Sistema Solar y a su vez que este se encuentra dentro de la Vía Láctea, sin embargo, es una estructura que no puede ser asumida como obvia, siendo esta una razón por la que el uso del Stellarium termina configurándose como una actividad central, pues "las situaciones desencadenantes se constituyen en espacios para la problematización de situaciones o eventos del mundo cotidiano que permiten a un grupo de individuos orientar y delimitar sus intereses en la perspectiva de construir conocimiento" Valencia, et al., (2003)

Posterior a este reconocimiento inicial se realiza la **Primera parada: La Tierra**, el 8 de abril la tripulación se alistó para viajar al centro de la Tierra, en esta oportunidad con el propósito de reconocer al planeta Tierra como un lugar habitable debido a sus condiciones, viajar al centro de la Tierra permite comprender que el campo magnético terrestre es fundamental para la existencia y permanencia de la vida en nuestro planeta, pues protege contra la radiación cósmica y las partículas cargadas provenientes del viento solar, que podrían dañar la atmósfera y, con el tiempo, eliminar el agua y otros elementos esenciales para la vida.

Además, este campo ayuda a mantener la estabilidad climática y protege las capas superiores de la atmósfera, como la capa de ozono, que bloquea la radiación ultravioleta dañina. Sin esta protección, la vida tal como la conocemos no habría sido posible, ya que la Tierra se enfrentaría a un entorno hostil y desprovisto de las condiciones necesarias para la supervivencia de los organismos.

Para dar cuenta de lo anterior, se medió la explicación del campo magnético terrestre con la elaboración de un modelo de las capas de la Tierra, teniendo presente que, de acuerdo con lo mencionado por Leal, et al., (2015) el campo magnético terrestre tiene su origen en las profundidades de la Tierra, particularmente en su núcleo externo, compuesto principalmente de hierro y níquel fundidos.

Este núcleo está en constante movimiento debido a las corrientes de convección generadas por el calor proveniente del núcleo interno, que es sólido. Este flujo de material conductor genera un efecto dinamo⁵⁵, produciendo el campo magnético que envuelve al planeta. Las capas superiores de la Tierra, como el manto y la corteza, aunque no participan directamente en la generación del campo, ayudan a canalizar y estabilizar este fenómeno. Gracias a la interacción entre las diferentes capas, especialmente el núcleo, el campo magnético se mantiene activo, protegiendo a la Tierra de las radiaciones solares y cósmicas y permitiendo condiciones adecuadas para la vida según lo explicado por Leal, et al., (2015)

En la *Figura 9* se muestra el modelo construido por los tripulantes de la Misión Espacial, haciendo un reconocimiento de las capas internas del planeta. Para este caso, la misión documental estaba enfocada en la construcción de un esquema explicativo mostrando las comprensiones sobre el campo magnético, realizando un relato en la bitácora de viaje.

⁵⁵ Este efecto es un proceso mediante el cual los cuerpos celestes, como planetas y estrellas, generan campos magnéticos. Este fenómeno ocurre cuando un fluido conductor (como un líquido metálico en el núcleo de un planeta o un plasma en el interior de una estrella) se mueve y rota, creando corrientes eléctricas que, a su vez, producen un campo magnético.



Figura 9. Fotografía de la construcción del modelo de las capas de la Tierra.

Dentro de los hallazgos en este viaje al centro de la Tierra, se empieza a evidenciar una idea de condición de vida, idea que se relaciona con lo sucedido en la zona de despegue, una evidencia de lo mencionado anteriormente se encuentra en el relato construido por

E1: "El campo magnético nos ayuda a mantener el agua en el estado perfecto, o sea líquido sin que se evapore o se congele por completo, con esto pude saber que el agua en la Tierra se puede decir que es una condición para la vida, la atmósfera también es una condición y depende de este campo"

En este orden de ideas, de acuerdo con lo establecido por Leal, et al., (2015) una condición es entendida como un factor o conjunto de factores que deben estar presentes para que la vida pueda existir, desarrollarse y mantenerse. Sin estas condiciones, los organismos no podrían sobrevivir ni prosperar.

Entre estas condiciones esenciales se encuentran la disponibilidad de agua, una fuente de energía (como la luz solar), un rango adecuado de temperatura, una atmósfera con compuestos químicos adecuados, y protección frente a radiaciones nocivas, como la proporcionada por un campo magnético en el caso de la Tierra. Estas condiciones son indispensables y, si alguna de ellas falta, la vida en su forma actual no podría sostenerse.

Dentro de las explicaciones fue necesario reconocer los tipos de radiación que emite el Sol, siendo estas la radiación ultravioleta, radiación visible, infrarroja, rayos X y rayos gamma,

tipos de radiación que sin la existencia del campo magnético y la interacción con la atmósfera pondrían en riesgo la existencia y permanencia de la vida en la Tierra.

En la *Figura 10* se evidencia que, para configurar estas comprensiones, los tripulantes incluyeron en sus discursos la idea del espectro electromagnético, pues a partir de las intervenciones de los tripulantes fue necesario realizar una caracterización de la radiación que pondría en riesgo la vida en la Tierra.

Es así como a partir de las conversaciones se desarrolló un ejercicio de construcción de explicaciones conjuntas, ejercicio que permitió a los estudiantes hacer uso de algunas ideas previas llegando a la siguiente conclusión, que fue expuesta por el relator de la tripulación:

E2: "Si no hay un campo magnético, los diferentes tipos de luz le dan directamente a la Tierra y puede llegar a evaporar el agua y sin agua no hay vida, tampoco se hubiera podido formar la atmósfera y sin atmósfera y sin campo magnético ni nosotros ni otros seres vivos habitaran la Tierra".

Esta afirmación es un ejemplo de cómo los estudiantes tuvieron la oportunidad de complejizar sus explicaciones, tal como se muestra en la *Figura 10*, yendo más allá de lo evidente y problematizando lo que hasta ahora se conocía sobre las condiciones necesarias para la vida en la Tierra. La complejización de explicaciones exige “un cambio en las formas de mirar, de pensar y de hacer del sujeto que conoce” Valencia, et al., (2003), pues así se señala en el siguiente registro:

E11: “Yo sabía que las condiciones para la vida en la Tierra era pues la comida el agua, el aire, pero es bien complicado todo lo que ha pasado para que haya vida y existan las algas de la que la profe ha hablado y pues también nosotros”

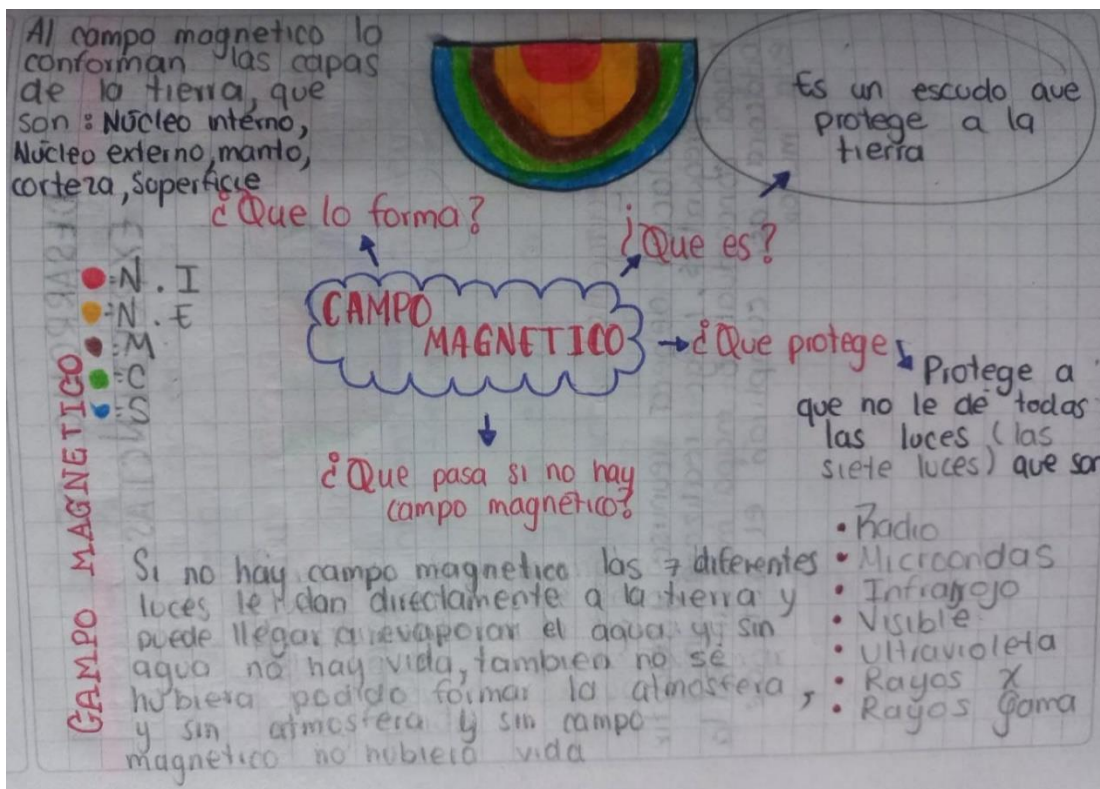
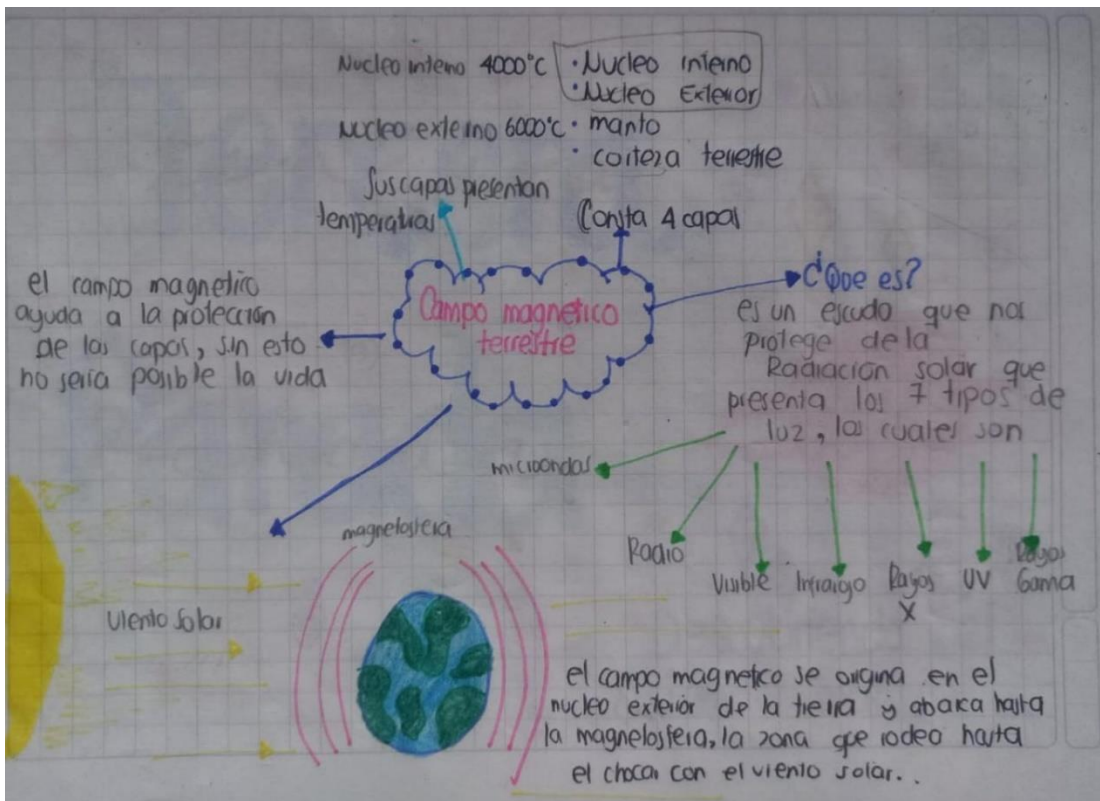


Figura 10. Evidencia de la misión documental.

En este orden de ideas, se retoma la categoría de problemas de conocimiento, específicamente en lo que corresponde con la complejización de relaciones, pues se evidencia “un cambio en las formas de mirar, de pensar y de hacer del sujeto que conoce” Valencia, et al., (2003), reconociendo que, si bien es necesario configurar y fortalecer las comprensiones con respecto al campo magnético terrestre, los tripulantes están en el proceso de construcción de un fenómeno en la medida en que da cuenta de las condiciones que permiten su existencia y la construcción de nuevas comprensiones de la realidad a partir de los elementos abordados.

A partir de la contextualización y de la primera parada realizada en la Tierra, se hace notoria la consolidación de una aproximación a la idea de condiciones necesarias para la vida, así como la configuración de preguntas que enriquecen el proceso, lo cual permite reconocer a los actores del proceso como sujetos epistémicos, que a partir de la experiencia vivida se inicia un proceso enmarcado en la complejización de relaciones, que parte desde la vivencia y la carga conceptual de cada uno de los actores del proceso.

Para esta oportunidad la tripulación tenía el reto de **Viajar en el tiempo**, con la intención de reconocer escalas de tiempo y volver al momento de formación del planeta Tierra y la evolución de diversidad de formas de vida, a partir del reconocimiento de las condiciones físicas y químicas, específicamente hablando de la zona de habitabilidad estelar. Para llegar a cumplir estos propósitos, la tripulación en conjunto construyó un Calendario Cósmico, además de reconocer la escala del tiempo geológico, siendo una etapa de preparación para la construcción del Sistema Solar a escala.

Para viajar en el tiempo, se construyó un calendario cósmico basado en el propuesto por Carl Sagan (1980), como una representación visual que condensa la historia del universo en un solo año calendario, con el fin de ayudar a comprender la vasta escala temporal. En un primer momento la tripulación observó un apartado de la serie Cosmos, en la que se explica la intención de este calendario, posteriormente inició el proceso de alistamiento de los materiales para su construcción, como se evidencia en la *Figura 11*.



Figura 11. Evidencia de la construcción del calendario cósmico

Al transitar por la historia del Universo y hacer una parada en el Sistema Solar se reconoció que la Tierra ha experimentado transformaciones drásticas desde su formación hace unos 4.500 millones de años. Al principio, era una masa incandescente de rocas fundidas, bombardeada por meteoritos y sometida a intensa actividad volcánica. Con el tiempo, su superficie se enfrió, permitiendo la formación de océanos y continentes.

