



# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ciencias de la Electrónica

**“Modelo tecnopedagógico para desarrollar la habilidad de la  
comunicación escrita de la ciencia”**

**La literacidad científica en estudiantes de Licenciatura en  
Biomedicina de una Universidad Pública de Puebla**

**Tesis**

**Que para obtener el grado de**

**Doctor en Sistemas y Ambientes Educativos**

**PRESENTA**

**Libia Adriana León Izurieta**

**Director**

**Dr. Daniel Mocencahua Mora**

**Codirector**

**Dr. Alfonso Cano Robles**

**Octubre 2025**

## Dedicatoria

A ti mami Roci, yo sé que me estás acompañando en todo momento. Te agradezco todas tus enseñanzas que llevo en mi mente y mi corazón, por enseñarme la perseverancia, por recordarme siempre, que todo lo que empieza se debe terminar y hacerlo bien, por cuidarme y por amarme siempre. Te extraño cada minuto, todo esto es gracias a ti. Te amo por siempre mami.

A ti papi José Luis, por tus enseñanzas, gracias porque siempre me impulsas a enfrentar la vida con valentía y solidaridad, gracias por las pláticas interminables sobre educación y filosofía, gracias por ser la persona que más me ama. Te amo papito.

A mi esposo, Gabriel. Gracias por ser mi compañero de vida, por apoyarme en cada paso que doy, por consentirme cada día, por enseñarme el valor de la vida. Te amo vidita, quiero seguir contigo toda mi vida.

Y a las personas que más amo, a mi niño Luis Gabriel y a mi niña Ivanna. Cada día que vivo es por ustedes. Todo el esfuerzo vale la pena, cuando veo sus ojos.

A mi familia bella, León Salamanca que siempre me ha acompañado en todos los momentos, gracias por estar para mí. Los amo.

A mi familia Irineo, que nos ha apoyado con su tiempo para poder culminar este proyecto.

A mis galletitas, Arlem, Ruth, Paco y Areli, por acompañarme y no soltarme en este camino, gracias por compartir conocimientos, risas y hasta llantos. Los quiero mucho.

A los dos mejores maestros de mi vida, pero que también me enseñaron que la educación siempre hará un cambio para ser libres. Gracias, mamá y papá.

Gracias a mi hermosa familia, mi esposo y mis hijos, mi equipo maravilloso en el que cada uno sostiene al otro, siempre estaré para ustedes. Los amo mis amores.

## **Agradecimientos**

A Dios, por representar la fuerza para seguir adelante y sostenerme en cada momento. Gracias por poner a las personas correctas en mi vida.

A el director de tesis Dr. Daniel Mocencahua Mora y Codirector Dr. Alfonso Cano Robles, les expreso mi más sincero agradecimiento por sus enseñanzas, paciencia, sus orientaciones, el tiempo dedicado, el compromiso y por ser una gran inspiración en lo académico.

Al Dr. Daniel, por su gran calidad humana y por su paciencia en los momentos más difíciles.

A la Dra. Flor Margarita Ochaita y al Dr. Federico Navarro quienes me acompañaron en la estancia académica, sus conocimientos fueron esenciales para este trabajo, gracias por su dedicación y tiempo, trabajar con ustedes fue un gran logro académico.

A mis profesores del Doctorado en Sistemas y Ambientes Educativos quienes me acompañaron todo el camino mediante sus enseñanzas, pero también consejos, gracias por ser personas que nos forman como investigadores, tienen mi admiración por siempre.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP),

A la Facultad de Ciencias de la Electrónica (FCE)

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP)

## Resumen

Este estudio examina la literacidad científica como un conjunto de habilidades en la formación universitaria, particularmente en el área de la Biomedicina. El objetivo principal fue evaluar la contribución de un modelo tecnopedagógico al desarrollo de la habilidad de comunicación de la ciencia en estudiantes de la Licenciatura en Biomedicina de una universidad estatal de Puebla. La investigación se llevó a cabo con enfoque cualitativo con diseño de investigación-acción, estructurado en cinco fases: diagnóstico, construcción del plan de acción, propuesta de cambio, implementación y evaluación. En la fase inicial se aplicó la prueba *Test of Scientific Literacy Skills* (TOSLS), traducida y validada al español, complementada con un grupo focal. Los resultados revelaron limitaciones en la habilidad de interpretación de datos estadísticos, la identificación y acreditación de fuentes, así como en la evaluación de argumentos científicos.

Con base en este diagnóstico se diseñó un modelo tecnopedagógico sustentado en los enfoques constructivista, sociocultural y de autorregulación del aprendizaje, integrado por el modelo instruccional ASSURE, el modelo IDEA y LMS. Su implementación se materializó en un taller de ocho sesiones orientado a la elaboración de un póster científico como género académico.

El análisis de los productos, realizado con Atlas.ti, mostró avances en la argumentación científica, la estructura retórica de la ciencia, la literacidad visual y la construcción del nicho de investigación. Se concluye que el modelo favorece la autogestión del aprendizaje, la identidad digital académica y la inserción temprana en prácticas de comunicación científica, recomendando su inclusión en planes curriculares de ciencias biológicas.

**Palabras clave:** literacidad científica, comunicación de la ciencia, modelo tecnopedagógico, enseñanza universitaria, ciencias biológicas, tecnologías educativas.

## Abstract

This study examines scientific literacy as a set of essential skills in higher education, particularly in the field of Biomedicine. The main objective was to evaluate the contribution of a technopedagogical model to the development of scientific communication skills among undergraduate Biomedical Science students at a state university in Puebla, Mexico. The research followed a qualitative approach using an action research design, structured into five phases: diagnosis, action plan construction, change proposal, implementation, and evaluation. In the initial phase, the *Test of Scientific Literacy Skills* (TOSLS), translated and validated into Spanish, was applied, complemented by a focus group. Findings revealed limitations in the interpretation of statistical data, the identification and accreditation of sources, and the evaluation of scientific arguments. Based on this diagnosis, a technopedagogical model was designed, grounded in constructivist, sociocultural, and self-regulated learning approaches, and integrated with the ASSURE instructional model, the IDEA model, and an LMS system. Its implementation was carried out through an eight-session workshop focused on the elaboration of a scientific poster as an academic genre. Analysis of students' products, performed with Atlas.ti, demonstrated progress in scientific argumentation, rhetorical structure of science, visual literacy, and research niche construction. The study concludes that the model fosters self-regulated learning, academic digital identity, and early involvement in scientific communication practices, recommending its inclusion in biological sciences curricula.

**Keywords:** scientific literacy, scientific communication, technopedagogical model, biomedicine, higher education, educational technologies.

**Tabla de contenido**

Resumen.....	iv
Abstract.....	v
1. Introducción .....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Preguntas de investigación.....	14
1.3 Justificación .....	15
1.4 Objetivo general.....	16
1.5 Objetivos específicos .....	16
1.6 Supuestos preliminares .....	17
1.7 Delimitaciones .....	17
1.8 Línea de investigación .....	18
2. Estado del arte.....	20
2.1 Literacidad científica en las ciencias biológicas .....	21
2.2 Conceptos de literacidad científica en las ciencias biológicas.....	22
2.3 Metodología para la elaboración del estado del arte.....	24
2.4 Resultados del estado del arte .....	26
2.5 Análisis del estado del arte .....	30
2.5.1 Núcleo temático 1: Literacidad científica en las ciencias biológicas.....	30
2.5.2 Núcleo temático II. Habilidades de literacidad científica en el área biológica. ..	31
2.5.3 Núcleo temático III. Contribuciones de la didáctica al desarrollo de las habilidades de literacidad científica. ....	33

2.5.4 Núcleo temático IV. Relaciones que se establecen entre las habilidades de literacidad científica y su impacto en el aprendizaje en las ciencias biológicas.....	36
2.6 Conclusiones del estado del arte .....	43
3. Marco teórico .....	45
3.1 Conectivismo .....	45
3.2 Aprendizaje metacognitivo .....	47
3.2.1 Factores del aprendizaje en la metacognición.....	48
3.3 Conceptualización de la literacidad científica .....	49
3.4 Literacidad académica y disciplinar.....	50
3.5 Literacidad científica en las ciencias biológicas .....	51
3.5.1 Habilidades de la literacidad científica en las ciencias biológicas .....	51
3.6 Modelos tecnopedagógicos .....	53
3.7 Diseño tecnopedagógico .....	54
3.7.1 Diseño tecnopedagógico ASSURE .....	56
3.8 Escritura científica en las disciplinas.....	59
3.9 Articulación del marco teórico.....	61
.....	63
4. Marco metodológico .....	64
4.1 Tipo de investigación .....	65
4.2 Escenario .....	66
4.3 Participantes .....	66
4.4 Enfoque de Investigación-Acción.....	67

4.5 Rol del investigador .....	69
4.6 Diseño metodológico .....	69
4.7 Descripción de los instrumentos .....	72
4.7.1 Validación por expertos .....	74
4.7.2 Metodología para la traducción del instrumento .....	75
4.7.3 Resultados .....	77
4.7.4 Prueba piloto.....	85
4.7.5 Grupo focal.....	88
4.7.6 Negociación de la relación de investigación.....	88
4.7.7 Técnica de recolección .....	89
4.7.8 Fases del protocolo de entrevista: .....	89
4.7.9 Actividad introductoria .....	91
4.7.10 Análisis del grupo focal de la prueba piloto.....	94
4.7.11 Codificación y análisis de datos.....	95
4.7.11 Literacidad de la información .....	97
4.7.12 Conclusiones del grupo focal .....	100
4.8 Consideraciones éticas .....	102
4.8.1 Recolección de los datos.....	103
4.8.2 Análisis de los datos.....	104
5. Resultados .....	105
5.1 Diagnóstico .....	105
5.1.1 Diagnóstico cualitativo .....	118

5.2 Diseño del Modelo Tecnopedagógico .....	125
5.2.1 Desarrollo del taller “Comunicación de la ciencia para Biomedicina” .....	132
5.2.1.1 Primera sesión: Identidad digital .....	135
5.2.1.2 Segunda sesión: Estructura IMRD .....	141
5.2.1.3 Tercera sesión: Introducción.....	148
5.2.1.4 Cuarta sesión: Intertextualidad .....	160
5.2.1.5 Quinta sesión: Gestores bibliográficos .....	174
5.2.1.6 Sexta sesión: Material y Métodos .....	175
5.2.1.7 Séptima sesión: Resultados.....	180
5.2.1.8 Octava sección: Discusión y conclusiones .....	184
5.2.1.9 Novena y décima sesión: Elaboración del cartel científico .....	190
5.3 Fase de evaluación del póster científico .....	192
5.4 Análisis de contenido .....	193
6. Discusión y conclusiones.....	230
6.1 Caracterización de las habilidades de literacidad científica .....	230
6.2 Descripción de la percepción de los estudiantes acerca de cómo se aborda la comunicación de la ciencia en la Licenciatura en Biomedicina .....	232
6.3 Diseño de un modelo tecnopedagógico, implementación y evaluación para el desarrollo de la habilidad de la comunicación de la ciencia en los estudiantes de Biomedicina.....	234
6.4 Implementación del modelo tecnopedagógico.....	236
7. Referencias.....	251

