



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PEDAGOGÍA  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
CONSTRUCCIÓN DE SABERES PEDAGÓGICOS

**DISEÑO DE ENTORNOS VIRTUALES PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE  
LA BIOLOGÍA EN BACHILLERATO**

**T E S I S**  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN PEDAGOGÍA**

PRESENTA:  
**LAURA LORENA CÁRDENAS LUGO**

TUTOR PRINCIPAL  
DRA. ELISA SAAD DAYÁN-FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

MTRO. JAVIER ALATORRE RICO - FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNAM  
MTRA. MARCELA GÓMEZ SOLLANO- FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS, UNAM  
DRA. MARTHA CORENSTEIN ZASLAV- FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS, UNAM  
MTRA. ALMA PATRICIA PIÑONES VÁZQUEZ- FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS,  
UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, AGOSTO 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

*La concreción de este trabajo de maestría representó un reto enorme para mí, ya que fue necesario dedicar varias horas de trabajo constante en medio una situación social complicada, sin embargo, el haber terminado esta investigación fue gracias al apoyo continuo de diferentes personas a las cuales me gustaría reconocer.*

*Quisiera comenzar por mencionar a dos mujeres importantes para mí. En primer lugar, a mi hermana Andrea. Hermana, agradezco la compañía y el apoyo constante que siempre me has brindado a lo largo de mis años de estudio, particularmente en la maestría. Fue muy duro pasar las cuarenta encerradas, pero tu cercanía representó un consuelo para mí, y también los muchos consejos y reflexiones que me brindas a diario me hacen pensar en la relevancia que tiene mi trabajo. Siempre tienes un pensamiento que comunicar y aprecio que me compartas tus más profundas reflexiones, también los momentos buenos y malos. Yo también deseo que puedas continuar trabajando en los temas que tanto te apasionan y que podamos estar cerca para seguir pensando juntas. Gracias por tu generosidad, tu honestidad y la vivacidad de tus palabras, sé que si en alguien puedo confiar para pedir consejo es en ti.*

*A mi amiga de la maestría Janette Santiago Abasolo. Janne, de las mejores cosas que me pudieron pasar en la maestría fue haberte conocido y construir una amistad profunda y estrecha. Creo que algo que te caracteriza es tu fortaleza, y a lo largo de estos años me has inspirado a seguir adelante a pesar de los múltiples obstáculos que nos pone la vida. Los momentos de estrés y ansiedad causados por el trabajo y la incertidumbre de la vida se vieron amenizados por tu compañía y palabras. Quedan en mi mente resguardadas las pláticas largas y todos los buenos momentos. Gracias por siempre estar y estoy segura de que triunfarás en cualquier cosa que te propongas en la vida.*

*También agradezco a mi padre y madre. En la medida en que pasan los años, observo que somos diferentes y tenemos una visión distinta de la vida, sin embargo, a pesar de las diferencias, reconozco el apoyo material que me han brindado para continuar estudiando.*

*Por otra parte, quiero resaltar el apoyo brindado de mis maestras en este periodo de formación. Quisiera iniciar agradeciendo al maestro Javier Alatorre Rico. Javier, han sido tanto los momentos que me es difícil ordenarlos todos, pero comenzaré por resaltar los consejos y palabras de apoyo (tanto a nivel académico y personal) que me has brindado a lo largo de todo este tiempo. También por crear las condiciones de posibilidad dentro del proyecto Aleph5 para que pudiera hacer realidad mi anhelo de estudiar la maestría. Creo que eres una persona amable y sincera que realmente tiene una pasión por hacer las cosas mejor en un mundo que cada día es mas complicado, y escuchar y ver todo lo que haces me resulta inspirador y un ejemplo a seguir. Espero que podamos seguir compartiendo mas momentos de trabajo y reflexión, que sin duda han representado un cambio en mi visión y forma de hacer las cosas, así que muchas gracias.*

*Agradezco a la Dra. Elisa Saad Dayán por su amabilidad y gentileza en la elaboración de este trabajo, ya que facilitó mucho las cosas para que pudiera titularme de forma oportuna.*

*Manifiesto mi gratitud a la maestra Marcela Gómez Sollano. Sus seminarios fueron inspiradores, pero retadores a la vez, y gracias a eso pude tener una mirada global sobre la educación y también de las diferentes realidades que se viven en América Latina. También, el haber escuchado sus clases, me hizo valorar de otra forma mi propio trabajo y tener los ánimos para continuar haciendo lo que hago dentro del proyecto Aleph5.*

*No quisiera dejar de mencionar a la Dra. Martha Corenstein y a la Mtra. Paty Piñones por haber aceptado ser parte del sínodo y sus comentarios amables a esta tesis.*

*Finalmente, quisiera agradecer a todo el equipo Aleph5, desde mis compañeros de equipo como a los maestros. Sobre mis compañeros de equipo, resalto lo importante que fue para mi contar con la compañía de Josué Castañeda Castillo. Josh, creo que eres una persona amable que has dado lo mejor de ti para hacer que el campo de Biología salga adelante. Eres un gran compañero de equipo y trabajar contigo me ha permitido aprender muchas cosas. Vas a lograr cosas muy importantes y espero que podamos seguir trabajando dentro del equipo Aleph5.*

*Para concluir, quisiera agradecer a todos los maestros que forman parte del equipo Aleph5 de Biología: Juan Hernández Delgado, Roxana Núñez Ramos, Brenda Elizabeth Bravo García, Iris Hayde González Santana, Francisco Pérez Mariscal, Selene Yazmín Contreras Landeros, Carlos Cortés Martínez, Ana Patricia García García, Carlos Hugo Basurto Torres y Paulina Cifuentes Ruiz. Todos ustedes han representado la fuente mas importante de aprendizajes, y si no fuera por ustedes este trabajo de investigación hubiera sido imposible. Su disposición y trabajo incansable con los estudiantes preparatorianos es lo mejor que tiene la ENP. Son los mejores maestros y gracias por permitirme conocerlos y darme cuenta de lo complejo, apasionante y transcendental que es el trabajo docente.*

*Gracias a cada uno de ustedes por permitirme conocerlos y estar a su lado, esta experiencia de la maestría es de lo mas significativo que me ha pasado y si pude lograr terminar fue gracias a ustedes.*

Esta investigación fue posible gracias al apoyo del **Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)**, por medio de la beca otorgada para mis estudios en el Programa de Maestría y Doctorado en Pedagogía, reconocido en el Programa Nacional De Posgrado de Calidad. Dicho apoyo fue acreditado por medio del Curriculum Vitae Único (CVU)**1102165**.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 1. LA IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN CIENTÍFICA</b> .....	19
<b>1.1 El papel que juega la Educación Media Superior para la formación científica</b> .....	20
<b>1.2 Las ciencias en el curriculum de la Educación Media Superior</b> .....	23
<b>1.3 Problemática nacional en el logro de aprendizajes en ciencias</b> .....	27
<b>CAPÍTULO 2. ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA DENTRO DEL PROYECTO EDUCATIVO</b> .	30
<b>2.1 Modos y usos de la ciencia</b> .....	38
<b>2.2 Pensamiento científico</b> .....	39
<b>2.3 Naturaleza de la ciencia</b> .....	41
<b>2.4 Relación ciencia, tecnología, sociedad y ambiente</b> .....	45
<b>CAPÍTULO 3. ENTORNOS VIRTUALES DE ENSEÑANZA PARA EL APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA</b> .....	49
<b>3.1 Entornos de enseñanza virtuales</b> .....	50
<b>3.2 Perspectiva sociocultural para el diseño de entornos virtuales de enseñanza</b> .....	54
<b>3.3 Entornos virtuales para la enseñanza de la Biología en Bachillerato</b> .....	61
3.3.1 Diseño de entornos coordinados para la alfabetización científica en Biología .....	64
<b>CAPÍTULO 4. PERSPECTIVA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE ENTORNOS VIRTUALES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b> .....	66
<b>4.1 Diseño en contexto</b> .....	67
<b>4.2 Diálogos co-generativos para el diseño de entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje</b> .....	69
<b>4.3 Ciclos iterativos de diseño</b> .....	72
<b>CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DEL CONTEXTO Y DISEÑO DEL ENTORNO DE ENSEÑANZA</b> ....	76
<b>5.1 Proceso de análisis del curriculum de la EMS y la ENP</b> .....	77
<b>5.2 Contexto y antecedentes de la ENP</b> .....	85
<b>5.3 Marco para el diseño del entorno virtual</b> .....	88
<b>5.4 Diseño del entorno virtual de enseñanza coordinado</b> .....	90

5.4.1. Actividades reales.....	91
5.4.2. Diseño de secuencias didácticas.....	95
5.4.3 Distribución y organización de las actividades .....	111
<b>CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>114</b>
<b>6.1 La actividad científica como promotora de capacidades de alfabetización .....</b>	<b>115</b>
6.1.2 Mantener la estructura de la actividad completa .....	120
6.1.3 Meta de la actividad: producto complejo y desafiante .....	124
<b>6.2 Uso de recursos para interpretar la actividad .....</b>	<b>126</b>
<b>6.3 Guía docente para el despliegue de capacidades científicas .....</b>	<b>128</b>
6.3.1 Preguntas para dirigir el pensamiento .....	132
<b>6.4 Visión holística de la Biología: desde la célula al ecosistema.....</b>	<b>136</b>
<b>CAPITULO 7. REDISEÑO DEL ENTORNO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE .....</b>	<b>143</b>
<b>7.1 Reorientación de la actividad científica.....</b>	<b>144</b>
7.1.1 Acciones dirigidas al cumplimiento de la meta.....	147
<b>7.2 Uso de recursos dirigidos al pensamiento científico.....</b>	<b>149</b>
<b>7.3 Ayudas para promover el pensamiento científico .....</b>	<b>152</b>
<b>7.4 Ajustes al plan anual de trabajo .....</b>	<b>155</b>
<b>CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>159</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>168</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>180</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Modelo de Alfabetización Científica.....	37
<b>Figura 2.</b> Fases para el diseño del entorno de enseñanza para Biología .....	74
<b>Figura 3.</b> Campo de ciencias naturales en el curriculum de la ENP .....	83
<b>Figura 4.</b> Asignaturas eje de Biología .....	84
<b>Figura 5.</b> Objetivos de aprendizaje para la asignatura de Biología.....	89
<b>Figura 6.</b> Propuesta de actividades.....	94
<b>Figura 7.</b> Estructura de la secuencia didáctica en función de la actividad societal.....	97
<b>Figura 8.</b> Desarrollo de la actividad en el espacio virtual .....	99
<b>Figura 9.</b> Sesiones de trabajo del contrato didáctico.....	103
<b>Figura 10.</b> Sesiones de trabajo de la actividad de tepache .....	108
<b>Figura 11.</b> Sesiones de trabajo de la actividad del caso de enseñanza .....	110
<b>Figura 12.</b> Secuencias didácticas que conforman el entorno de enseñanza coordinado para la asignatura de Biología IV.....	111
<b>Figura 13.</b> Distribución de actividades en el plan anual de trabajo .....	113
<b>Figura 14.</b> Proceso de análisis de la implementación de secuencias didácticas.....	115
<b>Figura 15.</b> .....	116
<b>Figura 16.</b> Descripciones de los alumnos sobre lo que son las epidemias .....	117
<b>Figura 17.</b> Testimonio de un alumno sobre la actividad del caso de enseñanza .....	118
<b>Figura 18.</b> Sesiones de trabajo con los maestros sobre la actividad del caso de enseñanza .....	119
<b>Figura 19.</b> Presentación de trabajos de modelado por parte de alumnos. Ciclo del carbono.....	122
<b>Figura 20.</b> Presentación de trabajos de modelado por parte de los alumnos. Ciclo del fósforo.....	122
<b>Figura 21.</b> Uso del chat por parte de los alumnos para explicar en dónde se encuentra el fósforo. ....	123
<b>Figura 22.</b> Bitácora de la actividad de germinación.....	124
<b>Figura 23.</b> Sesión de trabajo con maestros. Testimonio docente sobre la secuencia didáctica de germinación.....	126
<b>Figura 24.</b> Uso de modelo por parte de docente para promover capacidades científicas en los alumnos .....	128
<b>Figura 25.</b> Uso de esquema dentro de la secuencia didáctica de composta .....	129
<b>Figura 26.</b> Uso del experimento de Van Helmont como recurso para promover capacidades en los alumnos.....	130
<b>Figura 27.</b> Experimento de Van Helmont utilizado por otra docente dentro de la secuencia didáctica de composta .....	131
<b>Figura 28.</b> Cuestionamientos que usa la docente para promover capacidades científicas en los alumnos dentro de la actividad.....	134
<b>Figura 29.</b> Testimonio de un alumno respecto a la actividad de caso de enseñanza.....	135
<b>Figura 30.</b> Texto argumentativo realizado por estudiantes preparatorianos. ....	139
<b>Figura 31.</b> Extracto de ensayo realizado por estudiantes preparatorianos sobre el efecto del DDT.....	140
<b>Figura 32.</b> Estructura de la primera versión de la secuencia didáctica de germinación.....	145
<b>Figura 33.</b> Segunda versión de la secuencia didáctica de germinación .....	146
<b>Figura 34.</b> Primera versión de la secuencia didáctica de tepache .....	148
<b>Figura 35.</b> Segunda versión de la secuencia didáctica de tepache .....	149
<b>Figura 36.</b> Gráfico que ilustra la tasa de germinación .....	151

<b>Figura 37.</b> Sugerencias por parte de los docentes para hacer cambios a las secuencias didácticas .....	153
<b>Figura 38.</b> Preguntas para realizar a los alumnos en la secuencia didáctica de vacunas .....	155
<b>Figura 39.</b> Propuesta de plan anual de trabajo. Ciclo escolar 2023 .....	157

## RESUMEN

En el bachillerato, se espera que los estudiantes desarrollen capacidades de alfabetización científica, esto porque en el contexto histórico social actual, es deseado que las personas puedan encarar diversos problemas a nivel personal y social; particularmente, dentro de las ciencias naturales, la biología tiene relevancia ya que ofrece herramientas para comprender la relación del humano con el medio ambiente.

Reconociendo lo relevante de la educación científica en el área de biología a nivel bachillerato, el presente estudio tiene como propósito favorecer la calidad educativa dentro de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) para asegurar la formación de las y los alumnos. El objetivo general que tiene esta investigación es el diseño e implementación de entornos virtuales de enseñanza para el aprendizaje de la asignatura de Biología IV.

Para lograr el objetivo, la perspectiva metodológica que siguió este trabajo es la Investigación Basada en Diseño (IBD), que consiste en realizar ciclos iterativos de análisis, diseño y rediseño del entorno de enseñanza con la finalidad de crear las mejores condiciones para producir aprendizajes en los estudiantes de la ENP; además, la visión teórica que guio el diseño del entorno es la sociocultural, en la cual, se asume que el origen y desarrollo de las capacidades de alfabetización científica se da en condiciones de actividad auténticas en la cual, las personas puedan usar las herramientas y el conocimiento que la ciencia ha desarrollado.

Toda la investigación se dio en el marco de la iniciativa Aleph5, que es una alternativa que tiene como anhelo favorecer la calidad educativa en el contexto del bachillerato a través de crear condiciones para favorecer procesos de enseñanza y aprendizaje.

El trabajo dio como resultado el diseño de actividades de enseñanza que promovieron aprendizajes en términos de la alfabetización en la asignatura de Biología IV en estudiantes preparatorianos.

Las conclusiones a las que se llegaron son, que cualquier innovación educativa, requiere de una base teórica y metodológica que contemple la complejidad de la escuela y los obstáculos que se enfrentan a diario en el proceso de enseñanza y aprendizaje; también es imprescindible dar seguimiento sistemático a la implementación de las actividades diseñadas para observar el funcionamiento y analizar las posibles mejoras, por tanto, las innovaciones educativas que

pretendan transformar la realidad escolar, son procesos sistemáticos que deben estar sostenidos en el tiempo y que deben involucrar a la comunidad de docentes e investigadores.

***Palabras clave:*** Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje, Investigación Basada en Diseño, Alfabetización Científica, Bachillerato, Perspectiva Sociocultural.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación aborda el problema de la enseñanza de la ciencia en el contexto del bachillerato en México, en donde las intenciones de enseñar ciencia están puestas en la *alfabetización científica*, esto de acuerdo con el desarrollo e investigación actual sobre educación en ciencias (Holbrook y Rannikmae, 2007; Hodson, 2010; Kremer, Specht, Urhahne, y Mayer, 2013). De modo más específico, se espera que las personas que estén alfabetizadas científicamente desarrollen capacidades de pensamiento en tres rubros importantes que son: 1. comprender la naturaleza y el origen de la actividad científica (conocido como Naturaleza de la Ciencia o NOS por sus siglas en inglés), 2. conocer las formas y modos de la actividad científica, y 3. la comprensión del vínculo que existe en la ciencia, tecnología, la sociedad y el medio ambiente.

Las capacidades de alfabetización científica tienen un *origen sociocultural* (Daniels, 2003; Wertsch, 1988), es decir, es necesario crear condiciones en las cuales las personas puedan usar el conocimiento y herramientas que la ciencia ha desarrollado para analizar y reflexionar sobre lo que es la ciencia, la forma en como se hace, la forma en cómo impacta en la sociedad actual y los alcances y limitaciones que tiene. Por tanto, el que las personas desarrollen capacidades de alfabetización se debe a que han estado inmersas en contextos en donde han tenido oportunidad de usar y pensar la ciencia. Por este motivo este trabajo de investigación asume una visión sociocultural para el desarrollo y origen de la alfabetización científica (Cárdenas Lugo, 2020).

Ya que se ha dicho que el propósito educativo en ciencias es la alfabetización científica, sería importante anunciar brevemente el por qué hace sentido la dimensión de alfabetización científica en el contexto actual del bachillerato en México. El momento histórico y social en el que nos encontramos se caracteriza por una serie de graves problemas que es fundamental atender como lo son las crisis ambientales, la pobreza y la injusticia social y ante los rápidos y vertiginosos cambios de la sociedad, las personas deben desarrollar capacidades para tomar decisiones y acciones que les demanden hacer uso del conocimiento científico, por tanto, la formación científica es importante porque debe funcionar como instrumento que ayude a las personas a alcanzar una comprensión global sobre el entorno natural y social que le rodea y en

consecuencia, influir en la toma de decisiones para transformar el mundo (Hodson, 2003,2010). En este sentido, la dimensión de alfabetización científica es relevante porque va mucho más allá de la memorización de conocimientos ya que considera las dimensiones de la NOS, modos y usos de la ciencia y la vinculación ciencia-tecnología-sociedad y medio ambiente; dichas dimensiones de la alfabetización permitirían a las personas tener una visión crítica sobre la ciencia y también ver la manera en cómo puede impactar positivamente en la sociedad, conocer las complejas e íntimas relaciones entre los productos tecnológicos que consumimos, los procesos que los producen, los valores que los sustentan y el mundo natural que hay detrás. En síntesis, que la enseñanza de la ciencia se decante por la alfabetización brinda la oportunidad de ver la ciencia como una herramienta que permita a la sociedad hacer frente a los diversos y complejos problemas que enfrentamos en el contexto actual (Prieto, España, Martín, 2012).

Una vez que se ha reconocido que el eje de la enseñanza de la ciencia es la alfabetización, la propuesta de esta investigación es en el contexto del bachillerato y la razón de haber llevado a cabo el trabajo en la educación media superior (EMS) la mencionará a continuación. En México la EMS tiene un papel trascendental porque representa la culminación del ciclo de educación obligatoria y en este punto de la vida de las y los jóvenes que egresan de este nivel, la EMS debe capacitarlos para la vida laboral o para los estudios superiores, en este sentido, debe contribuir para la formación integral de los alumnos. Por otra parte, se sabe que de la demanda de la EMS ha aumentado en las últimas décadas y además, no todos los alumnos que culminan la EMS continuarán estudiando, por tanto, este nivel educativo pudiera representar la última oportunidad de muchos jóvenes de tener algún contacto formal con la ciencia. Entonces, dada la importancia de la EMS en la educación de las y los jóvenes, la alfabetización científica es fundamental porque representa una pieza que contribuye a la formación de los estudiantes porque brinda herramientas que pueden ser de utilidad ya sea en la vida personal, laboral o en los estudios superiores (Villa Lever, 2012, 2014).

La alfabetización científica en la EMS es una pieza clave en la formación de las y los jóvenes en México, pero de acuerdo con los resultados disponibles en diferentes evaluaciones sabemos que no se alcanzan los aprendizajes esperados en el área de ciencias. La prueba PISA que evalúa competencias, expone que el 80.76% de los estudiantes que terminan la secundaria presentan dificultades para usar el conocimiento científico en situaciones de la vida

cotidiana y que además conocen poco sobre los procedimientos que se usan en la ciencia (MEJOREDU, 2020).

En el año 2012, la misma prueba PISA que se aplica al final de la secundaria, se aplicó a estudiantes que egresaron de la EMS, y los resultados muestran que 68% de los estudiantes evaluados tienen problemas para usar el conocimiento científico en dar explicaciones y reconocer fenómenos científicos (INEE, 2015).

En términos generales, los resultados educativos tanto de aquellas evaluaciones que están centradas en competencias como de aquellas que se enfocan en habilidades o contenidos indican que hay un problema con el aprendizaje de la ciencia.

Dada la importancia que tiene la alfabetización científica, pero reconociendo la existencia de un problema educativo en el aprendizaje de la ciencia y, ante un contexto histórico y social que se caracteriza por problemas complejos que requiere de una ciudadanía que este lo suficientemente preparada es que nace el proyecto educativo Aleph5. *El proyecto Aleph5* es una alternativa que tiene como propósito favorecer la calidad educativa en el contexto del bachillerato a través de crear condiciones para favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en tres campos que son Ciencias, Matemáticas y Ciencias Sociales. El proyecto Aleph5 se fundó hace más de 15 años e inicialmente el nivel educativo en el que se trabajaba era preescolar, pero en el año 2018 hace un cambio hacia el bachillerato de la UNAM, de manera concreta dentro de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). El propósito del proyecto Aleph5 dentro del bachillerato de la UNAM es crear las condiciones que favorezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje para la formación integral de las y los alumnos preparatorianos. Para lograr el propósito que el Aleph5 se propone, se han planteado varios objetivos específicos que son: el diseño de actividades de enseñanza y aprendizaje, la elaboración de materiales y recursos didácticos, el diseño e implementación de herramientas para evaluar el progreso de las y los estudiantes, y por último la creación y consolidación de un equipo de trabajo en el cual se vean involucrados tanto maestros como investigadores educativos.

Una característica importante que tiene el proyecto Aleph5 es que el trabajo se hace de manera colaborativa entre maestros e investigadores educativos, de manera que todos los agentes involucrados aportan ideas y experiencias por igual, de esta forma se establecen relaciones horizontales y no de poder de unas personas sobre otras.

1. Es alrededor del proyecto Aleph5 donde se coloca el presente trabajo de investigación, el cual tiene como *propósito* favorecer la calidad educativa dentro de la ENP para asegurar la formación de las y los alumnos preparatorianos en el área de las ciencias biológicas y de la salud. El *objetivo general* que tiene esta investigación es el diseño e implementación de entornos virtuales de enseñanza para el aprendizaje de la materia de Biología IV dentro de la ENP. Para lograr el objetivo general, los objetivos específicos que se plantean son:
  1. diseño de secuencias didácticas para la enseñanza de la Biología,
  2. diseño de materiales didácticos digitales para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, y
  3. apoyo y trabajo colaborativo con una comunidad de docentes que trabajan dentro de la ENP

Me gustaría aclarar por qué el presente trabajo de investigación se decantó por la enseñanza de la biología y también comentar acerca de realizar este trabajo desde la virtualidad. La biología dentro del currículo de la ENP tiene un papel importante al ser una de las asignaturas “eje” del área II que corresponde a las ciencias biológicas y de la salud y por este motivo es conveniente enforzar esfuerzos para el diseño de actividades en esta asignatura (UNAM, 1997); además la Biología al ser una ciencia compleja cuyo objeto de estudio es la vida (desde la célula, un organismo hasta un ecosistema completo) permite comprender la importancia que tiene el medio ambiente y su deterioro, pero también abre la posibilidad de ofrecer alternativas respecto como el humano puede satisfacer sus necesidades sin degradar los ecosistemas del cual forma parte, es así, que desde la biología se pueden pensar en diversos escenarios de enseñanza en los cuáles se pongan en juego las dimensiones de la alfabetización científica, por ejemplo, la pertinencia sobre el uso de las vacunas, o crear un espacio en el cual los alumnos tengan que proponer alternativas ante el deterioro de los bosques y la deforestación (Sánchez-Ron, 2016).

Respecto a los motivos que orillaron a esta investigación a realizar el trabajo en un entorno virtual, se decidió hacerlo de esta forma porque la virtualidad ofrece mayores oportunidades como el acceso a infinidad de recursos que usados de manera adecuada apoyan el proceso de enseñanza, además es posible aprovechar de mejor forma los tiempos de trabajo sincrónico y de ser necesario, extender el trabajo a el espacio asincrónico. Todo el potencial que tiene la virtualidad va de la mano con la gestión y el trabajo que hace el maestro, en este sentido, la figura del profesor es relevante al ser quién acompaña y guía a los alumnos. También es bueno

recalcar que hacer uso de la virtualidad no implica que se despersonalice el proceso de enseñanza y aprendizaje, por el contrario, gracias a las herramientas de comunicación es posible la interacción entre pares y con el profesor, lo cual permite que dentro de las actividades de enseñanza los alumnos puedan compartir entre ellos saberes y experiencias y por su parte el profesor acompañar y ayudar en lo que los alumnos necesiten.

Para lograr los objetivos que esta investigación se ha planteado, la perspectiva metodológica que ha servido como referencia es la ***Investigación Basada en Diseño*** (IBD). La IBD es una perspectiva metodológica cuyo propósito es la mejora de prácticas educativas a través del análisis, diseño e implementación de diseños educativos. Una de las características de esta perspectiva es que se realiza de manera colaborativa entre investigadores y maestros y se hace dentro de la institución, por tanto, considera los elementos del contexto (Reimann, 2011).

De manera general, el proceso metodológico que siguió esta investigación inició con *el análisis del currículum y del contexto* institucional de la ENP, esto con la finalidad de conocer los objetivos educativos que se plantea la institución y también para indagar en las prácticas que existen en la ENP; también este primer acercamiento sirvió para conocer al equipo de profesores con el que se trabajó durante el desarrollo de esta investigación, este grupo de profesores imparten la asignatura de Biología IV.

El segundo momento de la investigación corresponde al ***diseño de actividades de enseñanza*** para la asignatura de Biología IV, este momento fue clave porque se discutió y negoció con los maestros las condiciones en donde sucederían los procesos de enseñanza-aprendizaje, se pensó en los recursos y se elaboró un plan anual de trabajo. Es necesario aclarar que los supuestos teóricos que guiaron el diseño de actividades de enseñanza fueron los de la teoría sociocultural, ya que la idea que hay detrás es que al crear actividades reales y que sean significativas para los estudiantes, es donde se desarrollarán las capacidades de alfabetización; además dentro de la teoría sociocultural, es fundamental considerar elementos como el uso de herramientas, la interacción entre pares y el andamiaje de un experto que en este caso, este papel lo desempeña el docente, es así, que los puntos que he mencionado anteriormente se consideraron para el diseño del entorno virtual. Aparte, en lo que refiere al diseño del entorno virtual, con los maestros se negoció la manera en cómo se iba a disponer del trabajo tanto sincrónico como asincrónico, así como en el uso de recursos y herramientas virtuales.

Después de haber diseñado las actividades de enseñanza, se prosiguió a su *implementación* durante el ciclo escolar 2021-2022; los profesores fueron los encargados de implementar las actividades y los investigadores educativos (donde yo me incluyó como parte del equipo de investigación) hacíamos observaciones dentro de las clases para después dialogar y discutir con los maestros posibles mejoras a la implementación.

Finalmente, al culminar el ciclo escolar y durante el periodo interanual de trabajo que corresponde a los meses de abril, mayo y junio, el equipo de maestros e investigadores se sentaron a analizar y dialogar el rediseño de las actividades de enseñanza.

A grandes rasgos, es posible observar que, lo que aporte este trabajo de investigación, es el proceso que se realizó para el diseño de un entorno virtual de enseñanza que responda a las necesidades de la institución y que contribuya a la formación de estudiantes preparatorianos. Para ahondar en todo el marco conceptual y metodológico que siguió esta tesis, el trabajo se organiza de la siguiente manera:

En el capítulo uno se presenta la relevancia que tiene la educación científica y el papel que desempeña la EMS en la enseñanza de la ciencia; así mismo, se expone la problemática que existe en México en los aprendizajes en ciencias en los jóvenes que egresan de la educación básica y entran a la educación media superior.

El capítulo dos explica a detalle la noción de alfabetización científica, la trascendencia que tiene usar esta visión en el ámbito educativo y como se usa esta visión como objetivos de aprendizaje en ciencias para el bachillerato.

En el capítulo tres se explica lo que son los entornos virtuales de enseñanza y la visión particular que tiene este trabajo sobre lo que debe tener un entorno virtual para que promueva aprendizajes. Además, se ilustra como la visión sociocultural puede ser una herramienta teórica que guie en el diseño del entorno virtual.

El capítulo cuatro aclara la perspectiva teórica que asume esta investigación y narra cada uno de los pasos que se siguió para el diseño del entorno de enseñanza.

Los capítulos cinco, seis y siete son los que iluminan el proceso de exploración, diseño, implementación y rediseño del entorno virtual; el capítulo cinco narra el momento de indagación del contexto de la EMS y de la ENP y después, el diseño de las actividades de enseñanza; el

capítulo seis expone el proceso de análisis de la implementación de las actividades de enseñanza; y el capítulo siete explica las modificaciones realizadas a la propuesta del entorno virtual.

Para finalizar, el octavo capítulo ilustra la discusión y conclusiones, en donde se enfatiza la relevancia de contar una visión teórica y metodológica para diseñar situaciones de enseñanza que verdaderamente quieran promover el adecuado desarrollo de formas de pensar especializadas en alumnos de bachillerato.

## **CAPÍTULO 1. LA IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN CIENTÍFICA**

En el ámbito educativo a partir de la década de los ochenta del siglo XX, ha tomado relevancia contar con una ciudadanía que se encuentre familiarizada con el saber científico ya que, resulta difícil comprender el mundo moderno sin entender el papel que juega la ciencia en la vida cotidiana dado que, las ciencias naturales se han incorporado a la vida social a tal punto que se han convertido en clave esencial para interpretar y comprender la cultura de nuestro tiempo (Aikenhead, 2005). El desarrollo científico constituye un factor decisivo en los cambios sociales, económicos y políticos en nuestra sociedad actual en donde la ciencia se encuentra enlazada al sistema global de acciones de cambio en la naturaleza que domina en diversos ámbitos de la sociedad (industria, la medicina, el ocio, la educación, el deporte, las artes, las relaciones interpersonales, etcétera) (Sánchez-Ron, 2016).

Considerando el papel que juega la ciencia en la sociedad, es necesario reconocer que el mundo en el que hoy vivimos, existen graves problemáticas que la humanidad necesita atender, como las crisis ambientales (agotamiento del agua, calentamiento global, contaminación del aire, agua, y de la tierra), la pobreza y la injusticia social por tanto, necesitamos educar a la ciudadanía para que pueda afrontar una vida en un mundo del que sabemos se caracterizará por un cambio sustancial, rápido y complejo, lo que puede resultar en algo desconcertante y desolador. En este orden de ideas, algo de deberíamos preguntarnos es: ¿qué tipo de educación científica es apropiada para este mundo incierto? Es evidente que una persona no necesita conocer a fondo el funcionamiento de los artefactos tecnológicos (como los celulares, tablets, computadoras) que utiliza para desenvolverse de manera adecuada en la sociedad, sin embargo, cada vez más se le pedirá a la ciudadanía que sean capaces de emitir juicios y tomar decisiones importantes sobre su vida personal o social que indiscutiblemente deberán estar sustentadas en el conocimiento científico. Lo anterior dicho en otras palabras es que aquellos que no tengan una comprensión básica de las formas en que la ciencia y la tecnología impactan en el entorno natural y social, se verán significativamente desempoderados y susceptibles de ser desorientados en el ejercicio de sus derechos dentro del contexto social que le toque vivir. Las repercusiones de no estar emparentados con el saber científico es que será difícil eliminar la pobreza, la injusticia y resolverán poco las crisis ambientales actuales (Hodson, 2003).

Entonces, la formación científica en la ciudadanía es importante porque debe funcionar como instrumento que ayude a las personas a alcanzar una comprensión global sobre el entorno natural y social que le rodea y en consecuencia influir en la toma de decisiones que puedan transformar el mundo. Es pertinente señalar que la formación científica que sirva como instrumento para la transformación implica mucho más que la adquisición y comprensión de conocimientos y habilidades, también es sustancial el desarrollo de cualidades y actitudes personales y la capacidad de pensar críticamente sobre una amplia gama de temas que atraviese una dimensión científica y tecnológica, por tanto, el objetivo de la educación científica es que la juventud observe de manera crítica la sociedad que tenemos y los valores que la sustentan y puedan preguntarse lo que se puede hacer y transformar para garantizar un futuro para una vida digna (Prieto, España, Martín, 2012).

Para lograr que la ciudadanía desarrolle capacidades de pensamiento crítico la educación científica debería mostrar las complejas e íntimas relaciones entre los productos tecnológicos que consumimos, los procesos que los producen, los valores que los sustentan y el mundo natural que hay detrás. Si la educación científica no incluye los problemas que aquejan a la sociedad sería reforzar el status quo y contribuir a la problemática, pues no daría la oportunidad de pensar más allá de los contenidos disciplinares (Hodson, 2010).

En síntesis, la formación científica debe promover la comprensión de diversos fenómenos y de procesos a través de los cuales se hace la ciencia y que, además resulten pertinentes en la sociedad. Los individuos requieren de una formación científica y tecnológica que demanda dar respuesta a diversas problemáticas y es por este motivo que la educación debe ofrecer oportunidades para que los jóvenes estudiantes piensen más allá del contenido, también en las fuerzas sociales, políticas y económicas que hay detrás de la actividad científica y que puedan formular sus propios puntos de vista sobre una variedad de temas contemporáneos y se preocupen y tomen agencia sobre ellos.

### **1.1 El papel que juega la Educación Media Superior para la formación científica**

En México el propósito que persigue la educación obligatoria es contribuir a formar ciudadanos libres, responsables e informados para que participen de forma activa en la vida social,

económica y política del país. En este contexto nacional el perfil de egreso, que se refiere al conjunto de conocimientos, habilidades y valores que deben alcanzar los estudiantes al culminar la educación obligatoria, ha de concretarse al término de la Educación Media Superior (EMS). La EMS al ser el último nivel educativo obligatorio tiene especial importancia, porque es ahí donde se condensan y refuerzan los aprendizajes de los niveles educativos anteriores (SEP, 2017).

La EMS se entiende como el “*espacio para formar personas con conocimientos y habilidades que les permitan desarrollarse en sus estudios superiores o en el trabajo y, de forma más amplia, en la vida*” (SEP, 2017, p. 45). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2004) expone que el nivel medio superior tiene importancia ya que debe consolidar la educación secundaria como preparación para los estudios terciarios y proporcionar habilidades adecuadas para ingresar al mundo laboral. Entonces, la EMS se identifica por realizar una enseñanza más diversificada y especializada que asegure que la formación que reciban los jóvenes estudiantes les brinde las habilidades mínimas para el trabajo, en otras palabras, debe dar el soporte para una vida adulta plena y productiva y fomente el ejercicio de los derechos y obligaciones de las personas.

En México, la EMS tiene un papel relevante porque representa la culminación del ciclo de educación obligatoria, debe formar para los estudios superiores, formar para la ciudadanía y preparar para ingresar al mundo de trabajo. Diversos estudios afirman que, si la EMS cumple con su cometido de preparar adecuadamente a los jóvenes, existen diversos beneficios a nivel social, como el mejoramiento de la productividad, la movilidad social, reducción de la pobreza, la construcción de la ciudadanía y el fortalecimiento de la cohesión social (INEE, 2013; Vidales, 2009; Villa Lever, 2012, 2014). Además, organismos internacionales como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) exponen que aquellos que no concluyen la EMS quedan expuestos a un alto grado de vulnerabilidad social debido a que sus ingresos laborales tienden a ser más bajos y tiene un elevado riesgo de transformarse en personas excluidas del desarrollo social (CEPAL, 2010). Es así, que debido a que la EMS contribuye al desarrollo económico y social y puede ayudar a superar la pobreza convirtiéndose en una herramienta social de transformación, además de contribuir al desarrollo personal de los jóvenes, es que el gobierno mexicano en el año 2012 decide que la EMS adquiriera el carácter de obligatorio (INEE, 2013).

Por todos los elementos que se han descrito anteriormente, el que la ciudadanía culmine la EMS trae diversos beneficios al contribuir a la conformación de una sociedad más justa y equitativa, y estos propósitos que persiguen la EMS pueden concretarse a través de la educación científica. Como se mencionó en el primer apartado de este capítulo, la educación científica puede utilizarse como aparato que permita dar respuesta a las problemáticas que enfrenta la humanidad, por tal motivo es importante que la EMS ofrezca oportunidades para que los estudiantes vean que a través de la ciencia se puede comprender y transformar el mundo. Dentro de la RIEMS, las ciencias experimentales juegan un papel importante y el objetivo que persiguen en los estudiantes es que *“conozcan y apliquen los métodos y procedimientos de dichas ciencias para la resolución de problemas cotidianos y para la comprensión racional de su entorno. Tienen un enfoque práctico y se refieren a estructuras de pensamiento y procesos aplicables a contextos diversos, que serán útiles para los estudiantes a lo largo de la vida, sin que por ello dejen de sujetarse al rigor metodológico que imponen las disciplinas que las conforman”* (SEP, 2017, p 49). En suma, educar científicamente en el bachillerato representa una oportunidad para que los jóvenes desarrollen capacidades que contribuyan a tener una ciudadanía más empoderada que sea capaz de tomar decisiones importantes que incidan sobre su vida.

A pesar de todos los beneficios que tiene la EMS y del carácter obligatorio que adquirió en el 2012, existen datos que indican el bajo logro educativo que existe en este nivel. En los últimos treinta años hubo un crecimiento marcado en la demanda de la EMS, ya que paso de un 25% en 1980 a un 70% en 2013 (Villa Lever, 2014). Sin embargo, estas cifras resultan preocupantes al constatar que la eficiencia terminal no ha cambiado en las últimas tres décadas, pues de cada 100 alumnos que inician la primaria, solo 52 logran terminar el bachillerato general (SEP, 2020). Según datos de la Subsecretaria de Educación Media Superior (SEMS, 2013), el 61% de quienes abandonan el bachillerato lo hacen en su primer año.

Las implicaciones que conlleva el que los jóvenes no culminen el bachillerato son muchas. Primero es necesario reconocer el carácter obligatorio de la EMS, por tanto, se vuelve en una condición indispensable para entrar en la vida laboral y tener mejores perspectivas de empleo. En segundo lugar, está el hecho de que hoy día vivimos en una época que se caracteriza por transformaciones importantes en el ámbito político, económico y cultural y dado el ritmo de estas transformaciones la EMS es fundamental para que los jóvenes desarrollen las capacidades que les

ayuden a tomar decisiones fundamentadas en el conocimiento. Puesto en otras palabras, el que la ciudadanía no culmine la EMS coarta las posibilidades de obtener una educación general y científica que les permita desenvolverse de manera adecuada (Villa Lever, 2014). Vale la pena mencionar que diversos organismos internacionales coinciden al reconocer que las personas que tienen la educación media superior tienen mejores probabilidades de empleo sin importar su edad, lugar de residencia o condición de género, asimismo de contribuir a la mejora de su salud física y mental y derivado de ello su longevidad y estado de bienestar (CEPAL, 2010).

Asimismo, si pensamos que la EMS representa el último nivel educativo que cursará el 70% de la población, adquiere importancia asegurar que las condiciones educativas que se ofrezcan sean las adecuadas para que la ciudadanía tenga la oportunidad de adquirir los aprendizajes necesarios para encarar una vida de vertiginosos cambios.

Si realmente se quiere formar a la ciudadanía en ciencias para que aporten elementos para la construcción y transformación del país y la resolución de los problemas ingentes que asechan a la sociedad de nuestro tiempo, es imprescindible que dentro de la EMS se construyan las condiciones que posibiliten que los alumnos culminen este nivel educativo. Sabemos que aquellos que no ingresen o deserten tendrán serias dificultades para encontrar un buen empleo y que estarán desempoderados de tomar decisiones que impacten su vida en el ámbito personal y social. Es innegable que la escuela es el lugar en donde se pueden aprender habilidades y conocimientos científicos que funjan como herramientas de cambio, pero hasta que la escuela no construya posibilidades que sean interesantes para los jóvenes y que les den motivos para seguir estudiando, no será posible cumplir el anhelo de escolarizar a la ciudadanía para edificar una sociedad más justa y equitativa.

## **1.2 Las ciencias en el curriculum de la Educación Media Superior**

En México la educación obligatoria está conformada por cuatro niveles educativos que son el preescolar, primaria, secundaria y la Educación Media Superior. Estos cuatro niveles educativos han articulado sus trayectorias de aprendizajes y al finalizar la educación obligatoria, se espera que los estudiantes alcancen un perfil de egreso que se conforma por once ámbitos los cuales son:

- Lenguaje y comunicación
- Pensamiento matemático

- Exploración y comprensión del mundo natural y social
- Pensamiento crítico y solución de problemas
- Habilidades socioemocionales y proyecto de vida
- Colaboración y trabajo en equipo
- Convivencia ciudadana
- Apreciación y expresión artísticas
- Atención al cuerpo y a la salud
- Cuidado del medio ambiente
- Habilidades digitales

Dentro del perfil de egreso está el ámbito de exploración y comprensión del mundo natural y social y es ahí donde convergen las diferentes disciplinas de las ciencias naturales (SEP, 2017). Por tanto, podemos decir que en México la educación científica juega un papel importante al ser uno de los pilares de la educación puesto en los planes y programas de estudio desde educación básica hasta la media superior, ya que se espera que los alumnos desarrollen la capacidad de obtener, registrar y sistematizar información, consulten fuentes relevantes, realicen análisis e investigaciones pertinentes; aparte comprender la interrelación de la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente en contextos históricos y sociales, identifiquen problemas y formulen preguntas de carácter científico así como el planteamiento de hipótesis necesarias para responderlas (SEP, 2016; Gobierno de México, s.f.).

Respecto al bachillerato, la EMS es un universo amplio porque confluyen diversos proyectos educativos con sus respectivos objetivos, y es por este motivo que en el 2008 el gobierno mexicano impulsó la Reforma Integral de Educación Media Superior (RIEMS) con el propósito de dar uniformidad a las líneas de aprendizaje y asegurar que cualquier estudiante que egrese de cualquier subsistema de la EMS, tenga las mismas capacidades que le permitan desenvolverse de manera adecuada ya sea en los estudios universitarios o en la vida laboral (INEE, 2013).

El mecanismo utilizado en la RIEMS para dar uniformidad al bachillerato nacional fue a través de la creación del Marco Curricular Común (MCC). El MCC engloba el perfil de egreso y describe todos los conocimientos, habilidades y actitudes que los alumnos de la EMS deben alcanzar sin importar el subsistema del cuál egresen. El perfil de egreso se compone por competencias genéricas, competencias disciplinares y las profesionales. El rubro de competencias

disciplinarias se encuentra dividido en dos partes, 1) competencias disciplinarias básicas y 2) competencias disciplinarias extendidas. El rubro que corresponde a las competencias disciplinarias básicas se refiere a las habilidades, actitudes y conocimientos relacionados con las disciplinas básicas que históricamente han desarrollado los saberes que todos los estudiantes de bachillerato deben saber y estas disciplinas son Física, Biología y Ecología. Entonces, es posible apreciar que, dentro de la RIEMS, la enseñanza de las ciencias naturales tiene un lugar fundamental al ser parte de los aprendizajes que los alumnos deben adquirir, sin embargo, hay que recordar que dichos aprendizajes van más allá de los conocimientos y se espera que los estudiantes conozcan y apliquen los procedimientos de las ciencias para la resolución de problemas de su entorno y como una forma de comprender el mundo (SEP, 2017).

Como se señaló anteriormente, el MCC es el mecanismo por el cual se da uniformidad al bachillerato mexicano, pero sin que esto signifique que los diferentes subsistemas pierdan su identidad, por tanto, el planteamiento de las competencias sirve como marco de referencia para que cada subsistema de bachillerato plantee sus intenciones educativas específicas acorde con sus características y objetivos particulares.

A continuación, se presentarán las características generales de las propuestas educativas respecto a la enseñanza de las ciencias en dos subsistemas de bachillerato que se rigen bajo la mirada de la RIEMS (Dirección General de Bachillerato y Dirección General de Bachillerato tecnológico), y del bachillerato de la UNAM (Colegio de Ciencias y Humanidades y Escuela Nacional Preparatoria).

El plan de estudios de la Dirección General de Bachillerato (DGB) en el primer y segundo semestre los alumnos deben cursar la asignatura de Química I y II; en tercer y cuarto semestre cursan Física I y II, y Biología I y II; en el sexto semestre cursan Ecología y Medio Ambiente. Las asignaturas mencionadas forman parte del Componente de Formación Básico y el objetivo que se persiguen estas asignaturas es fortalecer los aprendizajes adquiridos por los alumnos y amplifiquen sus conocimientos, habilidades, actitudes y valores relacionados al campo de las ciencias experimentales (Reynoso Angulo y Chamizo Guerrero, 2017).

En el caso de la Dirección General de Bachillerato Tecnológico Industrial (DGETI) durante el primer y segundo semestre los estudiantes deben cursar las asignaturas de Química I y II; en tercer semestre Biología; en cuarto semestre Física I y Ecología; y en quinto semestre Física II y

Ciencia, Tecnología, Sociedad y Valores. Las asignaturas de ciencias experimentales también forman parte del Componente de Formación Básica, y el propósito general que persiguen es que los estudiantes se familiaricen con los conceptos y modelos científicos que les permita realizar interpretaciones de la realidad, así como el desarrollo de habilidades de pensamiento, ofrecer explicaciones, realizar hipótesis y pensamiento crítico (Reynoso Angulo y Chamizo Guerrero, 2017).

Respecto al bachillerato de Universidad Nacional Autónoma de México, el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) ofrece las siguientes asignaturas asociadas a las ciencias naturales: Química I en primer semestre; en tercer semestre Física I y Biología I; en cuarto semestre Física II y Biología II; en quinto semestre como optativa Biología III, Física III y Química III; y en sexto semestre como optativa Biología IV, Física IV y Química IV (Reynoso Angulo y Chamizo Guerrero, 2017).

Por su parte, el plan de estudios que rige actualmente a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) ha sufrido diversos cambios hasta llegar al plan de 1996. Recientemente, la ENP ha realizado una actualización curricular en donde se han replanteado algunos contenidos de sus programas de estudio y se apuesta por un aprendizaje significativo a partir de analizar problemáticas en contextos reales en donde el estudiante ocupa el papel central en el proceso educativo de aprendizaje (Valle Martínez, 2018).

El plan de estudios de la ENP está compuesto por cuatro campos de conocimientos, pero es el campo de las Ciencias Naturales en donde se encuentran las disciplinas de corte experimental y científico. Es importante mencionar que, en el plan de estudios de la ENP, cada campo de conocimientos se identifica una asignatura eje, que funge como guía para establecer la coherencia y congruencia interna del campo, y definir contenidos antecedentes y consecuentes para lograr la formación en cada campo (UNAM, 1997).

El campo de Ciencias Naturales se encuentra constituido por las materias de Biología, Química, Morfología-Fisiología y Salud, y Psicología e Higiene Mental. La materia eje del campo de ciencias naturales es Biología (UNAM, 1997).

Como hemos podido constatar, en los diferentes subsistemas de la EMS, así como en el bachillerato de la UNAM, la ciencia ocupa un lugar central, en este sentido podemos decir que es

unánime la importancia que se le da en el currículum. Además, es posible señalar que las intenciones educativas que se persiguen en la enseñanza de la ciencia hay una fuerte predominancia de la alfabetización científica en la que se enfatiza el conocimiento y el desarrollo de habilidades y valores en contextos de aplicabilidad (Reynoso Angulo y Chamizo Guerrero, 2017).

### **1.3 Problemática nacional en el logro de aprendizajes en ciencias**

Las ciencias naturales han formado parte esencial del currículum nacional dada su importancia en el contexto de la vida social. A pesar de los esfuerzos realizados en materia educativa para replantear los objetivos de aprendizaje en ciencias y hacerlos compatibles con las exigencias del siglo XXI, es un hecho que los estudiantes mexicanos presentan serias deficiencias respecto a sus aprendizajes en esa área y esta situación, se refleja en los resultados de las diferentes evaluaciones efectuadas tanto a nivel nacional como internacional (INEE, 2015).