A lo largo de millones de años, los continentes se han desplazado, formando nuevas cadenas montañosas y modificando el paisaje debido a la tectónica de placas. Además, la vida ha tenido un impacto significativo, desde la aparición de organismos unicelulares hasta el desarrollo de ecosistemas complejos que alteraron la composición de la atmósfera, contribuyendo a la aparición de oxígeno, elemento que permitió introducir el caso de estudio del trabajo de grado para realizar una aproximación al reconocimiento de *Chlorella sp.*

En la medida en que se fue construyendo el calendario cósmico los tripulantes pusieron de manifiesto sus apreciaciones:

E14: *"Pues en las clases de ciencias uno no pregunta cómo eran antes las cosas, porque yo siempre ví que las cosas estaban formadas y sí sabía que por ejemplo nosotros no vivimos al tiempo con los dinosaurios y esas cosas, también que los animales antepasados eran como grandes, pero ver cómo se formó todo y ver que por ejemplo como decía la miss que todo se une y forma como sistemas es importante uno aprende que si las cosas del espacio no se comportan así pues acá no existiría nada"*

Posterior a esta intervención se abre un espacio de conversación con los estudiantes, destacando las siguientes afirmaciones:

E7: *"Yo hice clic con eso de que todas mis partes pueden venir por allá de las estrellas, eso es como raro pero lindo porque todo ha cambiado mucho y la historia es muy larga, son muchos años, que si uno ve un número grande con varios ceros no entiendo, pero al verlo pequeñito en ese almanaque que armamos todos es un poquito más fácil, porque uno se da cuenta que la Tierra no está sola y que somos habitantes de un universo y que lo que hay y como se porta la Tierra es porque afuera lejos está pasando algo"*

E1: *"Pues siempre que uno habla de los seres vivos están vivos y ya, pero pues a mí me pasa que ahora tengo como varias preguntas, quiero saber qué es lo que pasa en el Sistema Solar para que haya agua líquida, es que siempre uno tiene el agua y ni idea de cómo es eso de que sólo está en la Tierra hay, pero sí sé que se necesitan otras cosas como el centro de la Tierra y esa capa de gases"*

En esta conversación de nuevo se puede identificar la noción de las condiciones necesarias para la vida, en este caso puntual de acuerdo con lo mencionado por el E1 se introduce la idea de lo que a partir de los autores se conoce como geología planetaria, en este caso de acuerdo a lo postulado por Leal, et al., (2015), la geología de la Tierra es fundamental para la existencia de vida, ya que los procesos geológicos han moldeado y continúan moldeando las condiciones que la hacen posible.

La tectónica de placas, por ejemplo, regula el clima a largo plazo al reciclar dióxido de carbono y mantener una temperatura adecuada para la vida. Además, la formación de montañas, la erosión y la sedimentación crean suelos fértiles que sustentan ecosistemas complejos. Los minerales y elementos esenciales para la vida, como el agua, el carbono y el oxígeno, se encuentran y se movilizan gracias a la actividad geológica. Sin estos procesos, la Tierra sería un planeta inerte y hostil, incapaz de sostener la biodiversidad que vemos hoy.

Para ampliar esta perspectiva, se desarrolla una segunda experiencia, con el propósito de reconocer la zona habitable, para ello se acudió a la artificialización⁵⁶ para construir un Sistema Solar con una escala de distancia de 1 kilómetro, este ejercicio tuvo una etapa previa en la que los tripulantes elaboraron los planetas, además de calcular la distancia de cada uno con respecto al Sol en unidades astronómicas (UA) haciendo uso de la *Tabla 2*. Posteriormente se ubicaron los planetas de tal forma que la Tierra quedara ubicada en un río que está cerca de la zona de despegue (el colegio), como se evidencia en la *Figura 12*.



Figura 12. Construcción del Sistema Solar a escala

⁵⁶ De acuerdo con lo postulado en la categoría de Problemas de Conocimiento como parte de la profundización pedagógica.

Como evidencia de esta intervención, se construyó junto con los tripulantes un video⁵⁷ realizado con un dron para generar una aproximación de la distancia de cada uno de los planetas con respecto a la estrella anfitriona, el Sol. En la medida en que se fue realizando el montaje, en cada una de las paradas para ubicar los planetas, se conversó con los estudiantes sobre las características de cada uno de los planetas. Para finalizar la experiencia, se tomó una muestra de agua del río para observarla posteriormente al microscopio e iniciar el reconocimiento de un Universo en una gota de agua.

Además del video, la misión documental estuvo enfocada en la construcción de un relato del viaje, orientado por dos preguntas orientadoras: ¿Cuáles son las implicaciones de estar a diferentes distancias del Sol en términos de la vida y la habitabilidad de los planetas del Sistema Solar? ¿Qué condiciones físicas y químicas se pudieron identificar en este recorrido?

A continuación, se muestran algunas de las declaraciones de los estudiantes, teniendo presente el propósito de la ruta enfocado en reconocer las condiciones físicas y químicas que posibilitaron el surgimiento y permanencia de *Chlorella sp.*

E9: "Estuvimos muy contentos con el resultado del gran trabajo y con las explicaciones de nuestra profe, ella nos había explicado todo eso de la distancia desde la Tierra y el Sol y que pasaba en este punto y así esto haya sido un modelo hizo que quedara más que entendido porque si sudamos en la caminata que todo está muy lejos, en la realidad es algo de unas grandes medidas y con mi tripulación con lo que nos correspondía comprendimos que la zona de habitabilidad decimos que es un área dónde las condiciones son adecuadas para la existencia del agua líquida que es vida, en este lugar y no en otro se forma la atmósfera, se controla el calor y el frío y la luminosidad"

Esta afirmación está en concordancia con la categoría de los problemas de conocimiento, haciendo énfasis en la importancia de la artificialización como una manera de construir el fenómeno, elemento que cobra sentido alrededor de la construcción de un esquema

⁵⁷ El video puede ser visto en: https://www.youtube.com/watch?v=_LPywa2Vsu8

explicativo que permita contrastar los referentes teóricos esenciales para llegar a la profundización en torno a las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida, siendo la construcción del Sistema Solar aportó elementos de orden técnico y disciplinar que se van integrando al discurso de los estudiantes.

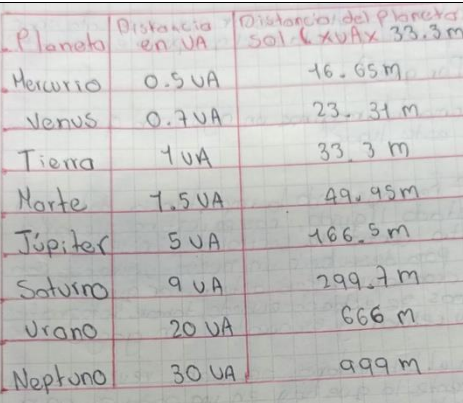


Esta estrategia de artificialización del mundo natural para Valencia, et al., (2003) establece que: “El sujeto se ve en la necesidad de proponer modelos, diseñar experimentos, simular situaciones, acuñar conceptos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones y definir criterios metodológicos que enriquecen las explicaciones al fenómeno conocido” (p. 4).

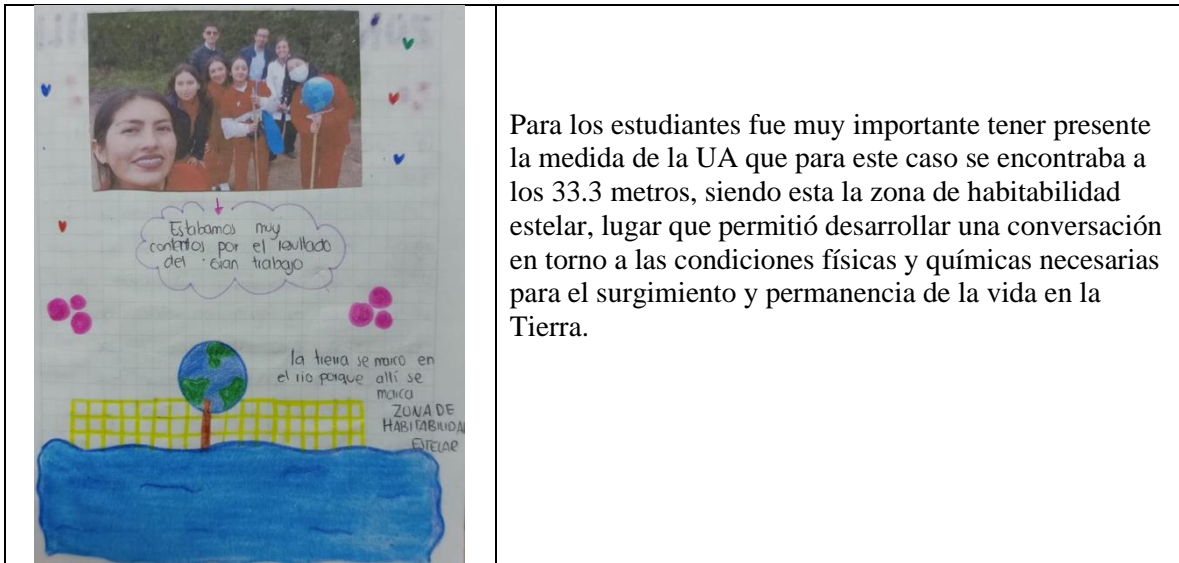
E1: "El concepto de zona de habitabilidad no lo copiamos en el cuaderno, pero con los profes logramos entender que sí como dicen ellos todo se relaciona con todo, porque la zona de habitabilidad es demasiado importante y poder observar e imaginar la evolución y la adaptación de la vida en el tiempo. Ahorita hay mucho que estudiar a fondo para ver y dar a conocer los posibles lugares de vida en el espacio, hasta el momento el único lugar de existencia de vida es la Tierra, hay otros planetas con algunas condiciones, pero aún no es totalmente confirmado"

E3: "si nos preguntan por las condiciones, la zona de habitabilidad estelar es la única zona la cual cumple con los requisitos para la estabilidad de seres vivos, esto debido a las condiciones que tiene esta zona, lo cual permite la permanencia en la Tierra, es una mezcla de elementos como el agua líquida, atmósfera no tan densa porque le pasa lo de Venus, el campo magnético, la vida misma y las algas que modificaron la atmósfera"

Además de los testimonios descritos anteriormente, en la *Tabla 5* se evidencia no solamente la construcción de los relatos, sino la motivación con la cual desarrollaron la bitácora de la misión espacial. Las bitácoras son herramientas fundamentales en un proceso de investigación de aula, ya que permiten a los estudiantes y docentes documentar de manera sistemática el desarrollo de las actividades, reflexiones y hallazgos a lo largo del proyecto. A través de ellas, es posible registrar tanto los avances como los retos enfrentados, lo que facilita el seguimiento continuo y la evaluación del proceso. Además, promueven la reflexión crítica, ya que invitan a los investigadores a analizar lo que funciona y lo que debe ajustarse, potenciando así el aprendizaje y la mejora continua del trabajo.

Tabla 5. Evidencia del registro de la información en las bitácoras de viaje. (Elaboración propia)

Imagen	Descripción																											
 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Planeta</th> <th>Distancia en UA</th> <th>Distancia del Planeta al Sol (x UA) 33.3 m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mercurio</td> <td>0.5 UA</td> <td>16.65 m</td> </tr> <tr> <td>Venus</td> <td>0.7 UA</td> <td>23.31 m</td> </tr> <tr> <td>Tierra</td> <td>1 UA</td> <td>33.3 m</td> </tr> <tr> <td>Marte</td> <td>1.5 UA</td> <td>49.95 m</td> </tr> <tr> <td>Júpiter</td> <td>5 UA</td> <td>166.5 m</td> </tr> <tr> <td>Saturno</td> <td>9 UA</td> <td>299.7 m</td> </tr> <tr> <td>Urano</td> <td>20 UA</td> <td>666 m</td> </tr> <tr> <td>Neptuno</td> <td>30 UA</td> <td>999 m</td> </tr> </tbody> </table>	Planeta	Distancia en UA	Distancia del Planeta al Sol (x UA) 33.3 m	Mercurio	0.5 UA	16.65 m	Venus	0.7 UA	23.31 m	Tierra	1 UA	33.3 m	Marte	1.5 UA	49.95 m	Júpiter	5 UA	166.5 m	Saturno	9 UA	299.7 m	Urano	20 UA	666 m	Neptuno	30 UA	999 m	<p>Los estudiantes realizaron los cálculos pertinentes para tener una referencia de dónde se deberían ubicar cada uno de los planetas, teniendo presente la explicación previa de la escala de distancia que iba a ser usada para dar cuenta de la distancia del Sol a cada uno de los planetas en el Sistema Solar y luego en el modelo que iba a ser construido.</p>
Planeta	Distancia en UA	Distancia del Planeta al Sol (x UA) 33.3 m																										
Mercurio	0.5 UA	16.65 m																										
Venus	0.7 UA	23.31 m																										
Tierra	1 UA	33.3 m																										
Marte	1.5 UA	49.95 m																										
Júpiter	5 UA	166.5 m																										
Saturno	9 UA	299.7 m																										
Urano	20 UA	666 m																										
Neptuno	30 UA	999 m																										
 <p>Los estudiantes registraron la información en la bitácora de viaje, decidieron acudir al registro fotográfico para complementar las explicaciones rescatando el momento a momento de esta parte de la misión espacial, generando un símil con una historieta, lo que permitió reconocer además de las comprensiones sobre el tema, las emociones vividas en el proceso. Estos registros se complementaron con las declaraciones registradas en las bitácoras y también en audio.</p> <p>Aca estábamos en el proceso de colocar la planetas</p> <p>Aca estábamos hablando e explicándole a nuestro amigo cual era el objetivo</p>	<p>Los estudiantes registraron la información en la bitácora de viaje, decidieron acudir al registro fotográfico para complementar las explicaciones rescatando el momento a momento de esta parte de la misión espacial, generando un símil con una historieta, lo que permitió reconocer además de las comprensiones sobre el tema, las emociones vividas en el proceso. Estos registros se complementaron con las declaraciones registradas en las bitácoras y también en audio.</p>																											
 <p>Los estudiantes registraron la información en la bitácora de viaje, decidieron acudir al registro fotográfico para complementar las explicaciones rescatando el momento a momento de esta parte de la misión espacial, generando un símil con una historieta, lo que permitió reconocer además de las comprensiones sobre el tema, las emociones vividas en el proceso. Estos registros se complementaron con las declaraciones registradas en las bitácoras y también en audio.</p> <p>estábamos hablando cual era la misión de cada uno</p> <p>estábamos recibiendo explicación de nuestro profe</p>	<p>En el desarrollo de la experiencia se observó una apropiación en el discurso de los estudiantes, pues ellos explicaron al encargado de realizar la toma con el dron de qué se trataba el ejercicio y, además haciendo uso de los cálculos, fueron explicando y marcando el lugar en el que se ubicó cada planeta para realizar el video.</p>																											



Para los estudiantes fue muy importante tener presente la medida de la UA que para este caso se encontraba a los 33.3 metros, siendo esta la zona de habitabilidad estelar, lugar que permitió desarrollar una conversación en torno a las condiciones físicas y químicas necesarias para el surgimiento y permanencia de la vida en la Tierra.

Como se puede evidenciar en las declaraciones de los estudiantes⁵⁸ hay una idea que se ha involucrado en el discurso con respecto a las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida, esta idea de condiciones se puede ver reflejadas en el pensamiento de Kasting (2010) al proponer un enfoque multidimensional al hablar de condiciones, pues establece que la mera ubicación de un planeta dentro de la zona de habitabilidad no garantiza que pueda albergar vida, pues es indispensable contemplar factores como la composición atmosférica, el tipo de estrella que es fundamental para definir la zona habitable. Las estrellas más pequeñas y frías tienen zonas habitables más cercanas, lo que aumenta la probabilidad de que la actividad de la estrella, como las llamaradas solares, afecte negativamente la atmósfera del planeta.