8. Anexos .....	277
Resultados de la prueba de literacidad científica .....	277
Consideraciones éticas .....	292

## Índice de tablas

Tabla 1 Conceptos principales de la literacidad científica.....	23
Tabla 2 Habilidades de Literacidad científica referidas en publicaciones.....	29
Tabla 3 Conceptualizaciones sobre literacidad científica en las Ciencias Biológicas .....	31
Tabla 4 Publicaciones enfocadas en el desarrollo de Habilidades de Literacidad Científica .....	37
Tabla 5 Categorías de la literacidad científica de la prueba TOSLS .....	74
Tabla 6 Etapas de la validación de la traducción del instrumento .....	77
Tabla 7 Constructo de la Literacidad Científica .....	78
Tabla 8 Jueces Expertos.....	79
Tabla 9 Valoración del Coeficiente de Kendall .....	81
Tabla 10 Revisión de los ítems de acuerdo con los criterios de Hambleton.....	83
Tabla 11 Categorías y habilidades de la prueba Habilidades de la literacidad científica .....	86
Tabla 12 Criterios de la prueba de habilidades de literacidad científica .....	87
Tabla 13 Actividad para alcanzar el rapport .....	92
Tabla 14 Criterios de inclusión y exclusión de la muestra para la prueba piloto .....	93
Tabla 15 Características demográficas de los participantes .....	94
Tabla 16 Interpretación acerca de la dimensión teórica.....	97
Tabla 17 Interpretación acerca de la Dimensión escritura de textos académicos.....	98
Tabla 18 Interpretación acerca de Dificultades de la escritura científica .....	99
Tabla 19 Interpretación acerca de Discurso científico.....	100
Tabla 20 Categorías y habilidades de la prueba TOSLS .....	106

Tabla 21 Tabla de puntajes de la prueba TOSLS .....	107
Tabla 22 Datos sociodemográficos de los participantes .....	107
Tabla 23 Habilidad 1. Identificar un argumento científico válido.....	108
Tabla 24 Habilidad 2. Evaluar la validez de las fuentes .....	109
Tabla 25 H3. Evaluar el uso de la información científica.....	110
Tabla 26 H4. Comprensión de los elementos del diseño de investigación y su impacto científico .....	110
.....	
Tabla 27 H5. Crear representaciones gráficas de los datos .....	111
Tabla 28 H6. Leer e interpretar representaciones gráficas de los datos.....	111
Tabla 29 H7. Resolver problemas usando habilidades cuantitativas mediante la probabilidad y estadística .....	112
Tabla 30 H8. Comprender e interpretar estadística básica .....	113
Tabla 31 H9. Justificar inferencias, predicciones y conclusiones en datos cuantitativos.....	113
Tabla 32 Interpretación de la prueba TOSLS .....	116
Tabla 33 Dimensión teórica: Habilidades de literacidad científica .....	119
Tabla 34 Dimensión teórica: Investigación en ciencias biológicas .....	120
Tabla 35 Dimensión teórica: Comunicación de la ciencia.....	120
Tabla 36 Dimensión teórica: Disciplina (Ciencias biológicas).....	121
Tabla 37 Secuencia de la actividad Identidad digital.....	136
Tabla 38 Secuencia de la actividad Estructura IMRD .....	142
Tabla 39 Respuestas a la fase de previsión IMRD .....	144
Tabla 40 Lista de cotejo y ejemplo de la actividad IMRD .....	146

Tabla 41 Fase de evaluación de la actividad IMRD .....	147
Tabla 42 Secuencia de la actividad de Introducción.....	149
Tabla 43 Elementos de la introducción: Respuestas de estudiantes a la actividad de Introducción .....	152
Tabla 44 Ejemplo de la actividad de construcción de un nicho de investigación.....	155
Tabla 45 Ejemplo 2 de la actividad de construcción de un nicho de investigación.....	156
Tabla 46 Estudiante 1: Construcción de la introducción .....	157
Tabla 47 Estudiante 2: Construcción de la introducción .....	158
Tabla 48 Autoevaluación de los estudiantes.....	159
Tabla 49 Secuencia de la actividad de Intertextualidad.....	161
Tabla 50 Respuestas de la actividad de planeación .....	163
Tabla 51 Identificación de citas directas e indirectas .....	165
Tabla 52 Textos argumentativos de estudiantes .....	172
Tabla 53 Autoevaluación de la actividad de Intertextualidad.....	173
Tabla 54 Secuencia de la actividad de Material y Métodos.....	176
Tabla 55 Escritura de la sección Material y Métodos.....	178
Tabla 56 Co-evaluación de Material y Métodos .....	180
Tabla 57 Secuencia de la actividad de resultados .....	181
Tabla 58 Deconstrucción de la sección de resultados.....	183
Tabla 59 Identificación de marcadores y mitigadores en la sección de resultados .....	184
Tabla 60 Secuencia de la actividad de resultados .....	185
Tabla 61 Deconstrucción del texto de la discusión en cartel científico .....	189

Tabla 62 Lista de códigos .....	196
Tabla 63 Citas del código territorio de conocimiento.....	219
Tabla 64 Citas de nicho de investigación .....	220
Tabla 65 Citas del código contenido científico.....	221
Tabla 66 Citas del código argumentación científica.....	221
Tabla 67 Citas ligadas al código discusión .....	224
Tabla 68 Citas ligadas al código hipótesis.....	225

## Lista de figuras

Figura 1 Estrategia para elaborar el Estado del Arte .....	24
Figura 2 Porcentaje de publicaciones acerca de literacidad científica en las ciencias biológicas	27
Figura 3 Publicaciones encontradas en las disciplinas de las Ciencias Biológicas .....	28
Figura 4 Articulación del Marco Teórico .....	63
Figura 5 Fases de la Investigación-Acción (IA) .....	72
Figura 6 Guion de la entrevista.....	91
Figura 7 Dimensión: Formación científica .....	96
Figura 8 .....	115
Figura 9 Mapa de co-ocurrencias.....	124
Figura 10 Diseño del modelo tecnopedagógico .....	129
Figura 11 Elementos de Google Suite .....	130
Figura 12 Resumen de la secuencia instruccional .....	130
Figura 13 Módulos del taller de la comunicación de la ciencia para biomedicina .....	131
Figura 14 Secuencia de sesiones del taller: Habilidades de la comunicación de la ciencia .....	133
Figura 15 Secuencia de sesiones del taller: Habilidades de la comunicación de la ciencia .....	134
Figura 16 Herramienta Keep utilizada en la planeación de la secuencia instruccional .....	137
Figura 17 Uso de Miro para determinar la línea de investigación.....	138
Figura 18 Ejemplo de la Identidad digital de los estudiantes .....	139
Figura 19 Identidad digital de estudiantes .....	139
Figura 20 Ejemplo de actividad de la estructura IMRD .....	145
Figura 21 Organización de los estudiantes en Keep .....	152

Figura 22 Mapas semánticos de estudiantes .....	153
Figura 23 Ejemplo de la planeación en la herramienta Keep (Intertextualidad) .....	164
Figura 24 Uso de Zotero .....	174
Figura 25 Cartel científico utilizado para la actividad de resultados.....	182
Figura 26 Cartel científico 1 utilizado para la actividad de discusión y conclusiones .....	186
Figura 27 Cartel científico 2 utilizado para la actividad de discusión y conclusiones .....	187
Figura 28 Cartel científico 3 utilizado para la actividad de discusión y conclusiones .....	187
Figura 29 Guía de póster científico en BioRender.....	191
Figura 30 Cartel científico de estudiante 1 .....	203
Figura 31 Codificación con Atlas.ti.....	204
Figura 32 Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico del cartel 1 .....	205
Figura 33 Cartel científico de estudiante 2 .....	206
Figura 34 Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico del cartel 2 .....	207
Figura 35 Cartel científico de estudiante 3 .....	208
Figura 36 Codificación de cartel 3 con Altas.ti .....	209
Figura 37 Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico del cartel 3 .....	210
Figura 38 Codificación con Atlas.ti de texto 4 .....	210
Figura 39 Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico de texto 4 .....	211
Figura 40 Codificación con Atlas.ti de texto 5 .....	212
Figura 41 Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico de texto 5 .....	213
Figura 42 Red de la categoría de Metadiscursivo .....	215
Figura 43 Red de la categoría de Metadiscursivo con citas .....	216

Figura 44 Red de la categoría de contenido científico.....	218
Figura 45 Red conceptual de estructura retórica.....	223
Figura 46 Red conceptual de la categoría de figuras .....	226
Figura 47 Red conceptual de la categoría Intertextualidad.....	227
Figura 48 Enraizamiento y densidad de los códigos analizados.....	229

## 1. Introducción

El estudio de la literacidad se centra inicialmente en las habilidades de lectura y escritura y ha experimentado una notable evolución, abarcando dimensiones con un impacto significativo en la sociedad. La literacidad se extiende a diversas disciplinas que comparten el objetivo de cultivar habilidades fundamentales para el crecimiento económico, el bienestar y la prosperidad de un país Londoño, 2016).

En este contexto, la literacidad científica emerge como un campo de estudio crucial, que se define por la capacidad para interpretar y aplicar conocimientos científicos en la solución de problemas cotidianos. Se clasifica de diversas maneras, incluyendo la habilidad para pensar científicamente, comprender la ciencia y sus aplicaciones, así como el desarrollo de destrezas específicas para la comprensión de textos científicos.

La literacidad científica constituye un componente fundamental en la educación científica, especialmente en las ciencias biológicas. En esta área, el desarrollo de habilidades como la comunicación científica, el diseño experimental, la argumentación y la comprensión de fenómenos científicos es esencial para su aplicación en el ámbito profesional.

Dentro de estas habilidades, la capacidad de la comunicación escrita de la ciencia se cultiva de manera específica en cada disciplina, con el objetivo de integrar a los estudiantes en una comunidad científica que emplea diversos géneros discursivos, tales como artículos y carteles científicos. Este enfoque se configura como una práctica contextualizada orientada a capacitar a los estudiantes para que se conviertan en comunicadores autorizados dentro de su campo de estudio.

## **1.1 Planteamiento del problema**

El estudio de la literacidad tiene diversas acepciones; en esta investigación, nos interesa distinguir dos enfoques principales. De acuerdo con la UNESCO (2006) en Riquelme y Quintero, (2018) una de estas acepciones percibe la literacidad como un conjunto de habilidades individuales que se refieren a las habilidades cognitivas y son independientes del contexto en el que se desarrollan los individuos. La otra noción, abordada en los Nuevos Estudios de Literacidad (NEL) concibe la literacidad como práctica social enraizada en un contexto social específico (Riquelme y Quintero, 2018; Montes y López, 2017).

Desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias, existen diversas habilidades importantes para el aprendizaje de los estudiantes, tales como la interpretación de datos, el diseño experimental, la redacción científica y la comunicación de la ciencia (Bybee, 1997; Cartwright et al., 2020; Prastiwi et al., 2020; Woodham et al., 2016). Sin embargo, la enseñanza de estas habilidades en Latinoamérica no está formalmente incorporada en el currículo, ni se monitorea (Navarro, 2021). Como consecuencia, estas habilidades pueden formar parte del currículo oculto, careciendo de la guía necesaria para desarrollarlas de manera adecuada.

En los últimos años, se ha enfatizado la necesidad de que disciplinas como la biología, química o biomedicina incluyan formalmente la enseñanza de estas habilidades en un contexto académico específico. Esto permitiría que los estudiantes ingresen a una cultura disciplinar mediante la adquisición de formas de comunicación propias de su carrera, facilitando su futuro desempeño profesional.