Las pruebas realizadas que muestran los aprendizajes en el área de ciencias constituyen herramientas que permiten evaluar de forma periódica los logros alcanzados por los estudiantes mexicanos a lo largo del tiempo; independientemente del tipo de prueba aplicada a la población estudiantil en México, los resultados muestran rezagos importantes, lo cual es indicio de que existe una problemática en cuanto al aprendizaje de la ciencia y que por tanto, los propósitos educativos dentro del campo de Exploración y Conocimiento del Mundo Natural propuesto en el currículum no se están concretando.

Para comentar la problemática educativa en el aprendizaje de la ciencia, a continuación, se presentarán los resultados de aprendizaje de tres evaluaciones, la primera será de PISA 2018 cuya aplicación corresponde a la etapa en la cual los alumnos terminan su educación básica; de PISA Grado 12 que muestra resultados de aprendizaje de alumnos que terminaron la EMS; finalmente se exponen los resultados del examen diagnóstico de los alumnos que ingresan a la licenciatura de la UNAM. Esta revisión permite observar que, en términos generales, los aprendizajes en ciencias son deficientes cuando los jóvenes inician los estudios de bachillerato y cuando los terminan, lo cual es un indicio de que no se logran las metas educativas propuestas en el currículum nacional.

## **Resultados del logro educativo al finalizar la Educación Básica**

A nivel mundial, el Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA), es una prueba que se encarga de evaluar los sistemas educativos de diversos países, con el objetivo de mejorar la calidad educativa. A partir de los resultados, se obtiene información relevante para la toma de decisiones respecto a políticas públicas que permitan el progreso de los países participantes. De manera concreta, la prueba PISA en el área de ciencias evalúa la capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar y extraer conclusiones basadas en pruebas empíricas con la finalidad de comprender y tomar decisiones sobre el mundo social y natural. Dentro de la prueba PISA se presentan seis niveles de progreso, donde el nivel 1 representa un desarrollo mínimo y elemental de capacidades científicas y el nivel 6 representa la culminación y el desarrollo integral de capacidades científicas. Asimismo, hay que mencionar que PISA se aplica a jóvenes de 15 años, lo que significa que en México esta prueba se administra a estudiantes al término de la educación básica (MEJOREDUE, 2020).

De acuerdo con las cifras obtenidas de la aplicación PISA 2018, en México el 80.76% de jóvenes se coloca en los niveles 1 y 2, 18.99% alcanzan el nivel 3 y 4, solo el 0.25 se posiciona en el nivel 5 y 0% de la población alcanza el nivel 6. Estos resultados exhiben que la mayor parte de los estudiantes al egresar de la secundaria, solo son capaces de utilizar el conocimiento científico básico o cotidiano para reconocer aspectos de fenómenos familiares o sencillos, además pueden identificar únicamente patrones simples en un conjunto de datos, reconocen términos científicos básicos y necesitan seguir instrucciones explícitas para llevar a cabo un procedimiento científico (MEJOREDUE, 2020).

## **Resultados del logro educativo al finalizar la Educación Media Superior**

En el año 2012, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) toma la decisión de aplicar la prueba PISA 2012 a una muestra de estudiantes de último año de la EMS con el propósito de contar con información sobre los aprendizajes adquiridos por los alumnos al finalizar el bachillerato, y a esta aplicación de la prueba PISA a los alumnos de la EMS se le conoce como PISA Grado 12. Los resultados de la aplicación de PISA Grado 12 en el área de ciencias muestran que, en México el 68% alcanzan el nivel 1 y 2 de competencia científica, el 31% se encuentra en el nivel 3 y 4 y solo 1% se sitúan en el nivel 5 y 6. En términos generales, estos resultados muestran los jóvenes mexicanos solo pueden reconocer una explicación sencilla

para fenómenos científicos familiares y pueden usar dicho conocimiento para identificar si una conclusión es válida en función de los datos proporcionados (INEE, 2015).

### **Resultados de aprendizaje al inicio de los Estudios Superiores**

Por su parte, la UNAM por medio de la Coordinación de Desarrollo Educativo e Innovación Curricular (CODEIC), diseña y evalúa el examen de diagnóstico de conocimientos que las facultades aplican a todos los estudiantes de primer ingreso a la licenciatura, con la finalidad de conocer el nivel formativo que tienen los alumnos y de esta forma diseñar y aplicar estrategias de apoyo pedagógico para elevar la calidad educativa. El examen diagnóstico tiene 120 reactivos que avalúan temas que se espera todos los alumnos conozcan al egresar del bachillerato. Es conveniente mencionar que este examen tiene preguntas de las principales disciplinas, pero dependiendo del área en la que se encuentre la carrera que están por cursar los alumnos, habrá más preguntas de algún tema particular, por ejemplo, el examen aplicado a los estudiantes de las carreras de las Ciencias Biológicas y de la Salud (CBS), tiene más preguntas sobre Biología y Química y menos preguntas sobre Historia, Geografía y Literatura. Los resultados de esta evaluación aplicada a los estudiantes cuyas carreras pertenecen al área de las CBS arrojan que la media de aciertos alcanzada fue de 42.50 para los ingresaron por medio de pase reglamentado, y de 49.23 para quienes ingresaron por concurso de selección. A rasgos generales, los resultados del examen diagnóstico de ingreso a la licenciatura de la UNAM reflejan que los alumnos cuando terminan el bachillerato no poseen los conocimientos apropiados de las principales disciplinas, sin importar el bachillerato del cual provengan (CODEIC, 2020).

La existencia de estos datos sugiere la existencia de un severo problema educativo en el aprendizaje de la ciencia, ya que los alumnos en México no logran consolidar sus aprendizajes al final de la secundaria y tampoco al final del bachillerato. Este problema educativo trae implicaciones como la dificultad de que los alumnos accedan a niveles posteriores de educación y en el futuro, puedan ocupar posiciones de poder y liderazgo que les permitan tomar decisiones responsables e informadas para mejorar las condiciones de la sociedad a la que pertenecen.

## **CAPÍTULO 2. ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA DENTRO DEL PROYECTO EDUCATIVO**

Este capítulo tiene el propósito de presentar una descripción acerca de los aprendizajes que se busca promover en la enseñanza de las ciencias naturales a nivel de educación media superior (EMS) y para tratar esta cuestión, hay que recordar que el curriculum de la EMS en México menciona que la meta que se quiere alcanzar con las y los jóvenes es prepararlos para la vida personal, académica y profesional, en este sentido, se espera promover habilidades que les sean útiles para desempeñarse adecuadamente en la sociedad.

Aparte de considerar los objetivos educativos planteados por el curriculum, es conveniente mencionar que el contexto actual en el que se desenvuelve la sociedad es complejo, debido a las múltiples problemáticas sociales y ambientales que enfrenta la humanidad. Son pocas las partes del planeta que están libres de la intervención humana, ya que el hombre actúa sobre el entorno natural y lo modifica para conveniencia de intereses económicos y políticos, por ejemplo, la continua tala de árboles y la agroindustria son actividades que a lo largo del tiempo han deteriorado los suelos, o las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por diferentes industrias (Hodson, 2010).

Estos cambios sociales y ambientales que ha sufrido el entorno natural y el contexto social en el que vivimos no es fortuito y tiene que ver con la forma en como el hombre reproduce la vida, y esta forma de generar la vida mucho tiene que ver con el desarrollo científico y tecnológico, por tanto, sería notable que la educación brindará a las y los alumnos la comprensión de que la ciencia no es una actividad neutral, sino que está cargada de intereses y valores, en este sentido, Hodson menciona que la educación científica debería hacer pensar a los educandos lo siguiente:

*“Los cambios sociales inquietantes y las profundas preocupaciones éticas que surgen de las innovaciones científicas y tecnológicas han hecho que muchos vean la ciencia como una amenaza potencial para las formas de vida familiares y cómodas; la creciente comercialización, industrialización y militarización de la ciencia han demostrado de una vez por todas que la ciencia no es libre de valores y desinteresada. La fusión de la ciencia y la tecnología en la tecnociencia, la apropiación de la capacidad de creación de conocimiento de la ciencia para*

*promover los intereses del rico y poderoso, y la usurpación del esfuerzo científico y tecnológico por el objetivo de niveles cada vez mayores de consumo material, han cambiado profundamente los contextos sociopolíticos y ético-morales de la práctica científica y tecnológica, y esto debería formar parte de la educación científica” (Hodson, 2003, pag. 649).*

Reconociendo el papel que ha tenido la actividad científica en la sociedad, también es posible pensar en una ciencia que responda y ayude a encontrar soluciones a las diversas dificultades que hoy enfrenta la humanidad. Considerando el escenario social y los anhelos que plantea el curriculum para la formación de las y los jóvenes, cabe preguntarse ¿qué tipo de educación científica se necesita y es pertinente? La pregunta anterior es amplia y compleja de contestar, sin embargo, muchos estudiosos comparten la idea de que la educación científica tiene que responder y preparar a los estudiantes a los retos que enfrenta la humanidad, y en esta idea, la educación debe abarcar mucho más que la comprensión y memorización de conceptos científicos. Al respecto, Hodson (2010) expone que las clases de ciencia deberían enfatizar el uso y aplicaciones de la tecnología, así como los procesos sociales a partir de los cuáles se genera el conocimiento científico; igual de importante sería que las y los docentes presentarán a sus alumnos casos históricos donde la ciencia ha tenido un papel importante en la resolución de alguna dificultad.

Partiendo de la idea de que la educación científica debe responder al contexto socio-histórico en el cual se vive y que los procesos de enseñanza deben ir más allá que solo la memorización de conceptos o procedimientos, es útil retomar la visión de Alfabetización Científica como propósito educativo para la enseñanza de las ciencias, la cuestión aquí es ¿qué idea de alfabetización es importante retomar?

A lo largo del tiempo, la acepción de alfabetización científica ha tenido diversas connotaciones, empezando por aquellos que la piensan como la capacidad de leer e interpretar artículos de periódicos o revistas (Norris y Phillips, 2003), otros como la apropiación de conocimientos (Hewson, 2002) y los que la piensan como la capacidad de utilizar el conocimiento científico y sus implicaciones en la sociedad y el medio ambiente (DeBoer, 2000). El término de alfabetización científica comenzó a usarse durante la década de los cincuenta del siglo XX y aludía a la comprensión de la estructura básica de las disciplinas, es decir, estaba enfocado en la disciplina y orientado a la carrera, en lugar del uso del conocimiento para el

beneficio de los individuos o el progreso social. La transformación del significado de alfabetización científica se debe a dos cuestiones importantes: 1. la visión que se tiene sobre la ciencia y el impacto en la sociedad; 2. y el papel que ocupa la escuela sobre la enseñanza de la ciencia (DeBoer, 2000).

Respecto a la visión de la ciencia y su uso en la sociedad, Hurd (1998) menciona cuatro aspectos que han redireccionado la forma en cómo se piensa la actividad científica. El primer aspecto tiene que ver con los diversos campos de acción que tiene cada disciplina científica, por ejemplo, tan solo en la Biología existen más de 400 campos de investigación. Esta variedad implica que el conocimiento científico se desarrolla rápidamente y cada día se sabe algo nuevo del mundo natural, por tanto, pensar la ciencia únicamente en términos de conceptos y leyes inamovibles resultaría incoherente.

El segundo aspecto relacionado a la ciencia tiene que ver con el desarrollo tecnológico. Hoy día, la tecnología es lo que llega a determinar qué es probable que se descubra. A modo de ejemplo, gracias al microscopio de barrido es posible observar las estructuras y el comportamiento de los virus, lo cuál ha sido de mucha utilidad para comprender como es que infectan a un organismo y lo enferman.

El tercer punto tiene que ver con que la ciencia y la tecnología “hibridan” cada vez más, y para esto podemos pensar en disciplinas como la bioquímica, la neurobiología, la biofísica etcétera. Esta hibridación de diferentes disciplinas obliga a pensar la ciencia como una actividad compleja que necesita de diversos conocimientos para comprender la realidad o para la resolución de un problema en particular.

El cuarto aspecto tiene el foco de atención sobre la ciencia, pues ahora la actividad científica se dedica menos al establecimiento de nuevas teorías y leyes y ahora presta más atención a los aspectos funcionales en relación con el bienestar humano y desarrollo económico, el progreso social y la calidad de vida.

Los cuatro puntos anteriores se relacionan con la visión de la ciencia y estas características tendrían que verse reflejadas en la concepción de alfabetización científica. Ha llegado a ser tan importante la visión que se tenga sobre ciencia sobre el termino de

alfabetización científica que autores como Hurd consideran que la perspectiva actual que se tenga sobre ciencia debe ser la base para darle significado.

Por otra parte, reconociendo la visión y el papel que tiene la ciencia, igual de importante es que la educación científica considere lo que es la ciencia. Hoy día, el curriculum escolar se ha alineado con esta visión de ciencia más dinámica, y particularmente la EMS dentro del marco de las disciplinas científicas se centra en que los estudiantes se familiaricen con las prácticas científicas en situaciones o problemas reales.

En síntesis, la visión que se tiene sobre la ciencia tiene un impacto sobre la concepción de alfabetización científica y a grandes rasgos, es posible reconocer dos puntos de vista principales sobre este concepto: 1. la alfabetización científica centrada en el papel del conocimiento y, 2. La alfabetización científica referida a la utilidad que tiene en la sociedad (Holbrook y Rannikmae, 2009).

Retomando las características brindadas por Hurd (1998) sobre el papel cambiante, dinámico y holístico que caracteriza a la ciencia, es coherente retomar la visión dos sobre alfabetización científica. Muchos autores abogan por una visión de alfabetización científica referida a su uso en la sociedad porque se alinea con la concepción de que la ciencia tiene un impacto social (Holbrook y Rannikmae, 2009; Acevedo Diaz, Vázquez Alonso y Manassero Mas, 2003). A continuación, se enunciarán algunas de las visiones más representativas de la visión dos y al final se describirá la visión que tiene el presente proyecto de investigación sobre alfabetización científica.

En la concepción de Hurd (1998), interpreta la alfabetización científica en función del papel que ocupa la ciencia en la cultura y enlista siete capacidades que todo individuo alfabetizado científicamente debería desarrollar: 1) comprende la naturaleza del conocimiento; 2) aplica conceptos, principios, leyes y teorías científicas apropiados al interactuar con su universo; 3) utiliza los procesos de la ciencia para resolver problemas, tomar decisiones y promover su propia comprensión del universo; 4) interactúa con los valores que subyacen a la ciencia; 5) entiende y aprecia la empresa conjunta de la ciencia, y la interrelación de éstos entre sí y con otros aspectos de la sociedad; 6) extiende la educación científica a lo largo de su vida y 7) desarrolla numerosas habilidades de manipulación asociadas con la ciencia y la tecnología. En términos generales, Hurd concibe la alfabetización como comportamientos asociados a la

producción y utilización del conocimiento científico. Esta forma de concebir la alfabetización se alinea a los cambios que hay dentro de la misma ciencia, el progreso social y las necesidades de los seres humanos.

Por su parte, Bybee (1997) ofrece una visión amplia sobre lo que implica la alfabetización científica, y la concibe no solo como el desarrollo del razonamiento conceptual y las habilidades de investigación, también como la comprensión que se debe tener sobre el impacto que tiene la ciencia tanto a nivel personal y en la sociedad, y la forma en cómo se desarrolla el conocimiento científico. Para hacer una mejor descripción sobre lo que los alumnos deben lograr, el modelo Bybee de alfabetización está construido a partir de cuatro niveles de desarrollo:

1. Alfabetización científica nominal: este primer nivel se caracteriza por el reconocimiento de conceptos científicos, pero sin una comprensión profunda sobre su significado.
2. Alfabetización científica funcional: las personas que alcanzan este nivel de alfabetización pueden utilizar vocabulario científico y tecnológico, pero en una situación muy delimitada.
3. Alfabetización científica procedimental: aquí ya hay una comprensión y relación entre conceptos.
4. Alfabetización científica multidimensional: no solo se tienen una comprensión de los conceptos, sino que se ha desarrollado una perspectiva de lo que es y cómo se produce la ciencia y el impacto que tiene en la sociedad.

El nivel multidimensional de Bybee sería el logro que todos los estudiantes deberían de alcanzar sobre la alfabetización sin embargo no queda claro su utilidad dentro de la vida adulta ya que no ahonda en el impacto que puede tener la ciencia en cuestiones más relacionadas al ámbito personal, como lo puede ser la salud o la alimentación.

De forma análoga a la concepción de alfabetización científica de Bybee, Shamos (1995) propuso una concepción de alfabetización que consta de tres formas. La primera forma, Shamos la llamó *alfabetización científica cultural*, y es la forma más simple y representa el nivel de alfabetización que tiene la mayoría de los adultos educados que confían en la ciencia. La segunda forma es la *alfabetización científica funcional*, y aquí las personas no solo están familiarizadas con un vocabulario científico, sino que los individuos son capaces de conversar, leer y escribir ciencia en un contexto no especializado, pero significativo. La tercera forma de alfabetización

científica y la más difícil de alcanzar según Shamos, es la *verdadera alfabetización científica*, ya que además de implicar las formas anteriores, también es necesario saber algo sobre la actividad científica. La persona que alcanza el último nivel de alfabetización “*conoce algunos de los principales esquemas conceptuales (las teorías) que forman los cimientos de la ciencia, cómo se llegó a ellos y por qué son ampliamente aceptados, cómo la ciencia logra el orden a partir de un universo aleatorio y el papel de la experimentación en la ciencia. Este individuo también aprecia los elementos de la investigación científica, la importancia del cuestionamiento adecuado, del razonamiento analítico y deductivo, de los procesos de pensamiento lógico y de la confianza en la evidencia objetiva*”<sup>1</sup> (Shamos, 1995, pág. 89).

Lo interesante que tiene la visión de Shamos es que le da agencia al aprendiz, ya que para familiarizarse con el proceso de pensamiento de la ciencia y con el proceso de investigación, si es importante que el educando tome un papel más activo para poder conocer verdaderamente lo qué es e implica hacer y pensar la ciencia.

Otro modelo de alfabetización científica es el de Graber (2000) y para él la alfabetización científica debe preparar a las personas para los desafíos del mundo complejo. En el modelo, la alfabetización se compone de tres elementos principales que son: 1. ¿qué sabe la gente?, 2. ¿qué valora la gente? y, 3. ¿qué puede hacer la gente? Algo muy característico de este modelo es el componente de valores, ya que se puede equiparar con los derechos humanos, la tolerancia o la educación para la paz, algo que no incluyen de forma explícita otras concepciones de alfabetización científica.

Holbrook y Rannikmae (2009) consideran que la visión de alfabetización científica debe alejarse de la comprensión conceptual y enfatizan más la capacidad de tomar decisiones relacionadas con las aplicaciones tecnológicas o los problemas socio-científicos que enfrenta la humanidad, dicho en otras palabras, la alfabetización científica tendría que estar emparentada con la funcionalidad que tiene en la sociedad, y esto implica considerar el momento histórico en el cual se vive. Entonces, alfabetizar científicamente para Holbrook y Rannikmae implica:

---

<sup>1</sup> El texto original en inglés dice: “*Is aware of some of the major conceptual schemes (the theories) that form the foundations of science, how they were arrived at, and why they are widely accepted, how science achieves order out of a random universe, and the role of experimentation in science. This individual also appreciates the elements of scientific investigation, the importance of proper questioning, of analytical and deductive reasoning, of logical thought processes, and of reliance upon objective evidence*”. La traducción es propia.

*“Desarrollar la capacidad de utilizar creativamente el conocimiento y las habilidades científicas apropiadas basadas en la evidencia, particularmente con relevancia para la vida cotidiana y una carrera, para resolver problemas científicos personalmente desafiantes pero significativos, así como para tomar decisiones socio-científicas responsables.”*<sup>2</sup> (Holbrook y Rannikmae, 2009, pag.286)

Asumiendo el carácter dinámico y cambiante de la ciencia y considerando el contexto histórico en el cual nos encontramos, la visión de alfabetización científica que asume la presente investigación se alinea con la presentada por Holbrook y Rannikmae, sin embargo, se han incorporado y precisado aspectos para enriquecer la visión. La perspectiva de Holbrook y Rannikmae menciona que la alfabetización científica implica desarrollar la capacidad de utilizar creativamente el conocimiento y las habilidades científicas con especial relevancia en la vida cotidiana, por tal motivo, el modelo que se asume en este trabajo hace énfasis en familiarizar a los alumnos con los *modos y usos de la ciencia*, esto significa que es sustancial involucrar a los estudiantes en prácticas en donde desarrollen actividades de investigación para que conozcan la forma en cómo se desarrolla la ciencia.

Por otra parte, la definición de Holbrook y Rannikmae también menciona que la alfabetización científica conlleva el desarrollo de capacidades para resolver problemas científicos personales y tomar decisiones socio-científicas responsables, por tanto, el modelo de alfabetización que se presenta en este trabajo incluye dos elementos que son relevantes y que busca promover estas capacidades de resolución de problemas que mencionan Holbrook y Rannikmae, el primer elemento se refiere a la *naturaleza de la ciencia* (NOS por sus siglas en inglés) y el segundo a la *relación de la ciencia con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente* (CTSA).

La NOS se refiere a los supuestos y valores que hay detrás del desarrollo científico, y este elemento se incluye en el modelo de alfabetización científica porque los alumnos deben ser capaces de desarrollar una visión crítica de la propia actividad científica y reconocer que está cargada de intereses, es subjetiva y cambiante, y tomar en consideración estos aspectos dentro de

---

<sup>2</sup> El texto original inglés dice: *“Developing an ability, to creatively utilise appropriate evidence-based scientific knowledge and skills, particularly with relevance for everyday life and a career, in solving personally challenging yet meaningful scientific problems as well as making, responsible socio-scientific decisions”*. La traducción es propia.

la alfabetización en ciencias permite que los alumnos puedan percibir los alcances y limitaciones de la actividad científica y que asuman un posicionamiento sobre el tipo de ciencia y científicos que se requieren en la sociedad actual (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000).

El elemento de la relación CTSA se refiere a la capacidad de concebir el impacto que tiene la ciencia en el desarrollo tecnológico, la sociedad y el medio ambiente. Es notable que los estudiantes reconozcan los aspectos positivos y negativos de la propia actividad científica y que perciban que dentro de la propia ciencia se pueden encontrar soluciones a las diversas problemáticas que aquejan a la sociedad de (Pedretti y Bellomo, 2013).

Los elementos que en su conjunto se consideran para la alfabetización científica en este trabajo se ilustran en la figura 1. En el modelo los tres elementos de la alfabetización se encuentran integrados porque a través del involucramiento en actividades científicas, los alumnos tienen la oportunidad de desarrollar habilidades de razonamiento e investigación, así como pensar en la misma naturaleza de la ciencia y el impacto que esta tiene. Ninguno de los elementos del modelo se concibe de forma aislada, sin embargo, en el centro está la actividad científica, porque en la actividad es posible pensar y desarrollar habilidades científicas y también, dentro de la actividad real hace sentido la reflexión sobre lo que es la ciencia y el impacto que esta tiene.

**Figura 1.**

*Modelo de Alfabetización Científica*



En los siguientes apartados se ahondará en cada uno de los elementos que conforman el modelo de alfabetización científica. Este modelo de alfabetización científica fungió como marco de referencia para ilustrar los objetivos de aprendizaje que se espera alcanzar en los jóvenes que estén cursando el bachillerato.

## **2.1 Modos y usos de la ciencia**

La alfabetización científica es la visión que se ha planteado el presente trabajo como objetivo de aprendizaje para las ciencias naturales dentro del nivel educativo de bachillerato, y anteriormente se dijo que la idea de alfabetización es relevante por el contexto social en que nos encontramos y por el curriculum de bachillerato que plantea la formación de los alumnos para la vida personal y profesional.

El modelo que se presentó de alfabetización científica tiene cuatro componentes y el primero que se va a describir es el de *modos y usos de la ciencia*. Antes de continuar, es bueno aclarar la concepción que se tiene sobre lo qué es la ciencia. En esta investigación la ciencia se ve como una actividad social, porque se ha construido históricamente y es el resultado del trabajo e interacción de varias personas mediante el pensamiento y el uso de un lenguaje particular que busca explicar el mundo, construir conocimiento y actualmente resuelve problemas que son de relevancia social (Linares, 2010).

Partiendo del supuesto de que la ciencia es una actividad social, la visión que hay detrás del componente de modos y usos de la ciencia es que los estudiantes participen en prácticas emparentadas con la ciencia con el propósito de que desarrollen capacidades de investigación científica, en este sentido, los alumnos tendrán oportunidad de familiarizarse con la actividad científica, es decir, conocer los procesos a través de los cuales se desarrolla el conocimiento científico y su utilidad en un contexto real (Van Aalsvoort, 2004).

De acuerdo con Kremer, Specht, Urhahne y Mayer (2013), las capacidades de investigación que se ponen en juego dentro de una actividad científica son:

1. *Observar, comparar y ordenar*: la habilidad para recolectar datos haciendo una observación guiada por la teoría, usando criterios y generando relaciones correlativas.

2. *Experimental*: la capacidad de controlar variables de forma sistemática para derivar conclusiones causales.
3. *Uso de modelos*: la capacidad de controlar y variar variables de forma sistemática para sacar conclusiones.

Las capacidades anteriormente enlistadas, son las que realiza una persona que está familiarizada con la forma en como se hace la ciencia, y es importante que se pongan en juego dentro de la actividad ya que en palabras de Nowak y colaboradores. (2013, pág. 182): “*La investigación científica es un componente importante de la alfabetización científica porque: A medida que avanza la tecnología se requieren más ‘pensadores críticos’, la educación científica tiene el deber de permitir que los estudiantes examinen la calidad de la evidencia científica de manera efectiva*”<sup>3</sup>.

Cabe aclarar que estas capacidades de investigación científica no se refieren a un método científico en particular o a un conjunto de pasos consecutivos, sino a un marco que en general caracteriza el proceso de actividad científica. Además, dependiendo de la actividad que se esté realizando, se pueden o no desplegar las capacidades antes mencionadas, por ejemplo, si se está realizando una actividad en donde se quiere comparar la acción del agua en la germinación de semillas, es probable que los alumnos pongan en juego las capacidades de observación y experimentación, pero si la actividad real que se ejecuta es un debate sobre el uso de transgénicos, como tal no se llevaría a cabo una situación experimental, aunque sería algo positivo que los educandos estuvieran familiarizados con el proceso de investigación científica.

Las capacidades de investigación son solo una parte de lo que conforma los modos y usos de la ciencia, ya que, dentro de la actividad científica, otro elemento sustancial tiene que ver con las capacidades de pensamiento que se despliegan para derivar en conclusiones, en el siguiente apartado se ahondará este tema.

## **2.2 Pensamiento científico**

Ya se mencionó antes que dentro de una actividad que esté emparentada con la ciencia se despliegan capacidades de investigación científica y estas se consideran como parte de los aprendizajes que los alumnos deben desarrollar. De manera paralela al proceso de investigación

---

<sup>3</sup> El texto original inglés dice: “*As technology advances and more ‘critical thinkers’ are required, science education has a duty to enable students to examine the quality of scientific evidence effectively*”. La traducción es propia.

científica, existen otras capacidades que deben desplegarse y estas son conocidas como capacidades de *pensamiento científico*, que se define como la puesta en marcha de procesos de razonamiento para encontrar una solución a un problema (Dunbar y Fugelsang, 2005). Dunbar y Klahr (2012) cuando explican el pensamiento científico lo entienden como la resolución de un problema, y el pensamiento científico es el procedimiento que se lleva a cabo para encontrar una solución. Entonces, en una actividad científica se aplican los métodos de la investigación científica y a la par se usan las capacidades de pensamiento científico para encontrar la solución a un problema. La situación problema puede ser investigar o comprender un fenómeno, revisar una teoría o crear un artefacto tecnológico. Dicho en otras palabras, las capacidades de investigación científica se refieren a las habilidades que se tienen que movilizar para poner en marcha un dispositivo a través del cual se pretende investigar, y el pensamiento científico es el proceso por el cual se llegan a afirmaciones o conclusiones a través del proceso de investigación.

En términos generales, estas son las capacidades que identifican al pensamiento científico:

1. *Realizar preguntas e hipótesis*. El realizar una pregunta es uno de los primeros pasos que efectúa una persona que tiene una incógnita sobre algo, sin embargo, el que las personas se planteen preguntas científicas debe considerar que dicha pregunta pueda ser respondida por la ciencia. En cuanto al desarrollo de hipótesis, se refiere a la capacidad de hacer una proposición, lo cual implica hacer una recolección de información. La realización de una hipótesis también conlleva que las personas puedan comprobarlas a través de un proceso de investigación.
2. *Planificación y ejecución*. Tiene que ver con la capacidad para planificar una investigación científica (incluida la elección del equipo adecuado, la definición de variables y el registro de datos adecuados) y para realizar la investigación (incluida la configuración de la investigación, la medición y la recopilación de datos).
3. *Pensamiento causal*. En la ciencia, la construcción de teorías científicas tiene que ver con el desarrollo de modelos causales entre variables, por ejemplo, ¿las emisiones de dióxido de carbono provocan el calentamiento global? De manera general, la gente es bombardeada con afirmaciones sobre la relación que puede existir entre variables, la cuestión es ¿cómo abordar este tipo de afirmaciones?, ¿qué tipo de información se necesita para poder establecer la relación entre variables? El pensamiento causal es la

medida en que las personas se rigen por la búsqueda de mecanismos que establezcan la conexión entre procesos o acontecimientos.

4. *Pensamiento inductivo*. Se refiere a la capacidad de observar una serie de acontecimientos e intentar establecer una regla que gobierne dicho acontecimiento. Una vez que se ha establecido una regla, las personas deberían poder extrapolarla para formular explicaciones sobre diversos fenómenos.
5. *Pensamiento deductivo*. Este tipo de pensamiento tiene que ver con los procesos que corresponden a aquellas condiciones en las que una hipótesis puede conducir a una conclusión o es deducible de ella.
6. *Analizar y reflexionar*. Es la capacidad de examinar detalladamente información y sacar conclusiones. En marco de una actividad científica, se espera que las personas examinen los datos que obtengan de un determinado proceso de investigación y reflexionen sobre lo que significa. (Dunbar y Klahr 2012)

Dentro del marco de la alfabetización científica, la idea no es que de forma automática los alumnos piensen y actúen como científicos, sino que este familiarizados con las formas en cómo se hace y se piensa la ciencia, y el modo de llevarlo a cabo es través del involucramiento de las personas en actividades emparentadas con la ciencia. El involucrar a estudiantes en contextos científicos, abre la posibilidad de que conozcan los mecanismos que subyacen a la ciencia, sin embargo, para asegurar que en los alumnos se esté fomentado la “verdadera” alfabetización científica, es necesario incluir el elemento de los valores e interés que subyacen en la ciencia. En el siguiente apartado, se hablará sobre la naturaleza de la ciencia y los elementos específicos que deben considerar en la educación.

### **2.3 Naturaleza de la ciencia**

La visión de la alfabetización científica tiene como propósito que las personas puedan usar el conocimiento científico en la resolución de problemas sociocientíficos y de la vida cotidiana, lo cual implica no solo desarrollar capacidades en el ámbito de la investigación científica y razonamiento, también se requiere una comprensión sobre lo que es la actividad científica porque, tomar una posicionamiento sobre cuestiones que se relacionen con la ciencia implica reconocer los alcances, limitaciones y un conocimiento profundo sobre lo que es la empresa científica.

De hecho, es interesante observar estudios que muestran que estudiantes de secundaria y bachillerato que logran desarrollar habilidades de indagación científica no tienen una comprensión de lo que implica la ciencia y tampoco reconocen el impacto que tiene en la sociedad (Lederman *et al.*, 2021; Concannon, Lederman y Lederman, 2020). Por tanto, si el objetivo de la alfabetización científica es desarrollar capacidades en las personas para que sean agentes activos que puedan tomar decisiones informadas en ámbitos donde la ciencia está involucrada, se requiere no solo el conocimiento del contenido de la ciencia, también una comprensión de la naturaleza de la ciencia y el conocimiento científico y por tal motivo, la noción de *Naturaleza de la Ciencia* se convierte en relevante.

La naturaleza de la ciencia (o NOS por sus siglas en inglés) es una visión que ha tomado fuerza en el ámbito de la educación científica porque puede ayudar a mejorar las habilidades de los ciudadanos para tomar decisiones razonadas en un mundo cada vez más afectado por los productos y procesos de la ciencia. La idea es que al conocer las características del conocimiento científico y la forma en como se hace, las personas pueden reconocer con mayor facilidad información falsa y usar el conocimiento científico en la vida cotidiana (Vázquez Alonso, Manassero Mas, Acevedo Díaz y Acevedo Romero, 2007). Bell y Lederman (2003) definen NOS como los valores y supuestos inherentes al conocimiento científico, que incluye cuestiones como la creatividad, la tentabilidad, subjetividad y parsimonia. El punto neurálgico de la NOS es apreciar las características de porque el conocimiento científico es diferente al de otras disciplinas como lo puede ser la historia o la religión.

Por su parte Acevedo y colaboradores (2005, pág. 123) describen la NOS como un “*metaconocimiento sobre la ciencia, que proviene de los análisis interdisciplinarios hechos por especialistas en historia, filosofía y sociología de la ciencia, pero también por algunos científicos*”. A grandes rasgos, la NOS implica conocer y reflexionar sobre qué es la ciencia y cómo funciona, como se construye el conocimiento, los métodos que utiliza, los valores que la sustentan, el papel que juegan los grupos de científicos y las aportaciones que hace a la sociedad.

La visión de la NOS de Acevedo y colaboradores (2005) pone sobre la mesa la complejidad que supone incluir la NOS en la educación científica porque no se limita únicamente a la filosofía de la ciencia, también se involucran otras disciplinas como sociología, historia, y psicología, y ante esta complejidad, parecería poco viable proponerla como una meta de

aprendizaje, sin embargo, lo sustancial sería incluir la NOS para ayudar a los estudiantes a comprender mejor cómo funciona la ciencia contemporánea, y no para formar especialistas en filosofía de la ciencia.

Retomando la idea de que el propósito de la NOS es ayudar a tener una mejor comprensión de lo que es la ciencia y considerando que la meta educativa es formar a personas que tengan agencia sobre el mundo social, la visión de NOS que se toma en esta investigación como meta educativa es que los estudiantes logren una comprensión sobre lo que es la actividad científica y la forma en como produce conocimiento, reconociendo que la ciencia se ha transformado históricamente y que está cargada de valores e intereses.

Ya que se ha descrito lo que es la NOS, ahora hay que mencionar por qué es imperioso incluirlo como un objetivo de aprendizaje. Uno de los primeros motivos por los cuales es valioso incluir la NOS es para facilitar en el futuro a las personas que puedan realizar reflexiones y evaluaciones sobre cuestiones socio-científicas<sup>4</sup> controvertidas que tengan interés social y personal, así como el desarrollar una capacidad para dilucidar información falsa (Abd-El-Khalick, 2005). Así mismo, la NOS puede fomentar que las personas valoren el conocimiento científico como un elemento importante de la cultura contemporánea, y su vez tener un criterio amplio para reconocer cuando la ciencia produce daños en la sociedad y ambiente (Acevedo Díaz, 2008). Finalmente, se dice que incluir la NOS facilita la comprensión de ciertos contenidos científicos porque los alumnos podrían tener un acercamiento a la forma en cómo se llegó a desarrollar determinada categoría conceptual (Acevedo, Vázquez *et al.*, 2005).

A partir de reconocer la NOS como un elemento importante dentro de la educación científica y de la complejidad que puede llegar a tener este término, los elementos que la presente investigación retoma como objetivos de aprendizaje para la alfabetización científica son los siguientes:

---

<sup>4</sup> Las cuestiones socio-científicas se pueden definir como “*dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas*” (Solbes, 2019, pág. 84).

1. *Reconocimiento de la ciencia como una actividad social:* la ciencia como actividad tiene reglas, normas, valores y conflictos, encaminada a intervenir y explicar el mundo, pero su falibilidad ha sido limitada mas no eliminada.
2. *La ciencia es tentativa:* sujeta a cambios, ya que el conocimiento no está probado, pero simplemente no falsificado.
3. *La ciencia tiene una base empírica:* basado en y / o derivados de observaciones del mundo natural, aunque estos están cargados de teoría.
4. *La ciencia se basa en la observación y la inferencia:* las observaciones se recogen a través de la teoría. Las inferencias son interpretaciones de esas observaciones. Los puntos de vista actuales de la ciencia y de los científicos guían las observaciones y las inferencias. Distintas perspectivas contribuyen a múltiples interpretaciones válidas de las observaciones.
5. *La ciencia incluye la imaginación y creatividad:* el conocimiento científico se genera mediante la imaginación humana y el razonamiento lógico. Esta creación se basa en observaciones del mundo natural y en las inferencias que se hacen.
6. *La ciencia forma parte de la sociedad y la cultura:* la ciencia está influida por diversos elementos y ámbitos de la sociedad y la cultura donde se inserta y desarrolla. Los valores de la cultura determinan hacia donde se dirige la ciencia, cómo lo hace, se interpreta, se acepta y se utiliza. Así mismo, la ciencia influye en la sociedad y en la cultura en la que está inserta.

Los seis puntos anteriores se retomaron de Abd-El-Khalick y Lederman (2000) porque capturan de forma general el propósito educativo que tiene la NOS, que es fomentar en los estudiantes la comprensión de lo que es la ciencia y lo que implica.

Después de explicar lo que es la NOS y la importancia que tiene dentro de la educación, debe aclararse que la manera en cómo se fomenta su comprensión en los alumnos no es un proceso que suceda de forma automática. En la literatura científica, se dice que la mejor forma de enseñar cuestiones sobre la NOS es a través del involucramiento de los alumnos en actividades de investigación científica y de la revisión de casos y material histórico en donde la ciencia haya desempeñado un papel importante. Independientemente del método o los materiales utilizados, el que los alumnos sean capaces de efectuar una reflexión sobre la misma ciencia no es algo que

sucedan de forma automática y es importante que el docente haga explícito los elementos que se quieran reflexionar sobre la propia ciencia, por tanto, la guía y ayuda docente es un aspecto clave para la enseñanza de la NOS como parte de la alfabetización (Acevedo Díaz, 2008).

La NOS como parte de la alfabetización científica es una pieza imprescindible que dota de elementos para desarrollar en los estudiantes un pensamiento crítico y reflexivo sobre la actividad científica y la forma en cómo puede usarse la ciencia para transformar el mundo y resolver las problemáticas ingentes que afectan a la sociedad contemporánea, sin embargo, la reflexión sobre la propia ciencia no termina de asegurar que los jóvenes se percaten del impacto que tiene la ciencia, por ello, se vuelve necesario agregar un elemento más al modelo de alfabetización científica. Este elemento tiene que ver con la relación y el impacto de la ciencia y tecnología en la sociedad y medio ambiente. En el siguiente apartado se extenderá esta idea.

## **2.4 Relación ciencia, tecnología, sociedad y ambiente**

Ya se ha mencionado el propósito de la alfabetización científica es la formación de los estudiantes para la toma de decisiones en el ámbito personal y social haciendo uso del conocimiento científico. Son muchos los motivos que hay detrás de la alfabetización científica y estos tienen que ver con cuestiones socioeconómicas, culturales, de utilidad para la vida personal y profesional. Cualquiera que sea la razón, lo que es importante considerar es que la ciencia está inmersa en los diferentes ámbitos de actividad humana y es coherente pensar en preparar a las personas para que puedan ser capaces de tomar decisiones y acciones en problemas relacionados con la ciencia, en otras palabras, lo que se espera es que la gente sea capaz de tomar agencia sobre el mundo que les rodea (Acevedo, Vázquez *et al*, 2005).

En párrafos anteriores se resaltó el papel que juega dentro de la enseñanza de la ciencia el acercar a los alumnos las formas y los usos en cómo se produce el conocimiento científico y también la reflexión sobre la propia naturaleza de la ciencia, sin embargo, una crítica fuerte que existe sobre educación científica es que solo se centra en la parte más procedimental y operativa, dejando de lado reflexiones importantes como el papel que ocupa la ciencia actualmente en la sociedad y el impacto que tiene. Autores como Acevedo y colaboradores (2003) señalan que la educación en ciencia debería permitir a los alumnos dar cuenta que la ciencia actualmente no sirve únicamente para conocer el mundo, también interviene en él y lo transforma. Lo

recomendable es que la educación a través de la ciencia considere por un lado el desarrollo de habilidades de investigación porque esto permite que los alumnos conozcan la actividad científica y los dota de habilidades de pensamiento especializadas, y por otra parte retomar el análisis y la reflexión de como la ciencia puede ayudar a mejorar el mundo social. El hecho de que los alumnos conozcan la forma en cómo se hace la ciencia no hace que en automático reflexionen sobre el impacto de los avances científicos. En este sentido, se vuelve necesario que de forma explícita se ponga como un objetivo de aprendizaje dentro de la educación científica un elemento que dirija el pensamiento y el análisis crítico de los alumnos a pensar en los alcances de la actividad científica.

Para asegurar que la educación científica realmente promueva no solo las capacidades de investigación científica, sino también una reflexión y visión crítica sobre la ciencia, se ha agregado la *pieza ciencia-tecnología-sociedad y medio ambiente* (CTSA) como elemento de la alfabetización científica.

La visión CTSA es un paradigma dentro de la enseñanza de las ciencias que surgió en la década de los setenta del siglo XX como una propuesta educativa que tenía como objetivo acercar la ciencia dentro de la escuela con una perspectiva que permitiese a los alumnos vislumbrar su impacto en la sociedad. Aikenhed (2005) menciona que los cambios sociales hicieron cuestionar a los investigadores educativos lo que se debía enseñar sobre ciencia, y el punto al que se llegó fue que la educación científica debía permitir a la gente participar en las diferentes controversias sociales que involucra la ciencia en un mundo contemporáneo. Por tanto, la educación científica tenía que ser mucho más holística y no enfocarse únicamente en hechos aislados, al respecto, la visión CTSA pretenden acercar problemas reales en donde la ciencia este involucrada. La visión CTSA se ha transformado a lo largo del tiempo y diversos autores la consideran como parte de la alfabetización científica (Holbrook y Rannikmae, 2009; Acevedo Díaz, Vázquez Alonso y Manassero Mas, 2003.).

La presente investigación también considera la CTSA como parte de la alfabetización y la definición que se utilizará se retoma de Pedretti y Bellomo (2013, pág. 417), que entiende la CTSA como: *“el desarrollo de una comprensión de las complejas interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente. Esta definición incluye la capacidad de negociar cuidadosamente cuestiones sociocientíficas (como la investigación con células madre, la gestión*

*de desechos, los organismos genéticamente modificados), contribuir a la discusión sobre estos temas y preparar para la participación*<sup>5</sup>”. La definición de CTSA de Pedretti y Bellomo implica reconocer que la ciencia esta puesta en un contexto cultural social diverso y amplio y tiene rasgos como la sostenibilidad, la toma de decisiones, los valores que subyacen a la ciencia, la responsabilidad social, y la acción de las personas. Los rasgos que identifican a la CTSA implican que para su enseñanza se vuelve necesario usar actividades con temas sociocientíficos como punto de partida, de esta manera se asegura que pueda dimensionarse toda la complejidad de la CTSA. De todo lo que implica la CTSA, en la presente investigación se retoman dos objetivos de aprendizajes que son:

1. *Adopción de una postura crítica, respetuosa y tolerante:* la capacidad de discernir los procedimientos utilizados para obtener conjuntos de datos y juzgar si se encuentran justificados. Debe ser capaz de obtener información sobre temas científicos a partir del empleo de distintas fuentes y seleccionar aquella que posea los elementos necesarios para llegar a la argumentación científica.
2. *Vincular los conocimientos científicos con la tecnología, sociedad y medio ambiente:* conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas a los principios de operativos de sostenibilidad, especialmente el principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible (Alba, Elola y Luffiego, 2008).

En síntesis, al incluir la CTSA en el modelo de alfabetización científica, lo que se busca es que las personas que aprendan sobre ciencia sean capaces de dimensionar los puentes que hay entre la ciencia y el mundo social, desarrollar una visión crítica sobre la ciencia y cuestionar los valores que hay detrás, y que, en consecuencia, puedan participar en decisiones importantes que involucren el conocimiento científico (Torres Merchán, 2013).

Para finalizar este capítulo que tuvo como objeto aclarar la definición de alfabetización científica y situarla como objetivo de aprendizaje para la formación de alumnos de bachillerato,

---

<sup>5</sup> El texto original inglés dice: “*Developing an understanding of the complex interactions among science, technology, society, and environment. This definition includes the ability to thoughtfully negotiate socioscientific issues (such as stem cell research, waste management, genetically modified organisms), contribute to discussion about these topics, and prepare for active participation*”. La traducción es propia.

no queda más que recalcar la relevancia que tiene el término y los motivos por los cuales se eligió. En primera instancia, la visión de alfabetización científica es compleja porque por una parte considera las habilidades de investigación y de pensamiento científico que son necesarias porque funcionan como herramientas que pueden servir a las personas para pensar e interpretar el mundo social y natural, pero por otra parte, la alfabetización científica también considera los elementos de NOS y CTSA, lo cual enriquece la concepción y le da un sentido muy particular, que es la formación para la vida y cómo la ciencia puede ser útil a las personas. Dentro del término de alfabetización científica, la ciencia no adquiere un estatus de conocimiento superior o válido, por el contrario, se pone en entredicho lo que es la actividad científica y se valoran los aspectos negativos y positivos que hay detrás, entonces, la idea es que la gente también dé cuenta de estas características y sobre todo, puedan apropiarse de ciertos atributos de la ciencia para que les ayude a transformar el mundo social en el cual estamos insertos. Por último, cabe resaltar que usar la visión de alfabetización científica es algo que se está usando con mucha fuerza en diferentes sistemas educativos del todo mundo, lo cual da indicios de lo importante que es, sin embargo, cada propuesta de alfabetización tiene sus propias connotaciones especiales y las múltiples interpretaciones que tiene este término se deben al contexto social y cultural de cada país. Lo que hay que aclarar es que si se usa el término de alfabetización, no debe tomarse de forma literal como de algún currículum educativo, el término hay que adaptarlo a la situación educativa particular en donde se vaya usar, por este motivo, este capítulo retoma diferentes ideas de diversos autores para hacerlo pertinente y viable dentro del contexto en donde se usó (en el capítulo 5 se explica la forma en cómo el término de alfabetización científica se usó como objetivo de aprendizaje para la asignatura de biología en la ENP).

### **CAPÍTULO 3. ENTORNOS VIRTUALES DE ENSEÑANZA PARA EL APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA**

La intención que tiene el presente capítulo es hablar acerca de lo que son los Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje (EVEA) y la perspectiva teórica a partir de la cual se concibe el diseño de los EVEA. Antes de iniciar la explicación sobre los entornos virtuales, me detendré a explicar de manera breve lo que son los entornos de enseñanza y posteriormente añadir el tema de la virtualidad.

Un entorno de enseñanza se entiende como un espacio en movimiento con interacciones entre diferentes sujetos en el cual se dan condiciones favorables para el desarrollo de diversos aprendizajes. Los entornos de enseñanza deben considerarse no solo como un medio físico, sino como un proceso sistemático, integrado, flexible y abierto porque dentro de este medio se instauran dinámicas que constituyen los procesos educativos y que involucran las experiencias de cada uno de los participantes (Castro, 2019). Si pensamos los entornos de enseñanza dentro de la escuela, los sujetos que se ven involucrados son los maestros y estudiantes; entre estos actores se dan diferentes tipos de interacciones y se da por entendido que los estudiantes son las personas que van a aprender algo y que el maestro es quién crea las condiciones dentro del aula para enseñar y que el alumno aprenda. Respecto al tipo de condiciones que puede crear el docente dentro del aula, son muchas las opciones, es decir, el maestro está en la posibilidad de gestionar y dirigir diferentes tipos de actividades en las cuáles los alumnos se vean involucrados, por esto el entorno de enseñanza es considerado un ambiente flexible. En cuanto al carácter de sistemático de los entornos de enseñanza, podemos entenderlo en el sentido de que existen intenciones educativas que persigue el maestro hacia sus alumnos y, por tanto, las actividades que decida gestionar deben perseguir dichas intenciones educativas. En síntesis, los entornos de enseñanza son los espacios dinámicos que se construyen para formar a las personas a través de la puesta en marcha de actividades con un propósito específico y en las cuales existen interacciones con diversos sujetos que traen consigo experiencias y vivencias que contribuyen al desarrollo de aprendizajes para todas las personas involucradas.

Cuando se habla de un entorno de enseñanza por lo general se piensa en un espacio físico concreto como lo puede ser un salón de clases, pero con el desarrollo de la tecnología,

ahora estos entornos podemos pensarlos como espacios dentro de la virtualidad. En el desarrollo del siguiente apartado se abordará el tema de los entornos de enseñanza desde la virtualidad.

### **3.1 Entornos de enseñanza virtuales**

El momento histórico-social actual que vivimos se ha visto influenciado por el desarrollo científico y por el uso generalizado de las tecnologías de la información y la comunicación, a tal grado que no existen actividades humanas que no estén envueltas de estos avances tecnocientíficos. Particularmente, podemos ver los efectos de la tecnología en el mundo laboral y educativo, lo cual ha cambiado la forma en como nos relacionamos y trabajamos.