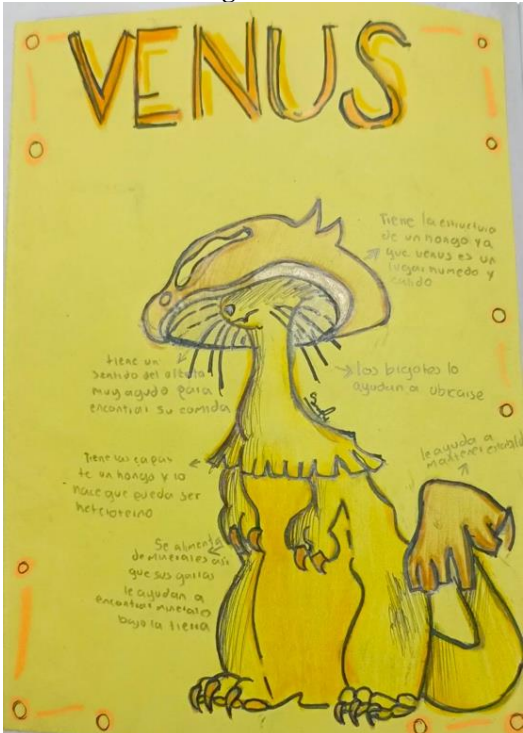
Estas ideas se complementan con el pensamiento de Sagan (1980) quien afirmó que la vida, bajo las condiciones adecuadas, podría ser un fenómeno común en el universo. Según su famosa frase, "si no estamos solos en el universo, el cosmos es un desperdicio de espacio". Para Sagan, el universo estaba lleno de estrellas y planetas, lo que hacía probable que la vida hubiera surgido en múltiples lugares.

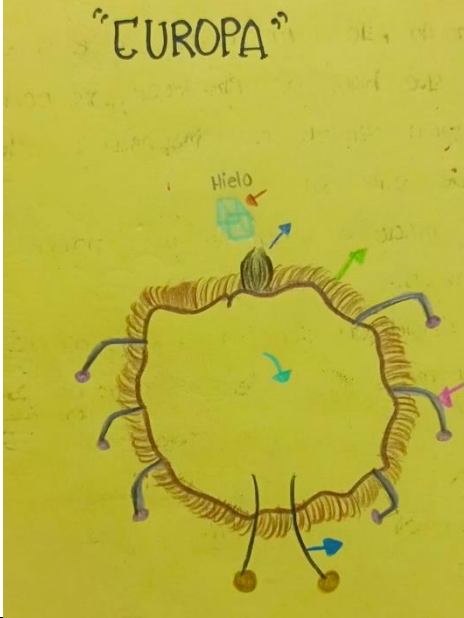

⁵⁸ Al igual que se hizo evidente en las dos paradas anteriores.

Así las cosas, vale la pena tener presente que la enseñanza de las ciencias debería posibilitar la construcción de comprensiones sobre el lugar que se ocupa en el universo, para así desarrollar una visión amplia del mundo que les rodea, pues no sólo se está posibilitando aprender sobre ciencia y tecnología, sino que también se ven inspirados a pensar críticamente sobre el papel de la humanidad en el cosmos.

Estas lecciones fomentan la curiosidad, estimulan el pensamiento crítico y posibilitan a los estudiantes a ver más allá de las fronteras terrestres, reconociéndose como parte de un universo vasto e interconectado. Al integrar estos conceptos en la educación, se cultiva una generación capaz de reflexionar sobre las grandes preguntas de la existencia y de participar activamente en el avance de la ciencia.

Tabla 6. Construcción de representaciones de organismos extraterrestres. (Elaboración propia)

Evidencia	Testimonio
<p style="text-align: center;">Organismo 1</p>  <p>Tiene la estructura de un hongo ya que Venus es un lugar húmedo y cálido</p> <p>Tiene un sentido del olfato muy agudo para encontrar su comida</p> <p>los bigotes lo ayudan a ubicarse</p> <p>Tiene las capas de un hongo y eso hace que pueda ser helioteino</p> <p>Se alimenta de minerales que se encuentran en la superficie de Venus</p> <p>le ayuda a mantenerse caliente</p>	<p>El organismo 1, por ejemplo, "en la parte superior tiene una estructura similar a un hongo, teniendo en cuenta que Venus es un lugar cálido, pero al tener una atmósfera densa no son tan necesarios los ojos, por eso le dibujamos bigotes como una forma de ubicación, también tiene garras que le ayuda a sacar minerales de la Tierra porque así es que se alimenta"</p>

<p style="text-align: center;">Organismo 2</p> 	<p>En el caso del organismo 2 "<i>como vive en el frío está cubierto por pelo que también le ayuda a moverse de un lado a otro sobre el hielo, pues desarrolló, pero para adaptarse y sobrevivir</i>"</p>
<p style="text-align: center;">Organismo 3</p> 	<p>En el organismo 3 "<i>debe tener chupas que le ayuda a aferrarse mejor a la superficie por la gravedad de Europa que es más baja que la Tierra, por eso también la cola es pesada para que pueda mantener la estabilidad y hacer todas sus cosas biológicas</i>"</p>

Siguiendo con la idea de complejizar las relaciones y en concordancia con el pensamiento de Albert Einstein (1929) al mencionar que "La imaginación es más importante que el conocimiento, el conocimiento es limitado mientras que la imaginación no" los tripulantes se permitieron imaginar formas de vida que pudieran habitar otros mundos, como se evidencia en la *Tabla 6*, en las explicaciones se refuerza la idea de condiciones que se construyó en conjunto.

Estas perspectivas, además configuran una idea inicial sobre la adaptación, siguiendo la idea de Gould (1989) quien afirmó que las estructuras biológicas no son solo productos de un diseño óptimo, sino que se desarrollan como respuestas a las condiciones físicas y químicas específicas del ambiente. Esto significa que las características de un organismo pueden ser el resultado de adaptaciones a factores como la temperatura, la disponibilidad de recursos, la presión ambiental y la composición química del entorno.

Para continuar con esta exploración se realiza una **tercera parada** con el propósito de establecer relaciones entre *Chlorella sp* con las condiciones físicas y químicas del planeta que permitieron su surgimiento y permanencia en el planeta Tierra. Para dar cuenta de este propósito, se desarrolló una primera práctica de observación por microscopio, identificando un universo en una gota de agua, posteriormente se observó una cepa pura del caso de estudio y para finalizar se realizó un montaje de variación de condiciones de la microalga.

Esta parada inició con la primera observación microscópica de una gota de agua, como se evidencia en la *Figura 13*, muestra que fue recolectada en el río que marcó la zona de habitabilidad estelar, teniendo presente que, en una simple gota de agua, el microscopio pudo revelar un mundo lleno de vida microscópica. Se pudieron observar algunos organismos unicelulares como protozoos, que se desplazan mediante flagelos o cilios, y bacterias, con sus diversas formas y tamaños.

También fue posible encontrar algunas algas microscópicas, sin lugar a duda, este microcosmos acuático refleja la enorme biodiversidad oculta en lo que parece ser solo una gota de agua. Observar este fascinante microcosmos en una gota de agua generó en los tripulantes una profunda curiosidad y asombro por la vida que normalmente no se ve a simple vista. Esta experiencia despertó su interés por conocer este nuevo mundo, ayudándoles a entender que existen ecosistemas completos incluso en los espacios más pequeños, además, fomenta el pensamiento crítico y la reflexión sobre la diversidad de organismos y cómo interactúan en su entorno.



Figura 13. Primera observación por microscopio para el reconocimiento del microcosmos.

Lo mencionado anteriormente se ve reflejado en los testimonios de los tripulantes, quienes en esta parada tenían que ir dibujando lo observado y de manera oral comentar lo observado⁵⁹.

E7: *"En verdad no pensé que en una gota de agua se encontrarán seres vivos, esto es maravilloso y me hace pensar en que en realidad no conocemos ni si quiera la vida en la Tierra mucho menos vamos a encontrar en el espacio, hasta que no se termine de conocer todo lo que acá existe"*

E17: *"Para mí cuando escuchaba hablar de animales siempre me imaginaba algo que uno ve a simple vista, pero ahí ví algo que se movía muy muy rápido, de acuerdo con lo que habíamos visto antes en la clase hacen parte de los animales del zooplancton y por esa forma de moverse estoy prácticamente seguro de que son rotíferos"*

E11: *"Esto es demasiado chévere porque son formas bastante extrañas, se parecen a algunos bichos de la imaginación de una serie que se llama mundos alienígenas que vimos en clase que nos dio pistas de las condiciones y de cómo los animales se parecen a las condiciones a*

⁵⁹ Este ejercicio se basó en una clase previa a la intervención en el aula, en la que se presentaron algunos microorganismos que pueden ser encontrados en una gota de agua.

las que se exponen. Por el mico ví unas cosas como con unas figuras parecidas a las geométricas que usando Google Lens parecía como una diatomea"

E1: "Pues es que yo nunca había visto eso y es muy difícil por ejemplo hacer como la profe que sabe que es una bacteria, o ve animales en esas formas todas raras, pero sin saber bien qué es, yo sí diría que si hay todo eso que está vivo en una gota de agua, en un lugar por fuera de la Tierra que pueda tener unas condiciones mínimas eso fijo hay seres vivos"

En este momento de la ruta cobra sentido uno de los ejes de profundización pedagógica que es la observación, elemento que se ve reflejado en los testimonios de los estudiantes y que se puede ver representado en el pensamiento de Hanson (1977) al plantear la siguiente pregunta: “¿Veo realmente algo diferente cada vez o solamente interpreto de una forma diferente lo que veo? Interpretar es pensar, hacer algo; la visión es un estado de la experiencia” (p. 9).

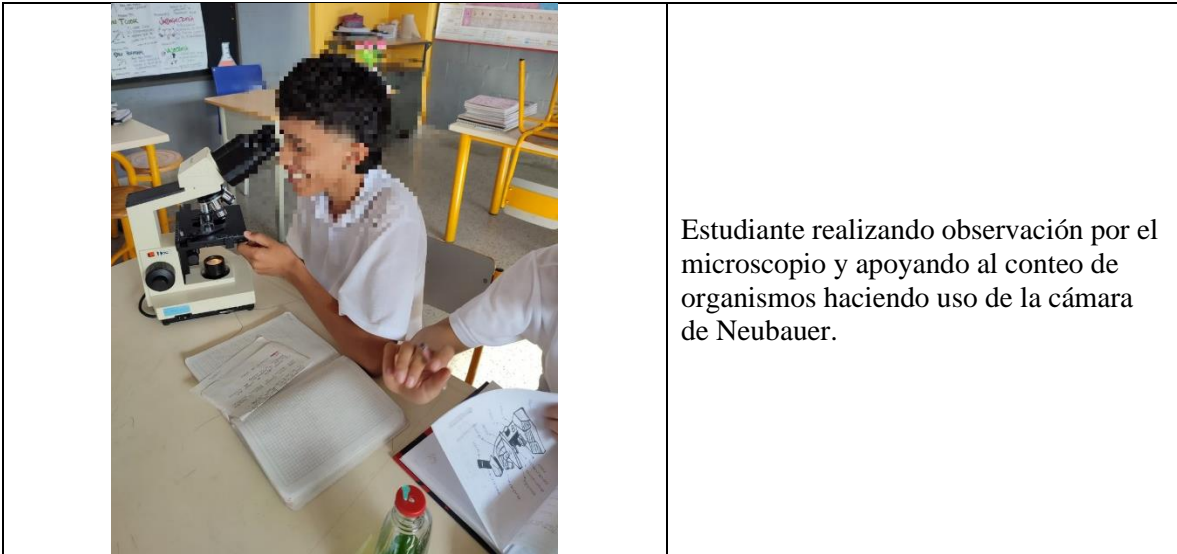
Desde esta manera, se puede establecer que la observación de este microcosmos posibilitó analizar que la percepción no es un acto pasivo, sino un proceso activo donde la interpretación juega un rol crucial. Cada vez que observamos algo, no solo captamos lo que está ante nuestros ojos, sino que nuestra mente influye en cómo lo interpretamos según nuestras experiencias, conocimientos y contexto. Al decir "interpretar es pensar, hacer algo", Hanson resalta que la interpretación es un acto consciente que implica un procesamiento mental, mientras que la "visión es un estado de la experiencia", indicando que ver es solo un primer paso, un acto sensorial que no implica automáticamente comprensión.

Este acto de solo ver de manera evidente se ha transformado, pues a partir de la misión espacial, los tripulantes a partir de los conocimientos construidos y de complejizar los fenómenos hacen de la observación una actividad cargada de teorías y que permitió el surgimiento de nuevas inquietudes sobre el objeto y el caso de estudio.

Para continuar con el propósito de esta tercera parada, los estudiantes realizaron una segunda observación al microscopio, esta vez examinando una cepa de *Chlorella sp* y la cepa que se encontraba de forma "hermética" en la jeringa. Esto permitió analizar su comportamiento en un medio aislado, como se evidencia en la *Tabla 7*.

Tabla 7. Reconocimiento de *Chlorella sp* con los tripulantes. Fotografías de una alícuota al microscopio, los medios de cultivo en líquido, las jeringas con microalgas en inhibición de oxígeno y, un estudiante realizando observación al microscopio. (Elaboración propia)

Imagen	Descripción
	<p>La muestra de <i>Chlorella sp</i> fue preparada y montada en la cámara de Neubauer para realizar el conteo de individuos y determinar el crecimiento de la población. Este análisis se llevó a cabo bajo diferentes condiciones de vida para dicho organismo, de acuerdo con el diseño experimental propuesto en el Anexo 1 de este trabajo.</p>
	<p>Cultivo de <i>Chlorella sp</i> en medio líquido, modificando las condiciones que se establecieron en el protocolo del Anexo 1.</p>
	<p>Inhibición de oxígeno por medio de jeringas para establecer crecimiento poblacional. De estas muestras se tomaron alícuotas que fueron observadas al microscopio haciendo uso de la cámara de Neubauer.</p>



De esta observación se desprenden varios elementos que fomentaron la discusión y la construcción de ideas entre los estudiantes. Siguiendo lo propuesto por Larrosa (2007), la experiencia sigue siendo un aspecto clave en este proceso. Al permitir que los estudiantes se acerquen a la vida microscópica y formulen cuestionamientos sobre sus interacciones con el ambiente, se enriquece su comprensión del entorno natural y se despierta su curiosidad científica. Este enfoque metodológico les permite conectarse de manera profunda con los fenómenos observados, generando discusiones en tiempo real, entre las que se destacan los siguientes registros:

E1: *"Yo me imaginé que, al ser organismos tan importantes, serían más grandes, pero pues eso todo pequeño"*

E2: *"¿Esas algas llevan ahí⁶⁰ un mes y siguen vivas? ¿Cómo saber si están vivas?"*

E11: *"Por el color, no ve que siguen verdes. Estuvieran muertas no tendrían esa coloración"*

E4: *"¿Estos son las algas que llevan tantos años? ¿será que si sobreviven al espacio?"*

E4: *"¿Cuánto tiempo pueden vivir?"*

E7: *Esto en verdad es maravilloso. Ver lo pequeño que puede ser algo tan importante.*

⁶⁰ Referencia del estudiante al observar al cultivo de *Chlorella sp* con inhibición de aire.

Estos registros son fundamentales, ya que los estudiantes no solo se cuestionan acerca de la vida del organismo, sino que sus preguntas trascienden hacia ejercicios metacognitivos. Esto les permite no solo buscar explicaciones, sino también compartir sus ideas y conocimientos entre ellos. Además, se observa que hacen alusiones a las condiciones de vida del organismo, planteando preguntas⁶¹ sobre la posibilidad de su existencia en el espacio, su tiempo de vida y su simplicidad en términos de morfología.