El estudio de la literacidad académica, aplicada como prácticas socioculturales en el ámbito de las ciencias, puede ser denominado literacidad científica, es decir, la literacidad en la práctica de la ciencia. Este enfoque ha sido investigado por diversos autores en otros países (Geithner y Pollastro, 2016; Gormally et al., 2012; Kawamoto et al., 2013; Norris y Phillips, 2003; Semilarski y Laius, 2021). No obstante, en México, este enfoque no se ha desarrollado ampliamente. Sin embargo, en este trabajo se retoma el concepto de literacidad científica como prácticas situadas en un contexto sociocultural, específicamente en el ámbito de las ciencias biológicas (Carlino, 2004; Hernández-Zamora, 2016).

De acuerdo con Semilarski y Laius (2021) la literacidad científica representa el objetivo principal de la educación en las ciencias. En Latinoamérica, se ha hecho un gran esfuerzo por enseñar a escribir y comprender las lecturas propias de una disciplina, pero se han dejado de lado otras habilidades que las acompañan y que son necesarias en el ámbito de las ciencias biológicas.

En la educación superior, es esencial que los estudiantes desarrollen habilidades tanto cognitivas como prácticas para su futura práctica profesional. La educación científica de alta calidad debe proporcionar herramientas para abordar problemas mundiales (Carranza et al., 2004; Evans et al., 2020). En este sentido, la información que los estudiantes leen, basada en el conocimiento científico, como los artículos científicos, les permitirá desarrollar habilidades aplicables en su ejercicio profesional. La comprensión y replicación de estos textos forman parte del desarrollo de la literacidad científica (Norris y Phillips, 2003).

Una de las habilidades clave de la literacidad científica que se espera que los estudiantes desarrollen a lo largo de sus carreras científicas es la comunicación de la ciencia, tanto de manera

escrita como oral y visual (Evans et al., 2020; Münchow et al., 2019). Aprender a escribir en la universidad es un proceso complejo. Navarro (2021) argumenta que la escritura cumple funciones sociales, culturales, pedagógicas, comunicativas y personales, y que cada individuo posee un capital semiótico distinto, lo cual implica que el aprendizaje de la escritura no se habilita de la misma forma en todos los casos.

La literacidad científica tiene un papel importante en nuestra vida diaria, es la clave para comprender sucesos relacionados a la ciencia, estos dos elementos están en continua interacción. La literacidad científica contiene un conjunto de habilidades entre las cuales se encuentran: la investigación, la interacción entre las ciencias, el uso de la tecnología, la interacción con el medio ambiente, el análisis y la interpretación de los datos científicos (Jufrida et al., 2019; Nelms y Segura-Totten, 2019).

Para la comunidad, el concepto de la literacidad científica tiene diversas interpretaciones, analiza tres componentes principales: el compromiso, que se refiere al interés de las personas por conocer un tema científico; el acceso, que implica la capacidad de las personas para comprender un texto y demostrar su entendimiento; y el uso, que se refiere a la habilidad de las personas para entender las ideas y evaluar el proceso científico. Esta concepción tripartita permite que la comunidad tenga acceso a contenidos científicos, logre su comprensión y sea capaz de explicarlos (Oliveira et al., 2019).

En el ámbito educativo, especialmente en la Educación Superior, es fundamental que los estudiantes desarrollen habilidades tanto cognitivas como prácticas para su futura profesión. La educación científica de alta calidad debe proporcionar habilidades para abordar los problemas

mundiales (Carranza et al., 2004; Evans et al., 2020). En este sentido, la información que los estudiantes leen, basada en el conocimiento científico, les permite desarrollar habilidades aplicables en su ejercicio profesional. La literacidad científica se ha señalado como una habilidad esencial para leer artículos de investigación y es fundamental para la educación científica, incluyendo el análisis y la interpretación de los datos (Norris y Phillips, 2003).

Bybee (2015) enfatiza la importancia de conectar el contexto con la ciencia que se está aprendiendo y enseñando. Este contexto se manifiesta cuando las situaciones involucran la ciencia y la tecnología y cuando se puede aplicar el conocimiento científico para resolver problemas globales, sociales y personales (Dori et al., 2018). La educación científica debe proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para adaptarse a través de la investigación, ser librepensadores y prepararse para una carrera gratificante, aunque desafiante, en un mercado laboral que cambia continuamente (Evans et al., 2020; Woodman et al., 2016).

En el aprendizaje de las ciencias naturales en la educación superior, se emplean textos académicos y científicos que permiten aproximarse al conocimiento científico. Sin embargo, no es suficiente memorizar la información; es fundamental comprenderla para su aplicación posterior. Además, se requieren estrategias de enseñanza que no solo promuevan el aprendizaje de los contenidos, sino también enseñen cómo aprender dichos contenidos de manera efectiva. Los estudiantes que optan por una licenciatura en este nivel educativo se ven influenciados tanto por el enfoque de enseñanza como por los textos utilizados (Ordóñez y Gamboa, 2016).

Además de que, en años recientes, la reducción en el número de estudiantes que eligen carreras científicas, en especial aquellas vinculadas con las ciencias biológicas, constituye un desafío que trasciende el ámbito educativo y se proyecta como un problema social de largo alcance.

La escasa difusión y apropiación del conocimiento científico repercute directamente en la calidad de las decisiones ciudadanas, lo que pone de manifiesto la urgencia de promover una formación que potencie las habilidades de lectura, escritura y pensamiento crítico entre los jóvenes (AAA, 2018). En este contexto, la literacidad científica emerge como un elemento indispensable, dado que la ciencia no es una actividad aislada, sino un proceso humano inscrito en un entramado social, cultural y educativo. Así, fortalecer la educación científica implica no solo transmitir contenidos, sino también fomentar una comprensión profunda del papel de la ciencia en la construcción de sociedades más reflexivas, críticas y equitativas (Bortnik et al., 2017; May y Crossgrove, 2020; Londoño, 2015; Yepes, 2019).

En la enseñanza de asignaturas en la educación superior, se seleccionan textos que promueven el aprendizaje de los contenidos requeridos según el currículo de la universidad y las consideraciones del docente. Sin embargo, es crucial comprender los criterios bajo los cuales se selecciona dicha información. En este sentido, se utiliza el término “enseñanza científica” para representar la importancia de presentar los contenidos con precisión y rigor, asegurando su adecuación a cada disciplina, con el fin de preparar mejor a los estudiantes de carreras científicas (Calvo et. al., 2013; Woodman et al., 2016).

Según Semin (2012), las intenciones de los textos son dos: los significados emergentes de la disciplina o del contenido temático de la asignatura, y las intenciones particulares del docente al seleccionar los textos. No obstante, no se enseña a buscar la información necesaria para abordar los contenidos temáticos. En la actual sociedad de la información, dada la abrumadora cantidad de información disponible en internet, el aprendizaje mixto o a distancia podría ser una alternativa

eficaz para la selección de la información, mediante estrategias distintas a las actualmente utilizadas.

Respecto a la información disponible en internet, la lectura y escritura de artículos científicos en el área de la salud es esencial para la formación científica, que constituye un componente fundamental de la literacidad científica (Dori et al., 2018). Estos artículos, escritos por científicos con el objetivo de comunicar y avanzar en la ciencia, están dirigidos a una audiencia científica. Debido a esto, el lenguaje no es común, requiriendo un vocabulario especializado para su comprensión; por consiguiente, los estudiantes en grados tempranos de la licenciatura aún no están preparados para entenderlos completamente. Sin embargo, en este contexto, la práctica lectora se concibe como una práctica sociocultural que incluye la disciplina, el contexto del lector, los propósitos, las actividades, las estrategias de lectura y la heurística del profesor para acceder al texto.

Bajo este planteamiento, realizamos una construcción histórica de este problema, en la que se pretenden abordar algunos aspectos socioculturales de la Licenciatura en Biomedicina en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la cual busca la formación de investigadores de investigación biomédica básica. Méndez-Ochaita y Remedi, (2016) analizaron cómo inició la formación en la biomedicina, la configuración inicial correspondía a un modelo de investigación en la universidad, que cambió después de la crisis institucional con el proyecto neoliberal de la década de los noventa, pero que en sus orígenes constituyó la base del desarrollo posterior del grupo disciplinario, asegurando la reproducción del conjunto.

Méndez-Ochaita y Remedi (2016) refieren que la trayectoria académica de los investigadores permitió marcar una diferencia, ya que se consideraba un grupo de élite que se preparó en universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México y en universidades extranjeras, lo que permitió la consolidación del grupo disciplinario de distintas formas (p.91). Sin embargo, la formación en Biomedicina tiene un origen médico, pues la universidad tenía la estrategia de formar a investigadores de excelente calidad científica, coincidiendo con el proyecto de modernización universitaria.

Así, los investigadores contratados para dirigir el Departamento de Investigaciones Biomédicas en 1981, los doctores Ruth Urbá y Björn Holmgren, contaban con amplia experiencia en fisiología y biomedicina. Este proyecto no logró sostenerse, pues no superó la contradicción entre las luchas sociales de los universitarios y el ideal del desarrollo productivo, resultando en una propuesta académica orientada casi exclusivamente al desarrollo productivo, dejando de lado otras formas de desarrollo científico, tecnológico y cooperativo (p.97).

El proyecto permitió a los estudiantes de medicina formarse en otra área: la investigación biomédica en la Maestría y el Doctorado, además de ser contratados por la Universidad y acompañados de científicos de mayor experiencia. Actualmente, la formación biomédica en la Universidad tiene como misión “contribuir en la formación de Licenciados en Biomedicina con sólidos conocimientos teóricos y metodológicos en Ciencias Biomédicas, especialmente en las áreas de Microbiología y Fisiología para generar y difundir el conocimiento de manera interdisciplinaria en los ámbitos local, regional, nacional e internacional” (*Medicina*, 2020)

En el contexto social de esta investigación, se identifica una problemática de salud mundial debido al virus Sars-Cov2. El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud declaró la pandemia de COVID-19, e instó a la población a suspender actividades no esenciales, lo que resultó en que la mayoría de las personas permanecieran en sus hogares (OMS, 2020). Según la UNESCO (2020), aproximadamente el 70% de la población estudiantil a nivel mundial se vio afectada. En México, los estudiantes de todos los niveles han sufrido las consecuencias de esta situación, y no parece haber una estrategia clara para abordar el problema (Román, 2020).

El uso de modelos tecnopedagógicos ha incrementado en los últimos años, principalmente debido a la pandemia por Covid-19. Otros factores incluyen la masificación de los estudiantes en las aulas, y la disponibilidad de infraestructura y recursos didácticos, que nos obligan a adoptar alternativas que respondan a las necesidades de enseñanza y aprendizaje (Vargas-Murillo, 2020).

Ante estos cambios, los modelos tecnopedagógicos en un espacio virtual deben ser diseñados con medios y recursos adecuados, así como con objetivos claros y específicos orientados a la adquisición de habilidades. Estos modelos deben favorecer la creación de espacios de aprendizajes significativos y autónomos, tanto de manera síncrona como asíncrona. Aunque implementar modelos tecnopedagógicos aún se considera complejo, los docentes deben ser capaces de establecer los componentes académicos, curriculares, contenidos, actividades, tareas y métodos de enseñanza. Por su parte, los estudiantes deben asumir un rol activo y responsable en su proceso de aprendizaje. Además, la proactividad, receptividad y comprensión del diseñador instruccional y del docente son fundamentales para el éxito de estos modelos (Hernández-Bielukas y Aranguren, 2022).