En el espacio educativo, la introducción de la tecnología ha suscitado cambios en la forma de enseñanza, pues muchas de las actividades que se realizaban en un aula física, ahora es posible efectuarse desde la virtualidad. Esto significa que tanto maestros como estudiantes pueden relacionarse en un entorno digital en el cuál no comparten un espacio físico, pero sí las actividades de trabajo. Otro cambio suscitado con la tecnología es lo relacionado a las barreras de tiempo, pues en el espacio digital no necesariamente tienen que coincidir maestros y alumnos, ósea que puede darse una comunicación asincrónica gracias a los recursos digitales como plataformas en línea o el correo electrónico. Estos cambios motivados por la tecnología transforman la manera en cómo los maestros enseñan y en definitiva como los alumnos aprenden, y esto produce innovaciones en los procesos educativos. De cara a la aparición de las tecnologías, los entornos de enseñanza como tradicionalmente los conocíamos ahora los nombramos Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje (EVEA) (Soletic, 2021).

Los EVEA son espacios educativos dinámicos alojados en la web y que se encuentran conformadas por herramientas informáticas que posibilitan la interacción entre maestros y alumnos, el acceso a recursos escritos y audiovisuales que proporcionan información y el acceso a plataformas interactivas que sirven como apoyo al docente para gestionar diferentes tipos de actividades con sus alumnos además de servir como soporte para entablar comunicación (Bossolasco, 2013; Zambrano y García, 2020).

El hecho de que los EVEA se caractericen por ser espacios electrónicos que están hospedados en la red y que dentro de estos espacios no siempre se produzcan los intercambios cara a cara entre docentes y alumnos, no significa que no puedan construirse espacios dinámicos que movilicen aprendizajes que vayan más allá de la memorización de información, por el contrario, estas características de los EVEA si se piensan y construyen de manera adecuada, si promueven condiciones que posibilitan procesos de enseñanza y aprendizaje más significativos. En este sentido es importante que un EVEA considere la comunicación y la cooperación entre estudiantes y profesores, que la figura del maestro este siempre presente porque es la persona que guía y da las indicaciones para ejecutar determinadas actividades y la selección adecuada de recursos escritos y audiovisuales que ayuden a los estudiantes a resolver el problema o la actividad que el docente les haya indicado.

El uso de los recursos digitales permite crear diferentes formas de EVEAS, y si bien en cierto que esta es su principal característica para crear un espacio dinámico, existen diversos tipos de entornos virtuales. A continuación, describiré tres tipos de entornos virtuales y al final mencionare cuál es el entorno virtual que se retoma para la presente investigación.

El primer tipo de entorno virtual que describiré son los *MOOC* (Massive Online Open Courses por sus siglas en inglés). Los MOOC son cursos en línea abiertos y masivos que tiene como propósito expandir la oferta educativa al público en general, ofreciendo cursos de diversos temas como historia, matemáticas, inglés, solo por mencionar algunos ejemplos. Algunos MOOC son gratuitos y ofrecen una constancia de participación en la que la mayoría de las veces no tiene valor curricular, pero existen otras que son de pago y es posible obtener un certificado con validez oficial. Entre las cualidades que tienen los MOOC es que los participantes no requieren de un perfil determinado para participar, por tanto, la edad y las características profesionales son muy heterogéneas (García Peñalvo, Fidalgo Blanco y Seis Echaluze, 2020). La masificación quizás es la característica más importante, ya que dentro de una plataforma que ofrezca cursos MOOC pueden participar entre 2,000 y 1, 000,000 participantes, por tanto, tienen un amplio alcance (México X, 2021).

Respecto a las plataformas que se utilizan para impartirlos, se caracterizan por disponer de diversos recursos didácticos entre los que destacan los audiovisuales, cuentan con canales de comunicación y cooperación entre los alumnos como los foros, y además tienen pruebas para la

evaluación de los participantes, y es en este punto donde hay que recalcar que dentro de los MOOC, los participantes son quienes gestionan las actividades que realizan y los tiempos de trabajo, es decir, dentro de una plataforma MOOC están a disposición todos los recursos y actividades, y es la persona quien decide el momento en el cuál llevar a cabo el trabajo en la plataforma. Aquí, la figura del docente no está presente, y la única interacción que existe se da en forma asincrónica con otros participantes del curso por medio de los foros. Es indudable que los MOOC tienen un gran éxito en cuanto a personas que se inscriben en los mismos, número de universidades implicadas, número y crecimiento de cursos, y surgimiento de nuevas propuestas, pero los MOOC enfrentan una gran problemática que es la tasa de abandono (García Peñalvo, Fidalgo Blanco y Sein Echaluze, 2017). Según datos de México X el número de personas que finaliza un MOOC es del 30% de las personas que se matriculan (México X, 2021). Desde el punto de vista académico cualquier curso que tenga un gran abandono y con baja tasa de superación es considerado un fracaso (García Peñalvo, Fidalgo Blanco y Sein Echaluze, 2017).

El segundo tipo de entorno virtual del que hablaré es sobre el *modelo híbrido* o también conocido como b-learning (blended learning). El modelo híbrido hace referencia a la convergencia de la modalidad presencial con la modalidad a distancia, con la intención de generar una propuesta de aprendizaje integrador, porque combina las características de la escolarización tradicional con las ventajas del aprendizaje en línea (CUAED, 2020). En el modelo híbrido las herramientas tecnológicas son los medios que posibilitan a los maestros a realizar sesiones presenciales y virtuales a través de una plataforma. Se identifica por establecer espacios de interacción de manera presencial y a distancia y por establecer tiempos de interacción sincrónica y asincrónica. Dentro del modelo híbrido, cuando el estudiante y el profesor comparten el espacio virtual en un mismo tiempo, estamos hablando de interacción sincrónica, mientras que cuando la interacción de estudiante y profesor no se da en tiempo real es una interacción asincrónica. A diferencia de los MOOCs, en el modelo híbrido la figura del profesor es importante porque es quien gestiona las actividades de enseñanza, sin embargo, requiere de la presencialidad para el establecimiento de interacciones cara a cara (Xicontécatl-Ramirez et al., 2015).

Tanto los MOOCs como el modelo híbrido se identifican por el uso de recursos digitales y plataformas para entablar relación entre los participantes y gestionar actividades, pero estas dos

modalidades aun descansan en el uso de los medios digitales para llevar a cabo los procesos de enseñanza y aprendizaje, o puesto en otros términos, lo que tiene mayor peso son las herramientas electrónicas y autores como Bossolasco mencionan que el éxito de los recursos digitales en la educación debe descansar más en la concepción pedagógica que solo en las herramientas (2013). Los instrumentos digitales no deberían constituir el centro de los procesos educativos, son solo un recurso, una herramienta más que junto con otros elementos constituyan un entorno, un lugar donde se establecen relaciones entre personas con un objetivo educativo.

Para hacer frente a los inconvenientes que presentan tanto los MOOCS como los entornos híbridos, en este trabajo de investigación se propone una alternativa a los entornos de enseñanza virtuales tradicionales en la cual se supere la falta de interacción entre maestros y alumnos y que considere la realización de actividades que resulten significativas para los alumnos, por tanto, un EVEA que descansa más en una concepción pedagógica que en el uso de las herramientas tecnológicas.

La alternativa que se propone como entorno de enseñanza virtual se ha denominado *Entorno de Enseñanza Coordinado*, el cual implica una relación dinámica entre los espacios sincrónicos y asincrónicos, que permitan aprovechar las cualidades del ambiente virtual para construir las condiciones simbólicas bajo las cuáles se den los procesos educativos de enseñanza que promuevan la construcción y el desarrollo de capacidades de pensamiento especializadas.

En un Entorno de Enseñanza Virtual Coordinado, las interacciones entre docente y alumnos se dan en línea tanto de forma sincrónica como asincrónica gracias al uso de herramientas como Zoom y Classroom. En los momentos en los que hay sesiones sincrónicas, existe la posibilidad de interactuar entre pares gracias al soporte técnico que ofrece las herramientas en línea, por tanto, no se descuidan los intercambios sociales que “naturalmente” se darían en un entorno físico concreto como el salón de clases. Los recursos electrónicos tanto escritos como audiovisuales sirven para un propósito, es decir, se usan con una intención y en dichos recursos no descansa el proceso de enseñanza y aprendizaje. En cuanto al espacio asincrónico, este se puede efectuar a través plataformas LMS<sup>6</sup> y la intención que tiene es coordinar las actividades de enseñanza-aprendizaje que se efectúan en el espacio sincrónico, o,

---

<sup>6</sup> Una plataforma LMS es una herramienta de enseñanza a distancia que permite crear un aula virtual para impartir clase usando Internet. Es decir, es un programa o software al que maestros y alumnos pueden ingresar desde cualquier parte para realizar actividades de enseñanza (Salinas 2011).

dicho en otras palabras, dar continuidad al trabajo que se realiza en el espacio sincrónico. Es en este punto donde cabe resaltar que un Entorno de Enseñanza Virtual Coordinado, reconoce que los procesos de enseñanza y aprendizaje tiene lugar en la comunidad, en las relaciones sociales y en los procesos comunicativos intensos y diversos, por tanto, antes de siquiera pensar en el uso de las herramientas, es imperioso considerar primero la actividad social que va a servir como medio o condición para que maestro y alumnos interactúen y se den los procesos de enseñanza y aprendizaje. Una vez que se tenga concebida la actividad en la cual se van a desenvolver maestros y alumnos, ahora si es posible pensar en las herramientas virtuales, es así como la tecnología sirve para el proceso de enseñanza en vez de que la tecnología constituya en sí misma la enseñanza.

Ya que he situado la manera en que se piensa lo que es un Entorno de Enseñanza Virtual, en el siguiente apartado se explicará la concepción teórica que se retoma para el diseño de entornos virtuales.

### **3.2 Perspectiva sociocultural para el diseño de entornos virtuales de enseñanza**

Como se mencionó en el apartado anterior, un EVEA es un espacio dinámico que ofrece la posibilidad de construir las condiciones para desarrollar procesos de enseñanza y aprendizaje en el cual se encuentren maestro y alumnos para compartir saberes y experiencias que resulten formativas.

Gracias a las herramientas que se encuentran disponibles en la red, los EVEA pueden diseñarse y aprovecharse de diferentes maneras, pero debe considerarse que la forma en cómo se saque provecho a estos espacios alojados en la web estará en función de los supuestos teóricos que haya detrás de su diseño, pues como ya he puntualizado antes, los EVEA no deben descansar en el uso de la tecnología en sí misma, sino en una teoría que guíe en el diseño y uso de estos espacios electrónicos, por tanto, el uso de la teoría es lo que permite aprovechar de mejor forma los EVEAS. En este trabajo de investigación, se retoma la perspectiva sociocultural como herramienta que guía en el uso y diseño de EVEAS. Los motivos de esta decisión se desarrollarán a continuación.

La visión sociocultural da elementos que permiten concebir los EVEA como espacios complejos en los procesos de enseñanza, porque permite potenciar el uso de las herramientas virtuales. El primer elemento por resaltar es el relacionado al papel que tiene el docente. En un EVEA coordinado, el docente es la figura encargada de gestionar las actividades y de brindar ayudas a los alumnos, ya sea en un espacio sincrónico o asincrónico. Concebido desde la visión sociocultural, el docente es la figura del experto que conoce la actividad que se pretende realizar, es el encargado de guiar en la actividad, de compartir un vocabulario y conceptos particulares, de explicar las reglas y de asegurarse que se den interacciones entre pares. En pocas palabras, es el encargado de que el alumno se familiarice con una actividad y de la forma de hacer las cosas de manera particular. Entonces, el papel que juega el docente es primordial porque de las interacciones que establezca con sus alumnos, se darán los aprendizajes (Castro Ávila, 2019; Mercer, 2001).

Desde la visión sociocultural y pensando en un EVEA, el maestro es una pieza central que tiene múltiples posibilidades de acción porque puede decidir cómo gestionar el ambiente virtual al tomar decisiones sobre la actividad que piensa realizar con sus alumnos ya sea que se encuentre en una sesión sincrónica o asincrónica, brinda recursos que pueden ser útiles para sus alumnos y puede propiciar interacciones entre estudiantes. Puesto en otros términos, el maestro está dentro del entorno virtual y él puede tomar la decisión sobre el cómo y el cuándo realizar actividades que propicien proceso de enseñanza y aprendizaje, por tanto, el carácter “impersonal” que en ocasiones presentan algunos entornos virtuales se puede resolver cuando existe el soporte del maestro, pues el proceso de aprendizaje no descansa en la herramienta tecnológica, sino en la interacción entre maestro y estudiantes alrededor de actividades que sean significativas (Rogoff, 1997).

La visión sociocultural permite pensar el papel del maestro desde la virtualidad en términos que van más allá que la persona que brinda de recursos a sus educandos, sino que diseña y coordina actividades y además acompaña en todo momento, pero el potencial que brinda lo virtual es que el maestro puede acceder a más recursos que considere necesarios y además su influencia sobre sus alumnos no solo se encuentra en los momentos de trabajo sincrónico (proximal), sino que puede extenderse al plano asincrónico (distal) y en cualquier de estos dos momentos, el docente tiene el poder de decidir qué es lo cree conveniente realizar.

Ya que hemos situado el papel del maestro, el segundo elemento de los EVEAS que puede interpretarse desde la visión sociocultural es el espacio sincrónico y asincrónico. Ya se había comentado que en el espacio sincrónico se puede usar para interactuar en tiempo real con los alumnos a través de aplicaciones como ZOOM y que en el espacio asincrónico el maestro puede mantener comunicación y dar continuidad al trabajo que se haya realizado en el espacio sincrónico, de tal manera que tanto lo síncrono como asíncrono se encuentra coordinado. Es así, que desde lo sociocultural el espacio coordinado se puede aprovechar para realizar actividades en las cuales se den los procesos de enseñanza y aprendizaje. En la visión sociocultural, la noción de Actividad se refiere a actividades específicas reales y particulares en contraste con la actividad humana general. La Actividad, socialmente construida, tiene un propósito particular con un fin último que se convierte en el motivo del individuo que la realiza, cuenta con una estructura propia que permite se encadenen una serie de acciones que tiene un sentido particular. Dicha Actividad específica del ser humano ha sido construida por el mismo y cuenta con una lógica interna particular, la cual siempre descansa en un sistema simbólico (Wertsch, 1988); por otra parte, la Actividad definirá también el grupo de individuos que ha de participar en ella, así como la división de responsabilidades en un grupo social para aumentar la eficacia en su realización (Daniels, 2003;2008). Aparte, es importante aclarar que la estructura de la Actividad no se determina por el contexto físico natural en que se desenvuelven los seres humanos, sino más bien es una interpretación o creación sociocultural impuesta por los individuos que participan en dicho contexto. Dicha interpretación es la que se construye en el individuo al momento de participar en una actividad particular, brindando el motivo que da a sus acciones. Por ejemplo, si pensamos en la actividad científica esta descansa en una serie de protocolos y requiere se utilicen los conceptos científicos para poder concretar la meta planteada, asimismo, esta se ejecuta alrededor de una comunidad científica en donde cada científico funge un determinado papel dentro de la actividad.

Pensando en una actividad societal a través del espacio virtual coordinado, podemos poner como ejemplo la realización de un artículo de divulgación científica acerca de la importancia que tiene la vacunación. Es claro que la meta de la actividad es que los alumnos entreguen dicho artículo de divulgación, y para que concreten esta meta es necesario que se organicen y trabajen de manera colaborativa, busquen información para que realicen argumentos justificados sobre el porque es relevante vacunarse y finalmente socialicen con todo el grupo el trabajo que realizaron. Para el cumplimiento de la meta, en primera instancia el maestro tiene

que organizar al grupo y otorgar apoyos escritos y audiovisuales que ayuden a los alumnos a comprender el tema de la vacunación y estos apoyos los puede otorgar en las sesiones sincrónicas y en el espacio asincrónico; también es relevante que los alumnos puedan trabajar en equipo para organizarse y el trabajo en equipo es posible en los espacios de encuentro sincrónico en donde se puede dar el diálogo y la interacción entre pares (entre los alumnos) para poder cumplir la meta. A través de la realización de un artículo científico, los alumnos tendrán que poner en juego diferentes capacidades de la alfabetización científica, porque tendrán que pensar sobre los alcances y limitaciones de la ciencia, la forma en cómo funciona la ciencia y el impacto que tiene sobre la sociedad y el medio ambiente. En síntesis, la idea principal es que a través de los EVEAS coordinados se pueden recrear actividades socialmente significativas en las cuales se den procesos de interacción entre docente y alumnos; es a través de la realización de dicha actividad en donde el maestro coordina y organiza a su grupo, otorga apoyos y explica aspectos importantes y guía en el proceso de elaboración de la actividad a sus alumnos; por su parte los alumnos al involucrarse en una actividad societal desarrollan aprendizajes que vayan más allá de la memorización de conceptos, sino en el desarrollo de capacidades o formas de pensar complejas.

En síntesis, el espacio virtual coordinado ofrece la oportunidad de instaurar y ejecutar actividades sociales en las cuales los alumnos puedan participar de forma activa y el docente guíe en la ejecución de dicha actividad, por tanto, el espacio coordinado no sirve simplemente para que los alumnos practiquen habilidades centradas en el contenido, sino que pueden crearse espacios que recreen tareas del mundo real en las cuales los alumnos pueden reflexionar, investigar y verse involucrados en temas de relevancia social. Por tanto, un entorno coordinado desde la visión sociocultural no simplifica a contenidos, por el contrario, se ve enriquecido al crear condiciones auténticas en las cuáles el alumno se vea retado a actuar en problemas complejos y realistas.

El tercer aspecto de los entornos coordinados que puede ser interpretado desde lo sociocultural es lo referido al trabajo colaborativo o la interacción entre pares. En el entorno coordinado en el espacio sincrónico es posible que los estudiantes trabajen en equipo para compartir experiencias y conocimientos sobre algún tema o problemática particular, y en el espacio asincrónico, la interacción entre pares puede llevarse a cabo en foros o en chats a través

de las plataformas LMS. Situándonos en el enfoque sociocultural, la interacción entre pares resulta fundamental porque cada individuo aporta saberes y reflexiones que ayuden a resolver la meta de la actividad que el docente esté planteando, es decir, el que los alumnos colaboren y trabajen en equipo tiene un sentido muy particular, porque cada integrante comparte la misma meta, por tanto, las interacciones no se dan en el vacío, sino que tiene un propósito muy concreto. Si retomamos el ejemplo anterior que se planteaba el caso de un grupo de alumnos que tiene como meta la elaboración de un artículo de divulgación científica, el que los alumnos se reúnan a discutir y dialogar es para resolver la tarea que el maestro les está demandando (Mercer, 2001). Es así, que gracias a que todos los participantes de la actividad comparten la misma meta, pueden pensar juntos y encaminar sus esfuerzos a un objetivo. Entonces, las interacciones más estructuradas y encaminadas a una meta perfectamente pueden ejecutarse en los espacios virtuales sincrónicos utilizando aplicaciones como Zoom o Google meet. Recapitulando, la idea es que un entorno virtual coordinado puede verse fortalecido si se propician tiempos para la interacción entre pares, porque de esta interacción cada individuo contribuye con conocimientos y experiencias previas que permiten la resolución de una problemática, pero se reconoce que las interacciones entre iguales son posibles de ejecutar cuando el docente, quien es el que dirige la actividad, promueve el dialogo y dispone del grupo de tal forma que los estudiantes puedan relacionarse unos con otros.

Finalmente, el cuarto elemento de los entornos coordinados que puede reinterpretarse desde lo sociocultural es el relacionado al uso de múltiples recursos audiovisuales y escritos. El acceso a múltiples fuentes de información ya sea de forma escrita o en formato de audio o video, es quizás una de las características más fuertes que tiene un entorno virtual coordinado. El uso de diversos recursos es útil para los alumnos porque permite tener información a la mano que puedan usar para llegar a la meta de la actividad que estén realizando; además, dentro de la red se pueden seleccionar recursos que ofrezcan explicaciones sobre temas en particular, y esta selección la puede hacer tanto el maestro como los propios alumnos; finalmente, la ventaja de los entornos virtuales es que el acceder a información se da de una forma dinámica y rápida y si el maestro se encontrará en una sesión sincrónica con sus alumnos, en tiempo real puede buscar información que considere oportuna, por eso de manera metafórica es que podemos decir que el uso de recursos están al alcance de un click. Si reinterpretemos el uso de los recursos audiovisuales y escritos desde la visión sociocultural, podemos concebirlos como *medios*

*semióticos de representación*. Los medios semióticos de representación son “un conjunto de símbolos distintos, organizados y estructurados de acuerdo a ciertas reglas y principios que los relacionan con un dominio específico y en donde cada uno tiene su propia y única interpretación” (Johnson Laird, 1990, p.33). Para detallar la idea de medios semióticos, podemos pensar el trabajo de un microbiólogo encargado de desarrollar vacunas para prevenir enfermedades, este profesional es capaz de ejecutar su trabajo porque cuenta con el marco conceptual de la teoría microbiana que le permite observar la existencia de organismos que no son visibles al ojo humano, en este sentido, el uso de teorías y conceptos podemos concebirlo como los medios semióticos que usa el microbiólogo para realizar su actividad. Por otro lado, el uso de *herramientas* también puede ser concebido como medios semióticos de representación porque son las objetivaciones de los sistemas simbólicos, por ejemplo, el microscopio es una herramienta que permite observar objetos demasiado pequeños no visibles al ojo humano y su creación se debe al concepto de Física de refracción y a la ley de Snell (Linares, 2010). De esta forma, las herramientas son objetos que se han desarrollado a lo largo de la historia y facilitan la resolución de alguna tarea dentro de una Actividad, de tal forma que las herramientas son concreciones que reflejan el uso de los sistemas simbólicos (Radford, 2014). Si retomamos el ejemplo del microbiólogo, este profesional realiza su labor gracias a la existencia de herramientas especializadas producto del desarrollo científico, como los microscopios, pipetas, tubos de ensayo, cajas de Petri, entre otras.

Dentro de un entorno virtual coordinado, si los alumnos tienen como meta la escritura de un artículo de divulgación científica sobre la importancia de las vacunas, tendrán que usar el conocimiento relacionado a la microbiología para entender cuáles son los microorganismos que enferman el cuerpo humano, por otra parte, tendrán que utilizar información sobre la manera en cómo se fabrican vacunas y la manera en cómo se inoculan microorganismos; por último el uso de modelos e imágenes para los estudiantes sería útil para explicar y describir la estructura de los virus y bacterias que infectan al cuerpo humano. Con el ejemplo que acabo de situar, lo que se pretende ilustrar es que los medios semióticos son artefactos imprescindibles para la ejecución de una determinada actividad y que, dentro de un entorno virtual coordinado, el acceso a estos medios semióticos es ilimitada. Es así, que el uso de recursos virtuales pensados como herramientas semióticas, debe servir para pensar y actuar en un contexto determinado ya que en si misma el recurso con información no garantiza un aprendizaje en el alumno, y la lógica que se

persigue desde la visión sociocultural entorno al uso de recursos es que deben usarse con sentido, es decir, deben permitir al alumno a actuar dentro de una realidad social e históricamente construida.

Haciendo una recapitulación de lo que se acaba de enunciar, un entorno virtual coordinado puede concebirse y diseñarse tomando como posicionamiento la teoría sociocultural. El usar lo sociocultural permite potenciar el uso de los entornos coordinados porque le otorgan un sentido a las actividades que un maestro realice en línea con sus estudiantes, y dichas actividades pueden estar encaminadas a formar capacidades de pensamiento y no solo enfocarse en el conocimiento. Por otra parte, es importante recalcar que los aspectos que se ponen en juego desde la visión sociocultural son: la mediación semiótica de los diferentes campos disciplinares puestos dentro de una actividad real; la mediación del experto que en este caso, este papel lo desempeña el maestro al ser quien conoce la actividad y ser el encargado de introducir a los estudiantes a esta; la interacción entre pares en donde la influencia de otros resulta fundamental para el desarrollo de capacidades; el uso de herramientas y objetivaciones de los sistemas disciplinares las cuales representan artefactos que ayudan a pensar dentro de una situación real. Todos estos elementos en su conjunto se relacionan y dan como resultado, procesos de enseñanza y aprendizaje dentro de un entorno virtual coordinado. Dado los elementos anteriores, es que un entorno virtual coordinado desde lo sociocultural puede adquirir el carácter de complejo, porque el diseño del entorno representan una totalidad organizada en la cual los elementos no son separables y por tanto no pueden ser estudiados de forma aislada (García, 2006), es decir, propiciar condiciones en las cuales se den los procesos de enseñanza y aprendizaje, es necesario estudiar el contexto de forma holística y definir el marco teórico del cual se parte, que en este caso son las premisas histórico culturales vygotskianas. Es así, que el carácter de *complejo* está dado “por las interrelaciones entre los componentes, cuyas funciones dentro del sistema no son independientes. El conjunto de sus relaciones constituye la estructura, que da al sistema la forma de organización que la hace funcionar como una totalidad” (García, 2011, p.74). Entonces, se toma a la situación de enseñanza y aprendizaje como un sistema, una totalidad en la cual cada uno de sus componentes (mediación semiótica, interacción social, herramientas) se encuentran unidos y cumplen una función específica, de esta forma, cada elemento depende del otro. Por tanto, podemos decir que existe una *determinación mutua* entre los componentes que se ponen en juego dentro de los entornos virtuales de enseñanza (García, 2006).

Es por los puntos expuestos en el párrafo anterior que el diseño de los entornos de enseñanza representa una tarea ardua ya que se toman en cuenta todos los elementos descritos antes y se busca que estos se fusionen y operen en determinación mutua dentro de la actividad real entonces, crear entornos complejos no implica poner en juego y de forma segmentada herramientas de ayuda dentro de una situación, los sistemas complejos, en este caso la situación real de enseñanza, para ser diseñada y posteriormente analizada deben de abordarse desde su totalidad (García, 2011).

### **3.3 Entornos virtuales para la enseñanza de la Biología en Bachillerato**

En el apartado anterior se mencionó que los entornos virtuales coordinados de enseñanza pueden diseñarse usando como marco de referencia la visión sociocultural, esto con el fin de aprovechar y potenciar el uso de los recursos digitales, así como favorecer los procesos de interacción entre alumnos y el maestro, con el propósito de promover aprendizajes que vayan más allá de la memorización de conceptos. En la educación científica, la alfabetización científica es el propósito que se persigue, por tanto, se espera que los alumnos que cursen la educación obligatoria desarrollen las capacidades de alfabetización. Los entornos coordinados virtuales de enseñanza diseñados bajo la visión sociocultural ofrecen la oportunidad de que los alumnos desarrollen las capacidades de alfabetización. La idea que hay detrás de los entornos coordinados desde lo sociocultural es que se diseñen actividades auténticas dirigidas a una meta, en donde los alumnos tienen que participar en dichas actividades y es a través de su participación y de la guía y apoyos del maestro en donde se desarrollaran las capacidades de alfabetización.

Si entramos en el terreno de la educación científica a través de la virtualidad, existe basta literatura en la cual se exponen ejemplos sobre el uso de la virtualidad para la enseñanza de la Biología. A continuación, mencionaré algunas investigaciones para ilustrar la forma en cómo se han creado diversos tipos de entornos virtuales para la enseñanza de la Biología y al final, expondré los puntos débiles de dichas investigaciones visto de la perspectiva sociocultural.

Comenzaré por hablar de aquellas investigaciones que se caracterizan por la ausencia de una figura docente que guíe y apoye en el proceso de enseñanza. El estudio realizado por Valero, Noorozi, Biemans y Mulder (2019) investigó los efectos de un entorno de enseñanza en línea

apoyado con ejemplos resueltos y comentarios de pares para la escritura de ensayos argumentativos en estudiantes de licenciatura para el aprendizaje de conocimientos específicos de biotecnología. Valero y colaboradores brindaron diversos recursos como manuales de escritura y lecturas de apoyo con el fin de que los alumnos involucrados en la investigación contaran con herramientas para escribir un ensayo. Todos los recursos fueron administrados a través de una plataforma en línea. Por otra parte, la interacción entre pares que existió se hizo a través de comentarios a través de un foro que también se encontraba alojado en la plataforma. Los resultados del estudio indican que los alumnos participantes lograron escribir buenos ensayos en donde usaron diversos términos sobre biotecnología, sin embargo, se dejaron de lado aspectos como el papel del docente y los aprendizajes alcanzados se enfocaron solamente en el dominio de conocimientos científicos.

El trabajo realizado por Broham y Oprandi (2006), tuvo como objetivo diseñar un curso de enseñanza de la Biología a través de la plataforma de Moodle. Para dicho curso los investigadores diseñaron materiales de apoyo como presentaciones de power point, documentos escritos y pusieron a disposición de los alumnos links a páginas web con información relevante, conferencias en video y audios. El objetivo era que a través de la revisión de estos materiales los alumnos pudieran reforzar sus conocimientos sobre el tema de evolución. Los resultados de esta investigación muestran que los alumnos tuvieron una mejor comprensión sobre el tema de evolución, aunque no se mencionan nada acerca de la interacción entre pares o la interacción docente, por tanto, el trabajo realizado por Broham y Oprandi descansa más en el uso de la tecnología.

Respecto a las investigaciones que recrean situaciones más cercanas a lo auténtico, el estudio de Schedlbauer, Nadolny y Woolfrey (2016) describe el uso de un entorno virtual con el objetivo de que alumnos de bachillerato desarrollen habilidades de investigación como la observación y recopilación de datos, análisis y toma de decisiones. A través de una simulación tridimensional, los estudiantes que participaron en este estudio se adentran a una selva tropical en la cual tenían que fungir el papel de investigadores y explicar los diversos procesos biológicos que se dan en un ecosistema como la selva. Si bien los resultados de esta investigación fueron alentadores porque se reporta que hubo un alto grado de motivación y los alumnos involucrados comprendieron

aspectos de la investigación científica, la simulación se trabajó de manera individual y no se menciona nada sobre el papel del maestro que guíe en el proceso de aprendizaje a los estudiantes.

Como último ejemplo del uso de entornos virtuales para la enseñanza de la Biología, el estudio efectuado por de Koenders (2002) reporta el uso de un sitio web que albergaba imágenes de diferentes microorganismos con el propósito de que alumnos de bachillerato entrarán a dicho sitio para que observarán, analizarán y clasificarán dichas imágenes para que comprendieran y caracterizarán diferentes tipos de microorganismos. En esta investigación, los alumnos podían trabajar en línea de manera colaborativa, lo que permitió el intercambio de ideas y el apoyo entre compañeros. Este estudio de Koenders reporta que hubo un cambio en las habilidades de los alumnos para diferenciar y caracterizar organismos, sin embargo, tampoco se menciona nada relacionado a la guía y apoyo docente.

Los ejemplos de investigaciones que en los párrafos anteriores se acaban de describir resaltan el uso de recursos digitales y simulaciones para recrear entornos de enseñanza, y en algunos casos se toman en cuenta elementos como la interacción entre pares como elemento para apoyar el proceso de aprendizaje entre los alumnos, sin embargo, ninguna de las investigaciones citadas anteriormente pone como eje de aprendizaje la alfabetización científica, por el contrario, se centran en desarrollar habilidades enfocadas en el método científico o únicamente en la comprensión de conocimientos.

Además, ninguna de las investigaciones enunciadas con anterioridad recrea de manera holista todos los elementos que se ven involucrados en una situación de enseñanza, como el papel y la importancia del maestro, el apoyo e interacción entre pares y el uso de recursos enfocado a pensar una situación de la vida real, pero lo que es evidente es que en todas las experiencias reportadas utilizan de manera amplia los recursos virtuales.

En síntesis, en un entorno de enseñanza virtual deben tomarse de forma integral los objetivos de aprendizaje que se busquen promover, así como los aspectos que caracterizan una situación de aprendizaje, aparte de considerar el uso de una teoría que guíe en el diseño de las condiciones en donde se pondrán en juego los procesos de enseñanza y aprendizaje.

### 3.3.1 Diseño de entornos coordinados para la alfabetización científica en Biología

Reconociendo que en el contexto histórico actual en el cual nos encontramos, la humanidad enfrenta diversos problemas relacionados con la contaminación, el deterioro ambiental y la pobreza, la enseñanza de la Biología toma relevancia porque puede funcionar como herramienta para transformar la realidad y ofrecer soluciones a dichas problemáticas. Aquí hay que aclarar que enseñanza de la Biología no debe centrarse únicamente en los contenidos de la disciplina, sino que puede orientarse al desarrollo de capacidades de Alfabetización Científica, en donde los alumnos pueden familiarizarse con las formas en cómo se hace la ciencia, el impacto que tiene la ciencia y tener una visión crítica de la actividad científica. Entonces, la noción de Alfabetización Científica lo que intenta es desarrollar en las personas formar de pensar y de usar la ciencia para cambiar la realidad, en este sentido, lo que se pretende es que, a través de la Biología, los estudiantes se apropien de las formas de hacer ciencia de tal forma que se convierta en un saber útil que les permita encarar la realidad en cual están inmersos.

Por otra parte, la educación científica tiene un papel central en el proyecto educativo de nación, particularmente en la EMS. La educación media superior es fundamental en la formación de las personas porque debe de prepararlos para la vida y para los estudios superiores, sin embargo, los datos estadísticos muestran que para un gran número de jóvenes este será el último nivel educativo que cursen, por tal motivo, es sustancial ofrecer condiciones favorables a los jóvenes para que desarrollen aprendizajes que puedan serles útiles en su vida. Para lograr ofrecer aprendizajes adecuados dentro del bachillerato, es necesario crear condiciones de enseñanza que no estén centrados en la memorización de contenidos, sino que hay que ofrecer situaciones que permitan a los estudiantes desarrollar capacidades, en este caso, capacidades de alfabetización.

Asumiendo que la enseñanza de la ciencia en el bachillerato es importante, el proyecto Aleph5 tiene como anhelo crear condiciones de enseñanza que favorezcan el desarrollo de capacidades de alfabetización dentro de la Escuela Nacional Preparatoria, y es dentro del contexto del proyecto Aleph5 en donde se coloca la presente investigación que tiene como *propósito favorecer la calidad educativa dentro de la ENP para asegurar la formación de las y los alumnos preparatorianos en el área de las ciencias biológicas y de la salud.*

El **objetivo general** que se plantea esta investigación es el *diseño e implementación de entornos virtuales de enseñanza para el aprendizaje de la materia de Biología IV dentro de la ENP*. Para lograr el objetivo general, los **objetivos específicos** que se plantean son:

2. Diseño e implementación de secuencias didácticas para la enseñanza de la Biología, a través de un entorno virtual coordinado.
3. Diseño de materiales didácticos digitales para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
4. Apoyo y trabajo colaborativo con una comunidad de docentes que trabajan dentro de la ENP

Se resaltan las siguientes **preguntas de investigación**:

1. ¿Cómo contribuyen los diferentes elementos del entorno virtual coordinado el desarrollo de las capacidades de alfabetización científica?
2. ¿Qué elementos del entorno virtual coordinado obstaculizan el desarrollo de capacidades de alfabetización?

## **CAPÍTULO 4. PERSPECTIVA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE ENTORNOS VIRTUALES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

El presente capítulo tiene la intención de presentar la perspectiva metodológica que siguió esta investigación, así como de las características que identifican su diseño. Para iniciar, quiero recordar que el objetivo que persigue el proyecto es el diseño de entornos de enseñanza para el aprendizaje de la Biología desde una perspectiva sociocultural.

Para lograr este objetivo, fue necesario dar cuenta del contexto y las personas que estuvieron involucradas en la investigación, por tanto, fue necesario utilizar una perspectiva metodológica que capturara las diversas constantes que atraviesan el diseño de entornos de enseñanza-aprendizaje, en este sentido se reconoce la complejidad que hay en los entornos educativos. Es así, que el marco metodológico que guio la investigación fue la Investigación Basada en Diseño (IBD).

La IBD es una perspectiva metodológica sistemática y flexible dirigida a mejorar las prácticas educativas a través del análisis iterativo, el diseño, el desarrollo y la implementación de diseños educativos<sup>7</sup>, que se basa en la colaboración entre investigadores y profesionales en entornos del mundo real y que puede llevar a principios y teoría de diseño sensibles al contexto, por tanto, es importante recalcar que la IBD tiene que ser relevante para las prácticas educativas de la institución, porque va dirigida a crear transformaciones que deriven en los aprendizajes de los estudiantes (Reimann, 2011). A partir del uso de la IBD, de manera concreta el presente proyecto de investigación se enfocó del diseño de entornos de enseñanza para el aprendizaje de la Biología dentro de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP).

Para el diseño del entorno se consideraron los elementos que caracterizan las investigaciones basadas en diseño, que son: 1. contexto real de la institución, 2. trabajo con profesionales de la educación y, 3. el seguimiento de un ciclo o proceso de desarrollo (Barab y Squire, 2004).

---

<sup>7</sup> Para el caso de esta investigación, el diseño educativo se refiere al Entorno de Enseñanza. Este Entorno de Enseñanza se traduce en las secuencias didácticas elaboradas entre los investigadores y docentes de la Escuela Nacional Preparatoria.

Tomando como punto de partida las características de la IBD, en los siguientes apartados explicaré de qué forma cada uno de estos elementos contribuyó y guio para el diseño de entornos para la enseñanza de la Biología.

#### **4.1 Diseño en contexto**

Un aspecto fundamental que caracteriza la IBD es que el diseño de los entornos de enseñanza-aprendizaje se realiza en contexto. Un desafío para los investigadores educativos es capturar la complejidad y el desorden de un contexto real, por tanto, algo significativo para la IBD es mostrar la relevancia que tiene un diseño educativo en el ambiente real de la intervención, de esta forma, las afirmaciones que emanan de este tipo de investigaciones son válidas, o dicho en otras palabras, como los diseños educativos que se planean se ponen a prueba en el contexto real, es posible hacer mejoras y cambios y esto deriva en aportaciones educativas significativas porque emanan de la práctica misma (Barab y Squire, 2004).

En el caso de la presente investigación, el contexto en el cual se realizó el trabajo fue la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). La ENP es una de las principales instituciones de educación media superior en México y nace como un proyecto de educación pública en 1867, el cual busca desde sus orígenes responder satisfactoriamente a los retos y demandas de la sociedad. En el año de 1910 cuando se discute el proyecto universitario del país, la ENP queda subordinada a la Universidad Nacional, lo cual le brindó el carácter propedéutico a sus planes y programas de estudio, es decir, que la ENP debe preparar para los estudios universitarios (Monter, 2017).

Con el paso del tiempo y debido a la demanda educativa, la ENP salió del Barrio Universitario y, paulatinamente, se abrieron nuevas sedes en diversas zonas de la Ciudad de México. A manera de conmemoración de sus maestros más distinguidos, los nueve planteles preparatorianos llevan sus nombres: plantel 1 Gabino Barreda; plantel 2 Erasmo Castellanos; plantel 3 Justo Sierra; plantel 4 Vidal Castañeda y Nájera; plantel 5 José Vasconcelos; plantel 6 Antonio Caso; plantel 7 Ezequiel A. Chávez; plantel 8 Miguel E. Schulz; y plantel 9 Pedro de Alba. Dentro de sus nueve planteles, actualmente asisten aproximadamente 48,000 alumnos y 2,400 profesores, lo cual otorga el carácter de masivo a la institución (Dander Flores, 2018).

El plan de estudios del año de 1996 es el que rige actualmente a la ENP, el cual reemplaza al plan de 1964 en donde, se hace una crítica a los objetivos de aprendizaje basados en conocimientos enciclopedistas, en cambio, el plan de 1996 apuesta por una formación integral que se ajuste con el desarrollo de las nuevas tecnologías y la globalización (UNAM, 1997). El plan de estudios de la ENP está compuesto por cuatro campos de conocimientos, cuya función es articular las diferentes materias que se contemplan en la formación de los estudiantes: Ciencias naturales, Matemáticas, Histórico-Social y Lenguaje, Comunicación y Cultura. Es importante mencionar que cada campo se identifica una asignatura eje, que funge como guía para establecer la coherencia y congruencia interna del campo, y definir contenidos antecedentes y consecuentes para lograr la formación en cada campo (UNAM, 1997).

Recientemente, la ENP ha realizado una actualización curricular en donde se han replanteado algunos contenidos de sus programas de estudio y se apuesta por un aprendizaje significativo a partir de analizar problemáticas en contextos reales en donde el estudiante ocupa el papel central en el proceso educativo de aprendizaje, por tanto, los objetivos de aprendizaje que se han replanteado ahora están puestos más en las habilidades (Valle Martínez, 2018).

Aparte, es sustancia mencionar que el contexto escolar de la ENP se vio modificado a causa de la pandemia producida por el COVID-19, por tanto, las actividades de enseñanza-aprendizaje se realizaron de manera virtual en los nueve planteles de la institución. Los procesos de enseñanza-aprendizaje se vieron soportados por plataformas como Moodle y Classroom para el trabajo asíncrono y por Zoom y Google Meet para el trabajo sincrónico.

En síntesis, para la presente investigación fue fundamental tomar en cuenta los rasgos que identifican a la ENP como el curriculum (y en particular los programas de estudio de Biología IV), su carácter propedéutico y masivo, así como el contexto histórico actual para el diseño de entornos de enseñanza. Considerar las características de la institución posibilita la validación de la intervención porque cumple el criterio de diseño dentro del contexto, de esta forma es posible realizar afirmaciones validas sobre su funcionamiento ya que se consideran todos los posibles obstáculos que se podrían enfrentar.

Es necesario aclarar que esta investigación al considerar el contexto institucional no pretende simplemente demostrar el valor del curriculum o del plan de estudios, sino aportar datos que permitan analizar y reflexionar sobre lo que implica la enseñanza y aprendizaje de la

Biología tomando como marco teórico de referencia la perspectiva sociocultural y de la Actividad. Puesto, en otros términos, al considerar el contexto real y las premisas teóricas que guiaron en el diseño del entorno y que después se implementó y analizó, es posible extraer datos que permitan la construcción de teoría que permita pensar sobre lo que conlleva enseñar y aprender Biología. En este sentido, gran parte de la riqueza al ejecutar una investigación dentro del contexto es conocer cómo funciona un diseño educativo con toda la complejidad y el desorden natural que hay en el mundo real, por tanto, además de comprender la manera en cómo funcionó el diseño del entorno de enseñanza-aprendizaje, esta investigación también pretende ilustrar la relevancia de los hallazgos derivados del contexto de intervención para otros contextos educativos (Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004).

Dentro de cualquier espacio educativo, existen diversos agentes con los cuáles hay que entablar una relación para cumplir con los propósitos educativos que se plantea una determinada institución. En el siguiente apartado se hablará sobre el trabajo colaborativo que se realizó con los docentes e investigadores educativos en la construcción de entornos de enseñanza-aprendizaje.

#### **4.2 Diálogos co-generativos para el diseño de entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje**

Otra de las características de la IBD y que le da fortaleza a la presente investigación es el trabajo que se realiza de manera colaborativa con los docentes que imparten clases dentro de la ENP. Dentro del proyecto de investigación, fue posible conformar un equipo de trabajo con nueve profesores pertenecientes a los diferentes planteles de la ENP que imparten la asignatura de Biología IV; de los nueve profesores dos imparten clase en el plantel 2 de la ENP, dos profesores dan clase en el plantel 3, una docente da clase en el plantel 4, dos dan clase en el plantel 5, un docente da clase en el plantel 7 y una docente da clase en el plantel 8.

El trabajo colaborativo entre maestros e investigadores educativos permitió compartir experiencias, analizar e investigar las mejores prácticas pedagógicas que permitieran el diseño del entorno de enseñanza para los aprendizajes de la Biología, sin embargo, fue necesario efectuar reuniones cada semana para organizar el trabajo y llegar a acuerdos en común.

Debido a que docentes e investigadores educativos compartieron en todo momento experiencias y conocimientos para la construcción del entorno de enseñanza para el aprendizaje

de la Biología, este proceso de construcción lo he denominado diálogos co-generativos. Los diálogos co-generativos son aquellas discusiones estructuradas entre participantes en situaciones educativas concretas encaminadas a la mejora de la práctica educativa, y en el caso de esta investigación, los diálogos co-generativos que se desarrollaron fueron para diseñar el entorno de enseñanza y para reflexionar y analizar qué aspectos o elementos debían mejorarse, todo ello con el propósito de promover aprendizajes en los estudiantes preparatorianos (Roth y Tobin, 2004).

Durante los diálogos co-generativos, el grupo de maestros no fungió un papel de meros informantes o agentes pasivos en el proceso de construcción, por el contrario, fueron parte medular del trabajo de investigación, es decir, de manera conjunta con el equipo de investigadores educativos se co-diseñó, co-implementó y co-rediseñó el entorno de enseñanza. Este enfoque de trabajo colaborativo para co-construir las experiencias de enseñanza pone en relieve dos aspectos: el primero es el deseo de comprender la perspectiva de los demás<sup>8</sup>, y el segundo es el compromiso por asegurar que se desarrollen los aprendizajes en donde la responsabilidad de la enseñanza se comparte porque todos los agentes involucrados cooperaron en la construcción del entorno en donde los alumnos van a aprender. Los diálogos co-generativos en torno a la colaboración tienen la ventaja de romper con las nociones institucionales arraigadas de “profesor” e “investigadores” ya que ambas partes construyen las experiencias de enseñanza y aprendizaje (Siry y Zawatski, 2011).

Como se había mencionado en párrafos anteriores, el grupo de trabajo entre maestros e investigadores tuvo que mantener sesiones semanales de trabajo para co-construir el ambiente de enseñanza. Las sesiones de trabajo que se fueron desarrollando a lo largo de un año y medio tuvieron diferentes objetivos, al principio nos reuníamos para discutir y analizar los planes y programas de estudio, en un segundo momento se dedicó el tiempo a diseñar las actividades de enseñanza y al final a rediseñar dichas actividades. Si bien es cierto que en todo momento se fomentó el intercambio de ideas respetando la opinión de cada integrante, las sesiones de trabajo tenían una estructura y seguían objetivos muy claros. La estructuración de las sesiones de trabajo corría a manos de los investigadores educativos.

---

<sup>8</sup> En el caso de esta investigación, yo escuchaba las aportaciones y necesidades del grupo de maestros de Biología y por su parte, los maestros recibían las aportaciones que yo les daba. Por ejemplo, yo comprendía que algunos maestros tenían 6 grupos de 50 alumnos y que, por tanto, las dinámicas grupales debían considerar esta cantidad de estudiantes; los maestros por un lado reconocían las ventajas que aportaba la teoría sociocultural para el diseño de actividades de enseñanza.

El trabajo a través de los diálogos co-generativos que se desarrolló con los maestros e investigadores trascendió al mero cumplimiento de actividades académicas o a los intereses personales de cada integrante, y de este trabajo conjunto se formó lo que denominamos una comunidad de práctica docente. Para justificar porque nombro a nuestro grupo de trabajo como una comunidad de práctica, a continuación, abordaré algunos puntos que identifican a las comunidades de práctica.

Una comunidad de práctica se forma por personas que se comprometen a participar en un proceso de aprendizaje dentro de un ámbito compartido, dicho en otras palabras, existe una pasión o preocupación por algo en particular. En el caso del grupo Aleph y los maestros de Biología, existe una preocupación genuina por brindar condiciones de enseñanza para el adecuado desarrollo académico de los alumnos preparatorianos; por otra parte, todos los miembros del equipo tienen la convicción de que enseñar Biología debe trascender la memorización de contenidos y que a través de esta disciplina es posible brindar formas de pensar que apasionen y aporten elementos a los alumnos para analizar y transformar la realidad. Los aspectos mencionados anteriormente fueron elementos sustanciales que permitieron congregarse a el equipo de trabajo, lo que significa que se comparten intereses y metas en común (Wenger-Trayner y Wenger-Trayner, 2015).

Ya que he mencionado que existen intereses compartidos tanto por los docentes y los miembros de Aleph, tuvieron que darse ciertas condiciones para que pudiera conformarse la comunidad de práctica, y estas condiciones fueron:

- Compromiso mutuo: se refiere a la participación mutua por la cuál es posible realizar el trabajo. En este caso, los docentes se han caracterizado por participar en todas las reuniones de trabajo y aportar su experiencia y conocimientos para construir el entorno de enseñanza-aprendizaje.
- Empresa conjunta: la negociación de una empresa conjunta es el resultado de un proceso colectivo de negociación. Para el equipo de trabajo de Biología, la construcción del entorno de enseñanza-aprendizaje fue un proceso que llevo muchas reuniones y tiempo de discusión sobre las actividades que iban a implementarse. No había una solución definitiva, por ende, los maestros tuvieron que negociar que elementos eran los mejores

para el entorno de enseñanza. Esta negociación permitió que cada uno de los integrantes de la comunidad tomaran y se apropiaran del proyecto.

- **Reportorio compartido:** son todas las palabras, rutinas, instrumentos, maneras de hacer, relatos, gestos, símbolos, género, acciones o conceptos que la comunidad ha producido en el curso de su existencia. Durante las reuniones de trabajo con los maestros, se construyeron formas de trabajo y un lenguaje particular para denominar artefactos o herramientas, por ejemplo, el formato Word que se utiliza para el desarrollo de secuencias didácticas dentro de la comunidad lo hemos nombrado como “formato azul y oro”.