Este proceso fomenta un pensamiento crítico, invitando a los estudiantes a reflexionar sobre la adaptación de los organismos a diferentes entornos y su capacidad para sobrevivir en otras condiciones de vida. Así, el enfoque pedagógico que brinda el problema de conocimiento permite que el conocimiento circule entre los actores involucrados, motivando la generación de nuevas preguntas problema, hipótesis, producción de ideas y pensamientos en torno a las situaciones desencadenantes.

Además, esta metodología estimula una reflexión crítica sobre los fenómenos biológicos, haciendo que los estudiantes no solo observen, sino que también construyan explicaciones y teoricen a partir de la evidencia observada, fortaleciendo así sus habilidades científicas y su capacidad para formular nuevas preguntas.

Para la última parada de este viaje es importante mencionar que el estudio de la adaptación biológica en clase de ciencias con los estudiantes de grado noveno del Colegio Campestre los Encenillos nos llevó a construir explicaciones complejas, abordando el estudio de las condiciones físicas y químicas necesarias para el surgimiento y permanencia de *Chlorella sp.*

⁶¹ A continuación, algunas preguntas realizadas por los estudiantes:

¿Qué condiciones necesita la vida para existir en otros lugares del universo? ¿Tendría que ser necesariamente basada en Carbono?

¿Qué métodos utilizan los científicos para buscar vida fuera de la Tierra? ¿Es lo mismo que buscar nuevas especies en la Tierra?

¿Qué posibilidades hay de que los humanos encuentren vida extraterrestre durante nuestra generación?

¿Qué impacto tendría el descubrimiento de vida extraterrestre en nuestra visión de la humanidad y la ciencia?

Desde la temperatura, el pH, la disponibilidad de nutrientes hasta la comprensión de la zona de habitabilidad estelar, cada factor influye en la vida.

La perspectiva de Stephen Jay Gould (1989), que distingue la adaptación de la acomodación, enriquece estas comprensiones. Mientras la adaptación surge por selección natural, la acomodación se refiere a los cambios inmediatos y flexibles que un organismo realiza para ajustarse a su entorno, sin alterar su genética. Este enfoque resalta cómo los organismos no solo evolucionan, sino que también despliegan una plasticidad biológica⁶² crucial para enfrentar desafíos ambientales. Esta perspectiva nos permitió analizar y reflexionar con los estudiantes sobre la forma en que los seres vivos interactúan con su medio de manera dinámica y flexible, expandiendo nuestra visión sobre las posibilidades de vida en condiciones distintas a las de la Tierra.

A modo de cierre y como complemento a la perspectiva de Gould, se compartió con los tripulantes un estudio realizado por la ESA (European Space Agency) en el año 2017 titulado “Cultivando oxígeno en la Estación Espacial Internacional (ISS)”, en este estudio la agencia espacial europea reconoce que los recursos en la Estación Espacial son limitados y que a pesar de que naves de carga como la Crew Dragon la abastecen de oxígeno, genera altos costos que podrían ser destinados en fortalecer investigaciones en la ISS.

Por esta razón la ESA realizó un montaje experimental en órbita para analizar cómo la fotosíntesis (proceso en el que los organismos convierten luz en energía liberando oxígeno como subproducto) puede tener lugar en el espacio. Este experimento se realizó con dos microalgas que son *Chlorella* y *Arthrospira*, después de un mes de la realización del experimento la ESA (2020) concluyó que las microalgas juegan un papel fundamental en la producción de oxígeno en la Estación Espacial Internacional debido a su capacidad fotosintética. Estas algas convierten el dióxido de carbono exhalado por los astronautas en

⁶² Concepto que es descrito en la profundización disciplinar.

oxígeno, un proceso vital en entornos cerrados como la ISS, donde los recursos son limitados y no se puede depender únicamente de sistemas mecánicos.

Además, las microalgas son eficientes en el uso de espacio y recursos, lo que las hace ideales para misiones prolongadas en el espacio. Su utilización no solo reduce la necesidad de transportar grandes cantidades de oxígeno, sino que también contribuye al reciclaje de dióxido de carbono, promoviendo una mayor sostenibilidad en el espacio.

Con base en los elementos trabajados anteriormente, la misión documental de esta parada final consistió en una conversación entre los tripulantes para preparar la presentación del proyecto a los demás cursos de la Institución, evento que se proyectó para el mes de septiembre pero que por motivos internos de la Institución fue reprogramada para el 25 de octubre, razón por la cual no se presenta en la recuperación de la experiencia, sin embargo, se registran los testimonios de la conversación de preparación, que dan cuenta de las construcciones y reflexiones que se realizaron en conjunto tras vivir la experiencia de la **Misión espacial, buscando vida en el Universo**. A continuación, algunos de los testimonios de los tripulantes:

E17: “Creo que cuando mostremos este proyecto a los compañeros debemos decirles todos los pasos que realizamos porque es importante que ellos aprendan lo que nosotros aprendimos porque pues ellos no van a tener esos conocimientos, yo aprendí que acá hay vida porque son muchas coincidencias cósmicas, porque la Tierra está en el lugar que tiene que estar y por eso tiene atmósfera, también tiene su campo magnético, tiene agua líquida que tampoco sabía que es rara en el cosmos, y además la Luna, porque si la Tierra estuviera más cerca el Sol se la quita y hasta la Luna tiene todo que ver con la vida, en verdad aprender esto hizo que venir al colegio valiera la pena en noveno”

E 6: “Cuando hicimos el ejercicio de dibujar un ser vivo que pudiera vivir en otro lugar fuera de la Tierra yo puse a volar mi imaginación y resultó algo chévere, pero lo que no sabía es que en la casa de los astronautas allá en el espacio ya hay seres vivos de la Tierra que allá son como marcianos y que son los mismos que la profe nos mostró con el microscopio, de verdad que es increíble porque yo que vivo en Guasca es lejos y cansón ir a Bogotá, pero ahora ya le dan a uno ganas de salir y explorar otros mundos, pareciera que la ciencia ficción de las películas ahora es verdad, por eso me gustó este proyecto porque

hay cosas que no conocía y que seguramente no hubiéramos conocido. También esto nos unió como curso y fue chévere”

E1:” Yo creo que todos siempre pensamos que los humanos somos los superiores de todo, pero cuando vimos esas algas y vimos eso que hay en una gota de agua y después que están vivas en el espacio y todo lo que pueden hacer en sus procesos biológicos, pues no somos es nada, también han vivido más años que nosotros y cuando han caído meteoritos y eso no se han muerto, porque yo entendí que se acomodan fácil y eso que son esas cositas ahí todas pequeñitas. También quisiera que por lo menos mis compañeros supieran que la Tierra no está sola, sino que es una relación con todo lo de afuera, para mí la palabra clave es que es un sistema”

Desde esta perspectiva y a la luz de la pregunta problema orientadora del trabajo de grado, es importante tener presente que existe una necesidad de “diseñar propuestas de innovación e investigación, que pongan en juego alternativas didácticas y metodológicas, que permitan a los estudiantes vivenciar experiencias de construcción de conocimiento y a los maestros comprender los procesos pedagógicos implicados en dicha construcción” Valencia, et al., (2003) p. 1, teniendo como referente la categoría de problemas de conocimiento que orientó la intervención en el aula y las reflexiones posteriores.

Las clases de ciencias naturales, sin duda alguna deben ir más allá de la transmisión de conocimientos, sino que deben ser espacios que propicien la construcción propia de comprensiones a través del reconocimiento de las condiciones contextuales y también de los fenómenos naturales, en este sentido “el sujeto se provee de elementos para la construcción de objetos de conocimiento y define estrategias para establecer variables, construir relaciones y derivar principios en su tránsito hacia la comprensión sistemática de los fenómenos” Valencia, et al., (2003).

Para finalizar, vale la pena mencionar que durante la misión espacial se destacan elementos transversales como la idea de condiciones, así como el papel de la observación que a su vez permiten configurar reflexiones en torno a la categoría de problemas de conocimiento de acuerdo con la intención de profundizar en la adaptación biológica como un problema de conocimiento a partir del estudio de las condiciones de vida de *Chlorella sp.*

Para dar cuenta de lo anterior, la propuesta de aula se diseñó teniendo presente la importancia de las situaciones desencadenantes, pues desde los problemas de conocimiento se constituyen en espacios para la problematización de situaciones o eventos del mundo cotidiano que permiten a un grupo de individuos orientar y delimitar sus intereses en la perspectiva de construir conocimiento Valencia, et al., (2003), en este caso puntual permitiendo a los estudiantes viajar de lo macro a lo micro y establecer relaciones del planeta que habitan con el Universo y a partir de allí identificar las condiciones físicas y químicas necesarias para la vida.

Así pues, al estudiar la relación entre la Tierra y el Universo, se general comprensiones que permiten entender cómo existe la vida en este planeta. La posición de la Tierra en la zona habitable del Sistema Solar, la estabilidad proporcionada por la gravedad del Sol y la Luna, y la interacción constante con partículas cósmicas y radiación, son factores que influyen directamente en las condiciones que hacen posible la vida. Esto es una muestra que no estamos aislados; cada fenómeno cósmico, desde la energía solar hasta los campos magnéticos, juegan un papel fundamental en la estabilidad de los sistemas biológicos y geológicos.

Para finalizar, es importante tener presente el pensamiento de Kuhn (1962) al mencionar que la ciencia no progresa de manera lineal o acumulativa, sino que atraviesa períodos de estabilidad bajo un paradigma dominante, un conjunto de teorías, métodos y supuestos aceptados por la comunidad científica. Sin embargo, con el tiempo, surgen anomalías que el paradigma no puede explicar, lo que provoca una crisis en la disciplina.

Eventualmente, un nuevo paradigma emerge, ofreciendo soluciones a los problemas irresueltos y reemplazando al anterior en un proceso que Kuhn denomina "revolución científica". Este cambio no es solo una evolución de ideas, sino una transformación radical que reconfigura cómo los científicos entienden su campo de estudio, ya que los paradigmas son inconmensurables, lo que significa que no pueden compararse fácilmente entre sí usando

los mismos criterios. Para Kuhn, los cambios de paradigma no solo alteran las teorías científicas, sino también la percepción del mundo.

Por consiguiente, comprender este dinamismo de la ciencia permite a los maestros reflexionar y transformar sus prácticas, siendo importante la constante profundización pedagógica y disciplinar que enriquezcan su discurso y las formas de proceder, permitiéndose además compartir con los estudiantes la emoción por el conocimiento, pues al profundizar en estas conexiones, se puede ver cómo la existencia de la vida en la Tierra depende de una intrincada red de relaciones cósmicas, que sitúan a la Tierra como parte de algo mucho más grande, permitiendo estudiar las condiciones de vida del caso de estudio y tener una mirada compleja de la adaptación biológica como problema de conocimiento, sin perder de vista que la emoción por el conocimiento es una de las fuerzas más profundas y poderosas que impulsa a la humanidad. Es una sensación que despierta curiosidad, asombro y el deseo constante de explorar lo desconocido.

“Nuestro planeta es muy frágil, hay que tratarlo con cariño. La Tierra es un lugar más bello para nuestros ojos que cualquiera que conozcamos. Pero esa belleza ha sido esculpida por el cambio: el cambio suave, casi imperceptible, y el cambio repentino y violento. En el cosmos no hay lugar que esté a salvo del cambio”.

Carl Sagan (1980)

9. PRODUCCIÓN DISCURSIVA

Reflexionar sobre la experiencia vivida a lo largo del desarrollo de cada uno de los momentos del trabajo de grado permite establecer las condiciones necesarias para transformar la práctica pedagógica. Este proceso toma como referente los diálogos sostenidos en los espacios formativos de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales (MDCN), lo que facilita el cuestionamiento de antiguas formas de proceder y fomenta la creación de nuevas alternativas en el aula. Estas alternativas buscan generar experiencias que asombren tanto a estudiantes como a maestros, propiciando una construcción conjunta de comprensiones más profundas.

Este capítulo se desprende de los desarrollos alcanzados en la profundización teórica, tanto en el ámbito disciplinar como pedagógico, así como de la experiencia derivada de la intervención en el aula titulada "Misión espacial: buscando vida en el universo". Además, se nutre de la recuperación de la experiencia como ejercicio de reflexión del maestro en el aula, explorando sus implicaciones para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. Estos elementos no solo permiten evaluar los alcances pedagógicos y didácticos, sino que también promueven estrategias orientadas al desarrollo de habilidades y construcción de conocimiento científico en el aula, ampliando el panorama de comprensión e indagación de los estudiantes, en la formulación de explicaciones en su entorno inmediato.

En este contexto también, se destaca el papel del docente, quien asume su rol no solo como guía, sino también como orientador de las discusiones a partir de su experiencia y conocimientos, proporcionando escenarios y herramientas de aprendizaje, fundamentados en su reflexión y en las situaciones emergentes en el aula. En este sentido, se concibe el aula y la ciencia como actividades de la cultura, permeadas por una diversidad de elementos que influyen tanto en la escuela como en el proceso educativo.

En este capítulo se recogen, entonces, las consideraciones, reflexiones finales y recomendaciones para el trabajo. Por lo tanto, se hace referencia a los aspectos de profundización teórica, disciplinar y pedagógica, así como a los insumos que brinda el desarrollo de la propuesta de aula. Para abordar estos planteamientos, también es necesario resaltar la pregunta que se formuló al inicio de este trabajo: *¿Qué aspectos del estudio de las condiciones de vida de *Chlorella sp* permiten hacer de la adaptación biológica un problema de conocimiento?* Esta pregunta guía el proceder metodológico y proporciona un marco de referencia para analizar la adaptación de esta microalga en diversos ambientes. A lo largo del capítulo, se analizan las implicaciones de estas adaptaciones no solo desde una perspectiva científica, sino también en términos de su relevancia para la educación en contextos escolares.

¿Condiciones de vida? La pregunta ya sugiere una serie de pensamientos y situaciones desencadenantes. Es aquí donde comienza el "viaje cósmico" para los tripulantes de la misión espacial (los estudiantes del Colegio Los Encenillos). No basta con proporcionar un conocimiento y discutirlo; es fundamental problematizar lo conocido. En este caso, pensar en los estudiantes como tripulantes de una misión espacial permite, en primer lugar, replantear su rol en el proceso educativo. El estudiante debe ser partícipe activo de su proceso de aprendizaje, lo que enriquece su experiencia de conocimiento. Este enfoque posibilita que las propuestas de los estudiantes, en un contexto atractivo y novedoso, ofrezcan valiosos elementos de reflexión para la práctica educativa del maestro.

Estas experiencias no solo son novedosas, sino también únicas, ya que generan un vínculo que desdibuja las barreras entre diversas disciplinas como la física, la química, la biología e incluso la astronomía. Al integrar estos campos del conocimiento, se crea una experiencia de aprendizaje interdisciplinaria que permite a los estudiantes identificar las conexiones entre las ciencias y comprender cómo se complementan para resolver problemas complejos. Este enfoque facilita la comprensión y formulación de explicaciones desde una perspectiva holística, desarrollando así habilidades de pensamiento científico en el aula.

Formular preguntas sobre las condiciones de vida es cuestionarse por lo mínimo necesario para que un organismo pueda sobrevivir y reproducirse, es indagar sobre el lugar que ocupa un organismo en el planeta y, en última instancia, en el universo. Es extraordinario ver cómo todo se entrelaza. Sentirse parte del universo implica reconocer que todo lo que somos es parte del cosmos, y que el cosmos también es parte de nosotros.