Existen diversos modelos tecnopedagógicos que han sido implementados en múltiples contextos educativos con propósitos diferenciados, orientados a integrar de manera efectiva la tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Entre ellos, el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) se destaca por articular el conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar del docente, promoviendo una comprensión holística de la práctica educativa mediada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Este enfoque permite que la tecnología no sea un fin en sí mismo, sino un medio que potencia la enseñanza y estimula el aprendizaje activo, significativo y contextualizado. Asimismo, las pedagogías emergentes basadas en las TIC, junto con el uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), han transformado las formas tradicionales de interacción educativa, generando espacios flexibles, colaborativos y personalizados que facilitan la construcción del conocimiento de manera dinámica.

No obstante, el desafío actual radica en que los docentes logren diseñar e implementar modelos tecnopedagógicos que no solo incorporen herramientas digitales, sino que desarrollen competencias cognitivas, metacognitivas y digitales en los estudiantes. Se busca que estos modelos favorezcan un equilibrio entre la guía docente y la autonomía del aprendiz, de modo que los estudiantes puedan participar en procesos formativos más reflexivos, autorregulados y contextualizados (Barreiro et al., 2020; Janssen, 2020; Wong et al., 2015). Para alcanzar este propósito, resulta indispensable que las instituciones educativas fortalezcan la formación docente en competencias digitales y en diseño instruccional, asegurando que la tecnología sea utilizada desde una perspectiva pedagógica crítica y transformadora. En consecuencia, los modelos tecnopedagógicos deben concebirse como sistemas integrales que articulan teoría, práctica y

tecnología con la finalidad de responder a las demandas de una educación contemporánea, inclusiva y orientada al desarrollo de aprendizajes significativos y sostenibles.

Así, la implementación de modelos tecnopedagógicos requiere equilibrar la guía docente con la autonomía del estudiante, propiciando entornos de aprendizaje donde la tecnología actúe como mediadora del proceso cognitivo y no como un sustituto de la práctica pedagógica. Para lograrlo, resulta indispensable fortalecer la formación docente en competencias digitales, diseño instruccional o la teoría del aprendizaje multimedia, asegurando que las decisiones tecnológicas se fundamenten en principios pedagógicos sólidos y en evidencia empírica (Mayer, 2017). De esta forma, los modelos tecnopedagógicos pueden consolidarse como instrumentos transformadores que articulan teoría, práctica y tecnología al servicio de una educación contemporánea, inclusiva y orientada al desarrollo de aprendizajes significativos y sostenibles.

Es por ello que se requieren de modelos tecnopedagógicos que consideren elementos pedagógicos, tecnológicos y de interacción humano-computador para el diseño y desarrollo de espacios educativos tecnológicos, donde se gestione el proceso de enseñanza y aprendizaje (Merchán, 2018).

Los modelos tecnopedagógicos deben diseñarse a partir de los objetivos de aprendizaje y de una pedagogía específica a seguir. De lo contrario, se corre el riesgo de que el uso de la tecnología cause consecuencias negativas en los estudiantes, como ansiedad, frustración y una disminución en los logros del aprendizaje. Por ello, la planificación del modelo es una parte crítica para desarrollar estrategias que permitan la autorregulación del aprendizaje y faciliten el trabajo en un entorno apoyado en tecnologías (Shyr y Chen, 2018).

Shyr y Chen (2018) afirman que los modelos educativos mediados por tecnología no deben concebirse como entornos en los que el estudiante permanezca pasivamente frente a una pantalla durante largos períodos. Limitar el aprendizaje a lecturas o videos implica reducir la experiencia educativa a la mera transmisión de información, sin fomentar la construcción activa del conocimiento. Si bien los videos pueden ser recursos útiles para la demostración o la ilustración de conceptos, su efectividad disminuye cuando se emplean de manera aislada y sin una guía pedagógica que promueva la reflexión, la interacción y la aplicación práctica. En ausencia de estrategias de acompañamiento y de un diseño instruccional claro, este tipo de contenidos tiende a generar sobrecarga cognitiva, desinterés y dificultades en la autorregulación del aprendizaje. Durante la pandemia de COVID-19, esta carencia se hizo particularmente evidente: la falta de modelos tecnopedagógicos integrales, con objetivos de aprendizaje definidos y actividades significativas, contribuyó al aumento de la frustración y la deserción estudiantil. En consecuencia, la enseñanza mediada por tecnología requiere un enfoque más complejo, que articule recursos digitales, estrategias didácticas y apoyo docente, para garantizar que tanto los estudiantes como los profesores alcancen los objetivos formativos propuestos.

La tecnopedagogía es crucial en la educación actual y existen varios elementos para considerar su aplicación favorable para el aprendizaje, como un diseño instruccional adecuado y una planificación sistemática y rigurosa de actividades y procedimientos que el docente aplique para lograr que los estudiantes aprendan mediante el uso de recursos tecnológicos.

En los últimos años, se han evaluado nuevos diseños tecnopedagógicos que incluyen diseños instruccionales con la aplicación de recursos tecnológicos, conocimientos y herramientas que los docentes consideran para cumplir diversos objetivos. En la mayoría de los casos, estos

modelos han sido favorables para la mejora del aprendizaje e incluso la percepción de autoeficacia de los estudiantes. Sin embargo, se requiere el compromiso de los estudiantes para participar de forma activa y autónoma, y de los docentes para planear escenarios e instrumentos que permitan una enseñanza favorable y retroalimentación adecuada (Chura-Quispe et al., 2024).

En lo que se refiere a la comunicación de la ciencia, a partir del año 2010, han surgido estudios sobre la enseñanza de la escritura en trabajos de grado, aprendizaje situado y experiencias pedagógicas (Reyes et al., 2021; Navarro et al., 2016). Estos estudios han adoptado la perspectiva del movimiento “Escribir a través del currículum” (Bazerman, 2005). En México, este enfoque no se ha abordado con la suficiente intensidad a nivel de licenciatura Según Chois et al., (2020), es un desafío formar escritores científicos desde los géneros discursivos.

En este sentido, por lo regular es hasta el nivel de doctorado cuando se permite el ingreso a comunidades disciplinares como hablantes autorizados mediante la escritura de artículos científicos, existe una red de géneros discursivos científicos, como la ponencia, el cartel y el resumen que funcionan en red y sirven de soporte para comunicar conocimiento especializado. Por esta razón, es importante que los estudiantes de licenciatura comiencen a desarrollar estas habilidades desde una perspectiva que los convierta en autores en ciencias a través de la práctica de la escritura de esta red discursiva, facilitando su ingreso a la comunidad disciplinar.

En el contexto de esta investigación, la formación biomédica en una universidad pública tiene como misión contribuir a la formación de licenciados en Biomedicina con sólidos conocimientos teóricos-metodológicos en las Ciencias Biomédicas, en las áreas de Microbiología y Fisiología, para generar y difundir conocimiento de manera interdisciplinaria en los ámbitos local, regional, nacional e internacional. Sin embargo, en el currículo de esta licenciatura no se

incluye de manera explícita la enseñanza de la escritura científica. Además, esta investigación se llevó a cabo en el contexto de la pandemia, por lo que subraya la importancia de la enseñanza virtual y de herramientas propias de la enseñanza del género discursivo científico. Por lo tanto, se propone crear un modelo tecnopedagógico para contribuir al desarrollo de la comunicación de la ciencia.

## **1.2 Preguntas de investigación**

¿Cómo contribuye un modelo tecnopedagógico al desarrollo de habilidades de la literacidad científica en estudiantes de Biomedicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla?

### **Preguntas secundarias:**

¿Cuáles son las habilidades de la literacidad científica que presentan los estudiantes de Biomedicina?

¿Cómo se realiza la comunicación de la ciencia escrita en la Licenciatura en Biomedicina?

¿Cuáles son los factores de enseñanza-aprendizaje que se consideran en un modelo tecnopedagógico para el desarrollo comunicación de la ciencia como habilidad de la literacidad científica en estudiantes de Biomedicina?

¿Por qué es pertinente el uso de un modelo tecnopedagógico para desarrollar la comunicación de la ciencia como habilidad de la literacidad científica en las ciencias biológicas?

### 1.3 Justificación

La naturaleza de las condiciones derivadas de la pandemia ha obligado o permitido a los estudiantes optar por modalidades de estudio como la educación a distancia. Sin embargo, se ha perdido de vista las circunstancias de los profesores y estudiantes que no estaban preparados para esta modalidad. Según la UNESCO (2020), si no se cuidan y fortalecen los subsidios, las competencias digitales y las estrategias pedagógicas combinadas con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), puede provocarse una pérdida significativa de contenidos y habilidades requeridas en cada licenciatura.

En el ámbito social, es fundamental que los estudiantes desarrollen habilidades para la comprensión crítica de textos científicos, lo cual implica el pensamiento crítico, el desarrollo de la metacognición y la escritura científica. Estas son habilidades que deberían ser enseñadas por los docentes en etapas tempranas en la Licenciatura (Bortnik et al., 2017; Casanovas et al., 2019; Fry, 2020; Gormally et al., 2012). La enseñanza de estas habilidades requiere un modelo pedagógico que incorpore la tecnología, permitiendo a los estudiantes generar un aprendizaje autorregulado. Este modelo podría contribuir a la formalización de la comunicación científica y a la comprensión crítica de los textos científicos, facilitando su aplicación en la resolución de problemas científicos.

Este modelo pedagógico debe incluir formas de aprendizaje activo, permitiendo la participación en entornos de aprendizaje mixtos o virtuales que demandan razonamiento y pensamiento crítico, conduciendo así al autoaprendizaje de los estudiantes (Fry, 2020). Es de crucial importancia que las estrategias y modelos de aprendizaje sean dinámicos y estén impulsados por la investigación científica, a pesar de los desafíos que esto pueda implicar.

El desarrollo de habilidades de literacidad científica, especialmente en las ciencias biológicas, es esencial ya que permitirá a los estudiantes comprender mejor la tarea científica y tomar decisiones basadas en evidencia científica, sin restar valor a los objetivos de aprendizaje de los cursos. Por lo tanto, los docentes deben estar preparados para enseñar estas herramientas y habilidades en una etapa temprana de la licenciatura (Evans et al., 2020; Oliveira et al., 2019; O'Toole et al., 2020)

#### **1.4 Objetivo general**

Evaluar la habilidad de la comunicación de la ciencia mediante un modelo tecnopedagógico en estudiantes de Biomedicina.

#### **1.5 Objetivos específicos**

1. Caracterizar las habilidades de la literacidad científica del área biológica en estudiantes de Biomedicina.
2. Describir la percepción de los estudiantes acerca de cómo se aborda la comunicación de la ciencia en la Licenciatura en Biomedicina.
3. Diseñar un modelo tecnopedagógico para desarrollar la habilidad de la comunicación de la ciencia en la literacidad científica para estudiantes de Biomedicina.
4. Implementar un diseño tecnopedagógico para el desarrollo de la comunicación de la ciencia en el área biológica para estudiantes de Biomedicina.

## **1.6 Supuestos preliminares**

1. La aplicación de un modelo tecnopedagógico a los estudiantes de Biomedicina mejora las habilidades de comunicación de la ciencia en la literacidad científica, así mismo la lectura crítica y escritura científica.
2. El desarrollo de habilidades de la literacidad científica contribuye a los estudiantes a comunicar de manera efectiva los resultados de investigaciones en la disciplina de las ciencias biomédicas.
3. El desarrollo de habilidades de literacidad científica permite a los estudiantes solucionar problemáticas derivadas de su práctica profesional.