El compromiso mutuo, la empresa conjunta y el repertorio compartido son condiciones que fueron edificándose de poco en poco, no están o aparecieron en el momento en que todos los miembros del colectivo se reunieron para trabajar conjuntamente, y es en este proceso donde se pusieron sobre la mesa los intereses, inquietudes y anhelos de los integrantes, se construyó la identidad de grupo y el propósito en común (Wenger-Trayner y Wenger-Trayner, 2015).

Finalmente, es imperioso mencionar que la comunidad de práctica que se conformó presentó características particulares: 1. por un lado existía un dominio común, es decir, un área de conocimiento específico que en este caso lo vemos reflejado en la experiencia de los maestros en la investigación y docencia en Biología; 2. una práctica compartida que se refiere al desarrollo de situaciones de aprendizaje, materiales didácticos y reuniones continuas de reflexión y análisis (Wenger, 2001).

El contexto real y el trabajo alrededor de los diálogos co-generativos son dos características imprescindibles en las investigaciones que utilizan la perspectiva de IBD, sin embargo, es importante que el proceso de diseño se de a través de un ciclo. En el siguiente apartado describiré cuál fue el ciclo de diseño que siguió la investigación.

### **4.3 Ciclos iterativos de diseño**

Ya he comentado que la razón de ser de la IBD es la mejora de las prácticas educativas a través del análisis, diseño e implementación de actividades que promuevan aprendizajes en los

estudiantes, y el punto que abordaré a continuación es el relacionado a los ciclos iterativos de diseño de actividades (ver figura 2).

Los ciclos iterativos son las fases que caracterizan el proceso por el cuál un grupo de investigación educativa realiza el diseño de actividades de enseñanza. Sin ánimo de ser redundante, como su nombre lo indica los ciclos de diseño se repiten las veces que sea necesario hasta lograr una intervención que sea efectiva. Debido a esta naturaleza iterativa, los investigadores educativos que usan este enfoque se ven comprometidos a largo plazo a estar refinando continuamente sus afirmaciones teóricas para producir lo que Cobb y diSessa denominan "innovaciones ontológicas" (2003). Debido a esta naturaleza abierta de la IBD, este enfoque hace que las investigaciones no estén acabadas, y dependerá del investigador decir hasta qué punto continuar con el análisis y rediseño de una determinada intervención (Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004).

Ya que el objetivo de esta investigación es el diseño de entornos de enseñanza para el aprendizaje de la Biología, mi intención principal es ilustrar el proceso por el cual se concretó el diseño educativo que elaboré en cual se vieron involucrados maestros e investigadores, así como un contexto institucional que tiene una idea particular respecto al tipo de enseñanza que debe impartirse. Los significados que los maestros tienen sobre la enseñanza, así como el contexto institucional hicieron que el diseñar un entorno de manera colaborativa fuera una tarea ardua, porque fue necesario negociar entre docentes e investigadores que condiciones serían las más favorables para el aprendizaje de los alumnos, además que por el tiempo histórico por el cual nos vimos atravesados todos los participantes, la intervención tuvo que adaptarse a las condiciones de enseñanza virtual. En los siguientes capítulos, explicaré de manera detallada cada una de las fases que caracterizan a mi investigación, pero para dar una perspectiva general a continuación mencionare brevemente dichas fases.

La primera fase que se abordó fue el Análisis del Contexto y Diseño del Entorno de Enseñanza. Esta primera fase se caracterizó por ser el momento en el cual se revisó con cuidado los documentos instituciones y además se tuvo un acercamiento a la ENP, esto con el fin de conocer las condiciones del contexto y proceder a diseñar el entorno de enseñanza. Fue en este primer momento cuando se tuvo el acercamiento inicial con los maestros que imparten la asignatura de Biología IV y se inició el trabajo de forma colaborativa.

La implementación y el análisis fue la segunda fase del estudio, y en este momento los maestros implementaron en el aula las actividades que previamente se habían diseñado. A la vez que los maestros implementaban las secuencias didácticas, el equipo de investigación Aleph llevaba a cabo observaciones del aula para analizarlas con los maestros, esto con el propósito de ir ajustando las actividades de acuerdo con las necesidades que se presentaban.

Luego de la implementación se efectuó el Rediseño del entorno de enseñanza y para ello, fueron de utilidad las observaciones y notas que se realizaron durante la implementación, pues dichos insumos sirvieron como referentes para reconocer que elementos del entorno debía mejorarse.

**Figura 2.**

*Fases para el diseño del entorno de enseñanza para Biología*



Me gustaría puntualizar que en cada una de las fases del diseño hubo un proceso de reflexión y análisis (el análisis no se dejó para el final del ciclo escolar), porque, el objetivo es mejorar la intervención puesto sobre la práctica y hacer los ajustes necesarios. Las reflexiones y análisis estaban encaminadas a pensar porque si o no funcionaba el diseño y tomar medidas para solucionar cualquier problema. Se puede decir que el diseño se analizó en medida en que avanzaba.

En lo referente a las observaciones que se realizaban de la intervención, el grupo de investigación Aleph consideraba los siguientes puntos: 1. La manera en cómo se desenvolvían los alumnos a través de las actividades diseñadas, 2. Los intercambios que había entre docentes y alumnos, 3. La participación dentro del aula, 3. Los recursos y medios semióticos que servían como material de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, 4. La forma en cómo las actividades diseñadas se implementaban (Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004).

Después de haber realizado el recorrido acerca de la perspectiva metodológica y sus características, en los siguientes capítulos se explicarán las fases que estructuraron el diseño del entorno de enseñanza para el aprendizaje de la Biología.

## **CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DEL CONTEXTO Y DISEÑO DEL ENTORNO DE ENSEÑANZA**

De acuerdo con la perspectiva metodológica que sigue el presente proyecto (que es la Investigación Basada en Diseño o por sus siglas IBD), el primer paso a llevarse a cabo es el acercamiento a la institución en el cual se va a efectuar el diseño educativo, por tal motivo, el capítulo va a exponer con detalle el análisis del contexto y derivado de ello, las implicaciones que tuvo para el diseño del entorno de enseñanza.

En el primer apartado de este capítulo se mostrará el proceso de análisis del curriculum internacional y nacional del bachillerato para pasar a la exploración del curriculum de la ENP. Del análisis del curriculum internacional y nacional se mostrarán las ideas importantes que ayudaron a construir una interpretación del curriculum de la ENP, lo que significa que de forma consensuada se construyó una idea sobre los objetivos de aprendizaje y lo que se espera formar en los alumnos preparatorianos. El segundo apartado se abordará el análisis del contexto de la ENP, es decir, de aquellas cosas que no están escritas en el curriculum, como la cantidad de alumnos y su situación socioeconómica, así como las prácticas sociales que se llevan a cabo dentro de la escuela y los días de trabajo efectivo. En el tercer apartado de este capítulo se explica de manera específica cómo el análisis del curriculum y del contexto se traduce en consideraciones para el diseño del entorno de enseñanza virtual. Finalmente, en el cuarto apartado se presenta la forma en cómo se efectuó el diseño del entorno de enseñanza, en donde se pone en juego la perspectiva teórica que asume esta investigación (perspectiva sociocultural), así como las ideas que se trabajaron de manera colaborativa con los maestros acerca del análisis del contexto y del curriculum. Por último, se abordará cómo de manera conjunta con los maestros se acordó la implementación de las actividades diseñadas para el ciclo escolar 2022-2023.

En términos generales, la fase de análisis de contexto y diseño del entorno de enseñanza es relevante ya que el acercamiento a una institución de manera profunda permite conocer los retos y dificultades reales que enfrentan día a día los maestros para efectuar su trabajo de enseñanza. El conocer estos retos abre la posibilidad de realizar diseños educativos coherentes que respondan a una realidad que se caracteriza por su complejidad, en donde se ven involucrado las condiciones sociales de los alumnos, un curriculum que tiene intenciones educativas y el

maestro, de tal forma que dentro del acto de enseñar tienen que conjugarse estas tres esferas para lograr la formación de los alumnos preparatorianos.

### **5.1 Proceso de análisis del curriculum de la EMS y la ENP**

Como ya se ha mencionado antes, este trabajo de investigación realizó el diseño del entorno de enseñanza para el aprendizaje de la asignatura de Biología IV. Dentro de la ENP, la asignatura de Biología IV es relevante porque representa la asignatura eje del campo de las Ciencias Naturales y en dicho campo se espera que los alumnos desarrollen una visión general de como la ciencia produce su conocimiento y del impacto que tiene en las diferentes esferas de la vida social y personal (DGENP, s.f.). Por otra parte, la asignatura de Biología IV tiene el carácter de obligatoria y se imparte en el quinto año de la preparatoria, lo que significa que cualquier alumno que haya cursado su bachillerato en la ENP tuvo que haber tomado la asignatura en cuestión (DGENP, 2019a). Por lo que se comentó en las líneas anteriores, la decisión de diseñar el entorno de enseñanza para Biología IV fue estratégico, pues se aprovechó su carácter obligatorio y su posición dentro del curriculum de la ENP.

Ya que se ha ubicado la asignatura en donde se realizó el diseño del entorno de enseñanza, el siguiente paso fue delimitar los objetivos de aprendizaje, y para ello se analizó el programa de Biología IV y se revisó la literatura nacional e internacional sobre educación científica. A partir de la revisión y análisis de la literatura se encontró que, la idea que hay detrás de la enseñanza y aprendizaje de la Biología es el desarrollo de las capacidades de *Alfabetización Científica*<sup>9</sup>, de manera concreta se espera que las personas que estén alfabetizadas científicamente desarrollen capacidades de pensamiento en tres rubros importantes que son: 1. comprender la naturaleza y el origen de la actividad científica (conocido como Naturaleza de la Ciencia o NOS por sus siglas en inglés), 2. conocer las formas y modos de la actividad científica, y 3. la comprensión del vínculo que existe en la ciencia, tecnología, la sociedad y el medio ambiente (Holbrook y Rannikmae, 2007; Hodson, 2010; Kremer, Specht, Urhahne, y Mayer, 2013).

La idea de Alfabetización Científica está presente en los programas de ciencias de la ENP, sin embargo, comprender en un sentido amplio el significado de lo que implica Alfabetización

---

<sup>9</sup> En el capítulo 2 se aborda con profundidad la noción de alfabetización científica.

Científica es un proceso complejo debido a que puede tener diferentes acepciones y, además, su puesta en marcha dentro del currículum de la ENP es reciente, por tanto, no es una noción con la que todos los maestros de ciencias de la ENP estén familiarizados. Entonces, un primer paso para el diseño del entorno de enseñanza fue desarrollar y llegar a un acuerdo común con los maestros de Biología sobre la idea de Alfabetización Científica para después ponerlo en el centro como objetivo de aprendizaje en la asignatura de Biología IV.

Para lograr una interpretación colectiva con los maestros e investigadores educativos sobre la noción de Alfabetización Científica y situarla como objetivo de aprendizaje para la asignatura de Biología IV, la estrategia que se siguió fue la revisión de la curricula internacional y nacional sobre enseñanza y aprendizaje de la ciencia, con la intención de que los maestros se acercaran a las tendencias educativas sobre educación científica y además poder situar el propio programa de Biología IV en el contexto educativo nacional e internacional. Es necesario aclarar que el haber revisado con el equipo de maestros la curricula nacional e internacional no se hizo con el propósito de copiar y reproducir de forma mecánica lo que se hace en otros lugares respecto a la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, si no que la intención fue tener un trasfondo sobre cómo se piensa la educación científica y a partir de la revisión y reflexión sobre lo que para otros países e instituciones implica formar científicamente, crear dentro del equipo Aleph5 una visión propia sobre los objetivos de aprendizaje, teniendo en cuenta las intenciones educativas que tiene la propia ENP.

Ya que se ha situado que el objetivo de aprendizaje esperado dentro de la Biología es la Alfabetización Científica, el primer punto de reflexión que se tuvo con el equipo de maestros fue lo relacionado a la actualización que hubo a los programas de estudio de la ENP. Entre el año 2016 y 2018 el consejo técnico de la ENP aprobó la actualización a los programas de cuarto y quinto año y para el ciclo escolar 2017-2018 dichos programas se implementaron. La intención que hay detrás de la actualización es *“ubicar a la ENP en las tendencias educativas actuales, pero es indispensable atender la formación docente para alcanzar los objetivos planteados, trabajar en el diseño de materiales didácticos, fomentar la planeación didáctica la discusión colegiada y la reflexión.”* (Valle Martínez, 2018, p.16). La actualización a los programas de estudio representó una ventana de posibilidad para dialogar y discutir sobre el nuevo enfoque que hay detrás de la enseñanza y aprendizaje de la Biología dentro de la ENP, porque si bien dicha

actualización se concreta en un documento oficial que es el programa de Biología IV, la manera de entenderlo es muy particular de cada maestro.

Como primer paso, lo que se hizo dentro del equipo de trabajo de Biología fue revisar ejemplos de la curricula internacional para conocer qué es lo que se quiere enseñar en ciencias. Los primeros documentos que se analizaron fueron el curriculum de Ontario Canadá y el de Singapur. El motivo por el cual se eligió dichas curricula fue porque ambos países en la prueba de evaluación PISA han mostrado buenos resultados en el aprendizaje de la ciencia y además resultan interesantes las elaboraciones que han hecho respecto a qué enseñar sobre la ciencia (OCDE, 2019).

Para comenzar, en el curriculum de Ontario Canadá el propósito de la educación científica es el desarrollo de “*Alfabetización científica*<sup>10</sup>” y ellos la entienden como “*la posesión del conocimiento científico, las habilidades y los hábitos mentales necesarios para prosperar en el mundo del siglo XXI que está basado en la ciencia*”<sup>11</sup> (Ontario Ministry of Education, 2008, p.3). El propósito que persiguen no es formar científicos si no formar personas que puedan comprender e informarse sobre asuntos relacionados a la ciencia, así como un pensamiento crítico para tomar decisiones en cuestiones que involucren la ciencia. Dentro del curriculum de Ontario se persiguen tres objetivos específicos de aprendizaje que son: 1. relacionar la ciencia con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, 2. desarrollar las habilidades, estrategias y hábitos mentales requeridos para la investigación científica y 3. entender los conceptos básicos de la ciencia.

De estos tres grandes objetivos, resalta el número 3 que alude a la comprensión de los conceptos de la ciencia y llama la atención porque dentro de cada disciplina existen muchos conceptos que, para un experto en un campo particular todos serían importantes, pero hay que preguntarse qué de todo el conocimiento científico es relevante que los alumnos aprendan. Para poder dar una salida al problema de los conceptos que serían importantes que los alumnos comprendan, el curriculum de Ontario ideó la noción de *Big Ideas*, o *Grandes Ideas*. Las Grandes Ideas son las comprensiones amplias e importantes que los estudiantes deben conservar después de haber terminado sus cursos de ciencias, son entendimientos que contribuyen a la

---

<sup>10</sup> En el documento original el término es “scientific literacy”.

<sup>11</sup> La cita original es: “*Scientific literacy can be defined as possession of the scientific knowledge, skills, and habits of mind required to thrive in the science-based world of the twenty-first century.*”. La traducción es propia.

alfabetización científica (Ontario Ministry of Education, 2008). Puesto en otras palabras, dentro del curriculum de Ontario, en vez de poner todo el conocimiento científico que se ha desarrollado, se han enfocado en aquellos conceptos que son relevantes para entender el mundo natural. En el caso de la Biología, las ideas importantes que deben desarrollarse son: diversidad de los seres vivos, evolución, genética, animales: estructuras y funcionamiento y plantas: anatomía, desarrollo, crecimiento y funcionamiento.

En suma, al haber analizado el curriculum de Ontario con el equipo de maestros de Biología sirvió para tener un primer acercamiento para situar que la educación científica esta puesta en el desarrollo de habilidades de alfabetización y también para recuperar la idea de que no es necesario que en la enseñanza se pongan una infinidad de contenidos científicos, sino que hay conceptos clave que si enseñan de forma adecuada ayudan a tener una comprensión adecuada de la disciplina. Particularmente la noción de Grandes Ideas del curriculum de Ontario fue útil para dialogar y discutir con los maestros del Aleph5 que en otras partes del mundo los aprendizajes no están puestos en contenidos y más aún, que se eligen solo ciertos conceptos que son importantes, lo cual ayudó a los maestros a que poco a poco fueran desprendiéndose de la idea de contenidos como objetivo de aprendizaje.

Respecto a la lectura y análisis del curriculum de Singapur, se observa que su propósito es formar ciudadanos capaces de responder a las diferentes problemáticas del mundo actual, por ello desean inculcar en sus estudiantes el “espíritu por la investigación científica” (Ministry of Education Singapore, 2012, p.1). Sus objetivos de aprendizaje en ciencia están puestos sobre tres ejes principales que son: 1. comprensión de los conocimientos científicos, 2. aplicación y procesos de la actividad científica y 3. ética y desarrollo de actitudes hacia la ciencia (Ministry of Education Singapore, 2012, p.8). Particularmente lo que llama la atención del curriculum de Singapur de ciencias es el punto relacionado a la aplicación y procesos de la actividad científica ya que ellos tienen un interés particular en que los alumnos desarrollen innovaciones científicas y tecnológicas, en este sentido, existe un énfasis por desarrollar actividades de enseñanza en donde los alumnos se vean comprometidos a realizar una investigación científica.

Al presentar y analizar el curriculum de Singapur con el equipo de maestros del Aleph5, se rescató el objetivo de la investigación científica, lo cual implica el conocimiento sobre los procesos por los cuáles se hace la ciencia. Dicho objetivo es importante porque desarrollar en los

alumnos el conocimiento y la comprensión de la investigación científica implica crear situaciones de enseñanza en las cuáles los alumnos tengan contacto con la actividad que hacen los científicos, y este planteamiento tuvo implicaciones importantes al momento de diseñar actividades de enseñanza.

Después de revisar ejemplos de la curricula internacional, pasamos a la revisión del Reforma Integral en Educación Media Superior (RIEMS). Dentro la RIEMS, una de las críticas que hacen a los programas de ciencia anteriores es la visión enciclopédica, el enfoque memorístico y la visión fragmentada que se tiene de la enseñanza. Estos rasgos que caracterizaban a la enseñanza de la ciencia se relacionan con la imagen que tienen los maestros sobre la ciencia, pues se piensa que el objetivo de la educación científica es formar científicos, en lugar de pensar la educación científica como una pieza más dentro de la formación general de los jóvenes. A partir del análisis a los programas de ciencia, en la RIEMS se plantearon las siguientes mejoras: 1. organizar y articular los objetivos de aprendizaje y contenidos, 2. sintetizar los contenidos disciplinares importantes y 3. vincular los programas de las asignaturas de Biología, Física y Química (SEP, 2017).

Dentro de la RIEMS, el programa de la asignatura de Biología tiene como propósito *“Promover una educación científica de calidad para el desarrollo integral de jóvenes de bachillerato, considerando no sólo la comprensión de los procesos biológicos sino su formación en el pensamiento crítico y las habilidades necesarias para participar en el diálogo y tomar decisiones informadas en contextos de diversidad cultural, en el nivel local, nacional e internacional”* (SEP, 2017, pág. 536). Respecto a los objetivos de aprendizaje, estos están planteados en competencias, los cuáles también tienen relación con las nociones de alfabetización científica.

Al revisar el planteamiento de la RIEMS con el equipo de maestros del Aleph5, se pudo observar que la enseñanza de la ciencia va más allá del contenido disciplinar y más bien sirve como herramienta para la formación de los alumnos, lo cual debería verse reflejado en el perfil de egreso. Por otra parte, la RIEMS en concordancia con las tendencias mundiales en educación en ciencia plantea la enseñanza en términos del desarrollo de capacidades de la alfabetización científica y en la cual se ve al contenido disciplinar como pieza para el desarrollo de dichas capacidades, y no como la meta educativa en sí misma. Por último, la RIEMS ayudó a pensar en

la relevancia que tiene articular el curriculum, o, puesto, en otros términos, no ver como entes aislados las diferentes disciplinas que componen el área de ciencias experimentales, sino que cada una puede relacionarse con otra y que todas persiguen como objetivo de aprendizaje el desarrollo de capacidades.

Es así, que a partir de la lectura y análisis del curriculum de Ontario, Singapur y la RIEMS se llegó al acuerdo colectivo de tomar la idea de alfabetización científica como objetivo de aprendizaje para la educación científica, particularmente para la asignatura de Biología. Tomando como punto de partida a la Alfabetización Científica, dentro del equipo Aleph5 se acordó que se usaría dicha categoría como herramienta para interpretar el curriculum de la ENP en el área de ciencias naturales. En síntesis, el haber usado la categoría de Alfabetización Científica sirvió como herramienta para dar sentido y congruencia a la actualización de los programas de estudio para los maestros de Biología, pero para introducir dicha categoría fue necesario hacer la revisión de otras propuestas educativas para dar sentido y profundizar sobre lo qué es la Alfabetización Científica.

Después de haber revisado la curricula internacional y la RIEMS, en el equipo Aleph5 se comenzó a leer los programas de Biología, pero con el referente de la Alfabetización Científica como herramienta para interpretar las intenciones educativas que se plantean en los programas de Biología. Dentro del modelo educativo de la ENP, el curriculum se encuentra conformado por cuatro campos de conocimiento<sup>12</sup>. El campo de las ciencias naturales está integrado por las asignaturas de Química, Psicología y Biología, esta última tiene un papel predominante al ser la asignatura eje del campo de las ciencias naturales (DGENP, s.f.) (ver figura 3).

Respecto a la asignatura de Biología, en quinto año de preparatoria tiene carácter de obligatoria, pero en sexto año, aquellos alumnos que se decanten por continuar sus estudios en el área 2 de ciencias biológicas y de la salud, deberán tomar la asignatura de Biología V y, como materia optativa existe la asignatura de Temas Selectos de Biología. La asignatura de Biología IV tiene la intención de acercar la cultura biológica a sus estudiantes y familiarizarlos con las principales problemáticas que aquejan a la sociedad contemporánea. La asignatura de Biología V hace énfasis en procesos a nivel molecular y los desarrollos tecnológicos derivados del

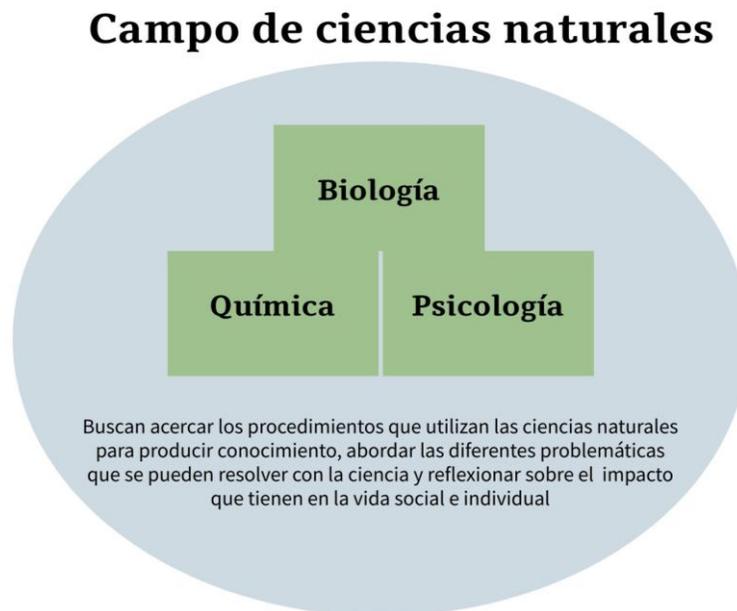
---

<sup>12</sup> Los cuatro campos de conocimiento son Matemáticas, Ciencias Naturales, Histórico social y Lenguaje, comunicación y cultura.

conocimiento biológico. Por su parte, la asignatura de Temas Selectos de Biología hace hincapié en el desarrollo de habilidades para la investigación científica.

**Figura 3.**

*Campo de ciencias naturales en el curriculum de la ENP*



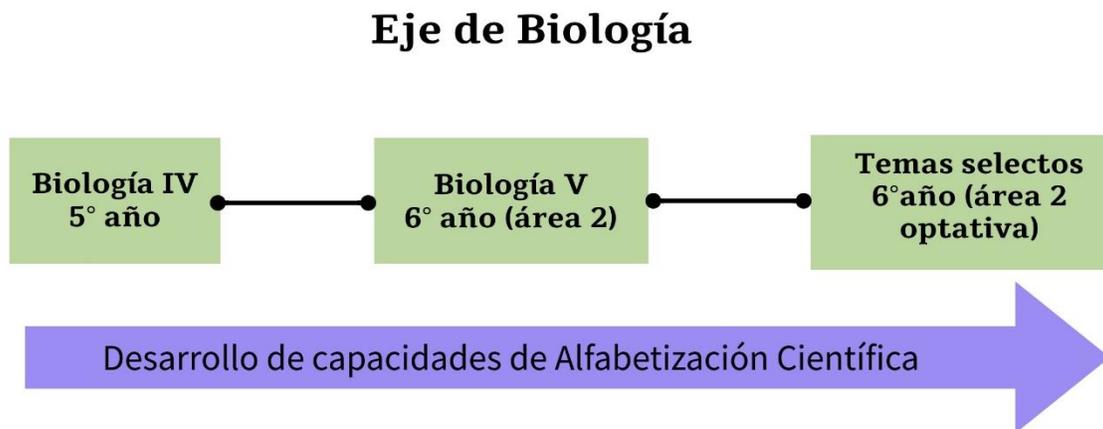
*Nota:* Las asignaturas del campo de ciencias naturales buscan acercar la forma en cómo se desarrolla la actividad científica y las diferentes problemáticas que se pueden resolver a través de la ciencia.

En rasgos generales, cada una de las asignaturas de Biología tiene acentos particulares respecto a lo que se espera desarrollar en los alumnos, sin embargo, reconociendo la importancia la asignatura de Biología y retomando la idea de la RIEMS de ver el curriculum de manera integrada y no fragmentada, lo primero que se planteó con el equipo de trabajo Aleph5 fue reconocer la unidad que hay en las diferentes asignaturas de Biología, es decir, que la asignatura de Biología IV, Biología V y Temas Selectos de Biología se encuentran articuladas (DGENP 2019a, 2019b, 2019c). La unidad que hay entre estas asignaturas está dada en los objetivos de aprendizaje, es decir, que en estas tres asignaturas lo que se quiere lograr en los alumnos es el desarrollo de las capacidades de Alfabetización Científica, la diferencia que existe en cada una de las asignaturas son los contenidos disciplinares que se ponen en juego y en cierta medida, la

dificultad que existe en el desarrollo de ciertas capacidades, de tal forma que entre las tres asignaturas de Biología hay un línea de aprendizaje.

La lectura de los programas de Biología a partir de la categoría de alfabetización ayudó a organizar e interpretar de los objetivos de aprendizaje (ver figura 4), o, puesto, en otros términos, usando las nociones de la alfabetización fue posible dar orden, coherencia y unidad a los programas de Biología. De esta forma hicimos que el curriculum de la ENP en el área de ciencias naturales estuviera articulado en vez de verlo como entidades separadas que persiguen metas educativas distintas.

**Figura 4.**  
*Asignaturas eje de Biología*



*Nota:* La articulación de cada asignatura esta dado por los objetivos de aprendizaje, reconociendo que existen énfasis para cada una.

En resumen, la lectura y análisis de la curricula internacional y nacional sobre educación científica de manera conjunta con el equipo de maestros de Biología fue un paso crucial para configurar un consenso común sobre las intenciones educativas que tienen los programas de Biología, particularmente el programa de Biología IV. Tener un consenso común resultó ser la punta de lanza para el diseño del entorno virtual porque, si existe claridad sobre lo que se quiere desarrollar en los alumnos, es posible pensar en actividades de enseñanza que promuevan aprendizajes en los alumnos.

Aparte, esta primera actividad de revisar la curricula fue útil para ir creando y cohesionando a la comunidad de trabajo entre maestros de Biología y los investigadores del equipo Aleph5 ya que permitió compartir ideas, puntos de vista y experiencias que sin duda enriquecieron el trabajo de concretar la interpretación del programa de Biología IV.

El proceso de análisis curricular solo fue el primer paso, pues aún era importante conocer aquellos elementos del contexto institucional que no están explícitos en el curriculum pero que influyen en el desarrollo de actividades de enseñanza y aprendizaje. Los elementos relacionados al contexto serán abordados en el siguiente apartado.

## **5.2 Contexto y antecedentes de la ENP**

El presente apartado versará sobre el contexto y las condiciones a partir de las cuales suceden los procesos de enseñanza y aprendizaje dentro de la ENP, sobre aquellos aspectos que no se mencionan en el curriculum, pero que dentro de la institución influyen en las actividades formativas de los estudiantes.

Debido a que existen diversos aspectos que afectan las actividades académicas, el análisis del contexto de la ENP se abordará en dos apartados que son: 1. Tiempo escolar y actividades extraescolares y 2. Población estudiantil y condiciones socioeconómicas.

Hay que resaltar que, el conocer la ENP fue posible gracias al apoyo de los maestros, pues en todo momento mantuvieron al tanto al equipo de investigadores educativos de las condiciones y retos que enfrenta la preparatoria. También es bueno señalar que antes del año 2020 hubo oportunidad de visitar presencialmente el plantel 5 “José Vasconcelos” por parte del equipo de investigadores educativos y esta experiencia permitió conocer la preparatoria y las prácticas que de forma extraescolar se realizan y que afectan el calendario de actividades académicas. Por último, dentro del proyecto Aleph5 existen otras investigaciones que con anterioridad han dado cuenta del contexto de la ENP y que sirvieron como insumo para conocer a fondo la institución (González Luna, 2022; Madrigal González, 2021).

### *Tiempo escolar y actividades extraescolares*

La implementación de las actividades de enseñanza y aprendizaje se efectuó en el ciclo escolar 2022-2023 (entre agosto del 2021 y abril del 2022). Según el calendario escolar, en total hubieron

149 días de trabajo, quitando las vacaciones y los días inhábiles (DGAE, 2021). Los 149 días de trabajo disponibles en el ciclo escolar 2022-2023 se consideraba un tiempo adecuado para cumplir todas las actividades que se tenían contempladas, sin embargo, a partir de los comentarios vertidos por el grupo de maestros de Biología, se plantearon algunos retos que iban a restar tiempo de clase y que había que considerar:

1. De las actividades de enseñanza que se fueran a diseñar, considerar que toma más tiempo implementarlas, en este sentido, en muchas ocasiones lo que se diseña y está escrito en el papel difiere con la realidad de la clase. Es normal que los alumnos pregunten o en un momento determinado, los maestros tengan que detenerse en algún tema en particular porque detectan que sus alumnos tienen dificultades para comprender algo.
2. Debido a la gran cantidad de alumnos, es necesario que los maestros tomen una semana para efectuar las evaluaciones parciales. Dentro del calendario de la ENP, se estipulan tres periodos parciales, y en cada parcial los maestros deben entregar calificaciones. La suma de las tres calificaciones de los periodos parciales da el total de la calificación final de los estudiantes.
3. La semana que correspondió del día 13 al 17 de diciembre del 2021 fue la semana previa a las vacaciones de diciembre, y estos días se caracterizan por una baja asistencia a clase por parte de los alumnos, motivo por el cual muchos maestros deciden no dar clase, con la intención de no afectar a la mayoría de sus alumnos.
4. A lo largo del ciclo escolar, existen diversos días que oficialmente no están estipulados como inhábiles, pero en la práctica muchos estudiantes deciden no asistir a clases. Estos días contienen significados diversos para la comunidad estudiantil, razón por la cual la mayoría de los maestros no dan clase. Los días del ciclo escolar 2022-2023 en los que no se trabajó fue el 1 de octubre (en conmemoración del 2 de octubre), el 14 de febrero (en muchas escuelas el estudiantado celebra el día del amor y la amistad), y el 8 y 9 de marzo (en conmemoración por el día internacional de la mujer).
5. Por último, dentro del equipo de maestros de Biología, hubo el caso de dos maestras a las cuáles se les asignó grupo de quinto año hasta la semana del 13 de septiembre (un mes después de que inicio el ciclo escolar), situación por la cual los grupos de estas dos maestras contaban con menos tiempo para llevar a cabo la implementación de las actividades.

### *Población estudiantil y condiciones socioeconómicas*

Como ya se ha mencionado, la presente investigación contó con la participación de diez maestros que imparten la asignatura de Biología IV en diferentes plantas de la ENP. Todos los maestros impartían la asignatura de Biología IV a varios grupos, con una cantidad que rondaba de los 19 hasta 61 alumnos por grupo (ver anexo 1). La gran cantidad de alumnos que tiene cada uno de los maestros y el tiempo disponible añade una complejidad adicional al diseño de actividades de enseñanza, pues resulta inviable que los docentes puedan dedicar tiempo personal a cada uno de sus estudiantes, por tanto, el diseño de actividades de enseñanza debe contemplar estrategias para abordar el trabajo de enseñanza de tal forma que impacte a la totalidad de alumnos.

Ya que se ha reconocido el carácter masivo de la institución, otra situación que se tomó en cuenta fueron las condiciones socioeconómicas de los alumnos. Según datos de la Subdirección de Estudios Estadísticos de la UNAM (2021), del total de alumnos que ingresaron a la ENP, el 85.1% usaba el celular como una de sus principales herramientas para tomar sus clases en línea, y solo el 37.7% contaba con computadora de escritorio. Por otra parte, un 11.2% de alumnos se encontraba trabajando, situación que posteriormente se vio reflejada durante el ciclo escolar 2022-2023 cuando los maestros de Biología comentaban casos particulares de alumnos que tenían dificultades para tomar clase en línea y que pedían prorrogas para entregar sus tareas o en su defecto pedían permiso para no asistir a clase.

Aunque en los datos estadísticos oficiales proporcionados por la UNAM no hay información respecto al espacio disponible para el estudio o del hecho que algunos alumnos compartían sus dispositivos electrónicos con otros familiares como hermanos, sabemos que había una cantidad de estudiantes considerable que tenían que compartir espacio y dispositivos electrónicos, situación que en determinados momentos afectaba el desempeño académicos de los preparatorianos porque no podían dedicar muchas horas al día a la elaboración de tareas<sup>13</sup>.

En suma, a partir del análisis de los tiempos disponibles para el trabajo académico, de la cantidad de alumnos que los profesores tenían que atender y de las condiciones materiales de los jóvenes preparatorianos, se llegaron a estas consideraciones para el diseño de actividades:

---

<sup>13</sup> Fue posible conocer que muchos alumnos tenían que compartir dispositivos electrónicos o que no contaban con espacio suficiente para estudiar gracias a que los maestros preguntaban a sus alumnos sobre sus condiciones de espacio e infraestructura.

1. Que todas las actividades de enseñanza debían fomentar el trabajo colaborativo entre estudiantes, con el fin de que entre pares se formará una red de apoyo para que pudieran ayudarse entre sí.
2. Que la gran parte de actividades de enseñanza debían realizarse de manera sincrónica, es decir, en las sesiones de trabajo en donde coincidían en tiempo real maestro y estudiantes, esto con el fin de que los maestros no tuvieran que dejar tarea fuera del tiempo de clase.
3. De manera asincrónica, a través de la plataforma Classroom o Edmodo, los alumnos tuvieran a la mano todos los materiales de lectura, video y de audio necesarios para su aprendizaje, esto con el propósito de evitar a los alumnos la búsqueda de información por la red, porque sabíamos con antelación que no todos los alumnos contaban con los dispositivos tecnológicos ni con el tiempo para estar navegando en internet.
4. De todas las posibles actividades de enseñanza que se tenían en mente implementar, elegir aquellas más poderosas, es decir, las actividades que tuvieran el potencial de poner en juego todas las capacidades de alfabetización científica.

Si bien es sustancial conocer y tener una interpretación de los programas de estudio, es igual de importante conocer las condiciones de la institución en la que se pretende ejecutar un diseño educativo y estar al tanto de la situación de su estudiantado, debido a que cualquier diseño debe adaptarse y responder a las características del contexto. No tendría ningún sentido hacer diseños educativos en los que únicamente se verían beneficiados un porcentaje muy bajo de la población estudiantil.

Después de haber conocido la institución, la siguiente fase corresponde al diseño del entorno virtual de enseñanza, pero antes de entrar a esa parte, en el siguiente apartado hablará sobre como la revisión del curriculum y de la ENP sirvió para tomar decisiones para el diseño de las actividades de enseñanza y aprendizaje.

### **5.3 Marco para el diseño del entorno virtual**

Las investigaciones que recurren a la IBD como paradigma metodológico, deben conocer y analizar las condiciones del contexto en el cual se pretende hacer un diseño educativo, esto con la intención de que dicho diseño responda a las características del contexto y que en consecuencia produzca aprendizajes en los alumnos. Entonces, a partir del análisis de la curricula internacional

y nacional del bachillerato en el área de ciencias naturales, así como de la institución en donde se llevó a cabo la intervención se concretaron los siguientes puntos:

1. La interpretación de los objetivos de aprendizaje para la asignatura de Biología entendidos a través de la Alfabetización Científica.
2. Las consideraciones del tiempo académico disponible para implementar actividades de aprendizaje.
3. El pensar en posibles temáticas en donde se ponga en juego el contenido disciplinar de la Biología y que permita el despliegue de las capacidades de Alfabetización Científica.

Respecto al primer punto, referente a los objetivos de aprendizaje, la dimensión de Alfabetización Científica es la que engloba lo que los maestros deben enseñar, por tanto, las actividades de enseñanza que se iban a diseñar tenían que promover dichos objetivos de aprendizaje (ver figura 5).

**Figura 5.**  
*Objetivos de aprendizaje para la asignatura de Biología*

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	
<b>Naturaleza de la ciencia (NOS)</b>	Reconocimiento de la ciencia como una actividad social
	La ciencia es tentativa
	La ciencia tiene una base empírica
	La ciencia se basa en la observación y la inferencia
	La ciencia incluye la imaginación y creatividad
	La ciencia forma parte de la sociedad y la cultura
<b>Modos y usos de la ciencia</b>	Realizar pregunta e hipótesis
	Planificación y ejecución
	Analizar y reflexionar
	Observar, comparar y ordenar
	Experimentar
	Uso de modelos
<b>Relación ciencia-tecnología-sociedad-ambiente</b>	Adopción de una postura crítica, respetuosa y tolerante
	Vincular los conocimientos científicos con la tecnología, sociedad y medio ambiente

Sobre el punto número dos que tiene que ver con el tiempo académico, fue fundamental el diálogo con los maestros porque al ser los agentes que conocen la institución, así como a los estudiantes, se encuentran familiarizados con las actividades extracurriculares que se realizan dentro de la ENP. Dichas actividades extracurriculares son importantes para los estudiantes, sin embargo, restan tiempo a las horas de clase. Mas allá de si es positivo o negativo el que se dedique tiempo a las actividades extracurriculares, resulta fundamental conocerlas para que la planeación académica de los maestros no se vea entorpecida y, por tanto, de manera realista planificar las horas de clase que los maestros van a impartir.

Respecto al punto número tres, lo importante es que las actividades de enseñanza que iban a diseñarse con los maestros debían ser lo suficientemente poderosas para impactar en los aprendizajes de los alumnos, pero también en donde se trabajaran tópicos que pudieran ser interesantes. Considerando que se contaba con poco tiempo en el calendario escolar y además de que muchos alumnos no tenían al alcance dispositivos electrónicos para tomar clase en línea, las actividades de enseñanza consideran el trabajo en equipo entre estudiantes, así como de tener previamente seleccionados los recursos que los alumnos iban a requerir para realizar sus actividades.

Los puntos anteriores sintetizan las consideraciones para el diseño del entorno virtual, porque la intención más importante es que el diseño educativo pudiera adaptarse a las condiciones pero que si produjera los aprendizajes esperados en los alumnos.

#### **5.4 Diseño del entorno virtual de enseñanza coordinado**

De acuerdo con la IBD, la fase del ciclo del ciclo iterativo corresponde propiamente al diseño del entorno virtual de enseñanza. En el marco de esta investigación, el diseño del entorno refiere a todo el conjunto de actividades de enseñanza que se implementaron de forma virtual durante el ciclo escolar 2022-2023. Para ejecutar el diseño de las actividades de enseñanza para la asignatura de Biología IV se tomó en cuenta el análisis del contexto institucional y del curriculum de la ENP.

Al igual que se hizo el análisis del curriculum y del contexto del bachillerato, el diseño de las actividades de enseñanza se realizó de manera colaborativa entre el grupo de maestros de

Biología y el equipo de investigadores educativos. Para organizar la tarea del diseño de actividades de enseñanza fue necesario armar un taller de diseño de secuencias didácticas con el equipo de maestros de Biología durante el periodo intersemestral<sup>14</sup> durante los meses de abril a julio del año 2021. Además de tener armadas las actividades de enseñanza que iban a implementarse en el ciclo escolar 2022-2023, otra intención que tuvo el taller de secuencias didácticas fue congregarse a los maestros de Biología para trabajar colaborativamente y compartir ideas y experiencias acerca de actividades que pudieran ser útiles para el desarrollo de la alfabetización científica. En el equipo de investigadores educativos sabíamos con antelación que, tanto el saber experto en la disciplina de Biología, así como el saber docente con el que cuentan los maestros iban a ser herramientas útiles para diseñar las secuencias didácticas, de ahí la importancia que tenía la participación de cada uno de los maestros.

Durante el periodo intersemestral que sirvió para el diseño de secuencias didácticas, se pensó y discutió de forma colectiva propuestas de actividades que promovieran los objetivos de aprendizaje (recordar que los objetivos de aprendizaje están puestos en las capacidades de alfabetización científica), pero considerando que el supuesto teórico que guiaría el diseño es la perspectiva sociocultural, es decir, que la visión sociocultural iba a servir como referente para diseñar las condiciones bajo las cuales se iban a dar los procesos de enseñanza que promovieran las capacidades de alfabetización científica.

Por tanto, en los siguientes apartados se detallará cómo los supuestos teóricos de la visión vygotskyana fungieron como herramienta para crear las secuencias didácticas. Después se explicará la parte más técnica relacionada al diseño de secuencias didácticas y al final se tratará el tema relacionado a la distribución de las secuencias didácticas en un plan anual de trabajo.

#### 5.4.1. Actividades reales

Como se ha comentado anteriormente, los aprendizajes esperados para los alumnos preparatorianos en la asignatura de Biología IV es el desarrollo de capacidades de alfabetización científica, y para lograr este objetivo, deben crearse las condiciones para que los alumnos tengan oportunidad de poner juego las dimensiones de alfabetización científica. Ya que las capacidades

---

<sup>14</sup> El periodo intersemestral se refiere al lapso en donde los maestros realizan actividades formativas como tomar talleres y cursos o se realizan reuniones colegiadas. En este tiempo ya no se imparten clases y para los alumnos representa el inicio del periodo vacacional, sin embargo, los maestros continúan trabajando.

de alfabetización científica implican pensar en lo que es la ciencia y los alcances que tiene, dentro del equipo Aleph5 se tomó la decisión de diseñar actividades societales. Las actividades societales fueron el medio bajo el cual se pusieran en juego las capacidades de alfabetización científica. La idea de actividad societal tiene origen en la visión sociocultural y se entiende como aquellas actividades que se han construido históricamente y socialmente que tienen un propósito particular con un fin último que se convierte en el motivo del individuo que la realiza (Jonassen, 1999; Wertsch, 1988). La intención que tiene este apartado es explicar cómo es que se usó la visión sociocultural para el diseño del entorno de enseñanza.

Para iniciar, es fundamental dejar claro que el supuesto que hubo detrás del trabajo de diseño de secuencias didácticas es que usamos actividades societales como medio para el diseño de secuencias didácticas, o dicho, en otros términos, se pensó en actividades societales que sirvieran como medio para el desarrollo de las capacidades de alfabetización. Las actividades societales que iban a diseñarse debían pertenecer al ámbito de la Biología, es decir, tenían que ser actividades que de forma genuina un Biólogo realice en su quehacer profesional.

El motivo por el cual en esta investigación se reconoce que a través de actividades societales se van a poner en juego las capacidades de alfabetización científica es porque dichas actividades son genuinas y ofrece la posibilidad de pensar de forma amplia sobre la ciencia. Si ponemos como ejemplo la realización de un huerto urbano como alternativa para generar alimentos, bajo esta actividad los alumnos deben pensar sobre los cuidados que requieren las plantas para vivir, requieren reflexionar sobre el impacto que tiene el humano en el mundo natural y además sopesar los daños que genera la industria alimentaria. En síntesis, una actividad societal representa un reto para los estudiantes ya que los compromete y les exige usar el conocimiento biológico para la resolución de la actividad (Cárdenas Lugo, 2020).

Ya que se ha dicho que la idea que hay detrás del diseño del entorno de enseñanza es crear actividades societales para los alumnos, el siguiente paso que se llevó a cabo con el equipo de trabajo Aleph5 fue pensar en posibles actividades societales que fuera viable recrear en el ámbito escolar, en este sentido, la pregunta que sirvió como guía fue: ¿qué actividades societales realiza un biólogo? Tomando como punto de partida la pregunta guía, el equipo de maestros propuso diversas opciones, entre las que se encontraban:

1. Hacer un jardín de polinizadores

2. Hacer hidroponía
3. Hacer un huerto en casa
4. Hacer un taller de alimentos (yogurth, kombucha, tepache, conservas)
5. Caso de enseñanza sobre la viruela
6. Caso de enseñanza sobre el uso de las vacunas
7. Caso de enseñanza sobre la contaminación del lago de Xochimilco

A partir de todas las posibles ideas de actividades sociales que se podían reproducir como medio de enseñanza, un segundo punto de análisis fue pensar en temáticas que podían abarcar cada una de las propuestas, es decir, observar que temas de la Biología es necesario poner en juego para realizar una determinada actividad. Un elemento interesante de las actividades sociales es que pueden servir como pretexto para analizar y reflexionar diferentes temas, entonces, el reto de elegir las temáticas fue complicado ya que hubo que delimitar para no abrir el abanico de posibilidades sobre posibles temáticas.

A partir del análisis y reflexión que hubo con los maestros respecto a la delimitación de los temas, fue posible dar cuenta que hay actividades que hacen más énfasis en ciertas temáticas, por ejemplo, la realización de huerto urbano es una actividad que permite poner en juego temas como fotosíntesis, desarrollo celular y cuidado del medio ambiente, a diferencia de hacer un taller de alimentos.

Otro aspecto fundamental que surgió en la discusión con los maestros y el equipo de investigadores educativos fue lo relacionado a los niveles de integración biológica. En el campo de la Biología, es relevante reconocer la complejidad de los seres vivos, y ello implica conocer sus propiedades y los procesos de cómo funciona cada nivel de integración de la materia viva, que va desde la célula, un órgano, un organismo, población hasta un ecosistema. La idea es que, cada nivel de integración se encuentra interrelacionado (un animal, por ejemplo, se encuentra conformado por un conjunto de células), pero sin olvidar que cada nivel también tiene un funcionamiento particular (la célula tiene determinado funcionamiento y conforme subimos de nivel de integración hasta llegar a los ecosistemas, estos últimos tienen determinados procesos que no son explicables a partir de comprender el funcionamiento celular) (Verhoeff, Knippels, Gilissen, Boersma, 2018). Entonces, lo sustancial de haber traído a la discusión con los maestros

de Biología el tema de los niveles de integración es que las actividades de enseñanza también tenían que considerar la complejidad del objeto que se estuviera estudiando. Retomando el ejemplo del huerto urbano, dicha actividad resultaba idónea para hablar del nivel de integración de ecosistema, pero también para hablar del desarrollo celular, por tanto, el huerto urbano era una opción idónea para pensar con los alumnos la complejidad que tienen los seres vivos, particularmente lo relacionado al mundo vegetal.

En suma, los elementos que sirvieron en la discusión con los maestros sobre las actividades sociales que iban a servir como medio para propiciar los procesos de enseñanza y aprendizaje dentro del aula fueron: 1. la viabilidad de reproducir y determinada actividad social, 2. las temáticas de la Biología que iban a poner en juego y 3. los niveles de integración de biológica. Del diálogo colaborativo que hubo entre los maestros, se determinaron las propuestas de actividades sociales:

**Figura 6.**

*Propuesta de actividades.*

## **Propuesta de actividades**



*Nota:* Estas actividades sociales tienen acciones específicas que las hacen complejas. Mas adelante en el texto se explicarán las acciones que conforman estas actividades

Después del consenso alcanzado respecto a las actividades sociales que iban a servir como dispositivo para que se desplegaran los procesos de enseñanza y aprendizaje para la asignatura de Biología IV, lo siguiente era diseñar las actividades, o puesto en otros términos, había que acordar los pasos que iban a tener las actividades de enseñanza, las tareas que los alumnos tendrían que realizar tanto de forma sincrónica como asincrónica, los recursos que se iban a

requerir (audio visuales así como imágenes y lecturas de apoyo) y las ayudas que los alumnos necesitarían para desarrollar la actividad, en este sentido, había que transformar las actividades sociales en un dispositivo de enseñanza para que pudiesen implementarse en el aula virtual y produjeran los aprendizajes esperados. El documento en donde se hace explícito la transformación que sufre la actividad social a dispositivo de enseñanza es el diseño de secuencias didácticas. En el siguiente apartado se detallará lo que implica el diseño de secuencias didácticas virtuales desde la visión sociocultural.