La complejidad de la vida en la infinitud del universo es algo difícil de comprender, pero en este proceso lo importante es dejarse asombrar. Así lo demostró la experiencia de este viaje interestelar. "Buscar vida en el universo" es una frase pequeña para el gran significado que encierra. Buscar vida implica, como se planteó con la pregunta desencadenante, reflexionar sobre las condiciones necesarias para que la vida se establezca. La vida, al menos tal como la conocemos en la Tierra, sin detenernos en otras posibles formas de vida que podrían existir en el inmenso universo.

La vida en el planeta Tierra surgió hace aproximadamente 3,500 millones de años, en un contexto muy diferente al que hoy habitamos. Temperaturas extremas, atmósferas tóxicas, erupciones volcánicas y lluvias de meteoritos dominaban el escenario primitivo. Sin embargo, en medio de ese caos, aparecieron moléculas orgánicas. Algunas teorías sugieren que la vida se originó a partir de la interacción de la materia prebiótica; otras se cuestionan si la vida llegó desde el espacio exterior. No obstante, de algo estamos seguros: la vida surgió y, desde entonces, se ha manifestado en formas y tamaños y agrupaciones innumerables, por lo que lleva a pensar que la vida que hoy conocemos es resultado de las interacciones del pasado y no se puede desligar de su historia.

Carl Sagan (1980) resumió esta perspectiva maravillosamente: "Somos el resultado de 15 mil millones de años de evolución cósmica. Estamos hechos de estrellas". Esta cita captura la idea de que la vida en la Tierra no solo es un fenómeno local, sino que está profundamente conectada con la historia y la naturaleza del universo mismo.

Desde esta perspectiva, problematizar la vida en el universo implica reflexionar sobre las condiciones que la posibilitan en este rincón del cosmos que habitamos. La vida, con sus múltiples expresiones y particularidades, nos enseña lo “afortunados” que somos al pertenecer a este lugar físico. El planeta Tierra, que bien podríamos denominar "planeta Agua" por su alto porcentaje de superficie acuática, es el único lugar conocido en el espacio donde se alberga una gran cantidad de formas de vida. Las condiciones que favorecen esta diversidad trascienden lo físico, lo químico y lo astronómico.

Sin embargo, no son solo estas condiciones; también es esencial considerar las interacciones que estas propician entre los organismos, lo que les permite sobrevivir y reproducirse. Este recorrido por la idea de condición de vida configura el problema de conocimiento y permite abordar discusiones epistemológicas.

La perspectiva de las condiciones de vida orienta, entonces, la profundización teórica a partir de la cual se problematiza lo mínimo necesario para el mantenimiento y la permanencia de la vida: la zona de habitabilidad. Como ya se mencionó, esta se ve favorecida por aspectos físicos como la temperatura, la luz y el agua en estado líquido; aspectos químicos como las sustancias y sus interacciones; y aspectos astronómicos como el ciclo día-noche, resultante del movimiento de los astros, la distancia a la estrella más cercana e, inclusive, la presencia de un satélite natural. Esta observación permite realizar un análisis más detallado de la Tierra y sus condiciones, enfocándose en su complejidad.

La zona de habitabilidad se refiere al conjunto de condiciones que permiten la existencia de agua en estado líquido, un elemento clave para la vida tal como la conocemos, además de otros parámetros como una temperatura adecuada, una composición atmosférica favorable y la distancia adecuada a una fuente de energía, como una estrella. Estos factores no solo son aplicables al planeta Tierra, sino que también guían la búsqueda de vida en otros cuerpos celestes, algunos con características físicas similares a nuestro planeta. En este contexto, emerge el estudio de la astrobiología, como un elemento que orienta otro tipo de explicaciones y preguntas sobre la vida en el universo.

La combinación de condiciones físicas, químicas, biológicas y astronómicas impulsa el surgimiento y la evolución de la vida. Un planeta en constante cambio requiere que las formas de vida sean capaces de adaptarse para sobrevivir y reproducirse. Desde la perspectiva de Darwin (1992), las especies mejor adaptadas al cambio tienen mayores probabilidades de sobrevivir. No obstante, esto plantea una pregunta fundamental: ¿qué implicaciones tiene esto para las especies en un contexto de cambio constante?

Estos elementos permiten hacer de la astrobiología un objeto de estudio y de profundización valioso en la educación básica, ya que se configuran no solo como una emergencia, sino que se vinculan de manera coherente y complementaria a la propuesta educativa. En retrospectiva, este enfoque desplaza el interés didáctico y disciplinar de la adaptación, constituyéndose como uno de los ejes estructurantes de la propuesta. Pensar en las condiciones de vida desde la óptica de la astrobiología es trascender del mero desarrollo teórico; es proponer también la articulación de elementos históricos y epistemológicos que den cuenta de los objetivos propuestos.

Así, el análisis de las condiciones de vida de *Chlorella*, con una mirada articulada, interdisciplinaria y contextual, permite establecer una relación entre el estudio de estos organismos y una experiencia experimental significativa, a partir de la cual se pueden desarrollar elementos de profundización y construir explicaciones.

Por otro lado, la experimentación con el cultivo de microalgas y sus condiciones de vida ayuda a analizar de forma más asertiva los desarrollos epistemológicos logrados por Darwin. La forma de vida que mejor se adapte al ambiente es la que sobrevive y, como consecuencia, la que se reproduce. Esta propuesta se revela como un hito en la filosofía darwiniana, ya que revolucionó la forma en la que se concebía el mundo natural. "El origen de las especies" de Darwin marca un precedente en la comprensión de los fenómenos naturales.

Sin embargo, a través del proceder metodológico que involucró el diseño e implementación de un proceso experimental, se comprendió, a partir del análisis de los resultados obtenidos con la variación de condiciones de vida de *Chlorella sp*, que, aunque el organismo respondió favorablemente a dichas variaciones y se obtuvieron datos diferenciados respecto a las condiciones de vida óptimas para su desarrollo, se logra entender que la adaptación biológica, en retrospectiva, requiere de un tiempo profundo, en escalas de tiempo geológico, que realmente marcan una presión del ambiente sobre el organismo, obligándolo a responder desde sus características genéticas a lo largo de varias generaciones. Sin embargo, retomando a Gould y Lewontin, la microalga presentó procesos de ajuste y acomodación que tienen otras implicaciones teóricas y epistemológicas, entre las que se encuentran la comprensión de procesos de aclimatación y plasticidad fenotípica.

La propuesta no solo enfrenta el desafío de interpretar los elementos históricos y epistemológicos de la profundización disciplinar, sino que también entrelaza eventos y conceptos que enriquecen la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el aula. Se integraron ejercicios de observación que van desde lo macroscópico hasta lo microscópico, realizando un "zoom" desde el universo para dialogar sobre las condiciones de vida y la zona de habitabilidad, y aterrizando en la comprensión de la adaptación biológica a partir de organismos microscópicos como *Chlorella sp*. Este enfoque constituye un eje integrador que complejiza las explicaciones, alineándolas con los problemas de conocimiento planteados.

A partir de todo lo mencionado, emergió un elemento que no estaba inicialmente contemplado: la interdisciplinariedad. Este enfoque interdisciplinar permitió abordar el estudio de las condiciones de vida y la adaptación biológica desde distintas perspectivas, combinando diversos conocimientos y disciplinas. La integración de estas no solo enriqueció la complejización de explicaciones, sino que también ofreció nuevas oportunidades para plantear preguntas y explorar las interrelaciones que sostiene la pregunta por la vida, tanto en la Tierra, ubicada en la zona habitable, como en otros posibles entornos del universo.

En ese orden de ideas, es de resaltar entonces el papel que juega la intervención en el aula y la profundización teórica en el desarrollo de la propuesta de trabajo. Entendiendo que el maestro es un intelectual en su labor, que piensa, construye ideas, formula preguntas y propone desafíos y situaciones que desencadenan procesos de pensamiento y construcción de conocimiento en el aula. En este contexto, la enseñanza de las ciencias naturales se dimensiona desde la reflexión, el reconocimiento de los elementos del entorno y la superación de los procesos tradicionales.

Desencadenar eventos que no solo permitan disfrutar de la experiencia a los estudiantes, sino también a los docentes, es la labor que fortalece el aula como un sistema de relaciones. El maestro, como intelectual de su práctica, desarrolla, a partir de su experiencia, su conocimiento y sus inquietudes, ejercicios de enseñanza que permiten construir explicaciones y profundizar en el desarrollo de contenidos. Estos aspectos son posibles de desarrollar en el aula; sin embargo, es importante resaltar las emergencias que surgen y que dirigen el proceso, desencadenando así nuevas formas de proceder.

10. IMPLICACIONES Y RECOMENDACIONES

La ciencia es un campo en constante evolución, donde cada descubrimiento abre la puerta a nuevas preguntas y posibilidades. Lejos de estar concluida, es un proceso dinámico que requiere de exploración continua. Por ello, es fundamental innovar en la educación, fomentando el pensamiento crítico y creativo en las nuevas generaciones. Solo así podremos preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del futuro y promover la construcción de explicaciones que permitan tomar decisiones y generar sus propias comprensiones sobre la realidad.

Por su parte, pensar, crear y reflexionar en torno a los constructos epistemológicos de la ciencia, es importante para que el maestro comprenda y reflexione sobre las diversas formas de construir el conocimiento, lo que a su vez permite hacer una relación con el contexto histórico, social y cultural.

Los procesos de artificialización del mundo natural, el cuestionamiento de la experiencia básica y las situaciones desencadenantes en el marco de los problemas de conocimiento permiten una mayor complejización de las relaciones y explicaciones en torno a la interacción con el mundo y sus fenómenos, potenciando el conocimiento científico y fortaleciendo los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula.

Para futuros proyectos que involucren la construcción de propuestas interdisciplinarias, es fundamental no perder de vista que la capacidad de maravillarse es esencial para promover la construcción de conocimientos. Este sentido de asombro ante los fenómenos naturales y

los descubrimientos científicos estimula la mente, fomenta la curiosidad y genera preguntas, manteniendo así el interés por explorar en mayor profundidad.

Por otra parte, es importante reconocer que mantener una conversación con diferentes autores, implica abrirse a la posibilidad de dudar de las formas cotidianas de proceder frente a la enseñanza del concepto de adaptación biológica, pues para este caso puntual, la adaptación es un proceso biológico que se manifiesta de manera diferente en todos los organismos de la naturaleza. La presión ejercida por el ambiente impulsa a los organismos a desarrollar mecanismos que les permitan sobrevivir y reproducirse. En el caso de *Chlorella sp.*, durante la actividad experimental de este trabajo, se observó una acomodación al ambiente, ajustando su proceso reproductivo en respuesta a las condiciones de vida variables.

Otra recomendación y proyección de este trabajo documental es la exploración y distinción entre los procesos de acomodación, aclimatación y ajuste, en relación con la adaptación biológica. Estos conceptos, como se mencionó en la producción discursiva, requieren un análisis profundo que considere el "tiempo profundo", es decir, las escalas de tiempo geológico necesarias para que se produzcan cambios significativos.

Además, a partir del establecimiento de la categoría de problemas de conocimiento y en relación con la profundización disciplinar, se propone enfatizar en el establecimiento de criterios didácticos y pedagógicos que orienten la enseñanza de la adaptación biológica en la educación básica secundaria.

La técnica es también un eje fundamental en la profundización teórica, ya que, para el desarrollo de este trabajo, facilitó la adquisición de habilidades no solo en la formulación y desarrollo del diseño experimental, sino también en la comprensión de los procesos de construcción de explicaciones a partir de la observación e interacción con el mundo natural.

11. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, H. (1994). Folleto de Algas. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 3-9.

Arrieta, L. (2022). Uso de la microalga *Chlorella sp.* proveniente de la región atlántica para biofuncionalizar superficies de magnesio con el fin de promover el proceso de remodelación ósea y disminuir la velocidad de corrosión. Barranquilla. Colombia: Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad del Norte.

Ayala, S. (2015). Clasificación taxonómica de microalgas presentes en un consorcio microbiológico que biorremedia el efluente de una planta de sacrificio de bovinos y porcinos. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes. Departamento de Ciencias Biológicas. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/94cecdca-3f0a-43fd-9b80-2b39ea8dcba9/content>

Bascuñán, A. (1999). Bases históricas sobre materia, masa y leyes ponderales. Historia de la química. Revista: Journal of the Mexican Chemical Society, vol. 43, núm. 5, septiembre-octubre, 1999, pp. 171-182

Bastidas, O. (2009). *Conteo celular con hematocitómetro: Cámara de Neubauer*. España: Celeromics. <https://mural.uv.es/basgaros/Conteo-Camara-Neubauer.pdf>

Beall, C. M. (2006). "Andean, Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia." *Integrative and Comparative Biology*, 46(1), 18-24.

Beall, C. M., Cavalleri, G. L., Deng, L., Elston, R. C., Gao, Y., Knight, J., ... & Weale, M. E. (2010). Natural selection on EPAS1 (HIF2 α) associated with low hemoglobin concentration in Tibetan highlanders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(25), 11459-11464.

Benedetto, J. (2017). La Tierra cambiante. Un viaje hacia el tiempo profundo. CICTERRÁNEA. Revista de divulgación en Ciencias de la Tierra. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cicterranea/article/view/32028/32906>

Bermeo, L. (2011). Estudio del cosechado de cultivos de microalgas en agua residual mediante técnicas de centrifugado. Cádiz, España: Universidad Técnica Particular de Loja.

Cáceres, S. (2011). Desarrollo de tecnologías para la producción de biocombustibles en base a microalgas. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117608/Scarlett%20C%C3%A1ceres.pdf?sequence=1>

CETMAR. (2021). Diversificación acuícola hacia el cultivo de macroalgas.

<https://cetmar.org/wp-content/uploads/2021/07/DiversificacionAcuicolaMacroalgas.pdf>

Charco, J. (2002) Introducción al estudio de la velocidad de regeneración natural del bosque mediterráneo y de los factores antropozoógenos que la condicionan. En: Jesús Charco, Editor: La regeneración natural del Bosque Mediterráneo en la Península Ibérica, Servicio de publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente

Coll, C. y Vals, E. (1992). “El aprendizaje y la enseñanza de procedimientos”. En: Coll, C., Pozo, J. I., Sarabia, B. y Valls, E. Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. Madrid: Santillana, 81-132.

Darwin, C. (1992). Selección Natural, o la supervivencia de los más adecuados. En C. Darwin, El origen de las especies. Sexta edición. (págs. 101-166). Buenos Aires: PLANETA AGOSTINI.

Dawkins, R. (1976). El gen egoísta. Inglaterra: Oxford University Press.

De Pater, I. n y Lissauer, J. (2010). Planetary Sciences. Cambridge: Cambridge University Press.

Delgadillo, I. y Góngora, F., (2008). Guía ilustrada: introducción al estudio de las microalgas. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C.

Delgadillo, I., Góngora, F., Medellín, F. (2009). La colección de microalgas de la Universidad Pedagógica Nacional como estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de conceptos biológicos. Recuperado de:
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/14932>.

Delgadillo, I. P. (2014). *Respuestas biológicas de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmovilizadas en alginato de calcio, ante diferentes concentraciones de*

nutrientes en condiciones de laboratorio (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Des Marais, D. J., Moore, B., & Kasting, J. F. (2002). *Coevolution of Earth and Life: A Biological Perspective on the Habitable Zone*. In *Astrobiology: A Multidisciplinary Approach* (pp. 123-139). Cambridge University Press.