## **1.7 Delimitaciones**

La investigación se lleva a cabo en el contexto de la Educación Superior en la Licenciatura en Biomedicina. Los participantes son estudiantes de sexto a décimo semestre matriculados de una Universidad Pública del Estado de Puebla.

El desarrollo de la investigación se lleva a cabo mediante una plataforma virtual, no se desarrolla de manera presencial, por lo que la falta de capacitación de la interacción con el investigador podría dificultar la recolección de los datos.

Se eligió un diseño de investigación-acción, se produce una intervención a partir del diseño de un modelo tecnopedagógico que contiene secuencias didácticas específicas para escribir un cartel científico que pretende desarrollar la habilidad de la comunicación de la ciencia en la disciplina de las ciencias biológicas.

## 1.8 Línea de investigación

Dentro de las líneas de generación y aplicación del conocimiento del Doctorado en Sistemas y Ambientes Educativos a partir del 2023 son las siguientes:

1. Política, prospectiva y calidad de los Sistemas y Ambientes Educativos.
2. Desarrollo tecnológico e innovación en los Sistemas y Ambientes Educativos.

La pregunta de investigación que se generó es cómo un modelo tecnopedagógico contribuye al desarrollo de la literacidad científica en estudiantes de Biomedicina. Para responder a esta interrogante, se opta por un enfoque cualitativo, con el objetivo de mejorar las habilidades de literacidad científica. Este enfoque busca, a su vez, favorecer la calidad y el incremento de la producción científica en términos de escritura y fortalecer las competencias necesarias para la comprensión de la investigación en el ámbito de las Ciencias Biológicas.

El estudio se encuentra inmerso en la línea de investigación **Redes de conocimiento y aprendizaje** que tiene como objetivo la generación, adquisición y gestión del conocimiento a través de las redes sociales y tecnológicas en modelos educativos y tecnológicos eficaces.

Esta investigación tiene como propósito contribuir con un modelo tecnopedagógico fundamentado en un diseño instruccional que incorpora secuencias didácticas específicas orientadas al desarrollo de la habilidad de comunicación de la ciencia. El modelo se implementará en un contexto particular, en el cual estudiantes de la carrera de Biomedicina elaborarán un cartel científico como parte del proceso formativo para fortalecer dicha habilidad.

Este estudio se enmarca en el estudio de la literacidad, la cual ha tomado diversos rumbos que se aplican en la sociedad, en un principio puede referirse a las actividades de lectura y escritura

para la comprensión de textos, así como el cumplimiento de un objetivo deseado. La literacidad puede aplicarse en distintas disciplinas que tienen una meta en común que es desarrollar en los ciudadanos en el que es un elemento fundamental para el crecimiento económico en el que se incluye el bienestar y la riqueza de un país (Londoño, 2016) así pues una clasificación que se estudia es la literacidad científica, la cual tiene diversas acepciones, sin embargo coinciden en que se aplica para comprender contenido científico que contribuye a la resolución de problemas en la vida diaria, se podrían clasificar de varias maneras en las que se incluye la habilidad de pensar científicamente o el entendimiento de la ciencia y sus aplicaciones (Norris y Phillips, 2003). Por lo que un modelo aplicado mediante la virtualidad aportará a los estudiantes conexiones específicas con otros investigadores y desarrollar la habilidad de la comunicación de la ciencia en su disciplina.

## 2. Estado del arte

El término “literacidad” se ha utilizado aproximadamente desde 1880 y se refiere a la capacidad de una persona para leer y escribir, ser educada, tener cultura y ser crítica. Con el tiempo, el término ha evolucionado y se puede utilizar en distintos contextos y disciplinas del conocimiento, tales como, la literacidad matemática, en salud o científica (O’Toole et al., 2020).

De acuerdo con una revisión de publicaciones sobre educación en ciencias, se analizan tres componentes de la literacidad científica: 1) El acceso, que se refiere a la comunicación oral y escrita de la ciencia, así como al uso de la literatura en el aprendizaje de las ciencias. 2) El uso, que se refiere a lo que necesita saber la población respecto a la ciencia para explicar fenómenos de la naturaleza; este componente se analiza con frecuencia en las escuelas para incluir contenidos específicos. 3) El compromiso, que se refiere al impacto que tiene el estudiantado de ciencia para informar el aprendizaje de las ciencias (Anderson et al., 2020; Riquelme, 2017; Bybee, 1997; Cartwright et al., 2020; Rusilowati et al., 2016). Esta clasificación puede dar pauta para revisar la literacidad desde diversas perspectivas, en este estudio se realiza el análisis respecto a las habilidades de la literacidad científica incluyendo el uso y el compromiso en el aprendizaje de la literacidad científica.

En el ámbito académico de las ciencias biológicas, el estudio de la literacidad científica es muy amplio, y existen distintas acepciones que la abordan desde diferentes perspectivas. Una de ellas se refiere al desarrollo de habilidades en el aprendizaje de las ciencias, mientras que otra se enfoca en la adquisición de habilidades para que el estudiantado pueda explicar fenómenos científicos a la sociedad y contribuir a formar personas con alfabetización (Londoño, 2016; Washburn et al., 2023).

Sin embargo, el desarrollo de habilidades de la literacidad científica no se ha estudiado en profundidad. Aún existe discrepancia entre los elementos que la conforman o, bien, sobre cuáles deberían abordarse con mayor profundidad. Es de primordial importancia identificarlos para el análisis de los contenidos académicos y el impacto que tienen sobre el aprendizaje de las ciencias biológicas.

Este documento tiene como objetivo abordar las diferencias del concepto de literacidad científica en las ciencias biológicas, las habilidades relacionadas que se han descrito, las dimensiones, y los estudios concretos que abordan metodologías para el desarrollo de habilidades de la literacidad científica; así como las estrategias utilizadas mediadas por tecnología. Finalmente, se presentan los resultados del sondeo realizado en las bases de datos sobre las disciplinas de las ciencias biológicas y las habilidades encontradas.

## **2.1 Literacidad científica en las ciencias biológicas**

El desarrollo de la literacidad científica es uno de los objetivos de la educación, así como el acceso a la ciencia es primordial si queremos, como sociedad, formar ciudadanos y ciudadanas capaces de reconocer los procedimientos de la ciencia y usar el conocimiento científico para mejorar la calidad de vida (Semilarski y Laius, 2021). Algunos puntos clave para desarrollar la literacidad científica, incluso en la educación básica sugeridos por la OECD, son: 1) la comprensión de las características de la ciencia, 2) la influencia de la ciencia y la tecnología, y 3) adquirir niveles sobre el conocimiento científico. (Bybee, 1997). Una vez adquiridas estas habilidades, en la educación superior, el objetivo de la literacidad científica es profundizar en habilidades que contribuirán a la comprensión y comunicación de la ciencia (Anderson et al., 2020).

Se han planteado diferentes literacidades que permiten englobarlas en literacidades disciplinares. Es decir, un individuo letrado en una disciplina posee habilidades para el aprendizaje permanente en su campo de estudio y comprende múltiples habilidades básicas de interacción y comunicación (Evans et al., 2020). Desde esta perspectiva, los estudiantes de ciencias biológicas precisan que se les enseñen habilidades como la interpretación de datos, la comunicación científica y la aplicación del método científico para explicar fenómenos científicos a la sociedad. Para ello, se han desarrollado diversas estrategias educativas, como la lectura y la escritura sobre ciencia en textos especializados, como los artículos científicos, que son prácticas de literacidad científica necesarias para comunicar y comprender la ciencia (Washburn et al., 2023).

## **2.2 Conceptos de literacidad científica en las ciencias biológicas**

En la literatura, existen diversas acepciones presentes en publicaciones relacionadas con las ciencias biológicas. A continuación, en la tabla 1 se muestran los principales conceptos respecto a la literacidad científica en los que han coincidido diversos autores, los cuales hacen énfasis en el uso de datos y evidencias científicas para explicar fenómenos naturales. Algunos autores orientan este concepto con la finalidad de adquirir habilidades para explicarlo no solo en el ámbito académico, sino también para que los estudiantes de esta área puedan comunicarlo a la sociedad.

En este estudio se adopta el concepto de literacidad científica vinculado a habilidades específicas de una disciplina, necesarias para comunicar, debatir y entender la ciencia. Este concepto no limita únicamente a la lectura y escritura de la ciencia, sino que abarca el desarrollo de habilidades específicas esenciales para la educación en el ámbito biológico a nivel de pregrado (Nelms y Segura-Totten, 2019).

El desarrollo de la literacidad científica es fundamental en las carreras científicas, ya que permite a los estudiantes comprender el potencial de la ciencia, tomar decisiones informadas sobre situaciones cotidianas basadas en información científica, y es crucial para el desarrollo de la investigación científica y la comprensión de los experimentos en los laboratorios (Washburn et al., 2023).

**Tabla 1**

*Conceptos principales de la literacidad científica*

Autor	Literacidad científica
Shaffer et al., (2019)	“Uso de evidencias y datos para evaluar la calidad de la información de la ciencia y los argumentos”
Cartwright et al., (2020)	“Se refiere a la habilidad para usar el conocimiento científico para identificar y resolver problemas basados en evidencias, pueden ser usadas para comprender cualquier fenómeno natural”
Prastiwi et al., (2020)	“Habilidades para usar el conocimiento científico para identificar y resolver problemas basados en evidencias, que pueden ser usadas para comprender cualquier fenómeno natural”
Evans et al., (2020)	“Es la capacidad de hacer uso del conocimiento científico en el mundo real, así como las habilidades que conducen a la comprensión del conocimiento científico”
Woodham et al., (2016)	“Se refiere a las habilidades que comprenden la relación entre la ciencia y la sociedad”

**Nota:** Se muestran los conceptos que se refieren a la literacidad científica con un enfoque cognitivo que principalmente muestran las diferentes habilidades que se adquieren durante la formación académica.

De acuerdo con Semilarski y Laius, (2021) el desarrollo de la literacidad científica es el principal objetivo de la educación en ciencias; de esta manera el estudiantado letrado científicamente pueden conocer y usar el lenguaje aplicado en la biología, así como entender conceptos centrales, obtener conocimiento biológico y lograr una comprensión conceptual del conocimiento científico (Oliveira et al., 2019).

Las habilidades del estudiantado se desarrollan a lo largo de sus estudios universitarios, por lo que el impacto de la literacidad científica en el área biológica puede medirse a través de la

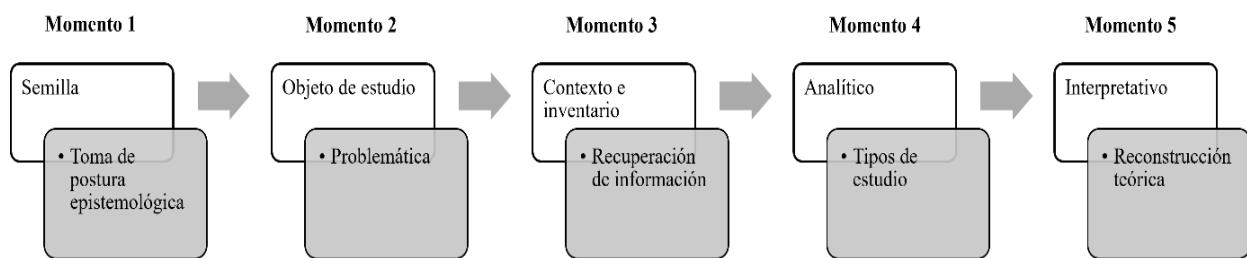
contribución de sus textos de difusión y divulgación científica. Se ha encontrado que habilidades como la escritura incrementan el entendimiento de los y las estudiantes en la disciplina, mejoran significativamente la comprensión lectora y la apreciación de la ciencia, además de proponer soluciones a problemas en la vida cotidiana, reforzando así sus habilidades y actitudes hacia la ciencia (Scott y Ahmed, 2020).