#### 5.4.2. Diseño de secuencias didácticas

Anteriormente se habló sobre las actividades sociales que iban a servir como dispositivo de enseñanza para el desarrollo de la alfabetización científica en la asignatura de Biología. El siguiente paso dentro del diseño fue transformar y formalizar en documentos de trabajo las actividades sociales para que ahora fueran dispositivos de enseñanza, lo cual implicó hacer ajustes, diseñar y recolectar los materiales de trabajo, pensar en la forma en cómo iba a organizarse la actividad con los alumnos, el tiempo que se iba a dedicar a cada actividad, etcétera. El proceso de adecuar las actividades sociales a un dispositivo de enseñanza-aprendizaje y que quedara formalizado en un documento de trabajo es lo que en el proyecto Aleph5 llamamos diseño de *secuencias didácticas*.

Es sustancial aclarar que diseñar secuencias didácticas dentro del equipo Aleph5 de Biología no se reduce únicamente a pensar en actividades que posiblemente puedan realizar los alumnos y administrar los tiempos de trabajo, sino que implica asumir una perspectiva teórica sobre la enseñanza y el aprendizaje de la alfabetización científica y aquí es donde se usa la visión sociocultural.

En segundo lugar, el diseño de secuencias didácticas no puede limitarse a buenas ideas sobre cómo se supone que deben desarrollarse las capacidades de alfabetización, es decir, no pueden ser ideas de escritorio, sino que el diseño debe considerar las características de la institución en donde se pretende implementar el diseño, y esas características van desde la cantidad de alumnos que tiene a su cargo un maestro hasta aspectos de infraestructura como el acceso a internet y dispositivos móviles. Por tal motivo fue muy importante que antes de diseñar las secuencias didácticas, se realizará una indagación sobre el contexto institucional.

Y en tercer lugar, para diseñar secuencias didácticas, la participación de los maestros es necesaria, no solo por su saber experto en lo que refiere a la disciplina, también su saber docente dota de ideas que resultaron imprescindibles para el diseño, por ejemplo, los maestros saben que es conveniente organizar equipos de trabajo pequeños entre alumnos, o conocen el tipo de lecturas que son indispensables para que sus alumnos puedan profundizar en un tema, o tienen en mente los días en los cuáles no es conveniente dejar tarea porque se atraviesan periodos de evaluación, de exámenes o vacaciones.

Como es posible apreciar, diseñar secuencias didácticas es una actividad compleja porque hay que tener en cuenta un sinnúmero de aspectos que influyen en el proceso de enseñanza. En términos generales, el diseñar secuencias didácticas exigió al equipo de trabajo de Aleph5 organizar las actividades sociales para asegurar que dicha actividad sí promoviera las capacidades de alfabetización, y por tal motivo y respondiendo a la lógica de la IBD, fue fundamental el diálogo con los maestros acerca de los objetivos de aprendizaje que se establecen en los planes y programas de estudio de la asignatura, debido a que diseñar secuencias didácticas implica poner en juego el conocimiento del currículum y del programa de la asignatura. Respecto a los objetivos de aprendizaje que vienen el programa de la asignatura, cada maestro tiene una interpretación particular, sin embargo, el usar el término de alfabetización sirvió como herramienta interpretativa sobre los objetivos de aprendizaje (Brousseau, 2007; Díaz Barriga, 2013).

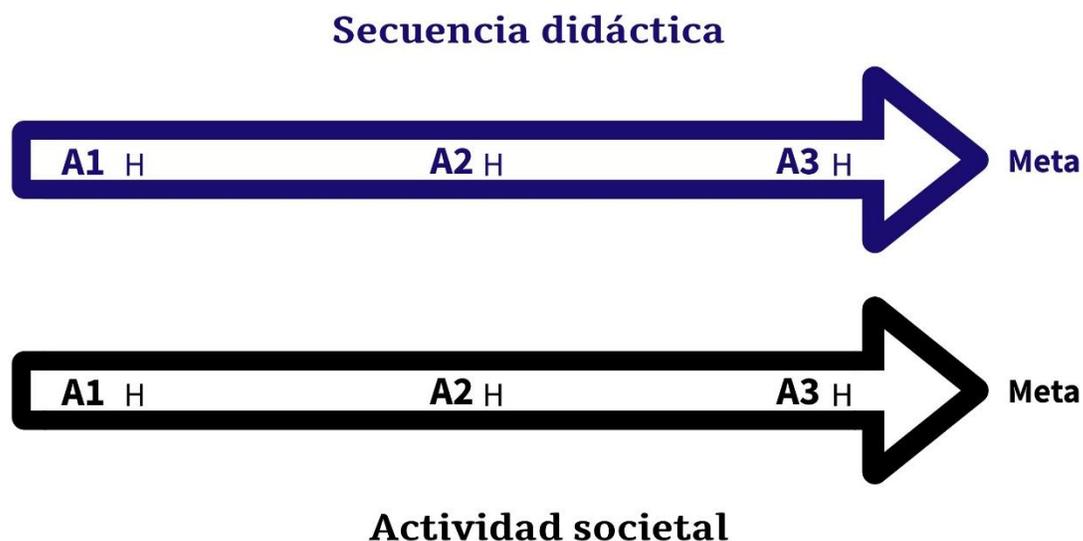
Partiendo de que en el equipo de Aleph5 de Biología existe una interpretación compartida sobre los objetivos de aprendizaje y teniendo como base las actividades sociales, se prosiguió a diseñar las secuencias didácticas. En este punto, vale la pena volver a hacer la aclaración que, todo el conjunto de secuencias didácticas es el Entorno de Enseñanza porque todas las actividades en su conjunto es el medio en donde se van a desarrollar las capacidades de alfabetización científica, por tanto, hay muchas oportunidades que se le brindará al alumno para que desarrolle los aprendizajes esperados.

Ya que se ha delimitado lo que son las secuencias didácticas, ahora se explicará lo que implica su diseño desde la visión sociocultural. Tomando como punto de partida la actividad social, estas actividades se organizan en acciones que tienen un objetivo específico y que contribuyen al logro de una meta general. En este momento es idóneo puntualizar que las

acciones para su ejecución requieren del uso de sistemas simbólicos y herramientas, y en el caso de las secuencias didácticas, es alrededor de estas acciones en donde se usarán el conocimiento científico de la Biología, modelos y representaciones para que los alumnos puedan alcanzar la meta de la actividad (Jonassen, 1999). A grandes rasgos, las secuencias didácticas tienen correspondencia con la actividad societal, pero con la diferencia de que las secuencias didácticas cuentan con más ayudas y recursos. Si lo traducimos en términos de la situación didáctica, las acciones van a componer las sesiones de trabajo en el aula (ver figura 7).

**Figura 7.**

*Estructura de la secuencia didáctica en función de la actividad societal.*



*Nota:* A1=Acción 1; A2= Acción 2; A3= Acción 3; H= Herramienta. Tomando como base la actividad societal y su estructura, esta se retoma para diseñar la secuencia didáctica y, aprovechando las herramientas de la actividad, se utilizan como recursos para promover el desarrollo de capacidades científicas.

Si bien es cierto que las secuencias didácticas tienen correspondencia con la estructura de la actividad societal, la secuencia didáctica no es una copia de la actividad societal, ya que hay que hacer otras adecuaciones para que la secuencia pueda servir como dispositivo de enseñanza, por tal motivo, se retoman algunas ideas de la teoría de secuencias didácticas de Brousseau (2007) para dar orden y asegurar que las secuencias didácticas que se diseñan en el equipo de Aleph5 se produzcan los aprendizajes esperados. Un rasgo que se recuperó del desarrollo de

Brousseau para el diseño de secuencias didácticas es que debe haber un momento de “introducción” a la actividad, esto quiere decir que las secuencias didácticas deben destinar un tiempo al inicio de la actividad para presentar y explicar a los alumnos lo que se pretende trabajar y la meta que va a tener la actividad. El segundo rasgo es el relacionado al “desarrollo de la actividad”, en este punto el diseño tiene que dejar claro las acciones que se van a realizar con los estudiantes, las tareas o productos que se espera que entreguen, así como la búsqueda de materiales de apoyo como videos, modelos, gráficas o lecturas. El tercer rasgo es el relacionado al “cierre” de la actividad y se refiere a la conclusión de la secuencia didáctica y es en este momento en donde se puede aprovechar para preguntar y dialogar con los alumnos que fue lo aprendieron y sus comentarios sobre la actividad que hayan realizado.

En suma, las secuencias didácticas que se diseñaron con la mirada sociocultural, aparte de tener como estructura base la forma de la actividad societal, se le sumaron rasgos como “introducción” y “cierre”. Estos rasgos le dan un orden a la secuencia didáctica y considera a los alumnos en el sentido de proporcionar tiempos para explicarles y guiarlos sobre lo que van a trabajar.

Otro elemento más que se sumó al diseño de las secuencias didácticas es lo referente al espacio y tiempo de trabajo sincrónico y asincrónico que caracteriza a los entornos virtuales de enseñanza. En el capítulo 3 se explicaba que un entorno virtual coordinado de enseñanza se caracteriza por la relación dinámica que existe entre el espacio de trabajo sincrónico y asincrónico, es decir, que están todo el tiempo relacionadas, lo cual implica que el trabajo que se realice en el espacio sincrónico se le dará continuidad y estará conectado con el trabajo que se realice en el espacio asincrónico. Por tanto, para el diseño de secuencias didácticas, había que contemplar el trabajo que los alumnos realizarían en el espacio sincrónico y asincrónico.

Solo para aclarar, dentro del contexto de la ENP el espacio sincrónico se refiere al momento en el cual los alumnos y el maestro se encontraban en la hora de clase, ya que en la virtualidad el espacio sincrónico sustituyó el aula de clase convencional, y para el tiempo sincrónico los maestros utilizaban la plataforma ZOOM. Respecto al espacio asincrónico, dentro del marco de esta investigación, corresponde a la comunicación y trabajo fuera de la hora de clase que los alumnos tenían, y para establecer el espacio asincrónico los maestros utilizaban dos plataformas LMS que eran Classroom y Edmodo.

Aclarado el punto sobre el espacio sincrónico y asincrónico, el diseño de secuencias había de contemplar la coordinación de dichos espacios, para ello una decisión que se consideró es que había que aprovechar el mayor tiempo posible el trabajo sincrónico con los estudiantes porque como se explicó en el apartado de análisis del contexto, muchos alumnos no disponían de dispositivos personales de trabajo y tampoco contaban con el espacio y condiciones adecuadas en sus hogares para dedicar varias horas de estudio fuera del horario de la clase, por tal motivo fue importante no sobrecargar el trabajo asincrónico. Lo que si es cierto es que todas las secuencias didácticas, por muy breve o fácil el trabajo o tarea que se dejará de forma asincrónica a los estudiantes, debía de contribuir a la meta de la actividad. Por ende, el trabajo asincrónico contribuía al logro de la meta de la actividad, y por supuesto que el trabajo sincrónico también, ya que la finalidad de las secuencias didácticas que iban a diseñarse no era poner a trabajar a los alumnos sin sentido, sino que cada acción debía estar relacionada con la meta. (ver figura 8).

**Figura 8.**  
*Desarrollo de la actividad en el espacio virtual*



Respecto al espacio sincrónico, un rasgo que lo define es que se aprovechó para promover interacciones entre docente-alumnos y entre alumnos. Las formas en las que se podía interactuar eran en plenaria, que es cuando el maestro y todo el grupo se encuentra reunido, o en equipos, que es cuando los alumnos se encuentran en “salas” trabajando. Como se exponía antes, una decisión que se tomó con los maestros de Biología fue que había que aprovechar el espacio

sincrónico para avanzar y realizar la mayor parte de actividades con los alumnos debido a sus condiciones de espacio e infraestructura, de esta forma se aseguraba que el proceso de aprendizaje de los alumnos estuviera siempre acompañado de otras personas (por sus compañeros y maestros), como "naturalmente" se da el aprendizaje en la escuela cuando se está en compañía de otras personas con las que es posible compartir y dialogar.

La coordinación del trabajo sincrónico y asincrónico siempre tenía que estar encaminado al cumplimiento de la meta de la actividad, pero fue diferente para cada secuencia didáctica debido a la naturaleza de la actividad societal, ya que cambia sustancialmente las acciones que se realizan para un caso de enseñanza que para un taller de alimentos.

El siguiente aspecto que había que pensar para el diseño de secuencias didácticas es sobre los recursos que iban a utilizarse. Con recursos se refiere al uso de videos, podcast, imágenes, modelos, gráficas, y textos dentro de las secuencias didácticas y que ayudarán a potenciar el aprendizaje de los estudiantes. Una de las ventajas de la virtualidad, es que hay una infinidad de recursos que es posible aprovechar, el reto es elegir los recursos adecuados para cada secuencia didáctica. Es importante puntualizar que en cada secuencia didáctica se intentó usar muchos recursos y que además su uso se distribuyera a lo largo de cada sesión, porque desde la visión sociocultural sabemos que los recursos son medios que ayudan a los alumnos a interpretar la actividad y resolverla desde la visión científica. Por ejemplo, si en una secuencia didáctica se pretende que los alumnos argumenten sobre la importancia de las vacunas, usar videos en donde se explique el funcionamiento de las vacunas y esquemas en donde se represente la estructura de los agentes infecciosos que causan enfermedades son herramientas que favorecen que los alumnos logren desarrollar una opinión y argumentos, pero desde la mirada de la Biología.

La selección de recursos para cada secuencia didáctica dependió de la actividad que se fuera a realizar, ya que cada actividad tiene intenciones, objetivos y temáticas diferentes. En el proceso de selección de recursos, la participación de los maestros fue trascendental ya que, gracias a su experiencia, saben que tipo de recursos conviene utilizar y además son conscientes de las dificultades que presentan los alumnos, por ejemplo, los maestros conocen que los alumnos por lo general tienen problemas en temas relacionados con la bioquímica, por lo que era importante usar muchos esquemas y representaciones para visualizar la estructura de las biomoléculas. Otra situación que los maestros conocen muy bien de sus alumnos es que

normalmente no leen mucho y presentan dificultades para interpretar textos de corte científico, por tal motivo era sustancial que dentro de los recursos que fueran a utilizarse en las secuencias didácticas no se usaran textos muy largos o con un lenguaje muy especializado que les impidiera comprender el texto, otra alternativa era realizar lecturas en plenaria y en voz alta con los alumnos.

Finalmente, el último rasgo que debía contemplarse en las secuencias didácticas y quizás el más importante es acerca de la acción del maestro, es decir, su función y forma de guiar durante la implementación de las secuencias didácticas. Para lograr aprendizajes de la alfabetización científica en los alumnos preparatorianos, la acción docente tiene que ser especial, porque para lograr el desarrollo de las capacidades desde la visión sociocultural, el maestro tiene que ser un guía y acompañar a sus alumnos para que puedan resolver la actividad, y no ser un transmisor de conocimientos. Desde la mirada sociocultural, el maestro tiene que acompañar y dar todos los apoyos y recursos necesarios para que los alumnos puedan lograr la meta de la actividad. Por ejemplo, si la meta de una de las secuencias didácticas es que los alumnos escriban un ensayo en donde tomen un posicionamiento acerca del uso de fertilizante en la agricultura, el papel del maestro debería estar puesto en ayudar a sus alumnos a construir un argumento, y esto lo puede hacer haciendo preguntas clave en donde los estudiantes se vean en la necesidad de pensar, podría dar recursos como videos y lecturas para observar el efecto en los cultivos sobre el uso de fertilizantes y proporcionar un formato con la estructura y los puntos que debe tener un ensayo.

Algo que hay que aclarar es que, dentro del documento de secuencia didáctica, se escribieron las acciones y la forma en como el maestro podía intervenir, sin embargo, sabemos que los maestros en la realidad de su acción docente hacen muchas más cosas y hacen ajustes en el momento debido a la complejidad de su trabajo. Reconociendo la complejidad del trabajo docente, el dejar por escrito dentro de la secuencia didáctica la forma en cómo puede intervenir no se hace con el propósito de ser prescriptivos, sino que se hace con la intención de que los maestros tengan un marco e ideas sobre cómo pueden efectuar su labor para promover aprendizajes en sus alumnos.

Dentro del documento de secuencias didácticas una característica muy importante que tienen son los motores cognitivos. Los motores cognitivos son preguntas o guías que los maestros

hacen a sus alumnos dentro de la actividad. En las sesiones de trabajo con los maestros hicieron muchas propuestas de motores cognitivos que podían hacerse a los alumnos. La intención de planear y pensar sobre los motores cognitivos es para promover y desarrollar los aprendizajes en los alumnos, por ejemplo, para hacer que los alumnos observarán y analizaran el impacto que tienen las vacunas en la sociedad, uno de los maestros propuso que se les preguntará a los alumnos “¿el uso de las vacunas es suficiente para acabar con una enfermedad?, ¿existirán otras alternativas?”.

Las ayudas y los motores cognitivos son una de las características de las secuencias didácticas que más tiempo tomó diseñar con los maestros ya que cada uno tenía propuestas, pero la consigna que ayudó a delimitar y concretar las ayudas y motores cognitivos dentro de las secuencias didácticas fue que debían promover las capacidades de alfabetización y ayudar a los alumnos a resolver la actividad. Es evidente que las ayudas y motores cognitivos diseñados son específicos para cada secuencia didáctica porque responde a una actividad y temas particulares.

Ya que se han expuesto todos los aspectos que se consideraron para el diseño, ahora se describirán las modalidades de secuencias didácticas que se planearon. Con modalidades se refiere a los diferentes tipos de actividades de enseñanza. La idea de tener diferentes tipos de secuencias didácticas se pensó con la intención de poder ofrecer diversas oportunidades a los alumnos para desarrollar las capacidades de alfabetización, de esta forma, el entorno coordinado virtual de enseñanza se volvería en un espacio rico y dinámico en el cual los estudiantes iban a vivenciar múltiples actividades que promovieran su desarrollo.

Para describir las diferentes modalidades de secuencias didácticas, iniciaremos con la primera secuencia didáctica que se diseñó e implementó durante el ciclo escolar 2021-2022 que lleva por nombre *contrato didáctico*. El contrato didáctico es una secuencia didáctica que tiene como objetivo presentar a los alumnos el curso y establecer la dinámica y reglas de trabajo, los criterios con los que serán evaluados y dar un primer panorama sobre lo que es la Biología y los aprendizajes que se espera que los alumnos desarrollen. La necesidad de diseñar una secuencia didáctica en la cual se planteara a los alumnos la forma de trabajo y lo que se espera de ellos en términos de sus aprendizajes nace a partir de diversos comentarios que expusieron los maestros, en donde comentaban que por lo general los alumnos preparatorianos desconocen las habilidades que se supone deberían desarrollar a lo largo del curso de Biología. Por otra parte, las secuencias

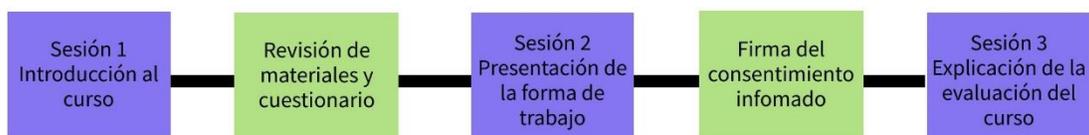
didácticas que iban a implementarse tienen una dinámica de trabajo diferente y por tanto era ineludible explicar a los alumnos la forma en cómo iban a desenvolverse a lo largo del curso.

La secuencia de contrato didáctico contó con tres sesiones de trabajo sincrónico y dos sesiones asincrónicas de trabajo en cual se planearon materiales a los alumnos para darles la bienvenida a el curso y explicarles grosso modo lo qué es la Biología, presentarles las actividades que iban a realizar a lo largo del curso y explicar la forma en cómo iba a ser evaluados (ver figura 9).

**Figura 9.**

*Sesiones de trabajo del contrato didáctico.*

### Contrato didáctico



*Nota:* Los recuadros en color azul ejemplifican el espacio de trabajo sincrónico y los recuadros verdes refieren al espacio de trabajo asincrónico.

La segunda modalidad de secuencia didáctica que se diseñó fue el *proyecto de huertos urbanos*. Los proyectos son actividades que se realizan a lo largo del ciclo escolar y que tienen un inicio y final determinados, que requieren de la colaboración y trabajo en equipo para la obtención de un producto concreto, por lo cual lo vuelve en una modalidad de secuencia didáctica compleja (Cárdenas Lugo, 2020, pag.97). El proyecto que se diseñó para que los alumnos realizarán fue un huerto en casa en donde tendrían la libertad de elegir la hortaliza quisieran cultivar.

En la literatura científica se sabe que el desarrollo de un huerto como proyecto educativo ofrece diversas bondades como el poner en juego diversos temas sobre Biología (desarrollo celular o cuidado del medio ambiente) y el desarrollo de diversas habilidades de investigación

científica (Vandermaas-Peeler y McClain, 2015; Wells *et al.*, 2015). Para el proyecto de huertos, hubo que diseñar diversas secuencias didácticas, es decir, actividades específicas, de ahí que el proyecto resultará en una actividad compleja. Cada actividad específica ofrecía oportunidades de aprendizaje distintas y por este motivo se planeó un diseño particular para cada actividad.

La meta general del proyecto era que, al finalizar el ciclo escolar, los alumnos pudieran cosechar sus propias hortalizas, y para llegar a esta meta, habían de efectuarse las siguientes actividades: 1. introducción a los huertos urbanos, 2. germinar, 3. hacer composta, 4. trasplantar su planta a un medio más grande y 5. relaciones interespecíficas. Cada una de estas actividades específicas tenían acciones concretas, un producto en particular y debía realizarse a lo largo del ciclo escolar (ver tabla 1).

**Tabla 1.***Secuencias didácticas pertenecientes al proyecto de huertos*

<i>Actividad específica</i>	<i>Contenidos biológicos</i>	<i>Capacidades de alfabetización científica</i>	<i>Meta de la actividad</i>
Introducción a los huertos urbanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoría celular</li> <li>• Energía</li> <li>• Ecología</li> <li>• Evolución</li> </ul>	<p><b>NOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ciencia forma parte de la sociedad y la cultura</li> </ul> <p><b>Modos y usos de la ciencia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación y ejecución</li> <li>• Analizar y reflexionar</li> <li>• Observa, compara y ordena</li> </ul> <p><b>Relación CTSA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vincular los conocimientos científicos con la tecnología, sociedad y medio ambiente</li> </ul>	Entregar cronograma con las actividades que realizarán en su huerto.
		<p><b>NOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ciencia se basa en la observación y la inferencia.</li> <li>• La ciencia incluye la imaginación y creatividad</li> </ul> <p><b>Modos y usos de la ciencia</b></p>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar pregunta e hipótesis</li> <li>• Planificación y ejecución</li> <li>• Analizar y reflexionar</li> <li>• Observar, comparar y ordenar</li> <li>• Experimentar</li> <li>• Uso de modelos</li> </ul>	
		<p><b>Relación CTSA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopción de una postura crítica, respetuosa y tolerante</li> </ul>	
Germinación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoría celular</li> <li>• Energía</li> <li>• Ecología</li> <li>• Evolución</li> </ul>	<p><b>NOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ciencia se basa en la observación y la inferencia.</li> <li>• La ciencia incluye la imaginación y creatividad</li> </ul> <p><b>Modos y usos de la ciencia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar pregunta e hipótesis</li> <li>• Planificación y ejecución</li> <li>• Analizar y reflexionar</li> <li>• Observar, comparar y ordenar</li> <li>• Experimentar</li> <li>• Uso de modelos</li> </ul> <p><b>Relación CTSA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopción de una postura crítica, respetuosa y tolerante</li> </ul>	Bitácora de observación con el proceso de germinación
Composta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecología</li> <li>• Energía</li> <li>• Materia</li> </ul>	<p><b>NOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ciencia se basa en la observación y la inferencia.</li> <li>• La ciencia incluye la imaginación y creatividad</li> </ul> <p><b>Modos y usos de la ciencia</b></p>	Informe de elaboración de composta

- Realizar pregunta e hipótesis
- Planificación y ejecución
- Analizar y reflexionar
- Observar, comparar y ordenar
- Experimentar
- Uso de modelos

**Relación CTSA**

- Adopción de una postura crítica, respetuosa y tolerante

**NOS**

- La ciencia se basa en la observación y la inferencia.
- La ciencia incluye la imaginación y creatividad

**Modos y usos de la ciencia**

- Realizar pregunta e hipótesis
- Planificación y ejecución
- Analizar y reflexionar
- Observar, comparar y ordenar
- Experimentar
- Uso de modelos

Bitácora de registro del crecimiento de sus plantas

Trasplante

**Relación CTSA**

Adopción de una postura crítica, respetuosa y tolerante

**NOS**

- La ciencia se basa en la observación y la inferencia
- La ciencia forma parte de la sociedad y la cultura

Ensayo argumentativo sobre el daño de los fertilizantes

Relaciones interespecíficas

- Regulación y crecimiento de poblaciones
- El cambio de las especies a través del tiempo
- Metabolismo

**Modos y usos de la ciencia**

- Observar, comparar y ordenar
- Analizar y reflexionar
- Planificación y ejecución

---

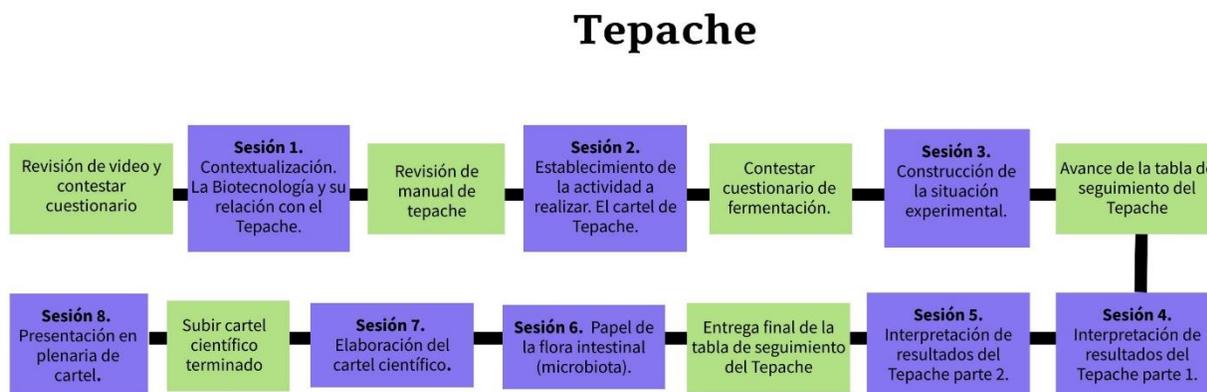
### **Relación CTSA**

- Adopción de una postura crítica, respetuosa y tolerante
  - Vincular los conocimientos científicos con la tecnología, sociedad y medio ambiente
-

Como es posible apreciar, el proyecto de huertos fue la actividad más larga que se tuvo dentro del ambiente de enseñanza y aprendizaje. En el siguiente capítulo se expondrá los efectos positivos que tuvo en los aprendizajes de los estudiantes.

La tercera modalidad de secuencia didáctica que se diseñó fue un *taller de elaboración de alimentos*, en concreto, se planeó que los alumnos realizarán tepache. Los talleres son actividades que temporalmente son más cortas que los proyectos, con una duración de una o dos semanas, en donde a través de una actividad manual y del trabajo colaborativo se elabora un producto o se persigue una meta específica (Cárdenas Lugo, 2020, p.98). El taller de elaboración de tepache contaba con ocho sesiones de trabajo sincrónico y seis de trabajo asincrónico. La meta era que los alumnos realizaran un tepache artesanal y reportaran sus resultados de elaboración en un cartel. Al final de la actividad en plenaria los alumnos presentarían sus carteles y hablarían de su experiencia (ver figura 10).

**Figura 10.**  
*Sesiones de trabajo de la actividad de tepache*



*Nota:* Los recuadros en color azul ejemplifican el espacio de trabajo sincrónico y los recuadros verdes refieren al espacio de trabajo asincrónico. La meta general de esta actividad es la elaboración de un cartel de divulgación científica sobre cómo elaborar tepache, donde se identificará, describirá y razonará acerca de los procesos y cambios biológicos que éste atraviesa.

La última modalidad de secuencia didáctica corresponde a un caso de enseñanza en el cual se trataría el tema de las vacunas como herramienta para la erradicación de pandemias y epidemias. Los casos de enseñanza son una modalidad de enseñanza en la cual se plantea una

situación o problema vigente con la intención de confrontar a los estudiantes con acontecimientos o experiencias complejas. El caso se presenta en forma de narrativa y el objetivo es que los alumnos se impliquen activamente en la elaboración de propuestas de análisis o encuentren soluciones (Coi, Mauri y Onrubia, 2008).

En la literatura sobre casos de enseñanza (Coi, Mauri y Onrubia, 2008; Wassermann, 1994), se plantea que la situación que se presente a los estudiantes puede tener un carácter “realista”, es decir, se puede elaborar o inventar un acontecimiento, sin embargo, dentro del equipo de trabajo Aleph se concluyó que el caso que iba a elaborarse debía ser real ya que tomar un problema real le da fuerza y pertinencia, lo cual ayudaría a comprometer a los alumnos en la situación y siguiendo esta línea, el caso de enseñanza que se diseñó contempló las siguientes características:

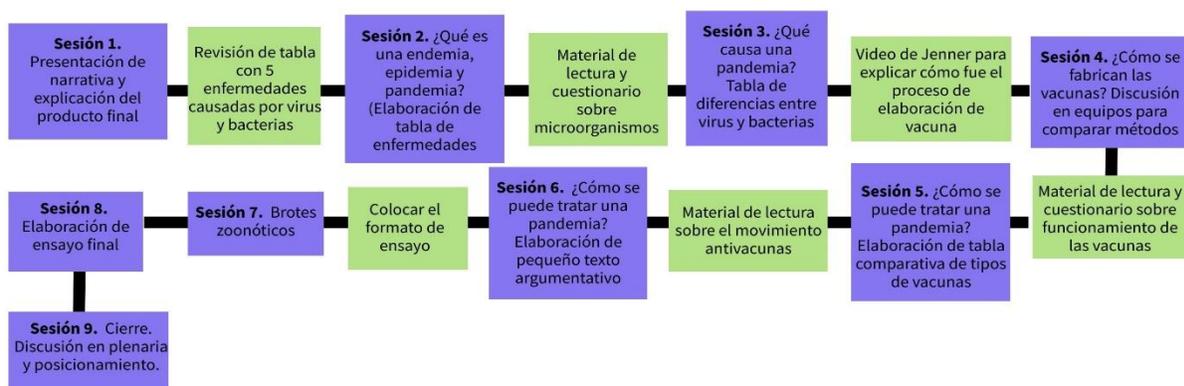
- Narrativa abierta: la presentación del caso a través de una narrativa tiene un inicio, desarrollo y final abierto. El final abierto se refiere a que la problemática es vigente, es decir que no existe una solución, lo cual permite a los estudiantes examinar los hechos, evaluarlos y sopesar las posibles propuestas de solución.
- Complejidad: al ser una problemática real, es importante que los alumnos dimensionen los diferentes puntos de vista que atraviesan el caso que se presenta.
- Urgencia: el problema debe ser reciente, incluso, resulta mejor si es tratado en los medios de comunicación. Esta característica obliga a tomar decisiones, pues, aunque no todos sean dilemas, debe existir cierta urgencia para que se vean obligados a tomar una posición y, por ende, tomen acción en el caso.
- Estética: aquí debe documentarse la complejidad y el detalle de la experiencia o lugar único con la intención de que los alumnos se vean reflejados y sientan identificados, en otras palabras, lo que se busca es conmover a los estudiantes a una situación real con personajes, historias y emociones reales.

Otro aspecto que identificó el caso de enseñanza diseñado es que también persiguió una meta específica, y era que los alumnos escribieran un ensayo en donde tomaran un posicionamiento ante la siguiente pregunta: *¿en qué medida las vacunas ayudan a la erradicación de una epidemia o pandemia?* Para que los estudiantes pudieran responder a dicha pregunta, a lo largo de las sesiones del caso de enseñanza se tocaron diferentes elementos que iban desde diferenciar lo que son las pandemias, epidemias y endemias, el cómo se realizan las vacunas, estudiar los

microorganismos que causan afecciones hasta las acciones humanas que favorecen la aparición de nuevas enfermedades infecciosas. Entonces, el caso de enseñanza contó con un total de nueve sesiones sincrónicas y seis sesiones asincrónicas (ver figura 11).

**Figura 11.**  
*Sesiones de trabajo de la actividad del caso de enseñanza*

### **Caso de enseñanza: La acción de las vacunas en el control de pandemias y epidemias**



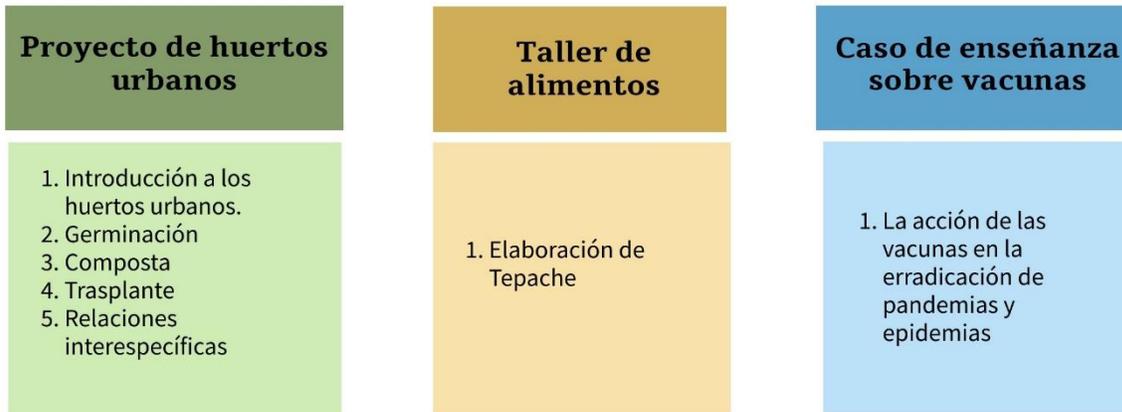
*Nota:* Los recuadros en color azul ejemplifican el espacio de trabajo sincrónico y los recuadros verdes refieren al espacio de trabajo asincrónico. La meta de la actividad será la entrega de un ensayo que responda a la siguiente cuestión: ¿Cómo pueden las vacunas ayudar en la erradicación de una epidemia y/o pandemia?

En total, se diseñaron siete secuencias didácticas y como es posible apreciar, se procuró que hubiera variedad de actividades y temas (ver figura 12). Después de haber diseñado todas las secuencias didácticas, el siguiente paso dentro del diseño del entorno fue acordar con los maestros e investigadores educativos la distribución en el tiempo a lo largo del ciclo escolar. En el siguiente apartado se tocará el tema relacionado a la gestión de las secuencias didácticas diseñadas.

**Figura 12.**

*Secuencias didácticas que conforman el entorno de enseñanza coordinado para la asignatura de Biología IV*

**Secuencias didácticas del Entorno Virtual de Enseñanza Coordinado para Biología IV**



**5.4.3 Distribución y organización de las actividades**

Anteriormente se habló del diseño del entorno coordinado de enseñanza y de las secuencias didácticas que lo conforman, ahora se detallará la forma y la herramienta que se utilizó para dar orden al conjunto de secuencias didácticas y que además ayudó a distribuir las actividades a lo largo del ciclo escolar. La herramienta que se usó dentro del proyecto Aleph5 para organizar el trabajo se denomina *plan anual de trabajo*, que se define como el dispositivo que sirve para diferentes cosas como visualizar todo el entorno de enseñanza, calendarizar las secuencias didácticas, detectar las oportunidades que tendrá el docente para impulsar los aprendizajes en sus alumnos y para dar orden y coherencia al programa de estudio de Biología IV.

De manera particular, el plan anual sirvió para tener una visión integrada del programa de Biología, es decir, para no pensarlo en términos de unidades fragmentadas y contenidos, sino visualizar que el entorno de enseñanza es un todo completo en el cual se ponen en juego los contenidos de la Biología para promover capacidades científicas. Entonces, al ver el plan anual

como una unidad integrada es posible combatir la idea de que los objetivos de aprendizajes son los contenidos que vienen por unidad, sino más bien que los objetivos de aprendizajes son las capacidades de alfabetización científica.

De esta forma, el plan anual como herramienta ayudó a que los maestros vieran su curso completo, y si bien es cierto que existen tiempos administrativos que debían respetarse como la entrega de calificaciones parciales, usar el plan anual permitió ver el entorno de enseñanza no como una lista de chequeo de cosas que debían cumplirse.

Ya que se ha descrito lo que es el plan anual y los propósitos que cumple, a continuación, se mencionará lo que implicó su organización. Lo primero que hubo que considerar para diseñar el plan anual era asegurar que las secuencias didácticas estuvieran distribuidas en el tiempo de tal forma que no se vieran interrumpidas por periodos vacacionales, es decir, había que cuidar la integridad de las secuencias didácticas.

El segundo elemento por considerar en el plan anual de trabajo y que dentro de la asignatura de Biología toma relevancia fueron los tiempos biológicos de crecimiento. Como se comentó antes, dentro de las actividades que iban a implementarse estaba el proyecto de huertos y ello implica dar tiempo suficiente para que las plantas de los alumnos crecieran, por tanto, la primera actividad que debía implementarse era el huerto. Además, había que asegurar que la implementación del huerto no coincidiera con la época invernal, ya que las bajas temperaturas inhiben el adecuado desarrollo de las plantas.

El tercer elemento por considerar en el plan anual de trabajo fue el relacionado a las evaluaciones. En el equipo Aleph5 de Biología se diseñaron instrumentos de evaluación para estimar el cambio en los aprendizajes en los alumnos, por tanto, había que destinar un espacio para que los maestros pudieran aplicar las evaluaciones correspondientes (ver figura 13).

**Figura 13.**

*Distribución de actividades en el plan anual de trabajo*

### **Plan anual de actividades Ciclo escolar 2022**

<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
-Evaluación -Contrato didáctico - Introducción a los huertos urbanos	- Introducción a los huertos urbanos (Continuación) -Composta -Germinación	-Germinación (continuación) -Trasplante	-Trasplante (continuación) -Relaciones interespecíficas	-Relaciones interespecíficas (continuación)
<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	
-Tepache -Caso de enseñanza	-Caso de enseñanza (continuación)	-Caso de enseñanza (continuación) -Evaluación final	-Entrega de calificaciones	

A modo de cierre de este capítulo, el diseño del entorno de enseñanza fue una tarea ardua que implicó no solo conocer el programa de la materia, sino investigar y analizar el contexto en donde se llevó a cabo la intervención. Por otra parte, el trabajo colaborativo fue pieza angular porque permitió discutir y negociar los objetivos de aprendizajes y las actividades que iban a transformarse en secuencias didácticas. Lo que este capítulo intenta ilustrar es que un diseño educativo que tenga la intención de impactar en los estudiantes necesariamente requiere el conocimiento amplio del contexto y de la colaboración entre diferentes profesionales (maestros y en este caso el equipo de investigadores educativos).

Si bien el diseño del entorno coordinado de enseñanza fue un momento clave, el siguiente paso fue la implementación de dicho entorno y su análisis para verificar si en efecto, el entorno de enseñanza produce los aprendizajes esperados en los alumnos. En el siguiente capítulo se presentará el análisis de la implementación y el impacto que tuvo en los estudiantes.

## CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN

El presente capítulo tiene como propósito ilustrar el seguimiento y el análisis que se realizó a la implementación del entorno de enseñanza coordinado. El dar seguimiento a la implementación de las secuencias didácticas se hizo con el fin de testificar cómo era su funcionamiento y si realmente promovía el despliegue y desarrollo de capacidades de alfabetización científica, y en caso de ser necesario, hacer ajustes o modificaciones a las actividades de enseñanza.

Para dar seguimiento a la implementación y posterior análisis, el equipo de investigadores educativos lo que hizo fue entrar y mirar las clases sincrónicas que impartían los maestros para dar cuenta de cómo estaba operando el entorno de enseñanza que se había diseñado, en este sentido, las observaciones estuvieron enfocadas en la mediación y guía del docente, el uso de los recursos, la interacción entre pares y la actividad societal en sí misma. Durante las observaciones, se tomaban notas y se realizaba una bitácora del día para registrar aspectos importantes que hubieran sucedido durante la clase, así como posibles mejoras o ajustes que podían hacerse a la actividad. Después de haber observado y realizado la bitácora del día, el equipo de investigadores educativos se reunía para discutir y analizar lo que había ocurrido, y dicho momento era importante para pensar de forma colaborativa si el entorno estaba siendo adecuado para promover aprendizajes o si era necesario hacer cambios.

Una vez realizado el análisis dentro del equipo de investigadores, se preparaba una presentación y una retroalimentación para dialogar con los maestros sobre la intervención. Cada semana, había una reunión en donde investigadores educativos y maestros se sentaban a pensar y analizar las actividades que se habían puesto en marcha. Estos momentos de trabajo colectivo también fueron muy significativos porque todos los involucrados daban su opinión acerca de las actividades de enseñanza y como mejorarlas para que fueran adecuadas para los estudiantes (ver figura 14).

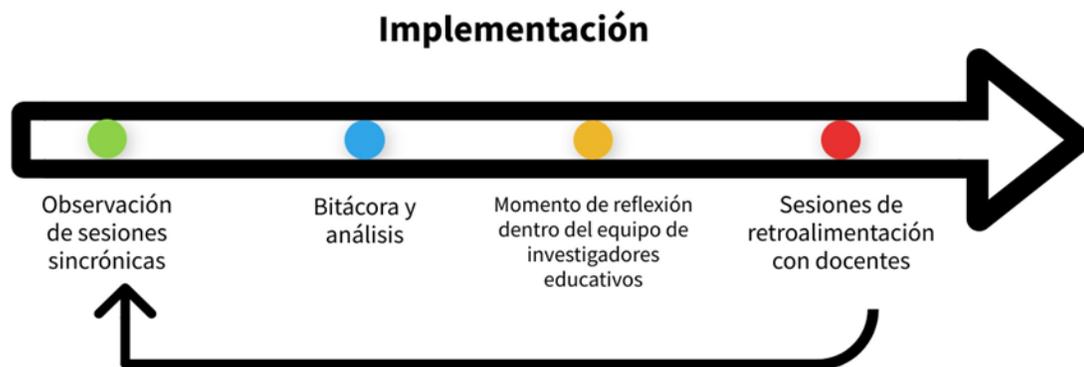
El proceso de entrar a observar, tomar notas, analizarlas y dialogar con el equipo de maestros se efectuó a lo largo del ciclo escolar 2022 hasta su culminación, por tanto, el análisis de la implementación se realizó en tiempo real.

Por otra parte, vale la pena mencionar que al final del ciclo escolar 2022, el equipo de investigadores educativos solicitó a los maestros que convocarán a un grupo pequeño de estudiantes que quisiera colaborar dando su testimonio sobre su experiencia como estudiantes

dentro del curso de Biología IV, por tanto, lo que se hizo entonces fue realizar un grupo focal con estudiantes. Para el equipo de investigadores educativos era importante recuperar la voz de los propios estudiantes y que dieran su opinión sobre el curso, por tanto, la voz de los estudiantes se tomó como material de análisis para el presente capítulo.

**Figura 14.**

*Proceso de análisis de la implementación de secuencias didácticas*



Entonces, para abordar los elementos importantes que fueron motivo de discusión y análisis durante la implementación, el capítulo se estructura a través de cuatro ejes importantes que son la actividad científica como promotora de capacidades de alfabetización, el uso de recursos, la guía docente y la visión holística sobre la Biología. Como es posible apreciar, el seguimiento de la intervención fue un proceso sistemático y riguroso que estuvo guiado teóricamente ya que el marco que se usó para el diseño del entorno de enseñanza fue el sociocultural, por tanto, había que observar y testificar si los elementos que se utilizaron para el diseño del entorno estaban siendo eficientes para la promoción de aprendizajes.

### **6.1 La actividad científica como promotora de capacidades de alfabetización**

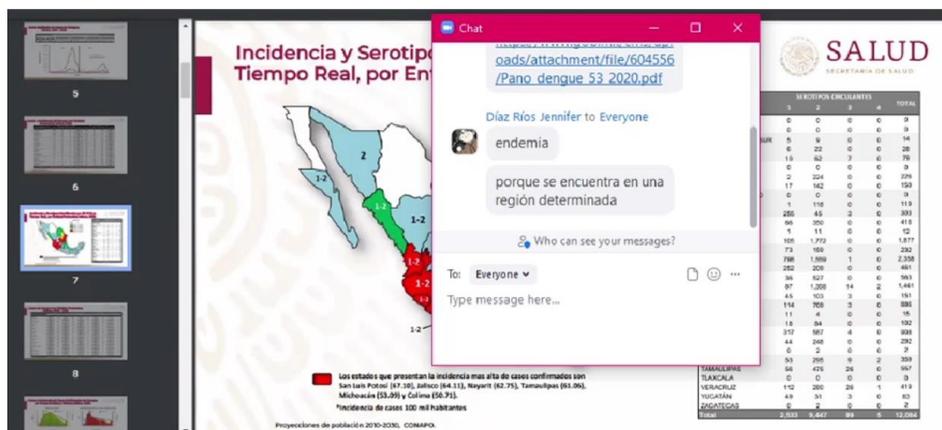
Un elemento relevante dentro del diseño del entorno de enseñanza es el relacionado a la actividad en el desarrollo de capacidades de alfabetización científica. La forma y la organización que tenga la actividad científica debe de promover el uso del contenido biológico para la resolución de una

problemática o la elaboración de un objeto o artefacto, por tal motivo la actividad fue el primer eje de análisis durante la intervención.

Las secuencias didácticas están diseñadas bajo la estructura de actividades societales y en cada una, los alumnos tienen que concretar una meta a través de la ejecución de diversos pasos y en el desarrollo de dichos pasos, es donde debe ocurrir el despliegue de capacidades científicas por parte de los estudiantes.

Por tanto, para ilustrar la manera en cómo la actividad promueve el despliegue de capacidades científicas, se retomará la secuencia didáctica del caso de enseñanza que se tituló “La acción de las vacunas en la erradicación de epidemias y pandemias”<sup>15</sup>. En el capítulo anterior se explicó que el caso de enseñanza es una modalidad de secuencia que tiene como objetivo presentar una problemática real a los estudiantes y que al final tomen un posicionamiento al respecto. El caso de enseñanza que se diseñó estaba encaminado a que los estudiantes a través de la escritura de un ensayo respondieran a la pregunta “¿en qué medida las vacunas pueden ayudar en la erradicación de una pandemia?”. Para que los jóvenes fueran capaces de responder a dicha pregunta, durante el desarrollo del caso de enseñanza, en cada una de las sesiones se iban a trabajar diferentes elementos que permitieran analizar y reflexionar a los alumnos, de tal forma que al final de la actividad, en el momento en que tuvieran que escribir el ensayo final, pudieran contestar a la pregunta compleja que estaba planteada. En cada una de las sesiones del caso de enseñanza, fue posible observar el despliegue de capacidades de pensamiento como en el ejemplo que se muestra en las imágenes a continuación (figura 15 y 16):

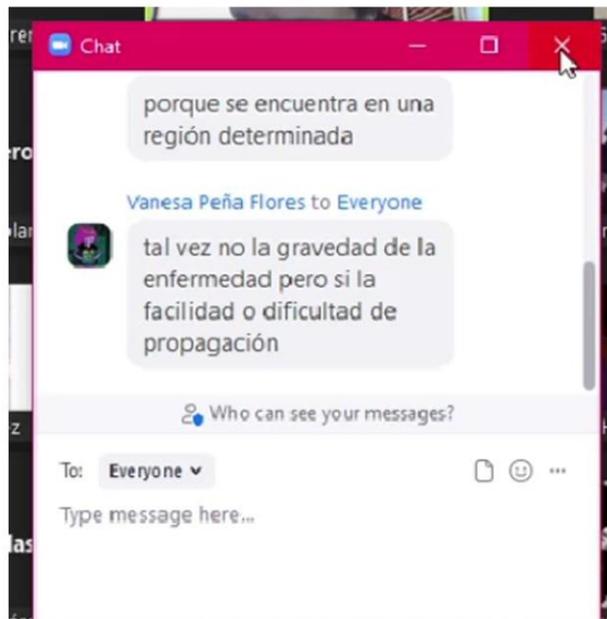
**Figura 15.**  
*Sesiones de trabajo en plenaria del caso de enseñanza*



<sup>15</sup> En el capítulo 5 de describe con detalle la secuencia didáctica del caso de enseñanza.