Eldredge, N. (1972). The theory of punctuated equilibria. In T. J. M. Schopf (Ed.), *Models in paleobiology* (pp. 82-115). W. H. Freeman.

García, A. (2020). Los microorganismos y la transformación de las sustancias como problema de conocimiento. Tesis de grado MDCN. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C.

García, L (2019). Aportes a la enseñanza de la astrobiología desde un enfoque CTSA. Repositorio Universidad de Antioquia. Consultado en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/19334>

Giordan, A. & Vecchi, G. (1998). Los orígenes del saber: De las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla: Díada

González, A. F. (2003). Astrobiología: La evolución de una nueva ciencia. Madrid: Centro de biología molecular, Universidad Autónoma de Madrid. Enseñanza en las ciencias de la Tierra. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2898297>

Gómez, L. (2007). MICROALGAS: ASPECTOS ECOLÓGICOS Y BIOTECNOLÓGICOS. Revista Cubana de Química, XIX (2), 3-20.

Gómez-Luna, L., Tormos-Cedeño, L., & Ortega-Díaz, Y. (2022). Culture and applications of *Chlorella vulgaris*: main trends and potential on agriculture. Tecnología Química, 42(1), 70-93. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v42n1/2224-6185-rtq-42-01-70.pdf>

Gould, S. J. (1997). *Evolution: The pleasures of pluralism*. Natural History, 106(7), 4-9.

Gould, S. J. (1989). La Vida Maravillosa: Burgess Shale y la naturaleza de la historia. Grupo Planeta, pp. 115- 145

Hanson, N. (1958). Observación. En: Olivé, León & Pérez, A. (Ed.). Filosofía de la ciencia: Teoría y Observación. (s.f.) México: Siglo XXI

Hernández-Pérez, A., & Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 157-173.

Instituto de Astrobiología de la NASA. (s.f.). *Acerca del Instituto de Astrobiología*. Recuperado de <https://astrobiology.nasa.gov/>

Instituto Nacional de Formación Docente. INFD (2011). Conferencia de Jorge Larrosa. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=k7OpdwOwaNY&list=PLSH4Ng4ubqlbb6QEZEHDrheK8WJPbd1Br>

Jara, O. (2012). *La Sistematización de Experiencias, práctica y teoría para otros mundos posibles*. San José: CEP Alforja, CEAAL, Oxfam Intermon.

Kaler, J. B. (2001). *The Sun: A Biography*. Cambridge University Press.

Kasting, J. (2010). Front Matter. In *How to Find a Habitable Planet* (Vol. 17, pp. i–vi). Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv21r3ps9.1>

Kuhn, T. S. (1994). *¿Qué son las revoluciones científicas? Ensayos*. Barcelona: Atalaya.

Larrosa, J. (2007). YouTube. Obtenido de Conferencia Jorge Larrosa sobre la Experiencia.: <https://www.youtube.com/watch?v=7kRamPWp1as>

Larrosa, J (2016) Experiencia y alteridad en educación Recuperado en: http://www.ceip.edu.uy/documentos/2018/ifs/dapg/materiales/Jorge_Larrosa_Experiencia_y_alteridad.pdf

Leal, Escobar, Amaris, Saavedra, Tovar, Delgado, Reyes, Barriga, Doresty, Pinilla, Castañeda, Pérez, Mantilla, Ojeda, Álvarez. (2015). *Temas selectos en Astrobiología*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 208 páginas. ISBN Papel: 978-958-775-452-0 - ISBN Digital: 978-958-775-453-7. Disponible en: https://issuu.com/gestiondeproyectos/docs/temas_selectos_en_astrobiologia

Lewontin, R.C. (1977). *Adaptation*, scient. am., 239 (3): 156-169.

López, L. and Sala, J. (2011). *Termodinámica fundamental*, pages 32–34. Universidad de La Rioja, Servicio de publicaciones, 3a edition.

Lovelock, J. (1979). *Gaia: A new look at life on Earth*. Oxford University Press.

- Margulis, L. & Sagan, D. (2005). *¿Qué es la vida?* Barcelona: Tusquets Editores
- Maturana, H. y Varela G., F. (2009). *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano*. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/119932>
- Mayr, E. (1992). *Una larga controversia. Darwin y el darwinismo*. Barcelona: CRÍTICA, pp.. 83 -110
- Medellín, F. (2019). *La Adaptación Biológica: Rastreado ideas en los discursos de Jean Baptiste Lamarck y Charles Darwin*. Bogotá, D.C.: Repositorio Universidad Pedagógica Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia. (2004). *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Obtenido de MEN: https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje. Ciencias Naturales. República de Colombia*. Obtenido de MEN: https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf
- Morales, Ospino, Jimenez, Berbén y Negrito (2017). *Briofitos, un mundo en miniatura*. InfoFlora. Boletín de botánica. Universidad de Magdalena. Pp. 1-12.
- Muñoz-Medina, J. (2018) *Diseño de un material educativo para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información en los sistemas acuáticos a partir de los cultivos de microalgas*. Repositorio Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C.
- NIETO, Caraveo, L. M. (1991). *Una visión sobre la interdisciplinariedad y su construcción en los currículos profesionales*. Cuadrante No. 5-6 (Nueva Época). Enero1991. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades. UASLP. México
- Oparin, A. (1970). *Origen primitivo de las sustancias orgánicas más simples: Los hidrocarburos y sus derivados*. En *El origen de la vida* (pp. 16-28). Madrid: Libresa.
- Pfennig, D. W., & Murphy, P. J. (2002). *How fluctuating competition and phenotypic plasticity mediate species divergence*. Evolution, 56(8), 1545-1552.
- Prigogine, Ilya (1972): *La termodinámica de la vida*. En Ilya PRIGOGINE (1983): *¿Tan sólo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Barcelona: Tusquets Editores

Ramírez, L., Rippe, N., Giraldo, M., León, I., Guerra, Y., & Peñaloza, G. (2018). *45 años descubriendo el Universo* (pp. 34-46). Planetario de Bogotá, Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría de Recreación y Deporte, Instituto Distrital de las Artes (IDARTES).

Rivera, K. (2018) Prácticas experimentales de laboratorio con Microalgas: enseñar conceptos biológicos a maestros de biología en formación a partir de la ficoteca. Repositorio Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, D.C

Rodríguez, P. (2008). Estructura y producción primaria del fitoplancton y perifiton en un humedal del bajo Paraná. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Rojas-Triviño, A. (2011). *Conceptos y práctica de microbiología general* (pp. 16-19). Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). Sección II: Física y química del agua. En *Fundamentos de limnología neotropical* (2.^a ed., pp. 141-254). Medellín: Universidad de Antioquia.

Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). Sección III: Producción y ensamblajes. En *Fundamentos de limnología neotropical* (2.^a ed., pp. 255-289). Medellín: Universidad de Antioquia.

Ruiz, M. (2012). Análisis del cultivo de la Microalga *Chlorella vulgaris* a diferentes fotoperiodos. México: Instituto Tecnológico de Tuxla Gutierrez.

Sagan, C. (1980). *Cosmos* (pp. 47). Nueva York: Random House.

Sagan, D., & Schneider, E. D. (2008). La Termodinámica de la vida. (pp. 50 – 134) Tusquets Editores

Santaella-Álvarez, E. (2013). Producción y desarrollo de cultivo de algas para la captación de anhídrido carbónico y la producción de biocombustibles. Madrid, España: Instituto Español de Oceanografía.

Sociedad Mexicana de Astrobiología, SOMA A.C. (2020). *Página principal*. Recuperado de <https://sites.google.com/soma.org.mx/soma-a-c>

Stellarium. (s.f.). *Stellarium: Un planetario de código abierto para tu computadora*. <https://stellarium.org/es/>

Tarbutk, E., Lutgens, F. (2010). *Earth: An Introduction to Physical Geology*. New York: Prentice Hall.

Valencia, S., Orozco, J., Garzón, J., Jiménez, G., Forero, J. & Méndez, O. (2003). Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias. *Colombia Tecne Episteme Y Didaxis*, 14, págs. 109 – 120

Valencia, S., Orozco, J., Mendez, O., Jiménez, G., & Garzón, J. (2003). Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1-12.

Vélez-Azañero, A., Lozano, S., & Cáceres-Torres, K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15, 69-79.

Watanabe, M. (2005). Chapter 2. Freshwater Culture Media. En R. A. Andersen, *Algal Culturing Techniques* (págs. 13-20). USA: Elsevier Academic Press.

Yáñez, J. (2011). Estudio de las características morfológicas y fisiológicas de dos microalgas. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia.

12. ANEXOS

ANEXO 1. DISEÑO EXPERIMENTAL; *Chlorella sp* Y LA ADAPTACIÓN BIOLÓGICA



Figura 1. Medios de cultivo de la microalga *Chlorella sp* (Elaboración propia)

La actividad científica, al ser una actividad de la cultura, implica la convergencia de una diversidad de elementos que, en conjunto, constituyen el conocimiento científico. Estos elementos pasan por el análisis y la reflexión de diferentes actores. En este contexto, uno de los aspectos que queremos resignificar es la construcción de un problema de conocimiento, como es la comprensión de algunos aspectos de la adaptación biológica, a partir del estudio de las condiciones de vida de la microalga *Chlorella sp* mediante la artificialización en un diseño experimental.

Desde esta perspectiva, la actividad experimental adquiere un lugar importante, ya que permite triangular elementos históricos, epistemológicos y teóricos en la formulación de hipótesis sobre el fenómeno de estudio. En este caso concreto, la actividad experimental se materializa en la constitución de un diseño experimental, tomando como objeto de estudio a la microalga *Chlorella sp* y sus condiciones de vida físicos y químicos.

1. PROTOCOLO DE CULTIVO

En este proceso, se replica el crecimiento de las microalgas del género *Chlorella sp* en distintos medios de cultivo con el fin de evaluar su comportamiento y adaptabilidad en diferentes condiciones. Los pasos a seguir para esta experimentación son los siguientes:

- A. Selección de medios de cultivo: Identificación y preparación de varios tipos de medios, a partir de la revisión y profundización teórica, que permitan evaluar el comportamiento desde el crecimiento de *Chlorella sp.* bajo diferentes condiciones de vida.
- B. Inoculación de muestras: Introducción de las microalgas en los medios seleccionados, garantizando un control adecuado de variables como la temperatura, la luz y los nutrientes (simulación de condiciones de laboratorio).
- C. Monitoreo del crecimiento: Observación y registro regular del desarrollo de las microalgas en las diferentes condiciones, midiendo algunos parámetros, tales como la tasa de crecimiento, por día.
- D. Análisis de resultados: Evaluación de los datos obtenidos para determinar cómo las condiciones de vida afectan la adaptación y el comportamiento de *Chlorella sp.*, y cómo estas observaciones experimentales contribuyen a la construcción de explicaciones sobre la adaptación biológica.

A partir de este estudio de caso, se busca analizar la respuesta fisiológica de *Chlorella sp.* en función de sus condiciones de vida, con el objetivo de contribuir a la fundamentación teórica del concepto de adaptación biológica.

1.1 Observación al microscopio:

Del medio de cultivo acuoso, se debe extraer una gota (alícuota) y colocarla sobre el portaobjetos. Luego, se cubre cuidadosamente con la laminilla, evitando la formación de burbujas de aire. A continuación, se coloca la preparación en la platina del microscopio, donde se realiza un recorrido en zigzag utilizando el objetivo de menor aumento hasta enfocar

y observar los organismos (adaptado de Delgadillo y Góngora, 2008; Muñoz-Medina, 2018). Para esta observación, el microscopio adquiere gran relevancia, ya que, como menciona Hanson (1958), "la observación nunca es completamente objetiva, siempre está guiada por el conocimiento previo y las expectativas teóricas".

A partir de esta observación, se obtiene una breve caracterización de los organismos, así como hipótesis sobre las condiciones físicas y químicas que les permiten sobrevivir en dicho entorno.

Una vez identificados los organismos y realizada su caracterización, se procede a replicar los montajes experimentales. Para ello, es necesario preparar cuidadosamente los materiales necesarios (ver *Tabla 1.*), asegurando que cada réplica se realice bajo las mismas condiciones controladas para garantizar calidez en los resultados.

Tabla 1. Materiales para el montaje experimental.

RECURSOS	CANTIDAD	PARA MONTAJES EN LABORATORIO	PARA MONTAJES CASEROS
REACTIVOS	2000 ml	Agua destilada	Agua hervida (2000ml)
	Soluciones para 2000ml de medio de cultivo (por definir)	Soluciones Stock (Bold's Basal Medium)	Fertilizante líquido para plantas de acuario o fertilizante hidropónico que contenga nitrógeno, fósforo y potasio.
	100g	Agar-Agar	Gelatina sin sabor
MATERIALES	1	Pipeta de 5ml y pipeteador / Pipeta Pasteur	Gotero
	5	Erlenmeyer de 200ml	Botellas de vidrio de 200ml
	5	Tapones de caucho para Erlenmeyer de 200ml	Tapa plástica para las botellas de vidrio de 200ml
	3	Mecheros	Velas
	Depende de la cantidad de montajes	Algodón y gaza	Algodón y gaza
		Aguja de jeringa	Aguja de jeringa
	5m	Manguera para oxígeno	Manguera para oxígeno
	1	Aireador	Bomba de aire de acuario
1	Papel plástico transparente o papel film	Papel vinipel	
FUENTE DE LUZ	N/A	Luz solar	Luz solar
	1	Lámpara LED de luz blanca	Lámpara LED de luz blanca

1.2 Preparación del medio

Para la preparación del medio de cultivo, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- A. Limpieza y esterilización de los materiales: Todos los recipientes de vidrio deben ser lavados adecuadamente con agua y jabón, y luego enjuagados con agua destilada para eliminar cualquier residuo de jabón. Si hay disponibilidad de autoclave, los materiales de vidrio, plástico y caucho deben ser esterilizados en este dispositivo para minimizar cualquier posible contaminación por bacterias u hongos.
 - B. Preparación del Agua: Llenar los recipientes de vidrio con 200ml de agua destilada o agua de lluvia filtrada, hervida y reposada.
 - C. Adición de macro y micronutrientes: Se debe añadir solución stock o fertilizante líquido para plantas y medios hidropónicos a los recipientes con el agua preparada.
- I. Si se utiliza concentración de solución stock (protocolo estándar para cultivo de microalgas); para ello se deben seguir las siguientes indicaciones:

Tabla 2. Macronutrientes y micronutrientes que componen el Bold's Basal Medium (Adaptado de Delgadillo, 2014 y Watanabe, 2005)

Bold's Basal Medium					
Compuestos				Solución stock (g/L dH2O)	Cantidad usada (ml/L)
	#	Nombre	Formula		
MACRO NUTRIENTES	1	Nitrato de Sodio	NaNO ₃	25.00	10
	2	Cloruro de Calcio dihidratado	CaCl ₂ - 2H ₂ O	2.50	10
	3	Heptahidrato de Sulfato de Magnesio	MgSO ₄ - 7H ₂ O	7.50	10
	4	Fosfato dipotásico	K ₂ HPO ₄	7.50	10
	5	Fosfato Monopotásico	KH ₂ PO ₄	17.50	10
	6	Cloruro de Sodio	NaCl	2.50	10

MICRO NUTRIENTES	7	Solución EDTA alcalina	EDTA (Titriplex III) KOH	50.00 31.00	1
	8	Solución ácida de hierro	FeSO ₄ x 7 H ₂ O H ₂ SO ₄	4.98	1
	9	Solución de boro	H ₃ BO ₃	11.42	1
	10	Solución de metales traza	ZnSO ₄ 7H ₂ O MnCl ₂ 4H ₂ O MoO ₃ CuSO ₄ 5H ₂ O Co(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	8.82 1.44 0.71 1.57 0.49	1

Tras la preparación de las soluciones Stock, se realiza el medio de cultivo según las cantidades establecidas para 1Lt. en la *Tabla 2.*, se diluye y completa volumen con agua destilada y, se reparte en botellas de vidrio en las cuales se llevará a cabo el cultivo de microalgas. Una vez repartido el medio de cultivo en las botellas (200ml aproximadamente para c/u) se tapan con papel aluminio y sobre él con papel vinipel, seguido a esto se lleva a esterilización en autoclave para eliminar todos los microorganismos del medio (Adaptado de Muñoz-Medina, 2018 & Rojas-Triviño, 2011).