### **2.3 Metodología para la elaboración del estado del arte**

Para la elaboración del estado del arte, se siguió la metodología descrita en George-Reyes, (2019) como se muestra en la figura, quien afirma que “el estado del arte busca clarificar el curso actual de un problema científico, logrando con ello identificar las propuestas convergentes, divergentes y también las ausencias en la generación de un tópico particular” (p. 3).

**Figura 1**

*Estrategia para elaborar el Estado del Arte*



Nota: Tomado de Estrategia metodológica para la elaboración del estado del arte como un producto de investigación educativa, George-Reyes, (2019), (p. 10). Praxis Educativa.

En un primer momento, se pretende contextualizar el concepto de literacidad científica en las ciencias biológicas, así como el estado actual en el que se desarrolla este concepto. En un segundo momento, nos aproximamos pro medio de la siguiente clasificación del objeto de estudio

que incluye: a) el concepto de la literacidad científica en las ciencias biológicas, b) las habilidades que se desprenden de la literacidad científica en las ciencias biológicas, c) las dimensiones que se estudian sobre la literacidad científica, d) los estudios sobre literacidad científica en la educación superior en contextos nacionales e internacionales, y e) las investigaciones sobre las estrategias relacionadas a las tecnologías de la información y comunicación.

En un tercer momento, se eligió el material teórico, que se encontró en las bases de datos Scopus, Web Of Science y PubMed. Se incluyen documentos que provienen de revistas que publican en acceso abierto, de acceso gratuito temporal o permanente, publicaciones disponibles en repositorios, así como artículos de acceso no abierto que se solicitaron al autor por medio de apoyo institucional, además de revisiones de literatura y artículos de conferencia. La ecuación de búsqueda principal se realizó con las palabras clave que motivan el estudio “literacidad científica” y “habilidades”. Los términos fueron traducidos al inglés con apoyo del *thesaurus* de las bases de datos, establecidas como “scientific literacy” AND “skills”.

En un cuarto momento, se decidieron los siguientes criterios de inclusión:

- a) Artículos de revistas mencionados anteriormente.
- b) Publicaciones de los últimos 8 años (2015-2023).
- c) Publicaciones que abordan habilidades de literacidad científica en las ciencias biológicas.
- d) Herramientas didácticas para el desarrollo de habilidades de literacidad científica
- e) Literacidad científica utilizada en ciencias biológicas, incluyendo biología, biomedicina, medicina, bioquímica, ciencias químicas, microbiología y fisiología.
- f) Estudios de enfoque cuantitativo, cualitativo o métodos mixtos.

Los criterios de exclusión fueron:

- a) Estudios de literacidad científica en el ámbito cultural o alfabetización científica, cultura científica
- b) Otros tipos de literacidad (matemática, cultural o de salud).
- c) Estudios de literacidad científica aplicados a disciplinas distintas de las ciencias biológicas y a nivel básico o medio superior.
- d) Artículos duplicados.

En un quinto momento, se establecen los siguientes criterios para la interpretación de los hallazgos:

1. Discusión sobre conceptos de literacidad científica en las ciencias biológicas.
2. Discusión sobre las habilidades de la literacidad científica encontradas en el nivel superior en las ciencias biológicas.
3. Contribuciones de la didáctica al desarrollo de las habilidades de literacidad científica en las ciencias biológicas.
4. Relaciones que se establecen entre las habilidades de literacidad científica.

## **2.4 Resultados del estado del arte**

De acuerdo con la búsqueda, se encontraron 539 publicaciones en la base de datos Scopus 455 en WOS y 73 en PubMed. Para el análisis, solo 261 publicaciones abordan las habilidades de literacidad científica, y de estas, solo 34 incluyen alguna herramienta con TIC e incluyen y la abordan con las ciencias biológicas. Como podemos observar en la figura 1, de estas últimas publicaciones, el 67% son estudios de enfoque cuantitativo, el 12% de enfoque cualitativo, 9% de

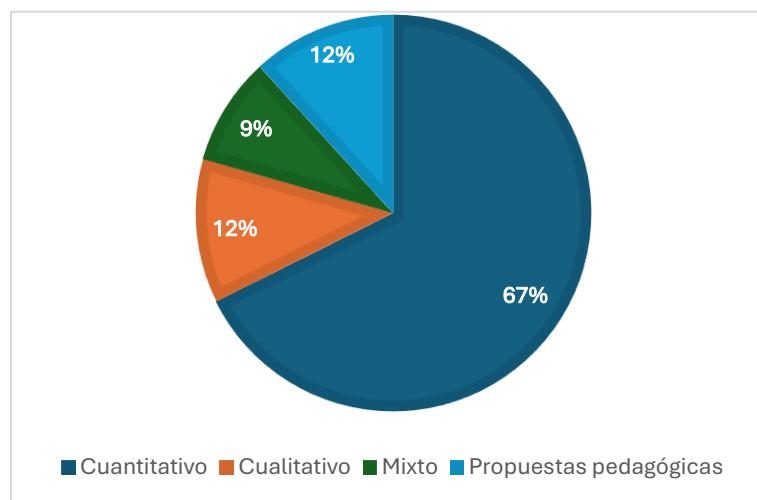
enfoque mixto y 12% son artículos que proponen metodologías educativas para desarrollar la literacidad científica.

Los estudios publicados coinciden en algunas de las habilidades de literacidad científica. Es decir, los autores proponen al menos cuatro habilidades, que incluyen la comunicación científica escrita, el análisis científico basado en evidencias y datos, la argumentación, y la creación de gráficas y figuras para la explicación de la ciencia. La mayoría de las publicaciones se enfocan en desarrollar solo una de estas habilidades, y no existe uniformidad en los estudios revisados en este análisis.

Además, es difícil encontrar estrategias que desarrollem la mayoría de las habilidades simultáneamente. Los autores sugieren que las estrategias deben ser diferentes para cada habilidad, ya que abarcan dimensiones y constructos distintos. Por lo tanto, es razonable identificar las habilidades basándose en el syllabus correspondiente.

**Figura 2**

*Porcentaje de publicaciones acerca de literacidad científica en las ciencias biológicas*

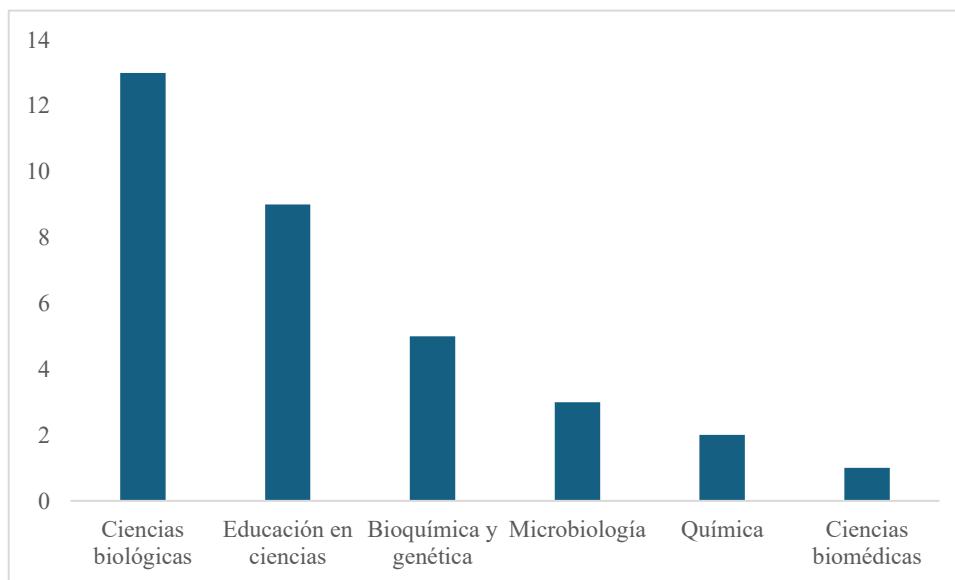


Fuente: Elaboración propia.

Se hizo una búsqueda por disciplinas que se encuentran en las ciencias biológicas. Se encontraron propuestas del desarrollo de habilidades en la inmunología, bioquímica y genética, microbiología, química, biología y enfermería, ciencias biomédicas, educación en ciencias y ciencias biológicas propiamente dichas.

**Figura 3**

*Publicaciones encontradas en las disciplinas de las Ciencias Biológicas*



**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de las publicaciones se lograron extraer las habilidades que se han propuesto de literacidad científica que los autores consideran como habilidades clave para el desarrollo en la disciplina de las ciencias biológicas, se han resumido en la tabla 2.

**Tabla 2***Habilidades de Literacidad científica referidas en publicaciones*

<b>Habilidad</b>	<b>Descripción</b>
1. Argumentación	Forma parte de la escritura científica, consiste en presentar los resultados con datos y evidencias de forma clara, incluye una explicación y justificación, así como la correspondencia con los conceptos científicos (Roviati et al., 2022).
2. Comunicación de la ciencia escrita, oral y visual	La escritura es una actividad retórica compleja, la comunicación es propia de cada disciplina y es necesario aprender el lenguaje para pertenecer a una comunidad científica, en la comunicación de la ciencia existen diversos formatos para la presentación de datos por ejemplo los gráficos y las imágenes científicas (Navarro et al., 2022).
3. Búsqueda e interpretación de la información	Se refiere a la búsqueda de evidencias concretas mediante una colección diversa y significativa de fuentes de alta calidad, las fuentes de información son propias de la disciplina (Stockwell, 2016).
4. Reconocimiento y descripción de los conceptos de las disciplinas	Consiste en tener una participación activa en la ciencia que incluye el uso del lenguaje y la participación en el discurso científico (Geithner y Pollastro, 2016).
5. Aplicación de la ciencia para la resolución de problemas	Es la habilidad para generar opiniones informadas sobre la ciencia para resolver o explicar controversias y fenómenos científicos y proponer soluciones (Hussa, 2018).
6. Diseño y comprensión de los experimentos científicos	Es la habilidad que permite a los científicos plantear el diseño de los experimentos que consta de la validez científica de los objetivos de investigación, la descripción de los métodos e instrumentos y describir la validez y claridad de las conclusiones (Bortnik et al., 2017).
7. Realizar preguntas de investigación	Es la capacidad para evaluar de manera crítica los diseños de investigación así como identificar las fortalezas y debilidades de los estudios para plantear nuevas preguntas de investigación (Cartwright et al., 2020).
8. Comprensión de esquemas	Consiste en analizar e interpretar los datos y obtener conclusiones, así como la identificación de suposiciones, evidencia y razonamiento de los esquemas (Heliawati et al., 2020).
9. Creación de figuras y gráficos para la explicación de la ciencia	Es la habilidad para crear e interpretar datos expresados de forma visual, se requiere que los estudiantes interpreten los gráficos con la información pertinente (Kirby et al., 2019).
10. Comprensión, apreciación de la ciencia y el uso de la tecnología en la vida diaria	Consiste en comprender el entorno y el medio ambiente mediante una explicación utilizando la evidencia científica (Dewi et al., 2019).
11. Toma de decisiones basada en evidencia científica	Es la habilidad para encontrar fuentes apropiadas y confiables para analizar críticamente un argumento para pensar de forma crítica, actuar de manera responsable, liderar de manera efectiva y vivir humanamente (Taylor, 2020).