**Figura 16.**

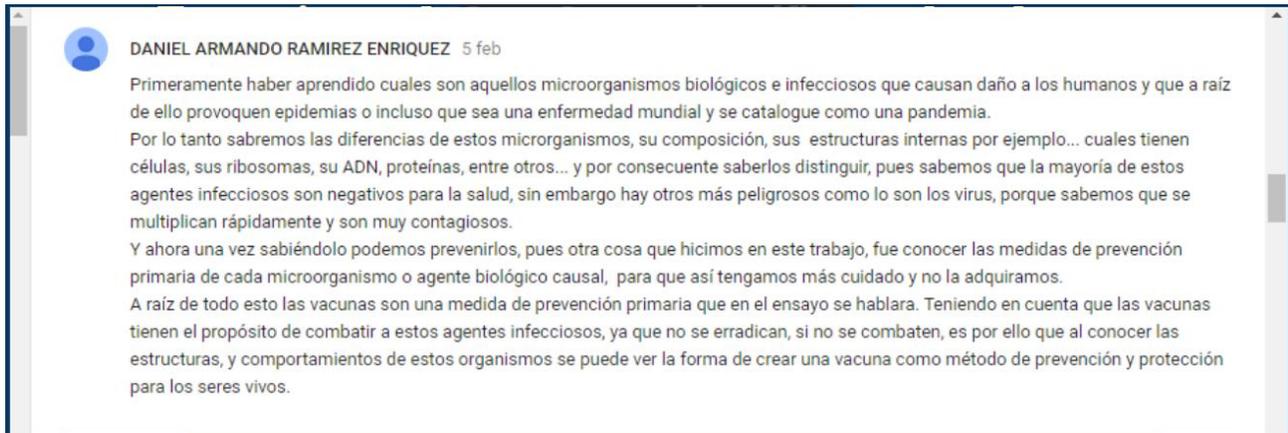
*Descripciones de los alumnos sobre lo que son las epidemias*



En las imágenes se ilustra una de las sesiones de trabajo en donde los alumnos, primero tienen que identificar y describir las diferencias que existen entre una endemia, epidemia y pandemia. Para lograr que los estudiantes logren hacer estas descripciones, la docente utilizó recursos como mapas para ilustrar lo que es una epidemia y una pandemia; posteriormente en el chat de zoom los alumnos escribieron sus descripciones. Como una forma de asegurar que la estructura del caso si iba a permitir que los alumnos pudieran escribir su ensayo final y contestar a una pregunta compleja, por medio de classroom se preguntó a los estudiantes de qué forma cada uno de los temas tratados a lo largo de las sesiones les ayudaría a contestar la pregunta final del caso. A partir de este cuestionamiento se recabaron algunos testimonios como el que se muestra a continuación (figura 17):

## Figura 17.

Testimonio de un alumno sobre la actividad del caso de enseñanza



DANIEL ARMANDO RAMIREZ ENRIQUEZ 5 feb

Primeramente haber aprendido cuales son aquellos microorganismos biológicos e infecciosos que causan daño a los humanos y que a raíz de ello provoquen epidemias o incluso que sea una enfermedad mundial y se catalogue como una pandemia.

Por lo tanto sabremos las diferencias de estos microorganismos, su composición, sus estructuras internas por ejemplo... cuales tienen células, sus ribosomas, su ADN, proteínas, entre otros... y por consiguiente saberlos distinguir, pues sabemos que la mayoría de estos agentes infecciosos son negativos para la salud, sin embargo hay otros más peligrosos como lo son los virus, porque sabemos que se multiplican rápidamente y son muy contagiosos.

Y ahora una vez sabiéndolo podemos prevenirlos, pues otra cosa que hicimos en este trabajo, fue conocer las medidas de prevención primaria de cada microorganismo o agente biológico causal, para que así tengamos más cuidado y no la adquiramos.

A raíz de todo esto las vacunas son una medida de prevención primaria que en el ensayo se hablara. Teniendo en cuenta que las vacunas tienen el propósito de combatir a estos agentes infecciosos, ya que no se erradican, si no se combaten, es por ello que al conocer las estructuras, y comportamientos de estos organismos se puede ver la forma de crear una vacuna como método de prevención y protección para los seres vivos.

*“Primeramente, haber aprendido cuales son aquellos microorganismos biológicos e infecciosos que causan daño a los humanos y que raíz de ello provoquen epidemias o incluso que sea una enfermedad mundial y se catalogue como pandemia. Por lo tanto sabremos las diferencias de estos microorganismos, su composición, sus estructuras internas, por ejemplo, cuáles tienen células, sus ribosomas, su ADN, proteínas, entre otros, y por consiguiente, saberlos distinguir, pues sabemos que la mayoría de estos agentes infecciosos son negativos para la salud, sin embargo, hay otros mas peligrosos como lo son los virus, porque sabemos que se multiplican rápidamente y son muy contagiosos.*

*Y ahora una vez sabiéndolo podemos prevenirlos, pues otra cosa que hicimos en este trabajo fue conocer las medidas de prevención primaria de cada microorganismo o agente biológico causal, para que así tengamos más cuidado y no la adquiramos.*

*A raíz de todo esto las vacunas son una medida de prevención primaria que en el ensayo se hablará. Teniendo en cuenta que las vacunas tienen el propósito de combatir estos agentes infecciosos, ya que no se erradican, si no se combaten, es por ellos que al conocer las estructuras, y comportamientos de estos organismos se puede ver la forma de crear una nueva vacuna como método de prevención y protección para los seres vivos.”*

En el testimonio se observa que el estudiante reconoce que es necesario identificar los agentes infecciosos que causan enfermedades y con base en este conocimiento, llevar a cabo prácticas de cuidado y prevención de enfermedades; también con base en la información sobre los microorganismos que causan enfermedad, el testimonio menciona el uso de vacunas como una herramienta eficaz para la prevención de padecimientos.

Lo que es posible apreciar es que los estudiantes utilizan la información con un propósito, que está dado por la pregunta que deben contestar en el ensayo, así mismo, el que los alumnos

doten de un sentido al contenido biológico se debe a que la estructura de la actividad del caso de enseñanza se diseñó para que a lo largo de las sesiones los estudiantes con la ayuda del maestro, fueran construyendo ideas y argumentos importantes sobre lo que son las vacunas y las causas y consecuencias de las enfermedades infecciosas. En pocas palabras, la actividad está estructurada como una unidad, y no en acciones aisladas entre sí.

A partir de las observaciones que los investigadores educativos realizaron a las sesiones del caso de enseñanza, se planeó dar una retroalimentación a los maestros sobre la forma en como estaba operando la actividad y el impacto que estaba teniendo en los aprendizajes de los alumnos. Además de la retroalimentación brindada a los maestros por parte de los investigadores educativos, durante las sesiones de trabajo era importante escuchar las opiniones de los docentes acerca de cómo percibían ellos que estaba operando el caso de enseñanza. En la figura 18 se puede apreciar parte de la retroalimentación brindada a los maestros por parte del equipo de investigadores, en donde se esclarecía el paso de la actividad en donde se encontraban, se daban algunas sugerencias sobre el tipo de capacidades científicas que se esperaba que se pusieran en juego dentro de la actividad y se proporcionaban recomendaciones para que los maestros pudieran poner en práctica durante sus clases.

### Figura 18.

*Sesiones de trabajo con los maestros sobre la actividad del caso de enseñanza*

¿Qué es lo que esperamos para las próximas sesiones?

Sesión	Meta de la sesión	Objetivos de aprendizaje
4. ¿Cómo se fabrican las vacunas?	Los alumnos reconocerán el proceso de investigación para la fabricación de las vacunas a través de comparar el método actual con el que llevó a cabo Jenner.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NOS</li> <li>- Reconocimiento de la ciencia como actividad.</li> <li>- La ciencia tiene una base empírica</li> <li>- Modos y usos de la ciencia                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Razonamiento científico</li> <li>- Métodos de investigación</li> </ul> </li> <li>- Relación CTSA                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vincular los conocimientos con la sociedad y la tecnología</li> </ul> </li> </ul>

RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE CASO

- Destinar un breve tiempo para recapitular lo visto en la sesión pasada, con la intención de que los alumnos relacionen las ideas principales de cada sesión y tengan elementos completos y no fragmentados.
- Realizar la pregunta “¿de qué manera el trabajo que hemos realizado te va a servir en la escritura de tu ensayo?” en cada sesión.

Durante las sesiones de trabajo recibimos diversos comentarios por parte de los maestros en donde sugerían modificar algunas preguntas o recursos para que los alumnos comprendieran de forma adecuada lo que son las bacterias o virus, por ejemplo, uno de los maestros nos sugería cambiar una lectura porque le parecía que era muy compleja:

*“La lectura que ustedes nos sugirieron, la que viene en el libro del Audesirk no es que este mal, pero necesita mucha ayuda, mucha mediación docente para que los alumnos puedan entender el texto”.*

Testimonio docente tomado de una sesión de trabajo. Febrero del 2022.

Aparte de las sugerencias y de las posibles modificaciones que se podían incorporar a la secuencia didáctica del caso de enseñanza, también era importante que todo el equipo de trabajo, tanto investigadores educativos como maestros, pudiéramos identificar y reconocer aquellos aspectos de la actividad que si estaban funcionando y promovían el desarrollo de capacidades científicas. Entre los comentarios positivos que daban los maestros se encuentra el siguiente:

*“En varias secuencias y en varios momentos, el que ellos (refiriéndose a los estudiantes) conozcan lo que es el diseño experimental, la idea de observar, de hacer un cuestionamiento y de plantear un método me parece que permite a los alumnos que logren ver lo que es la ciencia, y creo que ha sido un gran acierto y les ha hecho bien a los alumnos”.*

Testimonio docente tomado de una sesión de trabajo. Marzo del 2022.

A grandes rasgos, el desarrollo de la actividad real fue un elemento importante para el despliegue de capacidades científicas, en donde particularmente se rescata el hecho de que los alumnos pudieran encontrar un sentido a los diferentes contenidos de la Biología. Ya que se ha reconocido el papel que juega la actividad, existe un aspecto particular que tiene que ver con la congruencia interna de cada una de las acciones que componen a la actividad, en el siguiente apartado se hablará sobre esto con más detalle.

#### 6.1.2 Mantener la estructura de la actividad completa

En el diseño de algunas secuencias didácticas se observó que había acciones puntuales que sí promovían capacidades, pero que se encontraban desarraigadas de la meta de la actividad. La actividad real se encuentra conformada por acciones que deben contribuir al logro de la meta y en el caso de las secuencias didácticas, cada acción o paso que ejecuten los alumnos debe estar atado al logro de la meta, porque esto le brinda sentido a la actividad real. Como se subrayó anteriormente, durante el desarrollo de la actividad, en las acciones más puntuales deben

desplegarse las capacidades científicas. Para ilustrar mejor la explicación anterior, usaremos como ejemplo una actividad muy concreta que pertenece a la secuencia didáctica de composta<sup>16</sup>.

En la secuencia didáctica de composta los alumnos debían obtener compost para usarlo como fertilizante para su huerto. Aparte de obtener el fertilizante, los alumnos también debían de realizar un cartel en donde explicaran el proceso que implicó la obtención de compost. Durante el desarrollo de la actividad de composta, una idea importante que trabajaron los maestros con sus alumnos es que, al hacer composta, se están recreando los ciclos biogeoquímicos<sup>17</sup> que naturalmente ocurren en el ambiente sin la intervención del hombre. La composta al ser una invención humana, los alumnos tenían tomar decisiones sobre la materia orgánica que debe incluir una composta para asegurarse de recrear los ciclos biogeoquímicos y, por tanto, obtener el fertilizante para sus plantas.

Dentro de la actividad de composta, una de las acciones que los alumnos realizaron fue el modelado de los diferentes ciclos biogeoquímicos. En la figura 19, 20 y 21 se expone un momento en plenaria en donde los alumnos están mostrando sus modelos de ciclos biogeoquímicos. En esta parte de la actividad los alumnos fueron capaces de identificar las fases por las que se componen los ciclos del carbono, fósforo y nitrógeno, reconocen en que lugares del medio ambiente se encuentran altas concentraciones de dichos elementos, de manera autónoma hicieron una representación de los diferentes ciclos y explicaron de modo general las consecuencias que tiene las altas concentraciones de fósforo, nitrógeno o carbono.

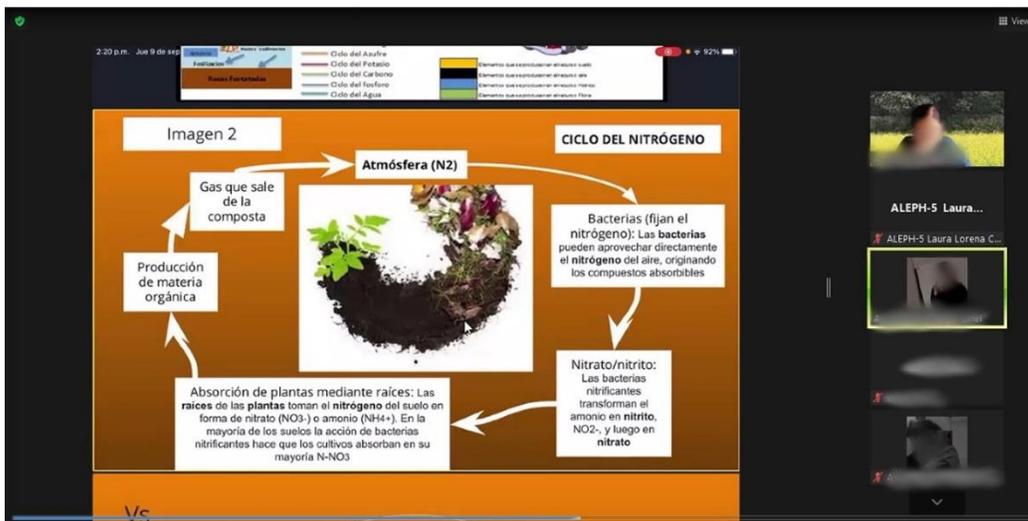
---

<sup>16</sup> Para hacer composta, se requiere el uso de materia orgánica como cascaras de huevo, desechos de fruta, residuos de origen animal, follaje y hojas secas.

<sup>17</sup> Los ciclos biogeoquímicos se refiere al movimiento de elementos como carbono, nitrógeno, hidrogeno, oxígeno, fósforo y azufre entre los seres vivos y el ambiente.

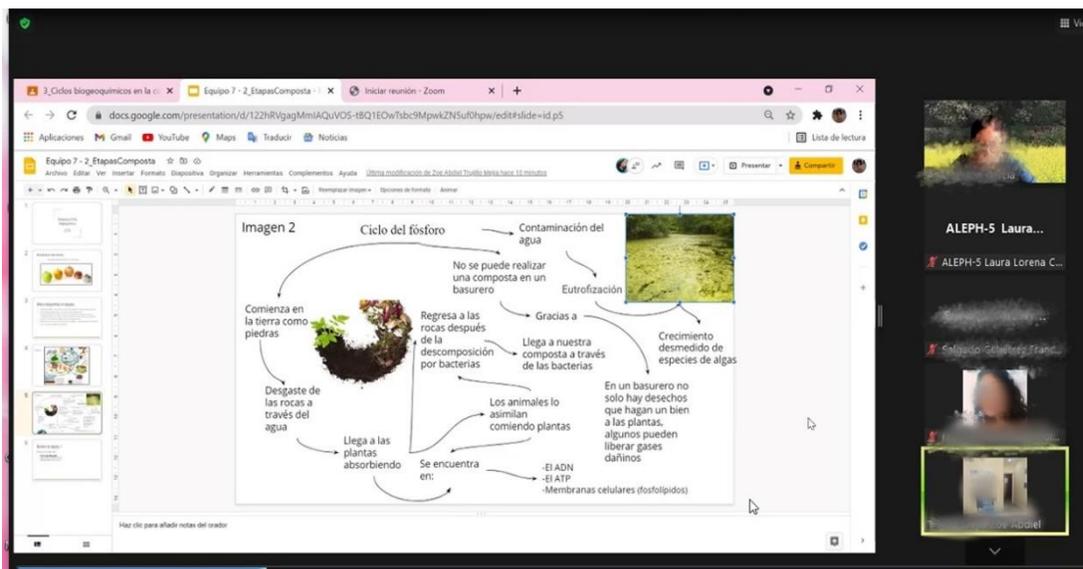
**Figura 19.**

*Presentación de trabajos de modelado por parte de alumnos. Ciclo del carbono*



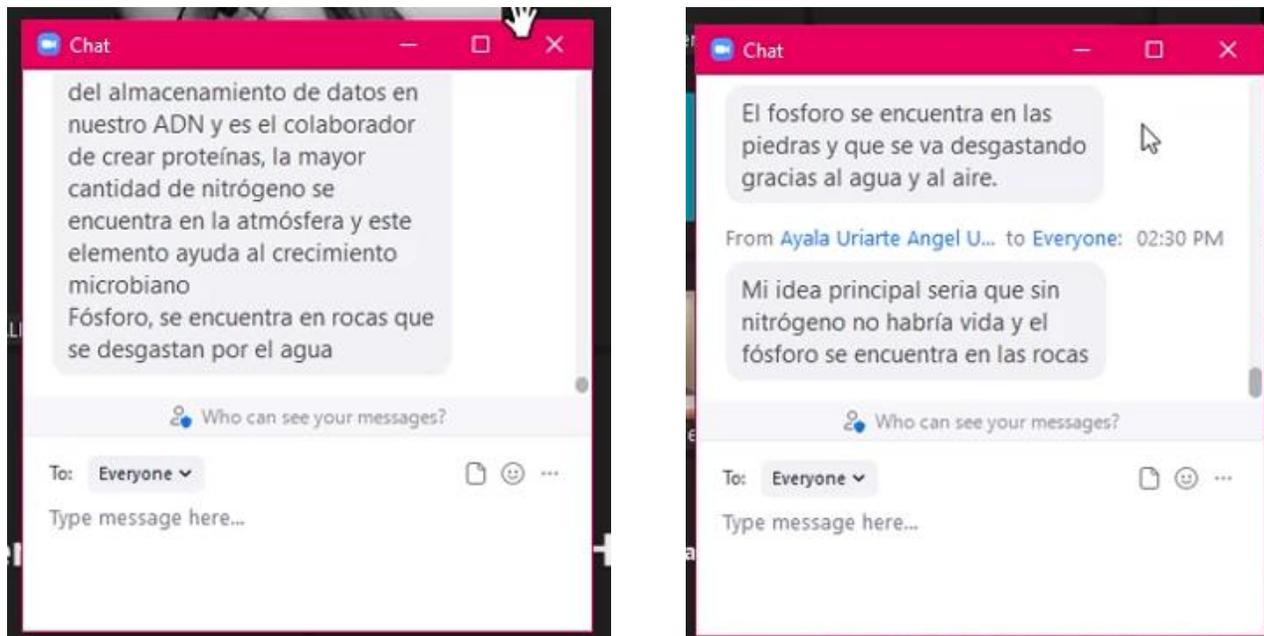
**Figura 20.**

*Presentación de trabajos de modelado por parte de los alumnos. Ciclo del fósforo.*



**Figura 21.**

*Uso del chat por parte de los alumnos para explicar en dónde se encuentra el fósforo.*



Los alumnos lograron avances importantes al modelar los diferentes ciclos de circulación de la energía, sin embargo, esta actividad de modelado se quedó en el nivel de identificación, ya que no tuvo implicaciones en la elaboración de su composta. En términos ideales, se espera que los alumnos al hacer la composta den cuenta de la existencia de los elementos que circulan por el ambiente, tomen decisiones sobre qué materia orgánica agregar a su composta para que mantenga un equilibrio y que el exceso de algún elemento no arruine el fertilizante y, en consecuencia, puedan pensar en las implicaciones sociales y ambientales que tiene la abundancia de ciertos elementos en el ambiente.

En pocas palabras, las acciones que se ejecuten en determinada actividad deben ser congruentes con la meta de la actividad y promover capacidades complejas. Para los alumnos cada acción tiene que impulsarlos a tomar decisiones y cuestionarlos sobre lo que están haciendo y como la Biología puede ser una herramienta útil para transformar el mundo que les rodea.

Esta observación realizada por los investigadores educativos acerca de la congruencia y pertinencia que deben tener las acciones dentro de la actividad científica se planteó al equipo de maestros y se concluyó que para la secuencia didáctica de composta sería necesario modificar

muchas de las acciones. En el siguiente capítulo se detallará los cambios que sufrió la secuencia de composta.

### 6.1.3 Meta de la actividad: producto complejo y desafiante

Un elemento de análisis que fue importante y que tuvo repercusiones para el rediseño está relacionado al producto que los alumnos deben entregar al final de la actividad. El producto final que deban entregar los estudiantes define en gran medida la estructura de la actividad, por tanto, es necesario considerar que la meta implique el desarrollo de un producto desafiante por parte de los estudiantes.

Esta situación de pensar en un producto complejo para que realicen los estudiantes fue algo que se discutió con el equipo de maestros a partir de la entrega de algunos trabajos finales por parte de los alumnos. En la figura 22 se aprecia el producto final de la secuencia didáctica de germinación que es una bitácora de seguimiento. La secuencia didáctica de germinación tenía como propósito que los alumnos pusieran a germinar semillas de las plantas que ellos quisieran cultivar y tenían que hacer un registro detallado sobre el proceso de germinación. En la bitácora entregada por uno de los alumnos se aprecia que el estudiante reconoce las principales estructuras que emergen de la semilla y explica de forma general a que se debe la aparición de estas características.

#### Figura 22.

*Bitácora de la actividad de germinación*

Fecha	Evidencia fotográfica	Tamaño de la planta (altura o diámetro)	Peso de la planta	Número de hojas	Tamaño de las hojas	¿Qué estructuras se han desarrollado? · Raíces · Cotiledones · Hojas · Tallos · Flores · Frutos	Observaciones adicionales
06/12/21		0,5 mm	0	0	0	0	Creo que ninguna
13/12/21		1,5 cm	½ gr	2	3 mm	Raíces , hojas y tallos	Crece aunque no este en la sombra crece
20/12/21		2,3 cm	1 gr	2 por cada plantita	1 cm	Raíces , hojas y tallos	Aquí empezaron a crecer mas plantitas y a distribuirse por toda la maceta, en total eran 12

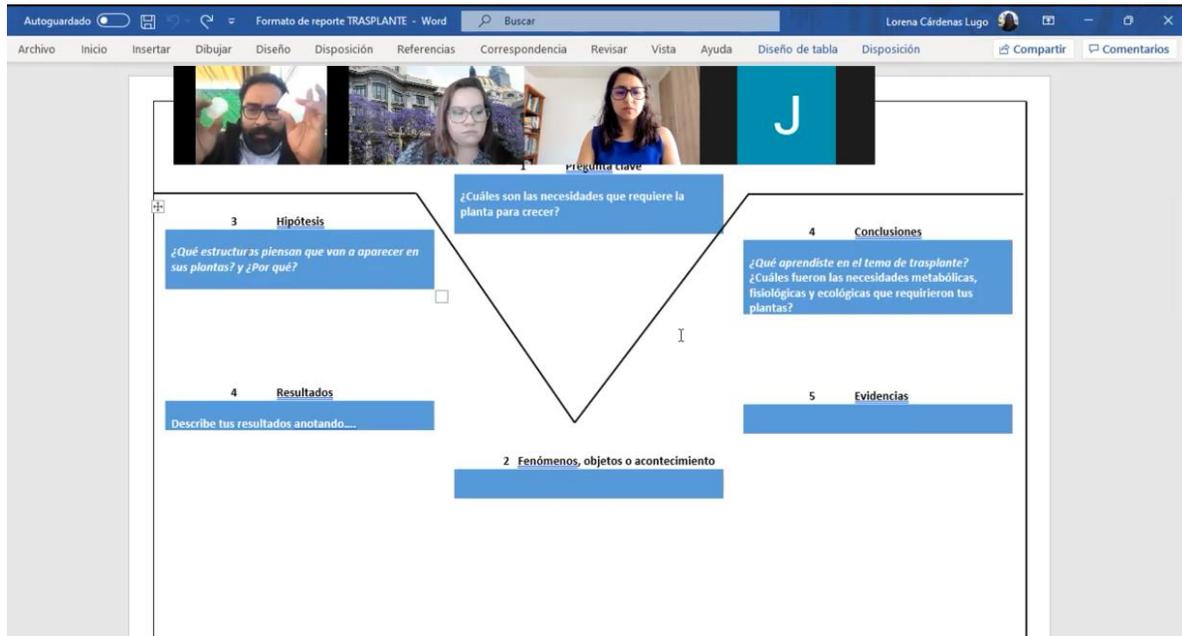
Cuando el equipo de investigadores educativos analizó los productos finales de la secuencia didáctica de germinación y lo que los alumnos lograron aprender en términos de capacidades científicas, se llegó a la conclusión que había que cambiar el producto final de esta actividad por uno más complejo que demandase de los alumnos pensar en la relación que hay entre la ciencia, tecnología, sociedad y ambiente y en la reflexión sobre el conocimiento científico. El análisis llevado a cabo por el equipo de investigadores educativos se presentó al equipo de maestros y ellos por su parte hicieron sugerencias sobre cómo era posible mejorar la actividad.

El equipo de maestros pensó que la actividad de germinación podía hacerse más compleja si cambiamos el producto final de la actividad por uno más complejo como la entrega de un reporte de investigación. Los reportes de investigación son documentos que de forma sistemática y organizada recogen la experiencia de una actividad investigativa, por tanto, la secuencia didáctica de germinación podía incluir una situación experimental. Había varias opciones al respecto, pero al equipo de maestros les pareció adecuado que los alumnos pudieran germinar semillas bajo diferentes condiciones, por ejemplo, poner semillas con abundante agua y otras con poca agua, o germinar semillas en tierra y otras en algodón. Realizar un experimento dentro de la secuencia didáctica de germinación permitiría a los alumnos usar el conocimiento científico para realizar hipótesis para pensar en qué condiciones germinarían mejor sus semillas.

A partir del análisis de la secuencia didáctica de germinación, se concluyó con los maestros la importancia que tiene el que los alumnos realicen productos complejos, porque es la mejor vía para el desarrollo de capacidades. En el siguiente extracto (figura 23), se expone una de las reflexiones de los maestros durante las sesiones de trabajo en donde se estaba replanteando la idea de cambiar el producto final de la actividad de trasplante.

**Figura 23.**

*Sesión de trabajo con maestros. Testimonio docente sobre la secuencia didáctica de germinación*



*“Creo que es importante tener claro que es los que queremos, si lo queremos es que identifiquen y repitan las estructuras que aparecen en las plantas, el hacer un mapa conceptual o cuadro sinóptico es una buena opción.*

*Si hay que considerar que el trasplantar tiene un efecto claro en las plantas, que es darle espacio a la raíz. Si yo no trasplanto puede tener una planta enana, como un bonsái. Este es un efecto fisiológico claro. Si el chavo retoma esto, puede llegar a ser capaz de hipotetizar sobre el tamaño que puede alcanzar la planta. Entonces los chavos pueden hacer hipótesis bajo la teoría y en este sentido hacer el informe puede ser una opción, bueno, es solo una sugerencia.”*

## **6.2 Uso de recursos para interpretar la actividad**

El segundo eje de análisis de las secuencias didácticas es el uso de recursos dentro de la actividad. Los recursos dentro de una actividad deben servir a los alumnos a interpretar y a llevar a cabo acciones para resolver un problema o tomar acción, por ejemplo, si tengo un modelo sobre las estructuras de los virus y la forma en cómo se replican, dicho modelo lo podrían usar los

estudiantes para tomar decisiones sobre la urgencia que tiene usar las vacunas para evitar la propagación de una enfermedad infecciosa. En otras palabras, los diferentes recursos que se utilizan dentro de una actividad deberían develar en los alumnos los fenómenos biológicos que intervienen en determinado hecho o problema y a tomar acciones dentro de la actividad.

Reconociendo la función que tienen los recursos dentro de la actividad, la observación de las secuencias didácticas también se enfocó en ver y entender como los recursos promovían capacidades en los alumnos y cuál era la forma en cómo se usaban. En la figura 24 se expone un momento de la secuencia didáctica de composta en el cual la maestra usa un modelo del ciclo del carbono alterado por el exceso de plásticos. La maestra cuando muestra el modelo les pregunta a sus alumnos si el plástico este hecho de carbono y si el CO<sub>2</sub> es parte del ciclo del carbono. Los alumnos tienen dificultades para responder a estas preguntas, sin embargo, la maestra explica que el plástico si está hecho de carbono y que el CO<sub>2</sub> si es un elemento que circula dentro del ciclo del carbono. Lo interesante del suceso antes descrito es que el esquema pudo haberse utilizado para cuestionar a los alumnos sobre aspectos más complejos como la contaminación y el impacto que tiene las acciones humanas en los ciclos de circulación de la energía. Por tanto, los recursos por sí solos no despliegan en los alumnos capacidades de pensamiento, sino que tienen que ser utilizados y mediados por los maestros, ya que su potencial esta dado por la forma en cómo se usan dentro de la actividad. En este sentido, no es posible esperar que los alumnos de forma automática solo por ver determinado modelo, video o la lectura de un texto ya sean capaces de usar estos recursos para pensar.

A partir de la observación realizada por parte de los investigadores educativos sobre el uso de recursos y el potencial que tienen, se dialogó con los maestros que todos los recursos que se utilicen debían estar acompañados de preguntas o guías detonadoras para que los estudiantes fueran capaces de pensar con las herramientas, de esta forma se podría aprovechar al máximo el potencial que tienen los modelos, videos y los textos.

**Figura 24.**

*Uso de modelo por parte de docente para promover capacidades científicas en los alumnos*

The image is a screenshot of a Zoom meeting. The main content is a presentation slide titled "a) El ciclo del carbono (con el efecto añadido del plástico)". The slide is divided into two parts: "a) El ciclo del carbono" and "b) El ciclo del plástico". Part (a) shows a flowchart of the carbon cycle, including processes like photosynthesis, respiration, decomposition, and fossilization. Part (b) shows the plastic cycle, starting from petrochemical feedstocks and ending with plastic degradation in the environment. To the right of the slide, there is a text box defining "Biomasa" and "GEI". The Zoom interface at the bottom shows 49 participants and various controls like "Unmute", "Start Video", "Share Screen", and "Leave".

**a) El ciclo del carbono**  
(con el efecto añadido del plástico)

**Biomasa:** masa de los organismos (materia orgánica) en un ecosistema que puede utilizarse como energía.

**GEI:** el gas de efecto invernadero más abundante es el  $\text{CO}_2$

**b) El ciclo del plástico**

En síntesis, se observó que los alumnos son capaces de desplegar capacidades como la identificación, reconocimiento y descripción de los ciclos biogeoquímicos cuando se utilizan los recursos sin mucha ayuda, pero si lo que se busca es promover capacidades más complejas, es fundamental usar los recursos con ciertas guías.

### 6.3 Guía docente para el despliegue de capacidades científicas

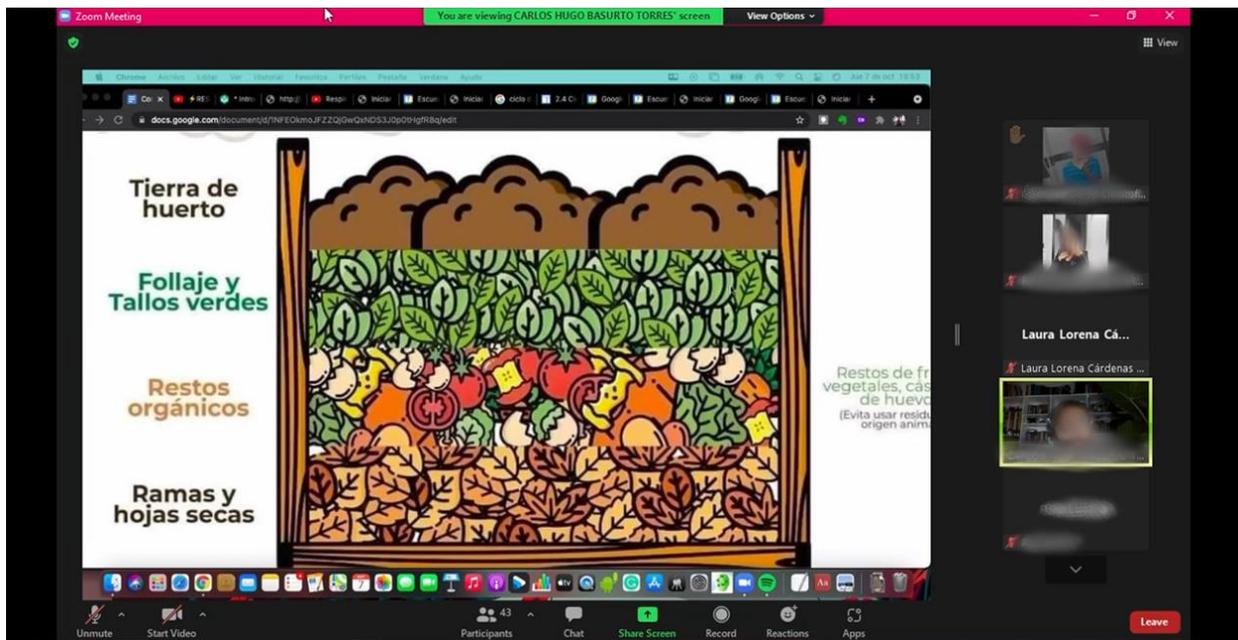
El papel de maestro dentro de la actividad es una pieza fundamental para el despliegue de capacidades científicas porque son los encargados de dirigir a los alumnos en la actividad para el logro de la meta, de darles las ayudas necesarias para que usen los diferentes recursos, de realizar preguntas con el objetivo de hacer pensar en algún tema en particular y organizar al grupo para que trabajen de forma colaborativa.

Son muchas las cosas que realizan los docentes para promover aprendizajes en sus alumnos dentro de la actividad, y dentro del marco del proyecto Aleph, los docentes en diversas ocasiones compartían sus experiencias y recursos para mejorar el diseño y la implementación de las secuencias didácticas. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo la mediación del

docente favorece el despliegue de capacidades, reconociendo que el ejemplo del que se va a hablar a continuación fue una propuesta que uno de los maestros hizo y que sirvió para enriquecer las secuencias didácticas y que, además, otros maestros replicaron después dentro de su práctica (ver figura 25 y 26).

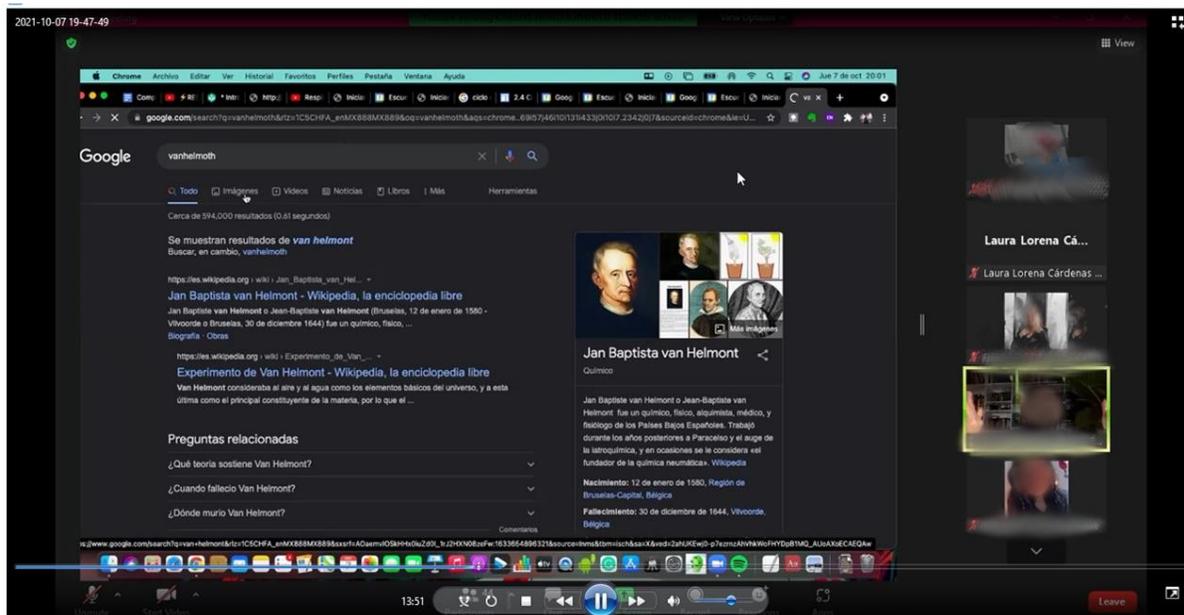
**Figura 25.**

*Uso de esquema dentro de la secuencia didáctica de composta*



**Figura 26.**

*Uso del experimento de Van Helmont como recurso para promover capacidades en los alumnos*



En el ejemplo se ilustra una de las sesiones de composta en la que el maestro está guiando a sus alumnos para que reflexionen que la descomposición es el proceso biológico que se pone en juego dentro de la fabricación de compost. Se observa que el maestro está usando una imagen con los componentes que lleva la composta y cuestiona a los estudiantes sobre cuáles son los seres vivos que producen la descomposición, posteriormente, cuestiona sobre el papel que juegan los microorganismos dentro de la composta. Los alumnos responden de forma adecuada que los microorganismos se alimentan de la materia orgánica de la composta, y en el momento en que los estudiantes identifican la acción de los microorganismos dentro de la composta, el maestro aprovecha el momento para realizar tres preguntas que tenían la intención de empujar el pensamiento abstracto y fueron: ¿los microorganismos respiran?, ¿de dónde viene el carbono que exhala cuando respiro?, y ¿de dónde sacan el carbono las plantas?

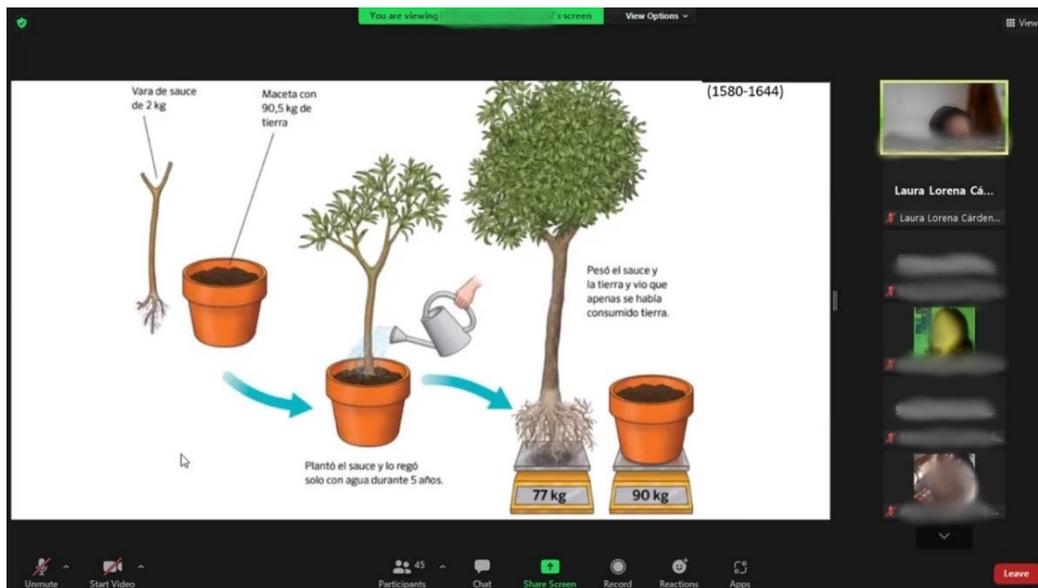
Las primeras dos preguntas, los alumnos contestaron con relativa facilidad, pero la tercera pregunta sobre de dónde sacan las plantas el carbono fue más difícil de contestar, porque de forma intuitiva la mayoría de los alumnos contesta que, de los nutrientes del suelo, sin embargo, el maestro les muestra a los estudiantes que, en realidad, el carbono por el cual están constituidas las plantas proviene del aire, más específicamente del  $\text{CO}_2$ .

Para que el grupo de jóvenes pudieran comprender que el carbono que constituye a las plantas proviene del aire, el docente tuvo que poner en la pantalla un ejemplo de un experimento realizado por el científico Van Helmont<sup>18</sup> para ilustrar que las plantas al captar CO<sub>2</sub> del aire por medio del proceso de fotosíntesis transforman el gas en moléculas que forman parte de la composición de la misma planta. Durante todo el proceso fue notable que los alumnos realizaron inferencias y reconocieron los cuidados que necesitan las plantas para seguir desarrollándose, además, no solo mencionaron el carbono como un elemento importante, también aludieron a otros elementos como el nitrógeno y el fósforo.

La manera en cómo el maestro utilizó la actividad y llevó a los alumnos de pensar en lo concreto a lo abstracto, fue algo que se compartió con el resto del equipo de maestros Aleph para que pudieran retomarlo e incorporarlo a su práctica. En la figura 27 se observa la clase de otra maestra que retomó el ejemplo de Van Helmont y las preguntas clave para usarlo con sus propios alumnos y en términos generales, se encontró que el grupo de la maestra fue capaz de hacer inferencias y reconocer los elementos que forman parte del crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Figura 27.**

*Experimento de Van Helmont utilizado por otra docente dentro de la secuencia didáctica de composta*



<sup>18</sup> Jean-Baptiste Van Helmont (1580-1644) fue un químico y fisiólogo neerlandés conocido por realizar experimentos con plantas en donde reconoció la existencia de gases como dióxido de carbono y dióxido de nitrógeno.

De lo anterior, es importante resaltar la labor de las y los docentes y la experiencia y saberes que, en todo momento estuvieron compartiendo con el equipo de trabajo Aleph5 (incluidos los demás maestros y los investigadores educativos). Como se dijo antes, el experimento de Van Helmont fue una propuesta original del maestro que, usada dentro de la actividad de composta, empujó el despliegue de capacidades de los estudiantes y por otra parte, vale la pena enfatizar el valor que tuvo el compartir esta experiencia de enseñanza con otros maestros para que pudieran tomarla e incorporarla a su práctica de enseñanza.

Finalmente, el ejemplo de Van Helmont fue útil para hacer pensar a los alumnos gracias a que se acompañó de una infraestructura que fueron los esquemas, imágenes y las preguntas específicas que realizó el docente. Si solo se hubiera brindado a los estudiantes un documento con información sobre el experimento de Van Helmont, es probable que no hubieran podido encontrar relación alguna entre la obtención de carbono por parte de las plantas y la actividad de composta. La idea es que los alumnos pudieran dar cuenta de las semejanzas y diferencias entre los diferentes seres vivos y que visualizarán la composta como un ecosistema en el que viven microorganismos y que al igual que las plantas, necesitan de bioelementos para vivir, la diferencia radica en que las plantas en gran medida necesitan de carbono que obtienen del aire, y los microorganismos obtienen su carbono de desechos orgánicos como hojas secas o restos de comida.

### 6.3.1 Preguntas para dirigir el pensamiento

Una forma en la que el maestro también interviene dentro de las actividades de enseñanza es en el planteamiento de preguntas hacia sus estudiantes. Cuando los maestros realizan una pregunta en clase, es con la intención de movilizar capacidades de pensamiento en los alumnos, por tanto, los cuestionamientos no son con el objetivo de esperar una respuesta acertada o de contenido disciplinar, sino que el cuestionar es para que los estudiantes puedan explicar un fenómeno, realicen una comparación o puedan desarrollar una hipótesis, por mencionar algunos ejemplos.

Dada la importancia que juega el planteamiento de preguntas hacia los alumnos, este tema fue abordado durante el diseño de secuencias didácticas. Los maestros de Biología alegaban que, dentro del diseño de secuencias, había que dejar en claro el tipo de cuestionamiento que se

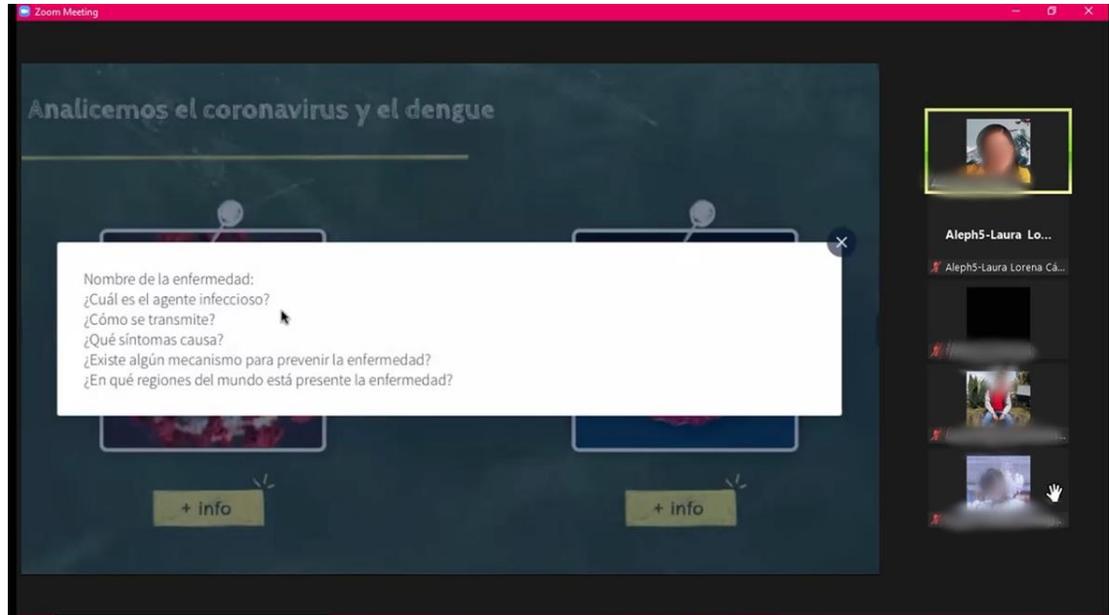
pretendía hacer a los estudiantes y evitar aquellas preguntas cuya respuesta fuera un “sí” o un “no”, por tanto, se procuró diseñar preguntas que forzarán a los alumnos a usar el contenido científico para explicar un proceso o fenómeno dentro de la actividad real.

Después de haber diseñado el entorno de enseñanza y de haber dialogado con los maestros sobre las posibles preguntas que pudieran efectuar a sus estudiantes, el siguiente paso fue su implementación, es decir, la puesta en marcha de las preguntas dentro de la actividad de enseñanza y el análisis de las capacidades de alfabetización que despliegan los alumnos cuando se les cuestiona. En la figura 15 se ilustra la implementación de la secuencia didáctica del caso de enseñanza “La acción de las vacunas en la erradicación de epidemias y pandemias”. Al inicio de la actividad, la maestra clarificó a sus estudiantes que al final tenían que escribir un ensayo en el cuál tomarán un posicionamiento y contestarán a la pregunta ¿En qué medida las vacunas pueden ayudar en la erradicación de una epidemia o pandemia? La formulación de dicha pregunta se hizo con la intención de que los alumnos reflexionarán sobre el impacto que tienen las vacunas en la sociedad y el cómo las enfermedades infecciosas pueden o no prevenirse usando únicamente las vacunas. Durante el desarrollo del caso de enseñanza, los alumnos tenían que identificar y explicar cuáles son los microorganismos más comunes que producen enfermedades y cómo es que se transmiten. En la figura 28 se observa un momento de la actividad en donde una de las maestras pone en la pantalla algunos cuestionamientos que tienen como intención que los estudiantes describan y expliquen algunas de las enfermedades más comunes.

El equipo de investigadores educativos observó que los alumnos fueron capaces de hacer descripciones muy detalladas de los virus y bacterias, lo cual fue un avance muy importante en términos de aprendizajes, sin embargo, estos atisbos de capacidades científicas no mostraban si los alumnos estaban pensando de manera compleja, es decir, que a partir de la identificación y descripción de organismos fueran capaces de tomar un posicionamiento sobre si las vacunas realmente son un desarrollo tecnológico suficiente para atajar la aparición de enfermedades infecciosas.

## Figura 28.

*Cuestionamientos que usa la docente para promover capacidades científicas en los alumnos dentro de la actividad.*



La preocupación por parte de los investigadores educativos de que los alumnos fueran capaces de pensar de manera holística y compleja sobre las enfermedades infecciosas se compartió con la comunidad de docentes en una reunión de trabajo. Una de las maestras tuvo la idea de preguntar a sus alumnos por medio de classroom lo siguiente: *¿De qué manera el trabajo que hicimos hoy te va a servir en la escritura de ensayo final?* (figura 29). La pregunta que la maestra les planteó a sus alumnos de manera asincrónica resultó ser un dispositivo muy útil para hacer pensar a los alumnos de forma holística e integrada, ósea, que cada idea o argumento que los alumnos fueran trabajando a lo largo de las sesiones del caso de enseñanza debían unirla e integrarla en la escritura de su ensayo, pero antes, había que ayudar a los estudiantes a unificar sus ideas y esto fue posible de lograr gracias al planteamiento de preguntas por parte de los maestros.

## Figura 29.

*Testimonio de un alumno respecto a la actividad de caso de enseñanza.*

La información que hasta ahora hemos recabado es útil para saber encaminarnos hacia la respuesta de la pregunta clave del ensayo. Hemos estudiado los seres más pequeños: los microorganismos (virus, bacterias, protozoos, helmintos y hongos), esos seres que prácticamente son invisibles a la vista del ser humano. Saber sobre ellos nos ha permitido entender cómo interactúan con nosotros, como muchos de ellos representan agentes patógenos, dañan nuestra salud y provocan enfermedades al ser transmitidos de diversas y con ello se convierten -según la zona geográfica que abarquen- en endemias, epidemias o pandemias. Y tras todo esto el humano ha investigado las formas de prevención para evitar el contagio por estas enfermedades y ha creado mecanismos de inmunización, como las VACUNAS, sustancias que han salvado muchas vidas.

Por todo lo anterior, lo que aprendimos hasta este momento es importante para el ensayo porque ahora sabemos que las vacunas ayudan a combatir las enfermedades y así hacen posible su control, eliminación e incluso su erradicación y por consiguiente las pandemias son dominadas, salvando vidas y conservando la salud de muchas personas.