Figura 2. Soluciones stock de BBM (Muñoz-Medina, 2018)

- II.** Para el caso del fertilizante líquido, se deben seguir las instrucciones del producto para una concentración adecuada; generalmente, una dosis diluida de fertilizante de acuario o hidropónico es suficiente. Por ejemplo, 1 ml de fertilizante líquido por cada litro de agua (Recomendación según la etiqueta).

D. Inoculación con Microalgas: Del medio de cultivo acuoso, se debe extraer una muestra de microalgas de 5 ml, como se muestra en la Figura 3, y añadirla a los recipientes de vidrio que contienen 200 ml de medio de cultivo (ver Figura 4).



Figura 3. Procedimiento de réplica de cepa de microalga en medio de mecheros encendidos (Muñoz-Medina, 2018)

La inoculación de microalgas debe realizarse en un lugar limpio, bajo condiciones de asepsia, con todo el material debidamente lavado y esterilizado. Se deben usar tres mecheros alrededor del área de inoculación para evitar que bacterias u hongos contaminan las soluciones preparadas.



Figura 4. Inoculación de la microalga *Chlorella sp* en los medios de cultivo BBM. Elaboración propia.

E. Aireación: Se conecta la bomba de aire a la manguera, insertando ésta en el interior de los recipientes de vidrio a través de una abertura en las tapas o tapones. Además, se introduce una aguja en el tapón para asegurar una buena circulación de aire, garantizando un suministro adecuado de oxígeno y CO₂, como se observa en la Figura 5. Esta aireación favorece el flujo continuo de materia y, en consecuencia, también de energía.



Figura 5. Medios de cultivo que poseen la cepa de microalga (izquierda) y los materiales que le permitirán la entrada y salida de gases (derecha). (Muñoz-Medina, 2018)

F. Luz: Se colocan los medios de cultivo en un lugar donde reciba luz solar directa o se utiliza una lámpara fluorescente o LED que proporcione luz blanca de espectro completo. Las microalgas requieren alrededor de 12 a 16 horas de luz al día para un crecimiento óptimo, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Medios de cultivo con cepa de *Chlorella sp.* bajo iluminación LED durante 12 horas al día (condiciones estándar de laboratorio). Elaboración propia.

2. CONFIGURANDO LA ADAPTACIÓN BIOLÓGICA A PARTIR DE LA EXPERIMENTACIÓN CON LAS MICROALGAS.

Las microalgas han desarrollado diversos procesos metabólicos adaptativos que les permiten vivir y prosperar en diferentes ambientes. Para asegurar su correcto desarrollo en condiciones de laboratorio, es necesario artificializar las condiciones óptimas que favorezcan su crecimiento, como se mencionó en el apartado anterior. Sin embargo, para el diseño experimental, se sugieren algunas variaciones en tres de estas condiciones importantes:

- A.** Iluminación: La luz es esencial para el proceso de fotosíntesis en las microalgas, un mecanismo esencial para la producción de energía química. La duración de la exposición a la luz debe ajustarse para simular las condiciones naturales. En laboratorio, un fotoperiodo de 12 a 16 horas de luz diaria es ideal para maximizar la fotosíntesis, permitiendo que las microalgas crezcan y se multipliquen de manera eficiente. El tipo de luz también es importante; en muchos casos, se usa luz blanca o LED, ajustada para imitar el espectro solar.
- B.** Flujo de materia y energía: Absorción de nutrientes, fotosíntesis y respiración celular. El metabolismo de las microalgas implica un ciclo continuo de absorción de nutrientes y producción de energía. Los nutrientes en el medio deben ser balanceados, incluyendo nitrógeno, fósforo y oligoelementos necesarios para su crecimiento. Además, es fundamental garantizar que haya suficiente dióxido de carbono (CO₂) en el ambiente, ya que es necesario para la fotosíntesis, mientras que el oxígeno producido debe ser regulado para no interferir con otros procesos celulares, como la respiración celular.

Estas condiciones permiten que las microalgas se desarrollen y se reproduzcan de manera óptima en entornos controlados, replicando las condiciones naturales y maximizando su capacidad metabólica para estudios científicos o aplicaciones industriales.

2.1. Variación en medios de cultivo

Para la actividad experimental con el organismo seleccionado (*Chlorella sp.*), se tendrán en cuenta tres variables, entre las cuales se observará el comportamiento del organismo

sometido a estrés fisiológico, simulando la presión constante del ambiente a la que Darwin⁶³ señala, afecta a los organismos de una población específica.

Las variables modificadas son las siguientes:

- I. **Luz:** Se simulan ambientes extremos donde no oscurece ni amanece por largos periodos, como ocurre en los polos de la Tierra. Para ello, se varía la intensidad y duración de la luz en dos montajes: uno con mayor intensidad lumínica de lo necesario y otro inhibiendo la luz por periodos prolongados. En este diseño experimental se utilizan tres montajes (ver Figura 7), cada uno con dos réplicas:

Montaje Control: 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad.

Montaje A: 18 horas de luz y 6 horas de oscuridad.

Montaje B: 22 horas de oscuridad y 2 horas de luz.

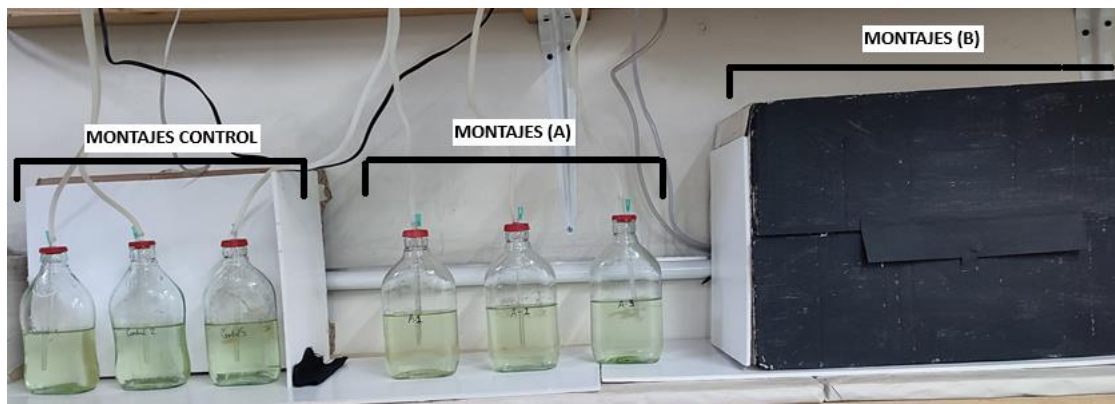


Figura 7. Medios de cultivo con cepa de *Chlorella sp* bajo iluminación LED con variación del tiempo de exposición a la luz. Elaboración propia.

Es importante resaltar que, para cada montaje, se tuvo en cuenta que las demás condiciones de vida se mantuvieran constantes en los 9 recipientes experimentales. Se prestó especial atención al control de la luz, utilizando lámparas LED y un temporizador digital (ver Figura

⁶³ En “El origen de las especies”, Darwin (1992) señala que la adaptación biológica es impulsada por los procesos de selección natural, los cuales surgen de la lucha continua por la existencia y la presión del ambiente, lo que permite la mejora progresiva de las especies.

8), que permitía regular de manera precisa el tiempo de exposición a la luz en cada montaje. Esto aseguró que las variaciones en los resultados estuvieran exclusivamente asociadas a las variables experimentales manipuladas y no a otras condiciones ambientales.



Figura 8. Temporizador digital. Elaboración propia.

II. **Condición sin aire:** Para esta condición experimental, se establecen condiciones sin entrada ni salida de gases como el oxígeno. Se realiza un montaje experimental en el cual se inhibe el intercambio de gases disueltos en el aire. Para ello, se toman 42 jeringas con 3 ml de medio de cultivo inoculado con la microalga y se procede a sellar sus boquillas con papel film, evitando así la interacción de los gases del entorno, como se muestra en la *Figura 9*. De este modo, los organismos solo pueden utilizar los gases atrapados en el sistema durante largos periodos de tiempo. Este diseño experimental permite reflexionar sobre la respuesta de los organismos a dicha modificación, observando y analizando su comportamiento y crecimiento poblacional.



Figura 9. Medios de cultivo con cepa de *Chlorella sp* en condición de inhibición de la circulación de aire. Elaboración propia.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Teniendo en cuenta la propuesta experimental, en la que se planteó la variación de tres condiciones de vida para la microalga *Chlorella sp*, se llevaron a cabo observaciones y se recopilaron datos tanto cuantitativos como cualitativos, con el fin de analizar la adaptación biológica del organismo en estudio. Las condiciones que fueron modificadas, como se mencionó anteriormente, incluyen la exposición a la luz, el tipo de medio acuoso y la inhibición de gases del entorno.

3.1. Antes del conteo...

Para evaluar el crecimiento poblacional en los montajes líquidos, se siguió el protocolo de conteo celular en cámara de Neubauer según Bastidas (2009), complementado con la experiencia en el trabajo con microalgas, descrita por Delgadillo (2014) y Muñoz-Medina

(2018). A partir de estos estudios, se establecieron las siguientes características para el procedimiento:

- Disponer de la muestra celular que se desea medir, en este caso las microalgas en los medios de cultivo.
- Contar con un hematocitómetro o cámara de Neubauer, que es una gruesa placa de cristal, muy parecida a los portaobjetos (láminas de microscopía) y que posee unas dimensiones de 30 x 70 mm, con 4mm de grosor.
- Utilizar un microscopio óptico, preferiblemente con fuente de luz eléctrica. La luz es esencial, ya que la cámara de Neubauer, al ser tan gruesa, requiere una mayor intensidad lumínica para iluminar adecuadamente la muestra.
- Tener a disposición laminillas (cubreobjetos) para cubrir la muestra y evitar la formación de burbujas, así como el movimiento del líquido dentro del volumen de la cámara de Neubauer.
- Contar con pipetas Pasteur o goteros, que permitirán extraer una pequeña cantidad de la muestra en las botellas del medio de cultivo, y mecheros para mantener las condiciones de asepsia y evitar la posible contaminación de la muestra⁶⁴.

Para medir el crecimiento poblacional de *Chlorella sp* en medio de cultivo sólido, se utiliza la longitud de crecimiento de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) que comienzan a formarse en las cajas de Petri.

3.2. Conteo celular, paso a paso:

De acuerdo con Bastidas (2009), Delgadillo (2014) y Muñoz-Medina (2018), para el conteo celular se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

A. Primer paso: preparación de la muestra

⁶⁴ Revisar procedimiento realizado y descrito en el apartado “inoculación con Microalgas”

Teniendo en cuenta que la cámara de Neubauer está diseñada para contar entre 250.000 y 2,5 millones de células por ml. Si la concentración es mayor, la muestra debe diluirse. Como señala Bastidas (2009): "La concentración óptima para el conteo en hematócrito es de 1 millón de células por ml = 10^6 células/ml" (p. 3).

B. Segundo paso: Introducción de la muestra en la cámara de Neubauer

Se selecciona el frasco o medio de cultivo que se va a medir y se agita con el fin de homogeneizar la mezcla. A continuación, se toma 1 ml de la muestra utilizando una pipeta Pasteur o un gotero. Esta muestra se coloca en la cámara de Neubauer, depositando una gota en cada una de las cámaras que se encuentran en esta placa gruesa (cámara superior e inferior, como se muestra en la Figura 10).

Luego, se coloca cuidadosamente una laminilla de lado sobre la cámara, lo que permitirá que el volumen sea el adecuado y evitará la formación de burbujas o el movimiento de las células. Todo el procedimiento se lleva a cabo dentro de un triángulo formado por mecheros de alcohol, con el objetivo de mantener la asepsia y evitar la contaminación, como ya se ha mencionado. Es importante tener en cuenta que, si algo en este paso no se realiza correctamente, se debe repetir el procedimiento completo.

C. Tercer paso: Preparación y enfoque del microscopio

Se coloca la cámara de Neubauer con la preparación en la platina del microscopio. Se enciende la luz y se ajusta el enfoque, comenzando con el objetivo de menor aumento hasta visualizar las células en los cuadrados de la cámara de Neubauer. Se procede a contar las células en uno de los cuadrados grandes, marcados con el número 1 en la *Figura 11*. Cabe resaltar que estos recuadros están subdivididos en 16 cuadros más pequeños, lo que facilita el conteo y la observación de las células.

D. Cuarto paso: cálculo de la concentración

El cálculo de la concentración celular se realiza utilizando la ecuación propuesta en el protocolo de la cámara de Neubauer (Bastidas, 2009, p. 5) para uno de los cuadros grandes:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{número de células} \times 10.000}{\text{número de cuadros}}$$

El número de células se multiplica por 10,000, ya que el volumen estimado para un cuadro grande es de 0.0001 ml (Bastidas, 2009). Este valor representa la concentración celular, que luego se divide por la cantidad de cuadros contados, en este caso, dos.

3.3. Resultados del conteo

Para cada una de las variaciones se recopilaron datos cuantitativos que permiten expresar los resultados del experimento. Estos datos se utilizan para contrastar los hallazgos con la profundización teórica, con el objetivo de proporcionar explicaciones sobre el comportamiento del microorganismo estudiado. Este análisis ayuda a interpretar cómo las diferentes condiciones afectan el crecimiento y la adaptación de *Chlorella sp.*, y contribuye a una comprensión más profunda de sus condiciones de vida.

La observación y recolección de datos cuantitativos y cualitativos se llevaron a cabo durante un período de 20 días calendario, iniciando el viernes 28 de junio y finalizando el jueves 18 de julio del 2024. Es importante destacar que no se dispuso de datos correspondientes a los días sábados, domingos y feriados debido a limitaciones en el acceso de los instrumentos para la medición de los montajes experimentales durante esos días.

Los resultados obtenidos en este diseño experimental son y a partir de la modificación de las condiciones de vida del organismo, son:

I. Variación de luz.

Considerando los tres montajes experimentales, los resultados fueron variados. Sin embargo, se observó una relación directa entre el crecimiento poblacional de *Chlorella sp* y la exposición a la luz.

El crecimiento poblacional del organismo en los montajes control (tiempo de exposición a la luz: 16 horas) mostró un patrón exponencial, como se ilustra en la Figura 13. Se observó un pico de crecimiento a partir del día 15, resultando en un promedio final de 3,106,666 células por mililitro de cultivo.