12. Identificación de los componentes de artículos científicos	Es la habilidad de analizar datos y argumentos, así como la adquisición de nuevo material y vocabulario y la identificación de esquemas, técnicas y procedimientos (Nelms y Segura-Totten, 2019).
13. Proporcionar revisión por pares	Es un método para evaluar el trabajo científico y una estrategia ampliamente usada en la comunidad científica para mejorar la calidad de artículos científicos, también es utilizada con los estudiantes para ayudarlos en la escritura científica y ofrecer retroalimentación (Roviati et al., 2022)
14. Habilidades de laboratorio	Consiste en la habilidad de obtener e incorporar conceptos y prácticas de la comunidad científica que tengan como resultado un razonamiento cuantitativo que permita comprobar fenómenos científicos (Buteyn et al., 2019).

Nota: La descripción de las habilidades se ha realizado según lo publicado por cada autor.

Para el análisis de los artículos, consideramos definir la literacidad científica y las habilidades en las que han coincidido la mayoría de los autores, así como las propuestas pedagógicas y tecnológicas que se utilizan en la actualidad. Se identificaron 4 núcleos temáticos a partir de la interpretación de la literatura encontrada que podemos encontrar de manera resumida en la tabla 4.

## 2.5 Análisis del estado del arte

### 2.5.1 Núcleo temático 1: Literacidad científica en las ciencias biológicas.

Los individuos con literacidad científica disciplinaria poseen habilidades para el aprendizaje permanente en su campo de estudio. Evans et al., (2020) proponen el desarrollo de planes integrales en el contexto del conocimiento disciplinario. Para el desarrollo de habilidades se requiere familiarización con los estilos académicos, por ejemplo, la escritura científica y la comprensión de la literatura primaria, que suelen ser distintas de otras áreas. Además, los estudiantes deberían ser capaces de aplicar conceptos científicos, explicar y evaluar datos sobre el mundo que nos rodea (Anderson et al., 2020; Shaffer et al., 2019; Taylor, 2020).

Es importante destacar los principales conceptos en los que coincide la mayoría de los autores en este estudio, como se puede observar en la tabla 3. La mayoría enfatiza el uso de evidencias y datos para explicar los fenómenos científicos.

**Tabla 3**

*Conceptualizaciones sobre literacidad científica en las Ciencias Biológicas*

Autor	Conceptualización	Habilidades
Evans et al., (2020)	“Es la capacidad científica de hacer uso del conocimiento científico en situaciones del mundo real” (p. 1731).	Aprendizaje permanente en su campo de estudio. Múltiples habilidades básicas de interacción con la disciplina.
Prastiwi et al., (2020)	“Habilidades para usar el conocimiento científico para identificar y resolver problemas basado en evidencias, que pueden ser usadas para comprender cualquier fenómeno natural” (p. 230).	Comunicación científica Observación y experimentación Pensamiento científico y creativo
Shaffer et al., (2019)	“Uso de evidencias y datos para evaluar la calidad de la información de la ciencia y argumentos presentados por científicos” (p. 1).	Comprender los métodos de investigación Organizar, analizar e interpretar datos basados en información científica
Woodham et al., (2016)	“Habilidades que comprenden la relación entre la ciencia y la sociedad” (p. 458).	Adquirir y nombrar la literatura primaria Interpretación de los datos Escritura científica Diseño experimental

**Nota:** El concepto de literacidad científica en las ciencias biológicas, abarca en un conjunto de habilidades que se deben desarrollar a lo largo de la licenciatura, y no se limita únicamente a la lectura y escritura de la ciencia.

## 2.5.2 Núcleo temático II. Habilidades de literacidad científica en el área biológica.

Las habilidades de literacidad científica deben ser enseñadas en el contexto del conocimiento disciplinario (Momsen et al., 2010; Navarro et al., 2022). Estas habilidades abarcan la comprensión de la relación entre la ciencia, los profesionistas dedicados a la ciencia y la sociedad (Suwono et al., 2019; Woodham et al., 2016). Sin embargo, en este estudio se identifica un vacío en cuanto a la escritura científica, dado que existe una escasez de estrategias desarrolladas por expertos en ciencias biológicas para cultivar esta habilidad. La escritura científica está

intrínsecamente ligada a la capacidad de argumentación, la revisión por pares y los diversos formatos en los que se comunica la ciencia en el ámbito biológico. Es importante destacar que entre los estudiantes principiantes en ciencias no se ha observado el desarrollo de esta habilidad, la cual se ha sugerido implementar desde los niveles educativos básicos o de enseñanza media. En particular, la comunicación de la ciencia requiere de habilidades específicas previas, tales como el pensamiento crítico, la argumentación, la literacidad visual y el análisis de la información (Firdausy y Prasetyo, 2020; Fırat y Köksal, 2019).

La medición de las habilidades en las ciencias biológicas se ha realizado mediante el Test de Habilidades de Literacidad Científica (TOSLS, por sus siglas en inglés), propuesto por Gormally et al., (2012) para evaluar los niveles de literacidad científica. Varios autores han replicado en subdisciplinas de las ciencias biológicas, como la bioquímica, la química y la biotecnología (Aiman et al., 2020; Açıkgül y Köksal, 2019; Segarra et al., 2018; Vogelzang et al., 2020).

Este cuestionario ha sido el más utilizado para medir las habilidades de literacidad científica. Sin embargo, no se ha realizado un estudio cualitativo o mixto que aplique estrategias específicas para el desarrollo de las habilidades propuestas y que destaque su eficiencia. Además, en las disciplinas generalmente no se enseñan estas habilidades de manera explícita con estrategias de enseñanza específicas y con una medición cuantitativa y cualitativa, sino que se han aplicado en contextos diversos, por lo tanto, los resultados suelen ser diferentes.

Otro aspecto relevante en la medición de las habilidades de literacidad es que esta se basa en la percepción de los estudiantes, la cual puede variar significativamente según el contexto en el que se encuentren. Esto puede influir en la aplicación de la estrategia de enseñanza, ya que, aunque

la percepción tiende a ser positiva después de la instrucción, no necesariamente refleja una mejora real en las habilidades adquiridas.

### **2.5.3 Núcleo temático III. Contribuciones de la didáctica al desarrollo de las habilidades de literacidad científica.**

El uso de la tecnología desde la pandemia ha tomado un papel fundamental, sin embargo, se evidenció una grave deficiencia en la implementación de estrategias basadas en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Esta carencia posiblemente se deba a la falta de preparación de los docentes en el campo de las ciencias. A esto se suma que los estudiantes no estaban preparados para la educación a distancia. En este sentido, la enseñanza de habilidades dentro del contexto del conocimiento disciplinario podría facilitar el diseño de estrategias adaptadas a las necesidades de los estudiantes, lo cual se ha fortalecido notablemente desde el año 2020 hasta la fecha actual (Evans et al., 2020; Scott y Ahmed, 2020).

Es importante destacar que la enseñanza científica implica la implementación de un conjunto de estrategias de aprendizaje activo que conllevan andamios específicos para el desarrollo de cada una de las habilidades de literacidad científica. Estas estrategias suelen ser más efectivas cuando se realizan grupos pequeños, como los grupos de caso ya que fomentan la confianza y mejoran el rendimiento académico (Moyano, 2017).

En relación con las tecnologías específicas identificadas en el análisis, se hace mención de estrategias particulares como el uso de blogs y portafolios electrónicos los cuales han demostrado contribuir al avance de la comunicación científica (Oliveira et al., 2019; Prastiwi et al., 2020). Estos estudios muestran que el portafolio electrónico es eficaz para evaluar habilidades como la comunicación científica, la observación, la experimentación, el pensamiento científico y creativo.

La plataforma Moodle facilita la organización de la evidencia, los instrumentos, la reflexión y la validación de las actividades. Sin embargo, esto solo será posible si existen criterios estandarizados. Por lo tanto, las habilidades solo se pueden mejorar con intervenciones de capacitación que incluyan elementos multimedia, textos ilustrados, audios con ejemplos y videos tutoriales cortos (Münchow et al., 2023). En la enseñanza universitaria, debería ser un objetivo a largo plazo ayudar a los estudiantes a familiarizarse con el conocimiento del contenido y mejorar las habilidades de literacidad científica. No obstante, no se evidencia la aplicación de un modelo de aprendizaje específico que fomente el desarrollo de la habilidad de la escritura científica. En su lugar, estas prácticas se orientan hacia un enfoque continuo a lo largo de la trayectoria académica, requiriendo una mejora constante como parte del desarrollo profesional individual.

Por otra parte, en el contexto de la educación a distancia, surgió la necesidad de comprender fenómenos naturales, como la aparición de un nuevo virus que afectó a la población en su totalidad. En este escenario, adquirieron un papel crucial saber cómo formular preguntas de investigación, evaluar argumentos científicos y fortalecer la comprensión lectora de artículos científicos. Sin embargo, estos textos suelen estar redactados en un lenguaje técnico especializado, lo cual exige una preparación académica adecuada para su correcta interpretación (Dori et al., 2023; Lee et al., 2023).

Como parte de la educación a distancia, en la que se utilizan modelos virtuales de enseñanza, es importante realizar capacitaciones adecuadas y emplear modelos instruccionales efectivos. Se ha observado que las actividades estructuradas, las tareas detalladas, el nivel de retroalimentación y la flexibilidad para revisar y enviar tareas, así como la participación de

instructores como mentores y colaboradores de investigación, mejoran la autoeficacia de los estudiantes. Esto permite que modelos como el aprendizaje basado en problemas, combinado con el modelo TPACK, expongan a los estudiantes a situaciones no estructuradas del mundo real y les ayuden a comprender los desafíos de manera más organizada, clara y dirigida (Zubaidah et al., 2023; Killpack y Popolizio, 2023).

Se ha observado que otros estudios respaldan la eficacia del uso de un club virtual, especialmente cuando se recibe la retroalimentación de pares en colaboración con otros científicos de diferentes países. Este enfoque puede resultar particularmente relevante para la comunicación científica, cuando está en un contexto especializado. Asimismo, la utilización de tutorías en línea puede ser beneficiosa si se integran dentro de un modelo pedagógico que siga una ruta específica en la disciplina que se busca desarrollar, lo que podría contribuir al fortalecimiento de las habilidades de literacidad científica (Bortnik et al., 2017; Duncan et al., 2018; Woodham et al., 2016).

Por otro lado, al analizar algunas limitaciones asociadas al uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), se ha planteado que las plataformas educativas pueden presentar ciertas complicaciones debido a la falta de familiarización con la interfaz o a dificultades en interacciones personales. Por consiguiente, se identifican áreas de oportunidad para abordar este desafío, como el diseño de pedagogías de aprendizaje que proporcionen experiencias de aprendizaje centradas en el mundo real.