*“La información que hasta ahora hemos recabado es útil para saber encaminarnos hacia la respuesta de la pregunta clave del ensayo. Hemos estudiado los seres más pequeños: los microorganismos (virus, bacterias, protozoos, helmintos y hongos), esos seres que prácticamente son invisibles a la vista del ser humano. Saber sobre ellos nos ha permitido entender cómo interactúan con nosotros, como muchos de ellos representan agentes patógenos, dañan nuestra salud y provocan enfermedades al ser transmitidos y con ello se convierten – según la zona geográfica que abarquen- en endemias, epidemias o pandemias. Y tras todo esto el ser humano ha investigado las formas de prevención para evitar el contagio por estas enfermedades y ha creado mecanismos de inmunización, como las VACUNAS, sustancias que han salvado muchas vidas. Por todo lo anterior lo que aprendimos hasta este momento es importante para el ensayo porque ahora sabemos que las vacunas ayudan a combatir las enfermedades y así hacen posible su control, eliminación e incluso su erradicación y por consiguiente las pandemias son dominadas, salvando vidas y conservando la salud de muchas personas.”*

En las reuniones de trabajo colaborativo entre investigadores educativos y maestros se reflexionó sobre la importancia que tiene la guía docente y el planteamiento de preguntas a los estudiantes para el desarrollo de capacidades de alfabetización y una de las maestras compartió el siguiente pensamiento:

*“Yo creo que las secuencias didácticas están bien, no creo que tengan un error, más bien si hay que estar en acompañamiento con el alumno todo el tiempo, ósea, cuando hice lo del tepache si me di cuenta de que los haces reflexionar porque les estas preguntando ¿qué está pasando?, ¿por qué crees que este sucediendo tal cosa?, ¿cómo lo harías diferente?, todo este tipo de cosas. Los recursos son buenos y a los chicos también les interesa,*

*hay muchos elementos importantes, pero si nos tienen que dar un borrador de sus trabajos y nosotros decirles en dónde sí y en que pueden mejorar, ósea este ejercicio de retroalimentación.”*

Testimonio docente tomado de una sesión de trabajo. Enero del 2022.

Este análisis que compartió la maestra fue relevante porque recalcó la importancia que tienen los docentes en el desarrollo de actividades de enseñanza, más específicamente, reiteró el papel que tienen que realizar para que los alumnos se involucren en las actividades, y es que durante la ejecución de acciones, los docentes deben asegurarse de que los estudiantes realicen observaciones, den explicaciones, hagan inferencias y usen un lenguaje científico adecuado, en síntesis, el maestro debe promover que los alumnos piensen como científicos dentro de la actividad.

#### **6.4 Visión holística de la Biología: desde la célula al ecosistema**

Un rasgo que también se busca desarrollar en los jóvenes preparatorianos respecto a la Biología es que logren tener una mirada holística e integrada sobre los seres vivos. En capítulos anteriores se ha mencionado que la Biología es una ciencia compleja porque su objeto de estudio puede ser la célula hasta un ecosistema, reconociendo que cada nivel de integración de la materia viva tiene un funcionamiento particular, aunque también se encuentran interconectados.

Una visión holística de la Biología debe ser considerada dentro de la enseñanza porque dota de herramientas a los estudiantes para entender la complejidad del mundo natural en el que vivimos y de las implicaciones que existen cuando este se deteriora. Por ejemplo, conocer a nivel microscópico de que están hechos los suelos y los procesos por los cuáles se regeneran la tierra y lo que hace que se mantenga con vida, podría tener implicaciones para pensar porque algunas actividades humanas como el uso de fertilizantes o los monocultivos tienen consecuencias ambientales, entonces, tener un acercamiento a los procesos micro ayuda a entender porque actividades que suceden a nivel del mesocosmos tienen repercusiones en el mundo que habitamos. La idea es que los alumnos sean capaces de ver las interconexiones que existen en los diferentes niveles en los cuáles existe la vida.

La capacidad de que los alumnos desarrollen una visión integral de la Biología no se da de forma automática, sino que tiene que estar en el diseño de las secuencias didácticas, es decir, tiene que planearse con antelación elementos en las actividades de enseñanza que promuevan en los alumnos formas de pensar complejas. La reunión de los diferentes niveles de integración biológica se puso en juego particularmente en las secuencias didácticas de relaciones interespecíficas, composita y el caso de enseñanza de vacunas y enfermedades infecciosas. La idea que había detrás de cada una de las secuencias es que los alumnos primero tenían que identificar y describir elementos a nivel micro y después explicar fenómenos a nivel del mesocosmos para que finalmente en la elaboración de un producto final efectuaron una argumento o idea que reuniera una visión compleja. Para explicar de mejor forma como se puso en juego la idea de niveles de integración de la materia viva se usará como ejemplo la actividad del caso de enseñanza.

En la actividad del caso de enseñanza la meta final a la que tienen que llegar los alumnos es la realización de la escritura de un ensayo en donde deben responder a la pregunta: ¿en qué medida las vacunas pueden ayudar en la erradicación de pandemia o epidemia? Para que los estudiantes logren responder a esta pregunta, tienen que construir varias ideas o argumentos que van desde concebir la estructura y funcionamiento de los microorganismos que causan enfermedades hasta comprender las implicaciones de la destrucción e invasión de los ecosistemas<sup>19</sup>. El punto crítico del caso es que los alumnos deben darse cuenta de que la aparición de enfermedades infecciosas no depende de un solo factor, sino que hay diferentes elementos que se dan a nivel micro como meso que producen la aparición de nuevas enfermedades.

A lo largo de la implementación del caso de enseñanza se fue detectando que los alumnos iban elaborando argumentos sólidos acerca de lo que son los virus y cómo se fabrican las vacunas, al respecto uno de los maestros comentó:

---

<sup>19</sup> Respecto a la idea sobre las implicaciones que tiene la destrucción de ecosistemas, los estudiantes tienen que concebir que el medio ambiente es un reservorio natural de virus, y en la medida en que se invadan o destruyan hábitats producto de las actividades humanas, continuarán apareciendo nuevas enfermedades, por tanto, el uso de vacunas es un método eficaz de prevención, pero no es suficiente para detener la proliferación de nuevas enfermedades.

*“Algo que me sorprendió y que vale la pena mencionar es que lograron identificar la relación que hay entre las mutaciones, los antígenos y los anticuerpos, la relación no es evidente y no es tan explícito, ósea no es algo que estén reproduciendo de algún texto. En la mayoría de mis clases encontré respuestas que yo pondría a nivel experto, ósea muy buenas respuestas, sobre todo para identificar esta relación, como que el cambio genético implica un cambio en las proteínas del virus y esto tiene un impacto en el tipo de antígeno que se necesita”*

Testimonio docente tomado de una sesión de trabajo. Febrero del 2022.

Gracias al testimonio de los maestros y también a la observación realizada por el equipo de investigadores educativos fue posible testificar que los alumnos estaban avanzando en su comprensión sobre lo que son los virus y la fabricación de vacunas, sin embargo, hacía falta comprobar si realmente los estudiantes estaban integrando las diferentes ideas que se encontraban trabajando en el caso de enseñanza. Fue hasta el momento en que los estudiantes realizaron un breve texto argumentativo en el que fue posible observar la integración de sus ideas (ver figura 30).

**Figura 30.**

*Texto argumentativo realizado por estudiantes preparatorianos.*



*“Todo el mundo nace con un tipo de protección general (inmunización innata). Es la primera que se desarrolla inmediatamente o en pocas horas y consta de barreras físicas (epitelios, ácidos grasos), factores solubles (sistema de complemento) y citoquinas, también hay una defensa constituida por las características de los microorganismos invasores que permiten diferenciarlos de los distintos componentes propios del huésped. Los riesgos de adquirir una inmunización natural es que puede que sea efectiva o no, eso depende del individuo con base en sus características (pueden ser internas como la edad, el sexo, el grado de nutrición, la fatiga, el estrés, etcétera o externas como la temperatura, la contaminación, las radiaciones, los medicamentos, etc.), es decir, después de adquirir el patógeno se tendrán diversos síntomas que dependiendo de la resistencia del sistema inmunológico serán menos o más graves.*

*No vacunarse es darle pauta al patógeno que con el tiempo tenga la probabilidad de ser letal al mutar (fenómeno evolutivo que altera el sistema inmunológico infectando las células más rápido) y tanto la población vacunada como la no vacunada estarían en riesgo de contraer la enfermedad que a pesar de las evidencias científicas que respaldan los beneficios de las vacunas, estos grupos sostienen la idea de que las mismas son innecesarias o dañinas, a la vez que denuncian teorías conspirativas por parte de las grandes empresas farmacéuticas y muestran una gran desconfianza en el gobierno.”*

Como se ve en la imagen, el texto de los alumnos alude a aspectos micro como la inmunización innata que tiene cada individuo, así como de las implicaciones que tiene no vacunar

a la población, por tanto, se observa que hay una conexión entre aspectos a nivel microscópico y nivel del mesocosmos cuando hablan sobre las implicaciones de no vacunar a la población.

La secuencia didáctica del caso de enseñanza no fue la única actividad en donde se reconoce la integración que lograron los estudiantes en su pensamiento, también se observa este fenómeno en la secuencia didáctica de relaciones interespecíficas. En la actividad de relaciones interespecíficas los alumnos debían escribir un ensayo en donde expliquen los efectos negativos que tiene el uso de DDT<sup>20</sup> en la agricultura. En la figura 31 se ilustra uno de los ensayos escrito por los alumnos y se observa que realizan una descripción de lo que es el DDT y explican cómo se acumula en las diferentes cadenas tróficas que va desde organismos muy pequeños como el fitoplancton hasta animales más grandes como las aves.

**Figura 31.**

*Extracto de ensayo realizado por estudiantes preparatorianos sobre el efecto del DDT.*

Como vimos a lo largo de este texto, las sustancias tóxicas del DDT son acumuladas en el tejido adiposo (grasas), llevando a cabo la bioacumulación, ocasionando intoxicación en dichas especies y lo malo es que no solo permanecen en un nivel o en algunos organismos, sino que se puede transmitir si dichos organismos contaminados son parte de una cadena trófica, podrían expandirse hasta el nivel más alto de esta, llegando a los depredadores punta con una alta concentración de sustancias tóxicas acumuladas anteriormente, sino se transmite de esta manera también se puede expandir por los suelos y agua, ya que en el momento que la sustancia tiene contacto con los suelos y cultivos, esto ya contaminado se llega a evaporar logrando recorrer largas distancias esparciéndose por muchos lugares y contaminando aún más, provocando daños anteriormente mencionados, viendo afectada la salud de las personas, así como presentando efectos en los ecosistemas.

Aparte de la observación y el análisis efectuado por el grupo de investigadores educativos y maestros, se tuvo la oportunidad de contar con el testimonio de los alumnos sobre las actividades de enseñanza que sirvieron para su aprendizaje. En este sentido, hay un testimonio realizado por una alumna que captura en cierto sentido la integración y complejidad de pensamiento que logró alcanzar:

---

<sup>20</sup> El DDT (dicloro difenil tricloroetano) es una sustancia química que ha sido ampliamente usada como insecticida. Actualmente no se recomienda su uso por el efecto contaminante que tiene.

*“Me ayudó a comprender muchas cosas que suceden en mi vida cotidiana, y es ¡wow!, todo este mundo está detrás de todo lo que tengo enfrente, ósea, me abrió los ojos en cuánto al conocimiento de las plantas, por lo de la composta y los nutrientes que absorbían, como se llevaba a cabo su fotosíntesis, tenerles más cuidado y ver cómo nos puede beneficiar a nosotros humanidad, y me enamore de Biología sinceramente.”*

Testimonio de alumna sobre el curso de Biología IV. Abril del 2022.

A manera de síntesis, el que los alumnos hayan podido desarrollar una visión unificada y compleja en su pensamiento se debe a la estructura de las diferentes actividades en las que participaron. Las secuencias didácticas de forma estratégica pretendían que los alumnos escribieran ensayos en donde se vieran obligados a integrar diferentes elementos del microcosmos y mesocosmos. Por otra parte, las actividades de enseñanza tenían diferentes recursos y contaban con la guía de los docentes para que los alumnos fueran capaces de desarrollar formas de pensar complejas.

Para concluir el presente capítulo, hay que subrayar que para efectuar el análisis de las secuencias didácticas fue necesario la observación y el seguimiento sistemático de su implementación en tiempo real y el diálogo constante con las y los maestros que impartieron la asignatura de Biología IV. El diálogo entre los miembros del equipo Aleph5 promovió la aparición de temas y discusiones sobre la manera en cómo funcionaban las actividades de enseñanza y gracias a esta actividad se construyeron los ejes de análisis que constituyeron al presente capítulo.

Si bien es cierto que los ejes de análisis tienen como base un componente empírico (la implementación de secuencias y la observación de las mismas), también están constituidos por la visión teórica que guio el diseño del entorno de enseñanza, y es la perspectiva sociocultural. Ya se ha hecho mención que el diseño del entorno coordinado de enseñanza se desarrolló considerando actividades reales y que dentro de las mismas se ponen en juego la mediación docente, el uso de recursos y la interacción entre pares. Los elementos que se consideraron para el entorno de enseñanza se pusieron en juego en la implementación de las secuencias didácticas y fue posible vislumbrar si promovían o no capacidades de alfabetización en los estudiantes. Entonces, la perspectiva teórica sociocultural utilizada para el diseño no se usó de forma mecánica, sino que fue una herramienta que guio el análisis y ayudó a pensar la forma en cómo deben operar las actividades de enseñanza para promover aprendizajes. Entonces, aspectos como

la actividad, la mediación del docente, el uso de recursos y la interacción entre pares se usaron en la situación real de enseñanza y se volvieron en herramientas de análisis para entender lo que pasa con las secuencias didácticas, por ejemplo, la noción de mediación social ya vista en la enseñanza ayudó a pensar de forma más concreta el tipo de acompañamiento que necesitan los alumnos para alcanzar aprendizajes.

Gracias a la visión teórica que guía el diseño, fue posible dar cuenta de aciertos que tenía nuestro entorno de enseñanza y áreas de oportunidad, como el hacer cambios en el tipo de recursos y en algunas actividades específicas.

Los cuatro ejes de análisis que se abordaron en el presente capítulo se convirtieron en el motivo de reflexión y trabajo en el periodo interanual con los maestros, momento en el que se realizaron los cambios y mejoras a profundidad a las secuencias didácticas. De forma más amplia se explicará el tema del rediseño en el siguiente capítulo.

## **CAPITULO 7. REDISEÑO DEL ENTORNO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

El presente capítulo tiene como objetivo describir los cambios que tuvieron las secuencias didácticas que se implementaron para el curso de Biología IV durante el ciclo escolar 2022-2023. El proceso de hacer cambios para mejorar las secuencias de enseñanza recibe el nombre de *rediseño*. El rediseño de las secuencias didácticas representa la última versión y que se llegó a implementar para el ciclo escolar 2023-2024, sin embargo, el análisis y los resultados de la nueva implementación no se reportarán en esta tesis.

Hay que mencionar que la intención de efectuar un rediseño a las secuencias didácticas se hace con el propósito de mejorar las condiciones de enseñanza para promover aprendizajes en los alumnos preparatorianos, ya que el supuesto que hay detrás es que, si se crean las condiciones de actividad adecuada, será posible el despliegue y desarrollo de formas de pensar especializadas, de ahí la importancia que tiene asegurar las condiciones de enseñanza.

Para efectuar el rediseño de secuencias didácticas y siendo congruentes con la metodología de investigación que siguió esta investigación, en primera instancia fue importante realizar el análisis de la implementación de secuencias didácticas en tiempo real ya que dichos análisis se retomaron para pensar y reflexionar que elementos del entorno de enseñanza fueron efectivos en la promoción de aprendizajes en los estudiantes preparatorianos. Dicho en otras palabras, el haber podido observar la forma en cómo estaban funcionando las actividades de enseñanza permitió dar cuenta de que elementos del entorno eran los que promovían las capacidades de alfabetización científica en la asignatura de Biología IV.

Hay que puntualizar que, cuando se efectuó el análisis de la implementación, el equipo de investigadores educativos tomó notas de las clases observadas y a partir de esto se hicieron bitácoras de seguimiento. Por otra parte, cada semana se realizaban reuniones con el equipo de investigadores educativos y con el equipo de maestros para discutir sobre el funcionamiento de las secuencias y de estas reuniones, también se tomaban notas. Todas las herramientas mencionadas anteriormente sirvieron como insumo para planear las modificaciones que tendrían las secuencias didácticas. En este sentido, fue de gran relevancia la observación en tiempo real para pensar en el rediseño de las actividades de enseñanza.

Aparte, hay que señalar que, para hacer las mejoras al entorno de enseñanza, se usaron categorías teóricas retomadas de la teoría sociocultural que sirvieron como herramientas de

reflexión y análisis que fueron: la actividad real, mediación docente, interacción entre pares y uso de recursos y medios de representación. Las categorías anteriores fueron útiles para distinguir y pensar en la dinámica de las actividades de enseñanza, que es el medio donde deben de aparecer las formas de pensar. Otra categoría importante para el análisis fue la de alfabetización científica porque había que vislumbrar si el entorno de enseñanza estaba promoviendo las capacidades de alfabetización que se establecieron como objetivos de aprendizaje. En síntesis, la idea fue ver como la actividad promueve o no los objetivos de aprendizaje puestos para la asignatura de Biología IV.

El proceso de rediseño del entorno de enseñanza se ejecutó al final del ciclo escolar 2022-2023, durante los meses de mayo, junio y julio, que es el momento en donde los docentes y el equipo de investigadores educativos contaban con más tiempo para realizar el trabajo. También es bueno mencionar que, a partir del mes de mayo del 2022, las sesiones de trabajo colaborativo entre docentes e investigadores educativos se intensificaron, lo que implicó llevar a cabo reuniones de trabajo de dos a tres veces por semana para lograr acabar todo el rediseño de secuencias didácticas.

Entonces, fue a través del trabajo colaborativo, de las bitácoras de observación de clase y de las categorías teóricas de análisis que fue posible establecer cuatro puntos de mejora que necesitaba el entorno de enseñanza que son: 1. reorientar las actividades científicas de enseñanza, 2. el uso de recursos, 3. ayudas para promover el pensamiento científico y 4. ajustes al plan anual de trabajo. Por tanto, el presente capítulo va a ilustrar y explicar en qué consisten estos cuatro puntos de mejora de las secuencias didácticas de enseñanza.

### **7.1 Reorientación de la actividad científica**

Una de las primeras mejoras que tuvieron algunas de las secuencias didácticas se refiere a la estructura de la actividad. Como ya se ha mencionado, la lógica que hay detrás de las secuencias didácticas es que están diseñadas con base en actividades reales dirigidas a una meta, en este sentido, es relevante que cada secuencia didáctica tenga acciones bien definidas que lleven al cumplimiento de una meta particular. Es a partir de la realización de acciones en donde suceden los procesos de enseñanza y dentro de la actividad deberán aparecer las capacidades de alfabetización. Durante el análisis de las situaciones didácticas en el momento en que se

implementaron, el equipo de maestros y de investigadores educativos apreció que la forma que tenían algunas secuencias didácticas no estaba permitiendo el adecuado despliegue de capacidades, es decir, las actividades de enseñanza no promovían que los alumnos realizarán explicaciones, observaciones, hipótesis o pensarán en la NOS o la relación CTSA.

Para llegar a esta reflexión sobre el papel que juega la actividad real para el despliegue de capacidades de alfabetización, fue necesario observar las clases y los productos que los alumnos entregaron y a partir de estos datos, se infirió que era necesario reestructurar al menos dos secuencias didácticas que fueron la composta y la germinación de semillas, ambas secuencias pertenecen al proyecto de huertos urbanos. Para ilustrar los cambios a la secuencia se usará la actividad de germinación como ejemplo.

La secuencia didáctica de germinación en su primera versión (ver figura 32), la meta que tenía era que los alumnos germinaran semillas para tener plantas para sus huertos, y el producto final de esta actividad era la entrega de una bitácora de observación en donde debían capturar los cambios que sufrían las semillas. Cuando se implementó la secuencia los alumnos realizaron de forma adecuada la actividad y si registraron cambios en las semillas, sin embargo, la actividad no permitió que se dieran explicaciones más profundas y precisas sobre el fenómeno de respiración celular, o porque las semillas necesitan agua para emerger o cuál eran las estructuras básicas que surgen cuando germina una semilla.

### Figura 32.

*Estructura de la primera versión de la secuencia didáctica de germinación*



*Nota:* Los recuadros en color azul representan las sesiones de trabajo en el espacio sincrónico y los recuadros en color verde representan las sesiones de trabajo en el espacio asincrónico.

A partir del análisis de las clases en donde se realizó la actividad de germinación, el equipo de trabajo pensó que lo ideal era modificar la actividad y que el producto final que

deberían entregar los alumnos fuera una V de Gowin<sup>21</sup> (ver anexo 2), por tanto, había que diseñar la actividad para que los estudiantes realizarán una actividad experimental. La actividad experimental que se planteó para el rediseño de la secuencia didáctica de germinación consistió en que los jóvenes preparatorianos tendrían poner a germinar semillas en diferentes condiciones, por ejemplo, germinar semillas con mucha agua versus semillas con poca agua, o semillas en luz versus semillas en oscuridad. Al final habría que explicar en qué condiciones germinan más semillas. Este rediseño de la actividad ahora si estaba orientado a promover más capacidades de pensamiento, como la observación, planteamiento de hipótesis, uso de la teoría para dar explicaciones y planificación de un diseño experimental.

Un punto que hay que enfatizar del rediseño de la actividad de germinación está relacionado al producto final. La primera versión de la secuencia de germinación planteaba la entrega de una bitácora, pero la decisión de cambiar a una V de Gowin fue porque este producto exigiría a los alumnos describir los resultados de un experimento para llegar a conclusiones basadas en la evidencia de la investigación realizada. Entonces, al haber planteado como meta de la actividad la realización de una V de Gowin, lo que se pretendía era poner en juego todas las capacidades de alfabetización que se relacionan con el rubro de modos y usos de la ciencia.

**Figura 33.**

*Segunda versión de la secuencia didáctica de germinación*



*Nota:* Los recuadros en color azul representan las sesiones de trabajo en el espacio sincrónico y los recuadros en color verde representan las sesiones de trabajo en el espacio asincrónico.

<sup>21</sup> La V de Gowin es un diagrama que se utiliza como herramienta en la enseñanza de las ciencias naturales que sirve para ilustrar y sintetizar el proceso de investigación científica.

Aparte, otro elemento que se consideró para el rediseño de la secuencia didáctica de germinación fue que, dentro de las acciones a realizar, era importante abrir espacios para socializar en plenaria, es decir, que se diera el proceso de pensar entre todo el grupo sobre la actividad que se estaba realizando. Como la implementación que se llevó a cabo fue a través de la plataforma Zoom, en muchas ocasiones no había oportunidad de dialogar de forma grupal y al no haber participación, era difícil conocer si los alumnos estaban entendiendo la actividad o estaban aprendiendo. Por tal motivo, fue sustancial incluir momentos de participación colectiva para que los maestros pudieran detectar lo que sus alumnos estaban pensando y en caso de ser necesario, dar ayudas o aclaraciones acerca de la actividad.

### 7.1.1 Acciones dirigidas al cumplimiento de la meta

Hubo algunas secuencias didácticas en las que no fue imperioso reestructurar por completo la actividad, sino que únicamente necesitaron de modificaciones en la parte que tiene que ver con las acciones dirigidas a la meta de la actividad. Como se mencionó en el capítulo 5, las secuencias didácticas se diseñan con base en actividades reales y estas actividades se constituyen por acciones. La ejecución de cada acción tiene que llevar al logro de una meta en particular y es en el proceso de desarrollo de la actividad en dónde se despliegan las capacidades de alfabetización científica.

Pues bien, hubo algunas secuencias didácticas en las que fue necesario cambiar algunas acciones, mas no volver a reestructurar toda la actividad. Para explicar los cambios en las acciones de la actividad se utilizará el ejemplo de la secuencia didáctica de Tepache.

La secuencia didáctica de tepache tenía como propósito que los alumnos produjeran su propia bebida fermentada y que la meta final de la actividad fuera la entrega de un cartel en el cuál tenían que documentar el proceso de elaboración de su bebida.

Cuando se analizó la implementación de la actividad de tepache se observó que las acciones que realizaron los alumnos no estaban promoviendo a cabalidad las capacidades de alfabetización esperadas, y esto se debe a que las acciones se orientaban más hacia la repetición de contenidos, pero estos contenidos no estaban siendo usados para pensar en los cambios biológicos que suceden dentro del tepache, sin embargo, el que los alumnos tuvieran que entregar un cartel al final de la actividad no era un mal planteamiento, por tanto, el equipo de

investigación consideró oportuno cambiar las acciones que estructuraban la actividad pero respetar la entrega del producto final (ver figura 34).

**Figura 34.** Primera versión de la secuencia didáctica de tepache

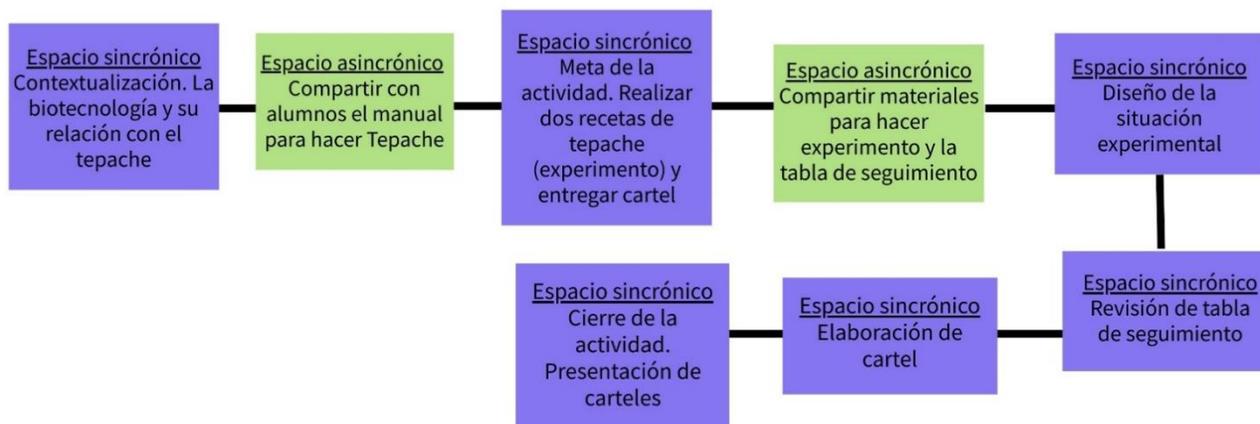


*Nota:* El recuadro marcado en color rojo representa como una de las acciones de la secuencia didáctica de tepache estaba dirigida a repetir contenidos. Esta acción fue modificada para el rediseño de la nueva versión.

Entonces, los cambios que tuvo la secuencia didáctica de tepache consistieron en modificar las acciones y asegurar que estas promovieran las capacidades de alfabetización, por tanto, en primera instancia lo que se hizo fue que dentro de la actividad los alumnos realizarán una situación experimental en donde tendrían que realizar dos recetas de tepache y explicar cuál sería la mejor. El que los alumnos realizarán una situación experimental permite que se desplieguen las capacidades de modos y usos de la ciencia y de la relación ciencia-tecnología-sociedad y medio ambiente. La forma en como los estudiantes iban a tener que entregar los resultados de su experimento sería a través del cartel científico, de esta forma se respetaría la meta de la actividad.

En la figura 35 se observa que los cambios que tuvo la actividad se encaminan a la acción experimental y no a los contenidos. Aquí cabe aclarar que la situación experimental lo que procura es asegurar que los alumnos efectúen interpretaciones usando la teoría, de esta manera los contenidos se usan y no se queda en el nivel de repetición.

**Figura 35.** Segunda versión de la secuencia didáctica de tepache



El hecho de haber modificado la estructura de la actividad obligó a cambiar recursos y herramientas para que su uso también promoviera las capacidades de pensamiento, por tanto, en el siguiente apartado se hablará sobre las modificaciones realizadas a las herramientas que se utilizaban dentro de las secuencias didácticas.

## 7.2 Uso de recursos dirigidos al pensamiento científico

A partir de los cambios que tuvieron las secuencias didácticas respecto a la estructura de la actividad, otro elemento que hubo que considerar fue el uso de recursos y herramientas. En este caso, cuando hablamos de recursos, no se refiere únicamente a los materiales de lectura, de audio o video, también a herramientas que promuevan el pensamiento científico. Por ejemplo, dentro de algunas secuencias didácticas, fue necesario incluir tablas de registro con el propósito de que los alumnos realizarán explicaciones y observaciones sobre algún fenómeno en particular, por tanto, en este apartado se hablará sobre las herramientas que hubo que diseñar e incluir en la nueva versión de secuencias didácticas. Para ilustrar los diversos recursos que se incluyeron a las actividades de enseñanza, se tomará como ejemplo las secuencias didácticas de composta y germinación.

Cuando se analizó la actividad de composta, se observó que los alumnos estaban presentando dificultades para explicar los procesos biogeoquímicos involucrados en el proceso de descomposición de la materia orgánica, y esto se debe a que a la actividad le faltaba algunos

materiales para direccionar el pensamiento de los alumnos a los procesos biogeoquímicos. La actividad de composta si contaba con materiales de lectura sobre los procesos biológicos de descomposición de la materia orgánica, sin embargo, hubo dificultades por parte de los alumnos para explicar a nivel microscópico las transformaciones que existían en el compost. Entonces, a partir de la observación de la actividad se llegó a la conclusión de que era necesario incluir una herramienta que promoviera la capacidad de análisis y de reflexión por parte de los alumnos. Lo que se hizo fue diseñar una tabla de seguimiento (ver anexo 3) en la cual los alumnos tendrían que registrar los cambios de su composta, pero el registro estaría enfocado en variables muy particulares que son la temperatura, el nivel de pH, el olor, el color y la humedad. El haber elegido estas variables fue porque su medición y seguimiento sistemático ofrecen datos sobre las transformaciones que hay dentro de la composta, es decir, es posible saber si dentro de la composta hay presencia de nitratos, nitritos o si los diversos microorganismos que hay en la tierra están degradando la materia orgánica. En síntesis, la nueva tabla de seguimiento que se incluyó a la actividad de composta lo que pretende es movilizar las capacidades de observación, análisis, registro y seguimiento de evidencia por parte de los alumnos. Con el ejemplo de la tabla de seguimiento se ilustra lo relevante que es que dentro de la actividad existan recursos que guíen a los alumnos y promuevan formas de pensar, en este sentido, la actividad real es la que pone la intención de lo que se pretende que los alumnos piensen, pero se vuelve necesario incluir artefactos para suscitar las capacidades de pensamiento.

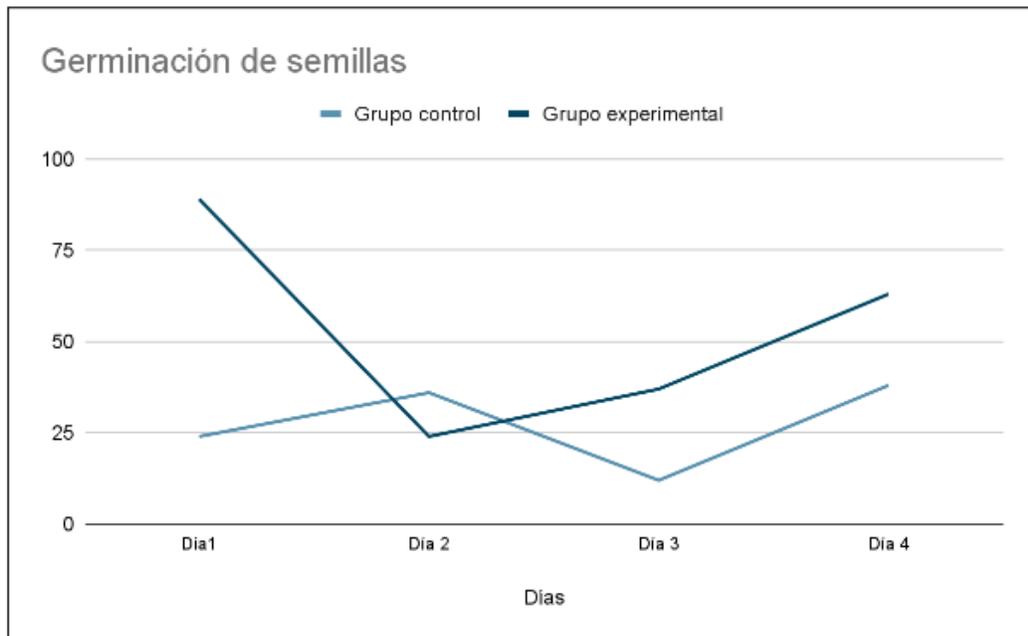
Por otra parte, la secuencia didáctica de germinación también requirió de diversos recursos para motivar el despliegue de capacidades de pensamiento. Lo que se anexo a la actividad fue el uso de una tabla que se tituló “diseño experimental” (ver anexo 4), que tenía como objetivo que los estudiantes diseñaran las condiciones de su experimento. La finalidad de usar esta tabla es que se desplegaran las capacidades de modos y usos de la ciencia, en concreto las habilidades de investigación, ya que la tabla está dirigida a que los jóvenes elijan las variables que quieren manipular (como la cantidad de luz o agua para que germinen sus semillas) y registren la cantidad de agua, luz y sustrato que van a utilizar para germinar sus semillas.

Además de la tabla en donde los alumnos diseñaron su situación experimental, otro recurso que se incluyó en la actividad de germinación fue una tabla en donde los alumnos tomarán notas sobre los cambios que se suscitan en sus semillas al momento de germinar (ver anexo 5) y posteriormente, con los datos que registraron en su tabla, se pediría a los alumnos que

realizaran una gráfica en donde tendrían que mostrar bajo qué condiciones germinan más semillas, es decir, que en el gráfico que hicieran los estudiantes tendría que mostrar la tasa de germinación de semillas (ver figura 36).

**Figura 36.**

*Gráfico que ilustra la tasa de germinación*



**Resultados:**

¿Cuántos días tardaron en germinar?

¿Cuántas germinaron?

¿Cuántas no germinaron?

*Nota:* El gráfico se usó como ejemplo para explicar a los estudiantes que ellos tendrían que hacer uno parecido, pero usando los datos que ellos mismos generen a partir de la realización de su experimento.

Estos recursos que se agregaron a la actividad de germinación de igual forma se encaminaban al despliegue de habilidades de investigación y el que los alumnos tengan a su disposición estas herramientas los encamina a pensar en las formas en cómo se hace investigación.

El último aspecto que se incluyó al rediseño de las secuencias didácticas en cuanto a recursos, fueron representaciones de las actividades completas. Durante el diálogo con los maestros de biología, se llegó a mencionar que por lo general los estudiantes les cuesta trabajo

reconocer el momento o el paso de la actividad en la que se encuentran, y esto se debe a que las secuencias didácticas para su ejecución llevan bastante tiempo. Además, los maestros mencionan la importancia que tiene el que los alumnos desde el inicio de la actividad reconozcan con claridad la meta al que van a llegar y los pasos que tienen que seguir para llegar a dicha meta. Por tal motivo, un recurso de apoyo que se elaboró fueron esquemas o representaciones de las actividades con los pasos concretos que los estudiantes iban a tener que ejecutar (ver anexos 6 y 7). Estos recursos de apoyo se diseñaron y van dirigidos a los jóvenes preparatorianos, y su intención es mostrar de forma clara y concisa la estructura de la actividad. El equipo de maestros y de investigadores consideró adecuado mostrar estos esquemas con la estructura de la actividad al inicio de cada secuencia didáctica a los estudiantes. Las representaciones de las actividades en concreto no están diseñadas para promover capacidades de alfabetización científica, sin embargo, son herramientas útiles que pueden ayudar a los alumnos a desempeñarse de forma más adecuada porque pueden identificar en que paso se encuentran y en que va a derivar cada acción que realicen.

Los recursos que se añadieron a las secuencias didácticas se pensaron y diseñados para promover capacidades de alfabetización, y su uso tiene un sentido muy particular a cada situación didáctica, es decir, están adaptados al contexto, por lo cual no podemos decir que sean generalizables. Hay que considerar que, si bien es cierto que el uso de estos recursos se encuentra directamente atado a la actividad concreta, de forma automática no van a producir capacidades de alfabetización científica, por tanto, se requiere de la acción docente guiada para incitar en los estudiantes formas de pensar especializadas. En el siguiente apartado se detallará los cambios y consideraciones que se modificaron en lo que ayudas por parte del docente se refiere.

### **7.3 Ayudas para promover el pensamiento científico**

El haber realizado cambios en la estructura de la actividad a las secuencias didácticas y el incorporar nuevas herramientas, orientó el hecho de hacer cambios y modificaciones al tipo de ayudas y guías que puede dar el docente a los alumnos. Como se comentó en capítulos anteriores, un aspecto trascendental que tiene el diseño de las secuencias didácticas es que se piensa en las preguntas y guías que puede ofrecer el docente a sus alumnos en el momento en que se estén desempeñando dentro de la actividad y dichas ayudas tienen que estar orientadas a promover las

capacidades de alfabetización científica. En el primer diseño que se hizo a las secuencias didácticas, las orientaciones que se pensaron estaban enfocadas en promover las capacidades de alfabetización en el rubro de modos y usos de la ciencia, sin embargo, durante la implementación de las secuencias se hizo evidente que se había descuidado el diseño de ayudas para orientar el pensamiento de los alumnos hacia el rubro de NOS y de la relación CTSA.

Una forma de trabajo que resultó útil para proponer y hacer sugerencias sobre el tipo de preguntas y ayudas que pueden hacer los maestros a los alumnos es que los documentos de secuencias didácticas se compartían a través de Google drive y tanto investigadores educativos como maestros, hacían comentarios en donde se escribían propuestas de preguntas que pudieran promover en los alumnos las capacidades de pensamiento (ver figura 37).

**Figura 37.**

*Sugerencias por parte de los docentes para hacer cambios a las secuencias didácticas*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer las lecturas y contestar las siguientes preguntas en equipo:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ¿Cómo es que se ha producido la biotecnología y cómo consideran se daba en la antigüedad?</li> <li>○ ¿Qué tipo de técnicas o procedimientos biotecnológicos en México, consideran que realizaban nuestros antepasados para la producción de alimentos?</li> <li>○ ¿Cómo imaginan que se descubrieron estos procesos?</li> <li>○ ¿Han elaborado alguna bebida o alimento tradicional de México? ¿Cuál?</li> <li>○ ¿Qué alimentos o bebidas típicos de México conocen?</li> <li>○ ¿Pensarían en ingerir una gran cantidad de bacterias? ¿por qué?</li> <li>○ ¿Por qué considerarían que las bacterias son buenas o malas?</li> </ul> </li> </ul>	<p>BRENDA ELIZABETH BRAVO G... 16 feb 2022</p> <p>Sugerencias:</p> <p>¿Cómo consideran que se originó la biotecnología y cómo se ha desarrollado hasta la actualidad? ¿Cómo consideran que la aplicaban en la antigüedad las sociedades? ¿Qué tipo de técnicas o procedimientos biotecnológicos en México, realizaban nuestros antepasados para la producción de alimentos? ¿Cómo imaginan que se descubrieron estos procesos? ¿Pensaban que era posible ingerir una gran cantidad de microorganismos como hongos y bacterias? ¿Segurían consumiendo alimentos que contienen estos organismos? ¿por qué? ¿Consideran que las bacterias tienen efectos positivos o negativos para la salud? ¿Por qué?</p> <p><a href="#">Mostrar menos</a></p>
<p><b>ZOOM</b></p> <p>Sesión 1. Contextualización e importancia de la biotecnología milenaria</p> <p><b>Meta de la sesión:</b> Introducir sobre el Taller de alimentos y reconocer la trascendencia que ha tenido la biotecnología a lo largo de la historia de la humanidad</p>	<p>BRENDA ELIZABETH BRAVO G... 16 feb 2022</p> <p>Sugerencias:</p> <p>¿Cómo consideran que se originó la biotecnología</p> <p><a href="#">Mostrar más</a></p> <p>Paulina Cifuentes Ruiz 15 dic 2021</p> <p>¿Consideras que las bacterias tienen efectos positivos o negativos para la salud? ¿Por qué?</p>

Al hacer una revisión a los comentarios que hicieron los maestros a los documentos de secuencias didácticas, el equipo de investigación pudo percatarse que las sugerencias de los maestros sobre el tipo de preguntas que se podían hacer a los alumnos estaban enfocadas en los rubros de la NOS y la relación CTSA. Por ejemplo, en la secuencia didáctica de Tepache, los maestros hicieron la anotación de que era importante asegurar que los alumnos pudieran ver los beneficios que tiene la biotecnología en la elaboración de alimentos fermentados para promover la buena salud intestinal, por tanto, las guías y ayudas que propusieron fueron las siguientes: *¿Consideran que las bacterias tienen efectos positivos o negativos para la salud? ¿Por qué?, ¿seguirían consumiendo alimentos que contienen estos organismos?*

Cabe señalar que la idea de estas preguntas es realizarlas en el marco de la actividad real. La elaboración de tepache es un contexto que sirve a los estudiantes para pensar en cómo el humano a través de la manipulación de microorganismos puede generar productos que sean de utilidad para la salud, y el tepache es un producto que puede tener muchos beneficios. Las preguntas que propusieron los maestros lo que intentan es que los estudiantes piensen en el impacto de la biotecnología en la sociedad, de esta forma se incorpora el rubro de la relación CTSA.

Otro ejemplo que podemos utilizar para ilustrar los cambios realizados al tipo de ayudas a las secuencias didácticas es con la actividad del caso de enseñanza de vacunas. En una de las sesiones que se diseñaron se tiene como objetivo que los alumnos analicen como se fabrican las vacunas actuales y compararlo con el método de inmunización que utilizó Edward Jenner<sup>22</sup> durante el siglo XIX. Al comparar el método actual de fabricación de vacunas con el utilizado por Jenner, se tenía la intención de movilizar las capacidades la NOS, sin embargo, a esta actividad le hizo falta pensar y diseñar más preguntas guía para que si promoviera de forma efectiva reflexiones en los alumnos orientado a la naturaleza de la ciencia.

Como se puede observar en la figura 38, el diseño de la secuencia didáctica tenía preguntas orientadas a la observación y análisis de los microorganismos que se necesitan identificar para crear una vacuna, sin embargo, no se incluyeron preguntas dirigidas a pensar en las implicaciones éticas que hay detrás de un desarrollo tecnológico, por tanto, ahora para el rediseño, se incluyeron preguntas del siguiente tipo: *¿qué impacto positivo y negativo tienen la*

---

<sup>22</sup> Edward Jenner fue un médico y científico inglés conocido por desarrollar la primera vacuna.

*fabricación de vacunas?, ¿Es bueno realizar experimentación en humanos?, ¿bajo qué condiciones es adecuado probar una vacuna en humanos?*

**Figura 38.**

*Preguntas para realizar a los alumnos en la secuencia didáctica de vacunas*

<p><b>Desarrollo</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Proyectar el video acerca de la fabricación de vacunas: <a href="#">Así se desarrollan y fabrican las vacunas</a></li><li>• Cuestionar a los alumnos sobre las diferencias que existen entre la manera en cómo se fabrican las vacunas actualmente con la manera en cómo lo hizo Jenner, para ello, solicitar a los alumnos que tengan su tarea a la mano.<ul style="list-style-type: none"><li>◦ <i>A partir de la observación del video, ¿qué diferencias encuentran en el método de fabricación actual de vacunas con el que realizó Jenner?</i></li><li>◦ <i>¿Creen que Jenner era consciente del microorganismo que causa la viruela?</i></li><li>◦ <i>Con todo lo que hemos discutido explíqueme cómo es el funcionamiento de una vacuna.</i></li></ul></li><li>• Revisar en plenaria el siguiente recurso para repasar el proceso actual sobre cómo se producen las vacunas. <a href="#">Simulador "Cómo se producen las vacunas"</a></li></ul>
---

Todas las secuencias didácticas se revisaron y se tomaron en cuenta los comentarios de los maestros para mejorar las ayudas que se les puede brindar a los alumnos. Otro aspecto que fue de gran ayuda para el rediseño de las secuencias didácticas fue considerar los comentarios de los maestros después de haber implementado porque, algo que ofrece la experiencia es ver que cosas si funcionan o no en la práctica, y esto fue de gran provecho para visualizar que tipo de ayudas o guías requieren los estudiantes en la situación real.

#### **7.4 Ajustes al plan anual de trabajo**

El último recurso que se rediseñó fue al plan anual de trabajo. Como se describió en el capítulo 5, el plan anual es una herramienta que se utiliza con los maestros con dos propósitos principales, el primero es que sirva para visualizar todo el entorno de enseñanza ya que el conjunto de secuencias didácticas representa en su totalidad el entorno donde se van a dar los procesos de enseñanza y aprendizaje, y el segundo propósito es que ayuda a calendarizar y planificar en qué momento del curso se van a implementar cada una de las actividades de enseñanza.

El equipo de maestros cuando implementó las secuencias didácticas llegó a la conclusión de que sería idóneo “reacomodar” las secuencias didácticas a lo largo del tiempo, es decir, en distribuir las actividades de enseñanza de forma diferente. El motivo por el cual el equipo de maestros de biología se planteó en distribuir las secuencias didácticas a lo largo del tiempo de forma diferente para el ciclo escolar 2023 se debe a que vieron que podía existir una forma más integrada en términos de los aprendizajes y conocimientos que podían adquirir los alumnos.

En las sesiones de trabajo colaborativo, uno de los maestros sugirió que para el nuevo ciclo escolar 2023, sería conveniente iniciar con la secuencia didáctica de tepache y después con el caso de enseñanza. En apariencia, estas dos secuencias didácticas no tienen relación alguna, sin embargo, el profesor señaló que para los alumnos sería mejor comenzar a hacer tepache antes que el caso de enseñanza porque en la primera actividad los estudiantes tienen que dar cuenta de la existencia de microorganismos y crear un microecosistema<sup>23</sup> para que proliferen las bacterias que producen la fermentación. Después de ver la existencia de bacterias, sería mucho más fácil entrar al caso de enseñanza de vacunas y comprender que las bacterias y virus que enferman a las personas también provienen de un ecosistema natural.

Inmediatamente del caso de enseñanza, se sugirió que el curso culminara con la actividad de relaciones interespecíficas. La secuencia didáctica de relaciones interespecíficas tiene como propósito que los alumnos reflexionen sobre la relación entre seres vivos como los insectos y las plantas, y que tomen un posicionamiento sobre el uso de insecticidas para acabar con insectos que pueden presentar en diferentes cultivos, en síntesis, esta actividad trata sobre la relación entre el hombre y la naturaleza. Por su parte, el caso de enseñanza también considera la relación entre el hombre y su entorno natural, pues los virus y bacterias habitan provienen de los ecosistemas.

Entonces, el implementar primero el caso de enseñanza y posteriormente la actividad de relaciones interespecíficas permite a los alumnos reflexionar sobre las diversas formas en como el humano interactúa con el ambiente, tanto a nivel del microcosmos como a nivel del mesocosmos.

Como se puede ver en la figura 39, el orden de las secuencias didácticas para el ciclo escolar 2023 tiene de fondo que la transición entre los temas de la biología sea visible para los estudiantes, es decir, que sean capaces de observar la conexión que existe entre estudiar a los seres vivos en los diferentes niveles de organización de la materia y que, además, hay conexión

---

<sup>2323</sup> Cuando los estudiantes elaboran su tepache, tienen que asegurar que se den las condiciones para que las bacterias que están presentes en la cascara de piña proliferen. La manera de crear un microecosistema para las bacterias es vertiendo agua con azúcar y ahí dejar reposar las cascara de piña.

entre dichos niveles. Por ejemplo, que el humano se encuentra en constante conexión con microorganismos que no puede ver a simple vista y también tiene contacto y relación entre animales y ecosistemas.

Además de que las secuencias didácticas se modificaron con la intención de hacer más armonioso la transición entre los diferentes temas de la biología, otra razón que motivo el cambio en la distribución de actividad del plan anual tiene que ver con el desarrollo de capacidades científicas. Los maestros observaron que iniciar el ciclo con las actividades del huerto urbano era positivo porque permitía a los alumnos reconocer aspectos relacionados a los modos y usos de la ciencia, es decir, reconocer las acciones que hace un científico para generar conocimiento válido, como hacer preguntas, hipótesis, diseñar un experimento, realizar registros y dar explicaciones. Luego de poner en juego las capacidades de modos y usos de la ciencia, cuando los alumnos entran al caso de enseñanza, les es más fácil reconocer el proceso que se utiliza para fabricar vacunas. Dicho en otras palabras, los maestros vieron oportuno que sus estudiantes iniciaran con la realización de las actividades del huerto urbano porque ahí desarrollan capacidades de pensamiento que posteriormente les serán útiles en otras actividades como lo es el caso de vacunas.