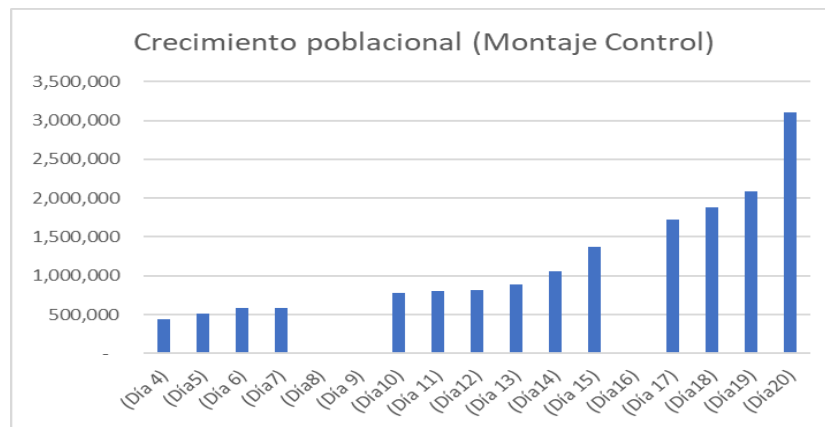


Figura 12. Datos de crecimiento poblacional de la microalga *Chlorella sp* en el Montaje Control (exposición a la luz: 16 horas). Elaboración propia.

En los montajes A, el crecimiento poblacional también siguió una curva exponencial que comenzó a aumentar a partir del día 12 (ver Figura 13), alcanzando un promedio de 4,670,000 células por mililitro al final del conteo.

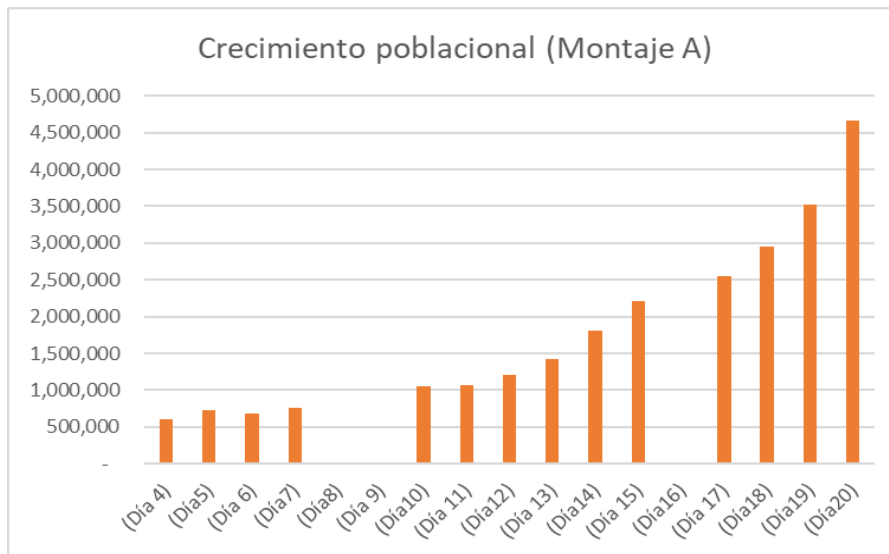


Figura 13. Datos de crecimiento poblacional de la microalga *Chlorella sp* en el Montaje A (exposición a la luz: 18 horas). Elaboración propia.

En contraste, y en comparación con los otros montajes (Control y Montaje A), el cultivo del Montaje B mostró un crecimiento evidenciable, pero la curva de crecimiento exponencial alcanzó su pico a partir del día 17, resultando en una cantidad de 1'748.333 células/mililitro.

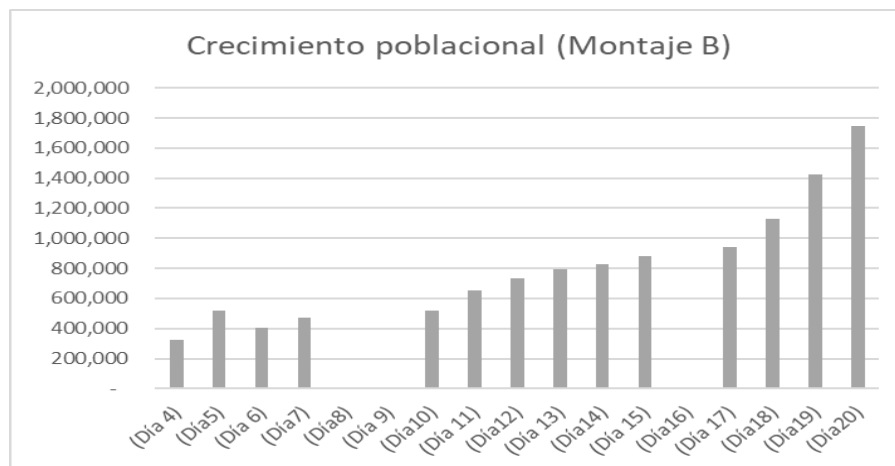


Figura 14. Datos de crecimiento poblacional de la microalga *Chlorella sp* en el Montaje B (exposición a la luz: 2 horas). Elaboración propia.

Al comparar los tres montajes con variaciones en el tiempo de exposición a la luz, se observa una diferencia significativa en el crecimiento poblacional de la microalga *Chlorella sp* en función del tiempo de exposición a la luz (ver Figura 15).

El montaje control, con una exposición de 16 horas de luz diaria, muestra un crecimiento exponencial robusto, alcanzando un promedio de 3,106,666 células por mililitro. Este comportamiento sugiere que una exposición de 16 horas puede proporcionar un equilibrio adecuado entre la fotosíntesis y el metabolismo de las microalgas, favoreciendo un crecimiento óptimo.

Por otro lado, el montaje con una exposición de 18 horas de luz diaria (Montaje A) presenta el mayor promedio de células, 4,670,000 por mililitro. Este incremento en el tiempo de exposición a la luz parece mejorar aún más el crecimiento, lo que indica que un aumento moderado en la luz puede potenciar la actividad fotosintética y el crecimiento poblacional.

En contraste, el montaje con 12 horas de exposición a la luz diaria (Montaje B) muestra un crecimiento menor, con un promedio de 1'748.333 células por mililitro. Esto sugiere que una exposición de luz insuficiente limita la capacidad fotosintética de las microalgas, resultando en un crecimiento poblacional reducido.

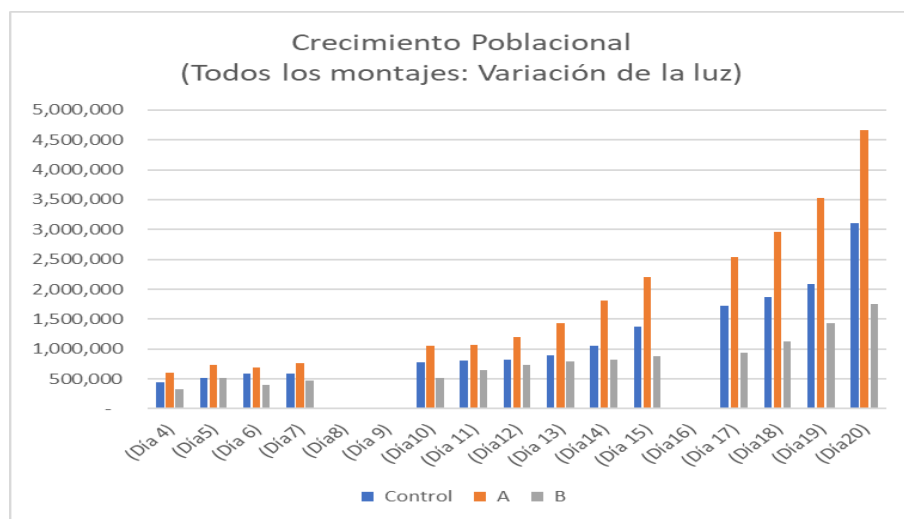


Figura 15. Datos de crecimiento poblacional de la microalga *Chlorella sp*; Comparación de todos los montajes con diferenciación en la exposición a la luz. Elaboración propia.

II. Inhibición del aire.

Se registró la respuesta de la microalga *Chlorella sp* al limitar el intercambio gaseoso, evaluando cómo esta condición afectó su metabolismo y capacidad de adaptación a la falta de oxígeno. Los resultados muestran una reducción significativa en el crecimiento poblacional, que fluctúa entre periodos de actividad y latencia en su metabolismo reproductivo. Al finalizar el conteo y transcurridos 20 días desde el inicio de la actividad experimental, se observó un crecimiento poblacional final de 1,606,666 células/ml. Este valor es incluso inferior al registrado en el montaje con reducción del tiempo de exposición a la luz a 2 horas. Estos datos sugieren que la limitación en el intercambio de gases tiene un impacto más severo en el crecimiento de *Chlorella sp* en comparación con la reducción del tiempo de exposición a la luz.

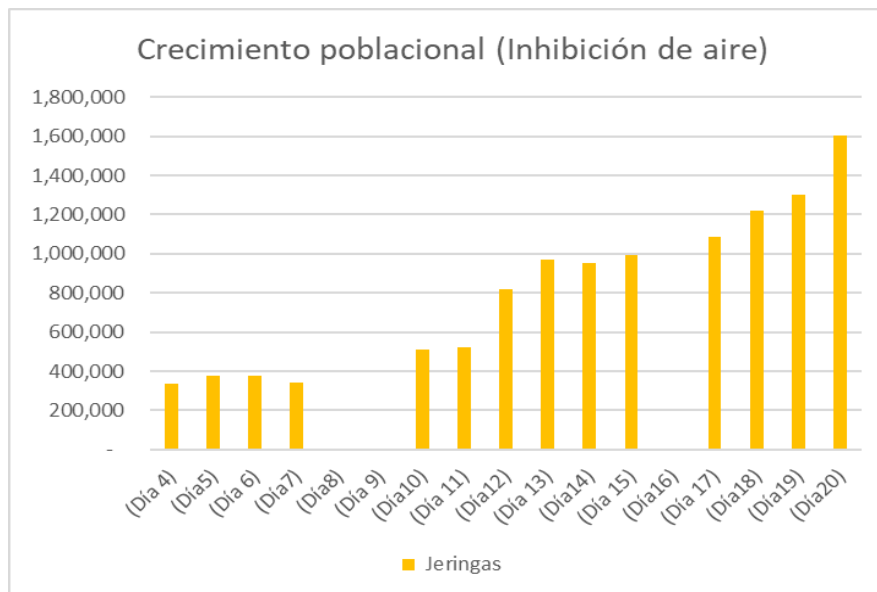


Figura 16. Datos de crecimiento poblacional de la microalga *Chlorella sp* en los montajes con inhibición de aire. Elaboración propia.

Sin embargo, de manera cualitativa, se puede observar que el proceso de fotosíntesis ha generado pequeñas burbujas de oxígeno en el montaje experimental (ver Figura

17). Este oxígeno puede ser reciclado por la microalga durante sus procesos metabólicos, tales como la respiración celular.



Figura 17. Fotografía de las jeringas que contienen el medio de cultivo con inhibición de aire, transcurridos 18 días del inicio de la experimentación. Elaboración propia.

Estos datos proporcionan una visión integral de los mecanismos adaptativos de *Chlorella sp* frente a variaciones ambientales, evidenciando su capacidad para ajustarse a nuevas condiciones de vida.

4. Bibliografía

- Bastidas, O. (2009). *Conteo celular con hematocitómetro: Cámara de Neubauer*. España: Celeromics. <https://mural.uv.es/basgaros/Conteo-Camara-Neubauer.pdf>
- Bermeo, L. (2011). Estudio del cosechado de cultivos de microalgas en agua residual mediante técnicas de centrifugado. Cádiz, España: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Delgadillo, I. P. (2014). *Respuestas biológicas de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmovilizadas en alginato de calcio, ante diferentes concentraciones de nutrientes en condiciones de laboratorio* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Gómez-Luna, L., Tormos-Cedeño, L., & Ortega-Díaz, Y. (2022). Culture and applications of *Chlorella vulgaris*: main trends and potential on agriculture. *Tecnología*

Química, 42(1), 70-93. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v42n1/2224-6185-rtq-42-01-70.pdf>

- Hanson, N. (1958). Observación. En L. Olivé & A. Pérez (Eds.), *Filosofía de la ciencia: Teoría y observación*. México: Siglo XXI.
- Muñoz-Medina (2018). *Diseño de un material educativo para la enseñanza de los flujos de materia, energía e información en los sistemas acuáticos a partir de los cultivos de microalgas*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Rojas-Triviño, A. (2011). *Conceptos y práctica de microbiología general* (pp. 16-19). Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Ruiz, M. (2012). *Análisis del cultivo de la Microalga Chlorella vulgaris a diferentes fotoperiodos*. México: Instituto Tecnológico de Tuxla Gutierrez.
- Watanabe, M. (2005). Chapter 2. Freshwater Culture Media. En R. A. Andersen, *Algal Culturing Techniques* (págs. 13-20). USA: Elsevier Academic Press.

ANEXO 2. Autorización de uso de derechos de imagen sobre fotografías - consentimiento informado Colegio Campestre los Encenillos

Para el desarrollo del trabajo de grado, los acudientes de los estudiantes de grado noveno estuvieron enterados del proceso y, autorizaron su participación en el proyecto. Estas autorizaciones se dieron por medio de la firma de un consentimiento informado, siguiendo un formato establecido por El Colegio Campestre Los Encenillos, en el que se autoriza el uso de imágenes y fotografías, asegurando la protección de la identidad de los estudiantes. Los consentimientos informados fueron firmados por los padres de familia y/o cuidadores en la semana del 22 al 26 de abril de 2024. A continuación, se presenta el formato:

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL USO DE IMÁGENES Y FOTOGRAFÍAS

Estimados padres de familia y/o acudientes,

El Colegio Campestre los Encenillos tiene el compromiso de proteger la privacidad y el bienestar de todos nuestros estudiantes. Con el fin de promover las actividades escolares y destacar los logros de nuestros estudiantes, utilizaremos las imágenes y fotografías de los alumnos en diferentes medios, como el sitio web del colegio, redes sociales, boletines informativos, y en el documento de trabajo de grado de la profesora Wyndy Ruíz, quién obtendrá el título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales en la Universidad Pedagógica Nacional.

Por esta razón, solicitamos su consentimiento para lo siguiente:

1. Uso de Imágenes y Fotografías:

Las imágenes y fotografías de su hijo(a) pueden ser tomadas durante actividades escolares, excursiones, desarrollo de procesos de investigación, y otras actividades escolares.

Estas imágenes podrán ser utilizadas en el sitio web del colegio, redes sociales, boletines, presentaciones, y otros materiales.

2. Protección de la Identidad:

En la medida de lo posible, no se revelará la identidad completa de su hijo(a) (nombre completo, edad, etc.) junto con su imagen, a menos que se obtenga un consentimiento adicional específico.

Nos comprometemos a no vender o compartir las imágenes con terceros no relacionados con el colegio.

Por favor, marque una de las siguientes opciones:

Autorizo el uso de imágenes y fotografías de mi hijo(a) de acuerdo con los términos descritos anteriormente.

No autorizo el uso de imágenes y fotografías de mi hijo(a).

Nombre del Estudiante: _____

Grado: _____

Nombre del Padre/Acudiente: _____

Firma del Padre/Acudiente: _____