**Figura 39.**

*Propuesta de plan anual de trabajo. Ciclo escolar 2023*

### Plan anual de actividades Propuesta para el ciclo escolar 2023

Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
-Evaluación -Contrato didáctico - Introducción a los huertos urbanos	- Introducción a los huertos urbanos (Continuación) -Composta -Germinación	-Germinación (continuación) -Trasplante	-Trasplante (continuación) -Tepache	-Tepache (continuación)
Enero	Febrero	Marzo	Abril	
-Caso de enseñanza	-Caso de enseñanza (continuación) Relaciones interespecíficas	-Relaciones interespecíficas (continuación) -Evaluación final	-Entrega de calificaciones	

Para concluir, hay que mencionar que el rediseño del plan anual permitió reconocer las cualidades que tiene que cada una de las secuencias didácticas y por tanto, pensar en qué momento es más adecuado que los alumnos realicen determinada actividad. Gracias a la experiencia de los maestros, de antemano sabemos que actividades como el huerto urbano por lo general son más atractivas para los estudiantes, por tanto, siempre será idóneo iniciar el ciclo escolar con secuencias didácticas que sean interesantes para los alumnos. Por otra parte, el proyecto de huertos urbanos ofrece oportunidades de usar varios contenidos de la biología y de desplegar diversas capacidades de pensamiento, por tanto, es un dispositivo que permite acercar de forma amena el mundo científico a los estudiantes. En cambio, actividades como el caso de enseñanza de vacunas que trata temas que suelen ser más abstractos, se decidió dejarlo como una de las últimas actividades para dar tiempo a los alumnos de que previamente se familiarizarán con la asignatura y que además desarrollarán ciertas capacidades para que pudiesen entender más fácilmente la actividad del caso de enseñanza.

Como es posible apreciar, usar el plan anual de trabajo es una herramienta útil que permite dialogar con los maestros sobre el potencial que tiene el entorno de enseñanza en conjunto, así como de vislumbrar las cosas que necesitan mejorar, aun así, el que los docentes conciban el potencial que tiene cada una de las secuencias didácticas favorece que se aproveche de mejor forma las diversas actividades de enseñanza con los alumnos. Esta reflexión que lograron alcanzar los maestros sobre el entorno de enseñanza fue posible a que lo implementaron y hubo un seguimiento sistemático de las secuencias didácticas, es decir, que en tiempo real se discutió y analizó el funcionamiento de las actividades y del impacto que tenía en los aprendizajes de los alumnos. Al final, el haber rediseñado cada una de las secuencias didácticas y de pensar en la distribución que estas iban a tener en el plan anual se hizo pensando en que de forma oportuna promovieran las capacidades de alfabetización científica.

## CAPÍTULO 8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el contexto actual, la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia son relevantes, no solo porque el desarrollo científico haya permeado en los diferentes ámbitos de actividad humana y se requiera de una ciudadanía familiarizada con la ciencia que sea capaz de intervenir en el mundo social, sino también porque la ciencia puede ser una herramienta que ayude a enfrentar los diversos problemas que tiene la humanidad, como la pobreza, la contaminación, el agotamiento de los recursos naturales y el calentamiento global; en este sentido, el saber científico se puede usar para la transformación.

A pesar de la importancia que tiene enseñar ciencias para cambiar el mundo social, los datos recabados por algunas pruebas nacionales e internacionales muestran que, en México, existen problemas en el rendimiento académico de los alumnos en el área de ciencias. Estos resultados hacen pensar que una de las necesidades que existen en la educación en ciencias es que deben crearse condiciones adecuadas en la escuela que puedan promover procesos de enseñanza para el aprendizaje de la ciencia.

Crear contextos dentro de la escuela para la formación de estudiantes es una tarea compleja que se ha visto permeada por la incorporación y uso de herramientas tecnológicas, lo cual abre un abanico inmenso de posibilidades sobre qué puede hacerse para favorecer procesos de enseñanza y aprendizaje. Entonces, gracias a la incorporación de la tecnología, han aparecido otras formas de crear entornos para enseñar ciencias y específicamente, los espacios de enseñanza creados con un soporte tecnológico son los famosos entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEA). En la literatura, se destacan dos tipos particulares de EVEAS, que son los Massive Online Open Courses (MOOC) y el b-learning, ambas propuestas ofrecen oportunidades particulares, sin embargo, algo de lo que carecen es que no existe una figura de docente que medie en el aprendizaje del alumno y en muchas ocasiones tampoco se da interacción entre estudiantes.

Reconociendo lo relevante de la educación científica y frente a las modalidades de enseñanza virtual, el presente trabajo ofrece el diseño de un entorno virtual como alternativa pensada en favorecer el aprendizaje de la ciencia para estudiantes preparatorianos, el cual ha sido denominado Entorno de Enseñanza Virtual Coordinado (EEVC). El entorno coordinado que se realizó en este trabajo de investigación, lo que pretende es subsanar algunos de los puntos débiles

que tienen las otras modalidades de entornos de enseñanza virtuales, y para lograr este cometido, se asume una perspectiva metodológica y teórica que contempla la complejidad y la naturaleza cambiante y dinámica de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Dado que el objetivo principal de esta tesis es el diseño de un entorno virtual de enseñanza que favorezca el aprendizaje de la Biología en alumnos preparatorianos, para cerrar este trabajo, se abordarán los puntos más significativos que contribuyeron al logro del diseño del entorno coordinado, enfatizando la necesidad de contemplar la figura del docente, la selección de recursos adecuados, los alumnos y, que para construir un entorno adecuado, se requiere de un equipo de trabajo que colabore activamente en el diseño del entorno.

El primer punto por resaltar para el del diseño de un entorno de enseñanza coordinado es que cualquier propuesta educativa ha de realizarse de forma colaborativa con la comunidad que vaya a implementar dicha innovación. En este caso, el diseño del entorno de enseñanza coordinado estaba dirigido a los alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), por tanto, los mismos maestros debían participar en la elaboración de esta propuesta. Son muchas las razones por las cuales es sustancial la colaboración de los docentes de la ENP, comenzando por el hecho de que son ellos quienes conocen a profundidad el contexto institucional de la escuela y sus estudiantes, y esta información es valiosa ya que ayuda a adaptar la propuesta a las necesidades que requieren los jóvenes estudiantes. Por ejemplo, el que los maestros tengan conciencia de que sus alumnos tienen dificultades para comprender temas relacionados con microbiología, ayuda a pensar en el diseño de estrategias y recursos que favorezcan la comprensión de estos temas. Además, los docentes al ser las personas que dirigen las actividades de enseñanza con sus estudiantes, resulta idóneo que formen parte del proceso de diseño porque a partir de su participación se apropian y hacen suya cada una de las innovaciones, además de que conocen con detalle la lógica del funcionamiento del entorno de enseñanza y reconocen el potencial que tiene cada una de las secuencias didácticas, así como el sentido y lo importante que es tener contacto sincrónico y asincrónico con los alumnos, en pocas palabras, son los mismos maestros los que tienen agencia y control sobre el entorno de enseñanza virtual.

El proceso de colaborar conjuntamente entre los maestros que imparten la asignatura de Biología IV y los investigadores educativos es lo que en esta tesis se ha denominado diálogos co-generativos y, uno de los resultados más importantes de todo el proceso de trabajo conjunto, es que para ambas partes (maestros e investigadores) se creó una identidad de grupo y una

comunidad. Cada participante tiene historias y formaciones profesionales diversas, inclusive, formas de concebir la educación científica distintas, sin embargo, para todos los agentes involucrados el objetivo principal siempre fue asegurar una adecuada formación en las y los alumnos; este posicionamiento de entrada, favoreció el trabajo, pero lo que impulsó la consolidación del equipo fue el acompañamiento constante a todos los maestros a lo largo del proceso, considerar la opinión y las experiencias de todos las y los docentes y los resultados que produjo el trabajo.

A partir de haber construido una comunidad de trabajo, una reflexión que deriva del proceso es, que una manera de hacer frente a la tarea educativa de enseñar siempre será mejor abordada en equipo, sin embargo, hay que recalcar que es imprescindible acordar y negociar objetivos y metas en común, para que de esta forma puedan elaborarse soluciones que sean coherentes y razonables para todos los participantes, por ejemplo, un objetivo común que se compartió con el equipo de trabajo fue que los objetivos de aprendizajes que se usarán fueron los mismos, es decir, que todos las y los maestros estaban buscando promover en sus alumnos capacidades de alfabetización científica. El que todos los maestros hayan asumido esta concepción sobre la enseñanza de la ciencia hizo que las sugerencias sobre posibles actividades de enseñanza fueran congruentes con estos objetivos y de esta forma se aseguró un trabajo colectivo armonioso y dirigido. En síntesis, el trabajo en equipo a través de los diálogos co-generativos promovió la identidad de grupo y la comunidad, pero para llegar a construir esto es necesario concertar objetivos y metas en común para guiar el proceso de trabajo.

Reconociendo el papel que ocupó el trabajo colaborativo, el segundo punto que se consideró para el diseño del entorno virtual fue la exploración y el conocimiento del contexto educativo. En este punto cabe aclarar que conocer el contexto educativo no se refiere únicamente a la institución particular, que en este caso fue la ENP, sino también a la investigación que se hizo sobre lo que es el bachillerato. Para comprender el nivel bachillerato, se indagó en la literatura internacional y se revisaron los documentos de distintos países, con la intención de saber las tendencias internacionales respecto a este nivel educativo; posteriormente se efectuó la lectura de la Reforma Integral en Educación Media Superior (RIEMS) y finalmente, se revisaron los documentos del modelo educativo de la ENP. Lo relevante del proceso de revisión documental, es que permitió tener una mirada amplia sobre lo que es el bachillerato y lo debería ofrecer en términos educativos a los estudiantes. En el caso de la ciencia y de la biología en el

bachillerato, se espera que los alumnos se encuentren familiarizados con la actividad científica y que puedan desarrollar habilidades que les sean útiles en su vida personal y social, además, de que vean en la ciencia una herramienta que puede ayudar a resolver problemas de diversa índole. En términos generales, comprender el bachillerato y lo que puede ofrecer, derivó en un diseño de entorno de enseñanza que brindó oportunidades a los alumnos de pensar de forma compleja y dinámica lo que es la biología.

Después de revisar el contexto educativo del bachillerato, el tercer punto que se tomó en cuenta en el diseño del entorno de enseñanza para el aprendizaje de la biología fue el considerar los elementos centrales que forman parte de toda situación educativa que son: los estudiantes, los docentes y el campo disciplinar que se pretende enseñar.

Iniciando con los estudiantes, una característica notable a resaltar es que son jóvenes urbanos a los cuáles les tocó experimentar la escuela en casa y que, por lo general, la gran mayoría tiene pretensiones de continuar estudiando una carrera universitaria. Tener en cuenta estas características de los estudiantes hizo que en el diseño se contemplaran actividades que permitiesen a los alumnos desarrollar capacidades de pensamiento científico que probablemente les serán útiles en su vida universitaria, y para aquellos alumnos que no tienen un particular interés por estudiar una carrera de las ciencias naturales, el entorno de enseñanza procuró ofrecer una visión amplia y general de la biología y su conexión con la vida social, cultural, y ambiental.

En lo que respecta a los maestros, debe destacarse que los docentes de la ENP son profesionistas con una formación en la disciplina que enseñan (es decir, que todos son biólogos) y que además tienen posgrados, ya sea en su propia disciplina o en didáctica. Estas cualidades en los docentes, favoreció y enriqueció el trabajo, en este sentido, su formación disciplinar facilitó la creación de actividades reales para enseñar biología.

Lo referente al campo disciplinar a enseñar, que fue la asignatura de Biología IV que se imparte en quinto año de la ENP, lo peculiar que tiene es que es de carácter obligatorio y, esta peculiaridad hizo pensar que las actividades de enseñanza debían permitir a los alumnos familiarizarse de forma general sobre la disciplina en cuestión.

Tomar en cuenta al docente, el alumno y la disciplina, hace que el diseño sea relevante y pertinente para el contexto educativo de la ENP. Conjugar esta triada educativa resultó un trabajo complejo, sin embargo, pensar en la situación social e histórica en la cual nos encontramos, hizo reflexionar en que la formación de los alumnos a través de la asignatura de biología estuviera

dirigida a prepararlos para el futuro académico (para aquellos alumnos que decidan estudiar la licenciatura), pero también para su vida social y cultural (pensando en que quizás habrá alumnos que no continúen con estudios en la licenciatura).

Como es posible observar, en esta línea de aspectos a considerar para el diseño, se va conjugando varios elementos y en distintos niveles; por un lado, están las intenciones educativas del bachillerato, por otro lado, está la institución particular a la cual se dirigió el diseño del entorno, y de forma más local, la disciplina a enseñar junto con los docentes y alumnos. Cabe recordar que el nivel bachillerato, al ser quizás el último grado educativo que muchos alumnos concretarán, debe asegurar una formación integral en los estudiantes, y los aprendizajes que se desarrollen tendrían que ser útiles para la vida individual y social; por otra parte, la disciplina de Biología forma parte del curriculum de bachillerato y también lo que se enseña ahí debe aportar a la formación de los preparatorianos, en este sentido, el que los objetivos estén centrados en capacidades de alfabetización y no en contenidos hace que sean relevantes para las intenciones formativas que persigue el bachillerato.

Lo importante de lo anterior es que cualquier diseño educativo, debe contemplar diversos elementos para que sea pertinente a la situación social e histórica y que, por tanto, brinde las herramientas adecuadas a los estudiantes.

Luego de haber mencionado los diversos elementos requeridos para el diseño del entorno de enseñanza, es evidente observar que la construcción de cualquier propuesta educativa que verdaderamente intente generar cambios sustanciales tiene que partir de la idea de que, crear las condiciones para que se den los procesos de enseñanza y aprendizaje no es algo que se haga de forma rápida, sino que es un desarrollo continuo y tiene que estar sostenido en el tiempo. Para ser más explícita la aseveración anterior, hay que recordar todo el proceso que ilustra este trabajo de tesis, iniciando con el hecho de que fue necesario formar una comunidad docente, posteriormente hubo que negociar el significado y el sentido de los objetivos de aprendizaje puestos para la asignatura de biología, después se diseñaron las situaciones de aprendizajes hasta su implementación. Todo este proceso de construcción colectiva ha sido un proceso continuo que ha llevado dos años de trabajo y, aunque el tiempo dedicado ha sido exhaustivo, los resultados obtenidos han sido muy positivos, pues se logró consolidar un equipo de trabajo que se apoya mutuamente y además el entorno diseñado produjo aprendizajes en los estudiantes. Asimismo, el que el proceso de diseño haya tomado tanto tiempo en parte se debe a que se implementó,

observó y analizaron las secuencias de enseñanza en tiempo real, con la intención de ponerlo a prueba y ver el funcionamiento en las condiciones reales de la escuela, con el objetivo de que la propuesta de diseño este alineada al contexto educativo de la ENP.

De lo expuesto antes, emanan dos conclusiones centrales, la primera es que el diseño educativo ha de abordarse con una mirada amplia, esto significa que deben contemplarse diversos niveles de acción, por un lado, el trabajo con las y los maestros, el curriculum y su significado para la comunidad docente, el diseño de las actividades de enseñanza, el seguimiento de las actividades y la evaluación. La segunda conclusión es que el diseño de cualquier actividad de enseñanza debe ponerse a prueba en la situación real para ver el funcionamiento, pero más importante aún, ver de qué forma se puede modificar la situación para poder enriquecerla y para que promueva los aprendizajes deseados.

Por otra parte, otra cualidad que hay que resaltar del entorno de enseñanza es que su diseño estuvo guiado por una visión teórica. En otras propuestas de EVEAS no es claro cuál es el supuesto teórico que orienta su diseño y tampoco son explícitos los procesos o mecanismos de enseñanza y aprendizaje que se están promoviendo. En esta investigación, la visión sociocultural fungió como herramienta en diversas tareas, la primera fue para diseñar el ambiente de enseñanza, pues se parte de la concepción de que a través de la participación en actividades reales en donde los alumnos aprenden las formas especializadas de pensamiento científico y en donde los maestros pueden guiar y otorgar ayudas a sus alumnos, en otras palabras, las posibilidades de enseñar y aprender están en el ámbito social.

Considerando el supuesto anterior, lo que se procuró para el diseño del entorno de enseñanza fue en construir actividades en donde los alumnos participaran activamente, y se pensó en los recursos, en abrir espacios para la interacción entre pares, y por supuesto, en el tipo de guías que el docente podría proporcionar. Igualmente, la visión teórica sociocultural sirvió como herramienta de análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje dentro de la actividad, es decir, sirvió para observar como las actividades diseñadas promovían o no aprendizajes en los estudiantes, y específicamente, se observó el papel del maestro dentro de la actividad, la interacción entre alumnos, las tareas que realizaban los estudiantes y los recursos didácticos.

Entonces, tener una teoría resulta ser una pieza fundamental en la construcción de entornos de enseñanza y aprendizaje, porque ayuda a develar de qué forma la acción de los maestros frente a los estudiantes produce aprendizajes.

En suma, la propuesta de entorno virtual es producto de la situación real y se fue ajustando a partir de las dinámicas particulares del contexto, y esto fue posible de lograr gracias a la perspectiva metodológica que guio el trabajo y la visión teórica, y esta aproximación, fue una forma de garantizar que la escuela produzca los aprendizajes esperados en los estudiantes. Todo lo anterior se llevó de la mano del trabajo colaborativo y la participación permitió que cada persona involucrada se apropiase del diseño, particularmente las y los maestros.

También, el haber implementado el diseño del entorno y analizarlo en la acción, permitió ver con claridad la complejidad que existe en el proceso educativo, tanto a nivel del aula y del curriculum. Del aula, la complejidad está dada por todos los elementos que se ponen en juego, como el maestro, los alumnos y los contenidos de la disciplina, aquí la complicación es que cualquier propuesta educativa tiene que considerarlos todos a la vez, y no como entendidas separadas, ya que si el propósito es que la escuela produzca aprendizajes, es necesario contemplar lo que el docente piensa respecto a los aprendizajes que debe promover en sus estudiantes, pero también, al mismo estudiante y el contexto del cual proviene. Respecto al curriculum, es importante tomarlo en cuenta en el sentido de situar la disciplina de biología como una parte constitutiva del curriculum y que dicha disciplina de aportar a la formación general del estudiantado; igualmente, fue interesante observar durante el trabajo colaborativo con los maestros que se percataron que la formación de sus estudiantes no se limita únicamente a la asignatura de Biología IV, sino que continua el proceso de formativo a lo largo de las otras asignaturas de biología, por tanto, conciben el proceso de aprendizaje, más específicamente, el proceso de alfabetización científica de sus alumnos como un continuo y que además se ve complementado con otras asignaturas del curriculum de la ENP, entonces, con el grupo de docentes fue posible construir una visión holística e integrado del curriculum y del papel que desempeña el bachillerato en la formación de sus estudiantes.

Fue muy grato testificar que esta visión global e integrada del curriculum no solo se vio reflejada en los docentes, igualmente se vio reflejada en los estudiantes de la ENP que cursaron Biología IV, y para ello, se recuperó el testimonio de una estudiante:

*“Aprendí que, desde una perspectiva científica logras conocer la complejidad que existe detrás de hacer una vacuna, y dices ¡wow!, todo esto proceso se hace para una vacuna. Y también me llevó mucho que aprendí de la historia que hay detrás*

*de hacer una vacuna. Entendí que con el respaldo de la ciencia puedes buscar respuestas. Yo antes para hacer mis ensayos los hubiera hecho con mi pura opinión, ahora comprendí que para tener una opinión más sólida necesitas investigar, necesitar tener argumentos, ahora busco en fuentes confiables, y esto también lo utilizo para mis otras materias de la prepa”.*

Como se observa en el testimonio de la alumna, su participación en las actividades de enseñanza le permitió desarrollar aprendizajes muy particulares de la biología, pero también capacidades que puede usar en otras asignaturas y más importante aún, en otros ámbitos de su vida. Este testimonio es solo una muestra del tipo de aprendizajes que se espera promover en los estudiantes dentro del proyecto Aleph-5. El mayor anhelo que se tiene es que dentro de la escuela, maestros y alumnos puedan encontrar un espacio de oportunidad que les permita pensar en cosas que quizá antes no habían pensado, y que lo aprendió trascienda en las personas y pueda serles útil y significativo en otros aspectos de la vida. No en vano, el nombre del proyecto Aleph-5 hace honor al cuento de Borges, pues creemos que la escuela es el Aleph, y que dentro del Aleph se puede ver la inmensidad y las múltiples formas del universo, y la escuela, debe brindar a los estudiantes experimentar cosas nuevas que les sorprenda y les sean significativas.

La presente investigación da expone el proceso sistemático que dio para el diseño del entorno virtual para la enseñanza de la biología, y como se mencionó en párrafos anteriores, una conclusión importante a la que se llegó fue que los aprendizajes, que están concebidos en términos de la alfabetización científica, no terminan en la asignatura de Biología IV, sino que siguen desarrollándose en las asignaturas demás asignaturas de biología, por tanto, un trabajo que queda pendiente en esta tesis como parte del proyecto Aleph-5, es el desarrollo de los entornos de enseñanza para las asignaturas de Biología V y Temas selectos. Esta es una gran área de oportunidad porque, teniendo el diseño completo de todas las asignaturas que corresponden a biología, sería posible tener evidencia que muestre el efecto total de la intervención bajo la mirada del proyecto Aleph-5.

La evaluación es otro tema pendiente, y durante el desarrollo de la presente investigación, el equipo de trabajo del Aleph-5 construyó instrumentos de evaluación que intentan mostrar los aprendizajes logrados por los estudiantes. Este trabajo no muestra los resultados alcanzados

porque no forman parte de los objetivos planteados, pero en otras investigaciones será posible ver el cambio que produjo la investigación.

## REFERENCIAS

- Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27 (1). <https://doi.org/10.1080/09500690410001673810>
- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literatura. *International Journal of Science Education*, 22 (7). <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- Acevedo Díaz, J., Vázquez Alonso, A., Manassero Mas, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2 (2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1253788>
- Acevedo Díaz, J.A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5 (2). <https://www.redalyc.org/pdf/920/92050202.pdf>
- Acevedo, J., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J.M., Acevedo, P., Paixão, M. y Manassero, M.A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2). <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3912>
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación química*, 16 (2). [https://andoni.garritz.com/documentos/aikenhead\\_a\\_rose\\_by\\_any\\_other\\_name.pdf](https://andoni.garritz.com/documentos/aikenhead_a_rose_by_any_other_name.pdf)
- Alba, J., Elola, J.C. y Luffiego, M. (2008). *Las competencias básicas en las áreas de Ciencias*, Cuadernos de Educación 4. [https://www.educantabria.es/informacion-general/editorial/-/asset\\_publisher/qCBNzsERGsNC/content/cuadernos-de-educaci-c3-b3n-4.-las-competencias-b-c3-a1sicas-en-el-c3-a1rea-de-ciencias](https://www.educantabria.es/informacion-general/editorial/-/asset_publisher/qCBNzsERGsNC/content/cuadernos-de-educaci-c3-b3n-4.-las-competencias-b-c3-a1sicas-en-el-c3-a1rea-de-ciencias).

- Barab, S. y Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1)
- Bell, R. L., y Lederman, N. G. (2003). Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues. *Science Education*, 87 (3), 352–377. <https://doi.org/10.1002/sce.10063>
- Bossolasco, M. L. (2013). El concepto de entorno mediado de enseñanza-aprendizaje. Significados posibles. En A. Chiecher, D. Donolo y J. Córca (eds.), *Entornos virtuales y aprendizaje. Nuevas perspectivas de estudio e investigaciones* (pp. 73-94). Editorial Virtual Argentina.
- Bromham, L. y Oprandi, P. (2006). Evolution online: using a virtual learning environment to develop active learning in undergraduates. *Journal of Biological Education*, 41 (1). DOI: 10.1080/00219266.2006.9656052
- Brousseau, Guy. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann
- Cárdenas Lugo, L. (2020). *Análisis del desarrollo de la capacidad de realizar actividades científicas: un proyecto de biología en preescolar* (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000803282](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000803282)
- Castro Ávila, M. (2019). *Comprensión de la práctica docente en el campo de pensamiento en preescolar desde una perspectiva sociocultural*. (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2019/abril/0787908/Index.html>
- Castro, M. C. (2019). Ambientes de aprendizaje. *Sophia*, 15 (2). DOI: <http://dx.doi.org/10.18634/sophiaj.15v.1i.827>
- CEPAL. (2010). *Panorama social de América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas-CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/S1600175\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/S1600175_es.pdf)

- Cobb, P., diSessa, A. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.  
<http://media.loft.io.s3.amazonaws.com/attachments/Design%20experiments%20in%20educational%20research.pdf>
- CODEIC. (2020). *Exámenes para el diagnóstico de conocimientos. Resultados de los alumnos que ingresan a nivel licenciatura*. <https://www.dee.cuaieed.unam.mx/index.php/resultado-de-diagnostico/>
- Coi, C., Mauri, T., Onrubia, J. (2008). Los entornos virtuales de aprendizaje basados en el análisis de casos y la resolución de problemas. En C. Coll y C. Monereo (eds.), *Psicología de la educación virtual*. (215-232). Morata.
- Collins, A., Joseph, D. y Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *The Journal of the Learning Sciences*, (13)1, 15-46.  
[https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2)
- Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación (MEJOREDU) (2020). *Repensar la evaluación para la mejora educativa. Resultados de México en PISA 2018*.  
<https://www.gob.mx/mejoredu/es/articulos/repensar-la-evaluacion-para-la-mejora-educativa-resultados-de-mexico-en-pisa-2018?idiom=es>
- Concannon J., Brown P., Lederman, N.G. y Lederman J.S. (2020). Investigating the development of secondary students' views about scientific inquiry, *International Journal of Science Education*, 42 (6). DOI: 10.1080/09500693.2020.1742399
- CUAED. (2020). *Propuesta de un modelo híbrido para la UNAM*.  
<https://cuaieed.unam.mx/noticias-cuaed,Jun2020>
- Dander Flores, M. (2018). La educación media superior en el contexto histórico de México. *RED, Revista de evaluación para docentes y directivos*, 9, 26-43.  
<https://www.inee.edu.mx/publicaciones-old/revista-red/red-9/>
- Daniels, H. (2003). *Vigotsky y la Pedagogía*. Barcelona: Paidós.
- Daniels, H. (2008). *Activity Theory and Interventionist research*. London: Routledge.

- DeBoer, G. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of research in science teaching*, 37 (6). [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- DGAE. (2021). *Calendario Escolar. Plan anual 2022*. [https://escolar1.unam.mx/pdfs/calendario\\_anual2022.pdf](https://escolar1.unam.mx/pdfs/calendario_anual2022.pdf)
- DGENP. (2019a). *Programa Biología IV*. [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto-2017/1502\\_biologia\\_IV.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto-2017/1502_biologia_IV.pdf)
- DGENP. (2019b). *Programa Biología V*. [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta2018/1613\\_biologia5\\_area2.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta2018/1613_biologia5_area2.pdf)
- DGENP. (2019c). *Programa Temas Selectos de Biología*. [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta2018/1711\\_temas\\_selectos\\_biologia.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta2018/1711_temas_selectos_biologia.pdf)
- DGENP. (s.f.). *Escuela Nacional Preparatoria. Modelo educativo*. <http://enp.unam.mx/assets/pdf/planesdeestudio/ModeloEducativoENP.pdf>
- Díaz Barriga, A. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. [http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas\\_Angel%20D%C3%ADaz.pdf](http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf)
- Dunbar, K. y Klahr, D. (2012). Scientific Thinking and Reasoning. *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*. [https://www.researchgate.net/publication/285936617\\_Scientific\\_Thinking\\_and\\_Reasoning](https://www.researchgate.net/publication/285936617_Scientific_Thinking_and_Reasoning)
- Dunbar, K., y Fugelsang, J. (2005). Scientific Thinking and Reasoning. En K. J. Holyoak y R. G. Morrison (eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 705–725). Cambridge University Press.
- García Peñalvo, F.J., Fidalgo Blanco, A. y Sein Echaluze, M.L. (2017). Los MOOC: un análisis desde una perspectiva de la innovación institucional universitaria. *La cuestión*

<https://www.researchgate.net/publication/320170485> Los MOOC un analisis desde un a perspectiva de la innovacion institucional universitaria

García, R. (2006). *Sistemas Complejos. Conceptos, método, y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Editorial Gedisa.

García, R. (2011). Interdisciplinaridad y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1(1).  
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/3869767.pdf>

Gobierno de México. (s.f.). *Plan y programas de estudio para la educación básica*.  
<https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/>

González Luna, R. A. (2022). *Diseño de entornos complejos para el aprendizaje de francés como lengua extranjera en bachillerato*. (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.  
<http://132.248.9.195/ptd2022/agosto/0828329/Index.html>

Gräber, W. (2000). Aiming for Scientific Literacy through self-regulated learning. En G. Stochel & I. Maciejowska (eds.), *Interdisciplinary education – challenge of 21st century* (pp. 101–109). FALL. <http://www2.chemia.uj.edu.pl/~nest/Proceedings.pdf>

Hewson, P. (2002). Literacy and Scientific Literacy: A Response to Fensham. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2 (2). DOI: 10.1080/14926150209556513

Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25 (6). DOI: 10.1080/09500690305021

Hodson, D. (2010). Science Education as a Call to Action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10 (3). DOI: 10.1080/14926156.2010.504478

Holbrook, J. y Rannikmae, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11), 1347-1362. DOI: 10.1080/09500690601007549

- Holbrook, J. y Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3). <https://eric.ed.gov/?id=EJ884397>
- Hurd, P. (1998). Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Issues and Trends*, 82 (3). [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199806\)82:3<407::AID-SCE6>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199806)82:3<407::AID-SCE6>3.0.CO;2-G)
- INEE. (2013). *La Educación Media Superior en México*. 2a edición. México: INEE. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2018/12/P1D237.pdf>
- INEE. (2015). *Desempeño de los estudiantes al final de la Educación Media Superior en PISA 2012*. <http://www.sev.gob.mx/upece/evaluacion/wp-content/uploads/sites/3/2020/10/2012-Resultados.pdf>
- Johnson Laird, P. (1990). *El ordenador y la mente: introducción a la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Jonassen, D.H. (1999). Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 47. <https://doi.org/10.1007/BF02299477>
- Koenders, A. (2002). Creating opportunities from challenges in on-line introductory biology. In A. Goody, J. Herrington, & M. Northcote (eds.), *Quality conversations: Research and Development in Higher Education, Volume 25* (pp. 393-400). Jamison, ACT: HERDSA
- Kremer K., Specht C., Urhahne, D., y Mayer J. (2013). The relationship in biology between the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Biological Education*. DOI:10.1080/00219266.2013.788541
- Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartels S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo M., Aly S., de Andrade, M., Atanasova, M., Blanquet E., Blonder R., Brown P., Cardoso, R., ... Wishart J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: is progress Being made? *International Journal of Science Education*, 43 (7). DOI: 10.1080/09500693.2021.1894500
- Linares, J. (2010). Filosofía. En J. Labastida y R. Ruíz. (eds.), *Enciclopedia de conocimientos fundamentales: UNAM-Siglo XXI* (pp. 91-116). Siglo veintiuno editores.

- Madrigal González, D. (2021). *Ambientes complejos de aprendizaje: una propuesta para el aprendizaje de las matemáticas en la “Escuela Nacional Preparatoria”* (tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. <http://132.248.9.195/ptd2021/octubre/0816813/Index.html>
- Mercer, N. (2001). *Palabras y Mentes, cómo usamos el lenguaje para pensar juntos*. España: Paidós.
- México X. (2021). *Acerca de México X*. <https://www.mexicox.gob.mx/about>
- Ministry of Education Singapore. (2012). *Science Syllabus. Lower Secondary.Express Course*. <https://www.moe.gov.sg/education/syllabuses/sciences>
- Monter, Y. (2017). A 150 años de la Escuela Nacional Preparatoria. <http://www.sanildefonso.org.mx/expos/preparatoria/>
- Norris, S. y Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Nowak, K., Nehring, A., Tiemann, R. y Belzen, A. (2013). Assessing students’ abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education*, 47 (3). DOI: 10.1080/00219266.2013.822747
- OECD. (2004). *Completing the Foundation for Lifelong: An OECD Survey of Upper Secondary Schools*. <https://doi.org/10.1787/9789264103733-en>.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Ontario Ministry of Education. (2008). *The Ontario Curriculum. Grades 11 and 12. Science*. <http://www.edu.gov.on.ca/eng/curriculum/secondary/science.html>
- Pedretti, E. y Bellomo, K. (2013). A Time for Change: Advocating for STSE Education Through Professional Learning Communities. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13 (4). <http://dx.doi.org/10.1080/14926156.2012.679996>
- Prieto, T., España, E., Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre*

*Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92024530005>

Radford, L. (2014). De la teoría de la objetivación. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(2). <https://www.revista.etnomatematica.org/index.php/RevLatEm/article/view/123>

Reimann P. (2011). Design-Based Research. En Markauskaite L., Freebody P., Irwin J. (Eds.), *Methodological Choice and Design. Methodos Series (Methodological Prospects in the Social Sciences)*, vol 9 (pp. 37-50). London-New York: Springer.

Reynoso Angulo, R. y Chamizo Guerrero, J.A. (coords.) (2017). *Estudio comparativo de la propuesta curricular de ciencias en la educación obligatoria en México y otros países*. México: INEE. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/01/P1F211.pdf>

Rogoff, B. (1997). Los tres planos de la actividad sociocultural: apropiación participativa, participación guiada y aprendizaje. En J. Wertsch; P. Del Río. y A. Álvarez (eds). *La mente sociocultural, aproximaciones teóricas y aplicadas*. Madrid: Fundación Infancia y Aprendizaje.

Roth, W. y Tobin, K. (2004). Co-generative dialoguing and metaloguing: Reflexivity of processes and genres. *Forum Qualitative Sozialforschung* [Foro: Investigación social Cualitativa], (5), 3. <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/560/1213>

Salinas, M.I. (2011). Entornos virtuales de aprendizaje en la escuela: tipos, modelo didáctico y rol docente. *Pontificia Universidad Católica de Argentina*. [http://www.uca.edu.ar/common/grupo82/files/educacion-EVA-en-la-escuela\\_web-Dpto.pdf](http://www.uca.edu.ar/common/grupo82/files/educacion-EVA-en-la-escuela_web-Dpto.pdf)

Sánchez-Ron, J. (2016). El impacto de la ciencia y de la tecnología en la sociedad: una perspectiva global. *Educación Médica*, 17(supl.2), 3-8. <https://www.elsevier.es/es-revista-educacion-medica-71-articulo-el-impacto-cienciatecnologia-sociedad-X1575181316601107>

- Schedlbauer, J., Nadolny, L. y Woolfrey, J. (2016). Practising Conservation Biology in a Virtual Rainforest World. *Journal of Biological Education*, 50 (3). DOI: 10.1080/00219266.2015.1117510
- Secretaría de Educación Pública, G. de M. (2016). El Modelo Educativo en México: el planteamiento pedagógico de la Reforma Educativa. *Perfiles Educativos*, 38(154), 216-225. Doi:10.22201/iissue.24486167e.2016.154.57670
- Secretaria de Educación Pública. (2017). *Planes de Estudio de Referencia del Marco Curricular Común de la Educación Media Superior*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241519/planes-estudio-sems.pdf>
- Secretaria de Educación Pública. (2020). *Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2019-2020*. [https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica\\_e\\_indicadores/principales\\_cifras/principales\\_cifras\\_2019\\_2020\\_bolsillo.pdf](https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2019_2020_bolsillo.pdf)
- Shamos, M. (1995). *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press.
- Siry, A. y Zawatski, E. (2011). 'Working with' as a methodological stance: collaborating with students in teaching, writing, and research. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, (24)3, 343-361. <https://doi.org/10.1080/09518398.2010.539581>
- Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (46). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-38142019000200081](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-38142019000200081)
- Soletic, A. (2021). *Modelos híbridos en la enseñanza: claves para ensamblar la presencialidad y la virtualidad*. Programa de educación. Laboratorio de Innovación y Justicia Educativa. CIPPEC. <https://www.cippecc.org/publicacion/modelos-hibridos-en-la-ensenanza-claves-para-ensamblar-la-presencialidad-y-la-virtualidad/>
- Subdirección de Estudios Estadísticos. UNAM. (2021). *Perfil de aspirantes y asignados a bachillerato y licenciatura de la UNAM 2020-2021*. <https://www.planeacion.unam.mx/ee/Publicaciones/pdf/perfiles/aspirantes/asp2020-2021.pdf>

- Subsecretaría de Educación Media Superior. (2013). *Movimiento contra el abandono escolar en la educación media superior*. [http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/11390/1/images/000\\_INTRODUCCION\\_Movimiento\\_contra\\_Abandono.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/11390/1/images/000_INTRODUCCION_Movimiento_contra_Abandono.pdf)
- Torres Merchán, N. Y. (2013). Enfoque CTSA desde una perspectiva freireana: contribuciones a una educación para el desenvolvimiento sustentable. *Educación y Ciencia*, (14). [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion\\_y\\_ciencia/article/view/2185/2151](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion_y_ciencia/article/view/2185/2151)
- UNAM. (1997). *Escuela Nacional Preparatoria. Plan de estudios 1996*, México: UNAM
- Valero, A., Noroozi, O., Biemans, J. y Martin, M. (2019) The effects of an online learning environment with worked examples and peer feedback on students' argumentative essay writing and domain-specific knowledge acquisition in the field of biotechnology. *Journal of Biological Education*, 53 (4). DOI: 10.1080/00219266.2018.1472132
- Valle Martínez, D. (2018). *Plan de Desarrollo 2018-2022*. [http://enp.unam.mx/assets/pdf/planDesarrollo/PD\\_ENP\\_2018%202022-2.pdf](http://enp.unam.mx/assets/pdf/planDesarrollo/PD_ENP_2018%202022-2.pdf)
- Van Aalsvoort, J. (2004). Activity theory as a tool to address the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *International Journal of Science Education*, 26 (13), 1635-1651. <https://doi.org/10.1080/0950069042000205378>
- Vandermaas-Peeler, M. y McClain, C. (2015). The green bean has to be longer than your thumb: An observational study of preschoolers' math and science experiences in a garden. *International Journal of Early Childhood Environmental Education*, 3(1), 8-26. <https://www.semanticscholar.org/paper/TheGreen-Bean-Has-to-Be-LongerthatYourThumb%3AAnVandermaasPeelerMcClain/594d7c01b9b38d5873bc1b688052fc2d2e41c241>
- Vázquez Alonso, A., Manassero Mas, M., Acevedo Díaz, J. y Acevedo Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6 (2). [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART7\\_Vol6\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART7_Vol6_N2.pdf)

- Verhoeff, R.P., Knippels, M., Gilissen, M. & Boersma, K.T. (2018). The Theoretical Nature of Systems Thinking. Perspectives on Systems Thinking in Biology Education. *Front. Educ.* 3 (40). DOI: 10.3389/educ.2018.00040
- Vidales, S. (2009). El fracaso escolar en la educación media superior. El caso del bachillerato de una universidad mexicana. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 7 (4). <https://revistas.uam.es/reice/article/view/5395>
- Villa Lever, L. (2012). Tres problemas prioritarios que urge resolver en la educación media superior. *Perfiles educativos*, 34. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-26982012000500017](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982012000500017)
- Villa Lever, L. (2014). Educación media superior, jóvenes y desigualdad de oportunidades. *Innovación Educativa*, 14 (64). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179430480004>
- Wassermann, S. (1994). *El estudio de casos como método de enseñanza*. Buenos Aires: Amorrurtu Editores.
- Wells, N., Myers, B., Todd, L., Barale, K., Gaolach, B., Ferenz, G., Aitken, M.... Falk, E. (2015). The Effects of School Gardens on Children's Science Knowledge: A randomized controlled trial of low income elementary schools. *International Journal of Science Education*, 37 (17), 2858-2878. DOI: 10.1080/09500693.2015.1112048
- Wenger, E. (2001). *Comunidades de práctica. Aprendizaje, significado e identidad*, 99-113. Paidós.
- Wenger-Trayner, E. y Wenger-Trayner, B. (2015) *An introduction to communities of practice: a brief overview of the concept and its uses*. <https://www.wenger-trayner.com/introduction-to-communities-of-practice>
- Wertsch, J. (1988). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.
- Xicoténcatl-Ramírez, G., Romero-González, R. M., Jacques-García, F. A., Hernández-Valerio, J. S. & Olmos-Trejo, C. A. (2015). B-learning in a program of higher education media, current situation. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, (2). <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/download/515/553/>

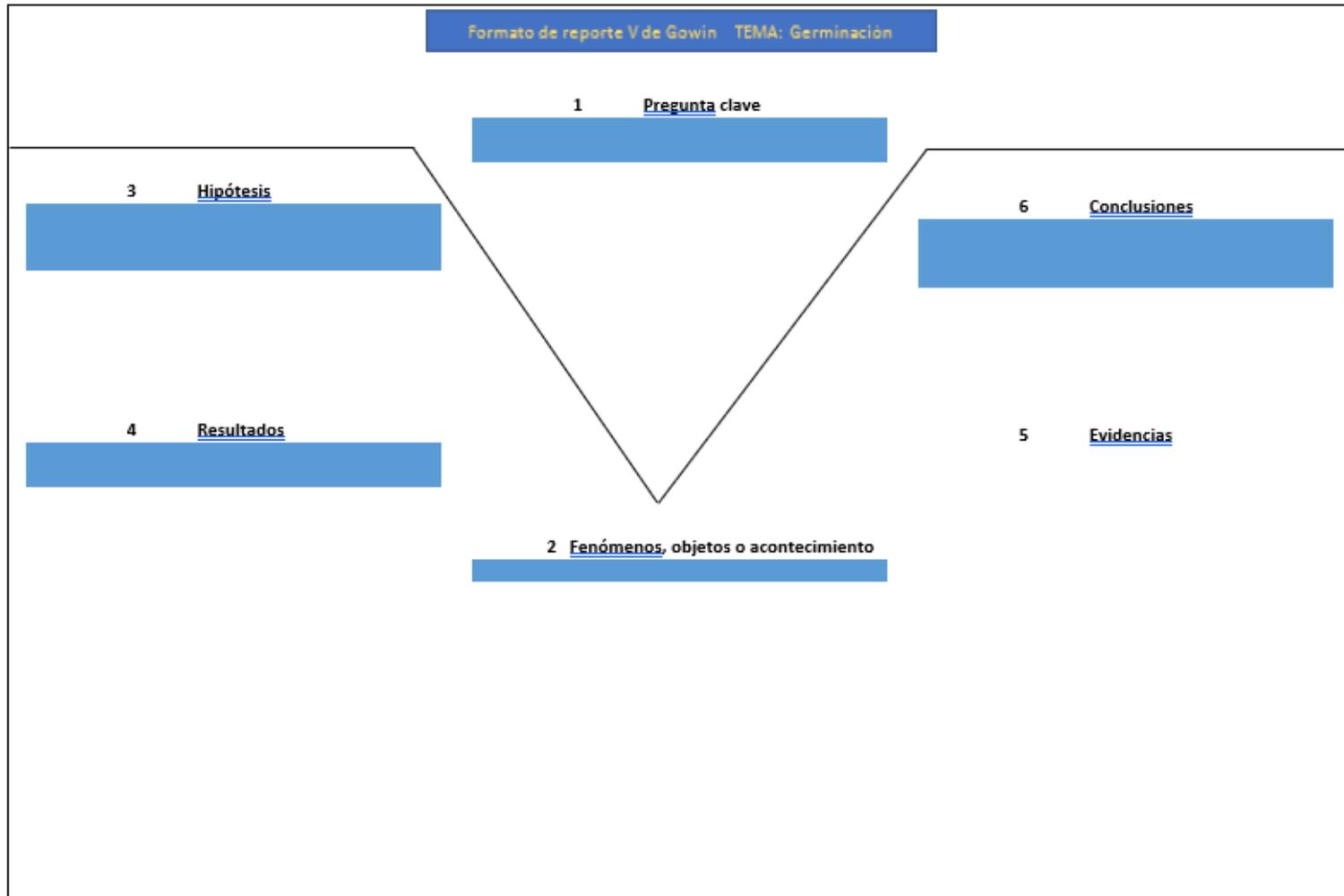
Zambrano, Y. A. y García, C. E. (2020). Plan de entornos virtuales de aprendizaje y su aplicación en la asignatura de ciencias sociales en tiempo de pandemia COVID-19 para Estudiantes de bachillerato en Portoviejo, Ecuador. *Revista Científica: Dominio de las ciencias* 6 (2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7491397>

## ANEXOS

### Anexo 1. Listado de profesores y grupos a su cargo

<b>Profesor/Profesora</b>	<b>Plantel</b>	<b>Grupos</b>	<b>Cantidad de alumnos</b>
Brenda	ENP 3	1	52
Iris	ENP 3	1	42
		2	44
Francisco	ENP 3	1	23
Selene	ENP 4	1	59
Ana	ENP 5	1	46
		2	49
		3	45
		4	46
Carlos C.	ENP 5	1	24
		2	23
		3	22
		4	25
		5	23
Carlos H.	ENP 7	1	61
		2	55
		3	58
		4	54
Paulina	ENP 8	1	48
		2	19

**Anexo 2.** Formato de V de Gowin



**Anexo 3.** Tabla de seguimiento de la secuencia didáctica de composta.

Fases	Mesófila		Termofílica		Mesofílica II		Maduración
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Temperatura	21°	24°	35°	49°	29°	27°	34°
Temperatura de referencia	Temperatura de referencia		15 - 40 C°		40 - 65 C°		15 - 40 C°
pH	-		-		-		-
pH de referencia	4- 6		8 - 9		7 - 8		6 - 8
Humedad	Tiene mucha humedad alojada en la tierra, pero las hojas se ven y se sienten secas.	Tiene un poco menos de humedad la tierra, las hojas siguen estando secas.	Se ve bastante seca, en la mayor parte, pero al tocarla vimos que aproximadamente un 20% estaba aguada, arenosa, esto por que está constantemente bajo el sol, le agregamos un poco de agua , para humedecer más la composta.	No se veía ni sentía por ninguna parte humedad o agua, se sentía muy seca.	No hay rastro de humedad en ninguna parte o al menos no la localizamos.	No presentaba humedad, ya que persistía con el aspecto arenoso/tierroso, al pasar esto y además de la revisión le agregaremos agua para mantenerla húmeda.	Se veía y sentía humedad de todas partes incluyendo las hojas secas, lo cual creo que justifica que la temperatura haya bajado bastante.
Aspecto	Tiene un ligero color marrón, bajo 3 cm, con una textura un poco aguada en unas zonas y en otras un poco sólidas, mide 24 cm.	Con menos cantidad ya que bajo 2 cm, es de color café, marrón y un poco de negro, con una textura mas solida. Mide 22	Presenta un aspecto seco, con un color cafe tirando a negro, además de que disminuyó su altura 3cm mas, pues ahora mide 19 cm, en este punto comenzamos a	Un aspecto seco ahora si en todas partes de la tierra y de las hojas secas, se notan más plantas grandes y la altura sigue	Presenta un aspecto terroso, con un color café oscuro, continúa bajando	Se veía húmeda de algunas partes dándole un color marrón muy oscuro, hay más plantas y	Su color es un poco confuso porque en diferentes partes variaba el color, más plantas y logra bajar 1 cm.

		cm.	detectar presencia de plantas.	siendo 19cm.	un poco su tamaño ya que logró bajar 3 cm.	logra bajar 3 cm.	Mide 12cm.
Olor (tierra mojada vs. putrefacto)	Huele a tierra mojada, y da una fragancia a cítricos.	Huele a microbios, tierra mojada y a cítricos.	Olor a tierra mojada o a microbios y olor a desechos orgánicos.	Huele a tierra mojada y un ligero olor a desechos.	No huele a nada.	Olor a tierra y desechos.	Tierra mojada sin otra cosa.
Evidencia fotográfica							

**Anexo 4.** Tabla de diseño experimental.

		<b>Tipo de semillas</b>	<b>Sustrato</b>	<b>Luz (Profundidad a la que se va a enterrar)</b>	<b>Cantidad de agua (Variable independiente)</b>
<b>Condición</b>	<b>Grupo control</b>	Lechuga	Tierra Común	10 cm.	10 ml.
	<b>Grupo experimental</b>	Lechuga	Tierra Común	10 cm.	5 ml.

**Anexo 5.** Tabla de seguimiento y tasa de germinación

	<b>Grupo control</b>		<b>Grupo experimental</b>	
	<b>Fotografía</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Fotografía</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Día 1</b>				
<b>Día 2</b>				
<b>Día ...</b>				

**Anexo 6.** Esquema con la representación de la actividad de germinación.

## Actividad experimental de germinación

Realizarás un experimento para averiguar bajo que condiciones germinan mejor tus semillas. Los resultados y conclusiones de tu experimento lo reportarás en una V de Gowin. Estos son los pasos que vas a seguir para esta actividad:

Paso 1. En una tabla se realizará el diseño de investigación.

Paso 2. Germinación de semillas, para ello habrá un grupo experimental y un grupo control.

Paso 3. Elaboración de tabla de seguimiento para registrar el proceso de germinación.

Paso 4. Elaboración de gráfico de la tasa de germinación.

Paso 5. Elaboración de V de Gowin.

Paso 6. En grupo, se compartirán los resultados y conclusiones de su experimento.

## Anexo 7. Esquema con la representación de la actividad de germinación