## **2.5.4 Núcleo temático IV. Relaciones que se establecen entre las habilidades de literacidad científica y su impacto en el aprendizaje en las ciencias biológicas.**

El impacto de la literacidad científica en el ámbito biológico tiene una importancia crucial dado al continuo desarrollo científico y tecnológico, especialmente ante el crecimiento de enfermedades y agentes patógenos. Es primordial que el personal docente aborde la necesidad de desarrollar estrategias que faciliten a los estudiantes la comprensión de la ciencia dentro de su propia disciplina. En este sentido, no solo son relevantes las habilidades académicas, como la comprensión de prácticas de laboratorio, sino también la capacidad de comunicar la ciencia, lo cual desempeña un papel fundamental entre los científicos y científicas como en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

En las publicaciones analizadas, se observa que algunas habilidades están interrelacionadas. Por ejemplo, la revisión por pares puede considerarse una estrategia de enseñanza en la universidad para mejorar la escritura científica mediante la retroalimentación del estudiantado, así como para aumentar su autoconfianza en esta habilidad. En el estudio realizado por Geithner y Pollastro (2016), se observó que el compromiso activo en esta actividad en un curso de escritura científica ayuda a comprender mejor el proceso científico y a mejorar la calidad de las publicaciones dentro de la disciplina.

Por consiguiente, resulta imperativo que desde el inicio de la carrera universitaria se implementen estrategias de enseñanza específicas, las cuales, además, deberían estar orientadas y enriquecidas por aportes otras disciplinas, con el objetivo de lograr una comunicación efectiva en el ámbito científico (Navarro, 2017).

**Tabla 4***Publicaciones enfocadas en el desarrollo de Habilidades de Literacidad Científica*

<b>Autores</b>	<b>Habilidades identificadas</b>	<b>Contribuciones</b>	<b>Medición de impacto</b>
A Progressive Reading, Writing, and Artistic Module to Support Scientific Literacy (Stockwell, 2016)	Buscar, interpretar, argumentar información científica, comunicación de la ciencia a través de la escritura	La implementación de un módulo de aprendizaje refuerza las habilidades de la escritura de argumentos basados en evidencia científica y la revisión por pares	Midieron el impacto en la calidad de argumentación
“Science Fiesta!” Combining student-led community outreach with local culture (Block et al., 2016)	Comunicación de la ciencia a través de la divulgación científica para el público y para científicos, habilidades para el diseño, dirección de actividades y cumplimiento de objetivos	La implementación de un modelo de divulgación científica en el que participaron estudiantes de ciencia mejora la literacidad científica en el público, así como la comunicación pública de la ciencia de los estudiantes	Midieron el impacto en el público respecto a la comprensión de un tema científico mediante una infografía con elementos de divulgación
Doing peer review and receiving feedback: impact on scientific literacy and writing skills (Geithner y Pollastro, 2016)	Lectura crítica, identificar los componentes de un artículo científico o un reporte de laboratorio, proporcionar revisión por pares, incorporar retroalimentación en la reescritura, apreciar la revisión por pares y la retroalimentación y sentirse parte de una comunidad de aprendizaje científico	La implementación de la retroalimentación de la revisión por pares mejora la habilidad de la escritura científica	Mejora la percepción de sus habilidades de literacidad científica
Enhancing Scientific Literacy in the Undergraduate Cell Biology Laboratory Classroom (Woodham et al., 2016)	Comprender técnicas de laboratorio, identificar características de los procesos de búsqueda de información científica, procesamiento de datos, interpretación y presentación e interpretar, discutir y analizar la información científica	La implementación de un plan de estudios de literacidad científica en el área biológica que incorpora la lectura y la discusión de literatura primaria en experiencias y prácticas colaborativa permite mejorar las habilidades de literacidad científica	Mejoran las habilidades de comprensión de la ciencia. Lo realizaron mediante una prueba objetiva de conocimientos
Curriculum Alignment with Vision and Change Improves Student Scientific Literacy (Auerbach y Schussler, 2017)	Identificar un argumento científico válido, leer e interpretar representaciones gráficas, comprender e interpretar representaciones de datos estadísticos, comprender los elementos del diseño de investigación, realizar gráficos, justificar	La evaluación mediante la prueba de Habilidades de Literacidad Científica (TOSLS) de la efectividad de cambios curriculares respecto a los planes de estudios garantiza si los estudiantes logran resultados previstos de un conjunto de cursos	No aplica

	inferencias, predicciones y conclusiones basados en datos cuantitativos		
Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices (Bortnik et al., 2017)	Recolectar, sistematizar e interpretar datos estadísticos, habilidades de laboratorio: revisión de métodos, preparación de muestras y soluciones, instrumentación, recolección de datos, tabulación, realizar gráficos y evaluar controles	La implementación de un laboratorio virtual es efectiva como entrenamiento y permite a los estudiantes practicar habilidades necesarias. Contribuye al desarrollo de la literacidad científica y la apreciación de la Química en la sociedad	Mejora la percepción de sus habilidades de literacidad científica
Audio Feedback: Student and Teaching Assistant Perspectives on an Alternative Mode of Feedback for Written Assignmens (Rawle et al., 2018)	Competencia de comunicación científica escrita	La implementación de actividades de retroalimentación por audio que recibieron los estudiantes sobre un ensayo académico, el cual muestra que fue logísticamente factible y podría ayudar a superar la desconexión que a menudo se presenta en los cursos	La retroalimentación impacta la percepción de manera positiva la competencia de comunicación escrita
Can I still eat it? Using problem-based learning to test the 5-second rule and promote scientific literacy (Hussa, 2018)	Toma de decisiones basadas en evidencia científica	La implementación de la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas desarrolla habilidades de la literacidad científica tales como la comprensión de la evidencia científica en artículos científicos.	Mejora la comprensión de un fenómeno científico.
Student performance on the Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS) does not change with assignment of a low-stakes grade (Segarra et al., 2018)	Identificación y análisis de los datos científicos	La medición de las competencias de literacidad científica a través del Test (TOSLS) como un recurso para instructores de biología contribuyen a la formación del conocimiento científico	No aplica
The use of a virtual journal club to promote cross-cultural learning in the reproductive sciences (Duncan et al., 2018)	Revisión entre pares, discusión y comunicación científica	El uso de un club virtual fomenta la colaboración, mejora la comunicación multilingüística y las competencias culturales y amplía el mundo profesional entre redes	Mejora la percepción de la comunicación y la competencia cultural
DivulgaMicro: A Brazilian Initiative	Comunicación escrita de la ciencia	La implementación de un blog “DivulgaMicro” mejora la	Mejora la comprensión de la ciencia y la

To Empower Early Career Scientists with Science Communication Skills (Oliveira et al., 2019)	comunicación pública de la ciencia, así como la redacción científica y las presentaciones orales para público no especializado	redacción, hubo medición de la percepción de escritura	
An Ethnoscience Study in Chemistry Learning to Develop Scientific Literacy (Dewi et al., 2019)	Reconocer conceptos en Química, definir conceptos clave, usar el conocimiento científico para obtener información, identificar y explicar los fenómenos químicos, usar la evidencia científica, análisis de la información o evidencia, aplicar la ciencia para la resolución de problemas, comunicación de la ciencia y uso de productos en la Química	La implementación de la etnociencia como método de aprendizaje desarrolla habilidades de la literacidad científica en términos de contenido, competencia, contexto y actitud	Los estudiantes explican fenómenos químicos
Expert–Novice Comparison Reveals Pedagogical Implications for Students’ Analysis of Primary Literature (Nelms y Segura-Totten, 2019)	Comprender los diseños de investigación, evaluar argumentos científicos, y análisis del contenido científico	El análisis de la literatura científica incrementa el pensamiento crítico, mejora la comprensión de las lecturas debido al desarrollo de habilidades de la literacidad científica	No aplica
Exploring Nutraceuticals to Enhance Scientific Literacy: Aligning with Vision and Change (Buteyn et al., 2019)	Explorar la literatura científica Comprender los métodos (técnicas de laboratorio) Diseñar y conducir experimentos Análisis de la información	La implementación del aprendizaje basado en evidencias mejora las habilidades de la literacidad científica, sin embargo, existe un impacto negativo en los resultados afectivos de los estudiantes	Mejora la percepción de las habilidades de literacidad científica
The Effectiveness of Content and Language Integrated Learning-Based Teaching Material in the Topic of The Nature of Matter on Scientific Literacy (Heliawati et al., 2020)	Explicar los fenómenos científicamente (Recordar y aplicar el conocimiento científico, identificar, usar y producir modelos y representaciones, realizar y justificar predicciones científicas) diseñar y evaluar investigaciones científicas (Identificar preguntas científicas y distinguir preguntas que pueden ser	El desarrollo de habilidades incrementa la literacidad científica, así como la actitud frente a la ciencia	No aplica

	investigadas científicamente) interpretar datos y evidencia científica		
The Figure of the Day: A Classroom Activity to Improve Students' Figure Creation Skills in Biology (Kirby et al., 2019)	Crear e interpretar gráficas, tablas y figuras	La actividad de la figura del día mejora significativamente, incrementaron sus habilidades de interpretación y creación de figuras, además los estudiantes la perciben de forma agradable	Mejora la percepción de la habilidad para la creación e interpretación visual de los datos
Scientific Literacy: an exercise in model building (O'Toole et al., 2020)	Escritura, oralidad, comunicación de la literatura, interpretación numérica y de diagramas y argumentación	El establecimiento de un modelo conceptual para la enseñanza de la literacidad científica que comprende el uso, el compromiso y el acceso a la ciencia mejora las habilidades de la literacidad científica.	No aplica
Assessing scientific literacy skill perceptions and practical capabilities in fourth year undergraduate biological science students (Cartwright et al., 2020)	Aplicar el conocimiento científico para la resolución de problemas cotidianos, realizar preguntas de investigación para abordar problemas desconocidos, traducción y comunicación de la ciencia en términos claros y comprensibles	La implementación de actividades de lectura crítica desarrolla de habilidades de literacidad científica. Se construyeron actividades de aprendizaje para comprender lecturas de las ciencias biológicas y se midieron las percepciones de los estudiantes acerca de la literacidad científica como resultado, las habilidades no se alinean con las percepciones de los estudiantes.	Midieron su percepción acerca de las actividades y utilizaron la prueba TOSLS, cambiaron su percepción de habilidades de literacidad científica, pero no hubo cambio en las habilidades
Assessing Using Technology: Is Electronic Portfolio Effective To Assess the Scientific Literacy on Evolution Theory (Prastiwi et al., 2020)	Describir conceptos, comprensión de esquemas de conceptos en la ciencia, comprender el proceso de investigación y el diseño tecnológico, comprender y apreciar la ciencia y la tecnología con su relación en la vida diaria, realizar conexiones entre disciplinas científicas y la tecnología	La implementación de un e-portafolio para la evaluación de habilidades de literacidad científica respecto al tema de evaluación mejora las habilidades científicas en un 9.5% en un nivel multidimensional a través del portafolio electrónico	Mejoran las habilidades científicas en un 9.5% en un nivel multidimensional a través del portafolio electrónico
Integrating scientific literacy skills into a biochemistry course for nonscience	Tomar de decisiones basadas en evidencia científica	La implementación de actividades con integración de información, adquisición, fuentes de análisis y aplicación incrementa el entendimiento de	Mejora la comprensión de la ciencia

majors (Taylor, 2020)		los estudiantes en el área bioquímica	
The Biochemical Literacy Framework: Inviting pedagogical innovation in higher education (Evans et al., 2020)	Pensamiento crítico, comunicación de la ciencia, autogestión, literacidad de la información, literacidad visual, habilidades prácticas y análisis de contenido científico	La propuesta pedagógica de literacidad científica debe ser construida en las distintas disciplinas de las ciencias biológicas, según las habilidades específicas que requieren los estudiantes en su área disciplinar	No aplica
Using real-world examples of the COVID-19 pandemic to increase student confidence in their scientific literacy skills (Anderson et al., 2020)	Extracción y descripción de la información necesaria para la comprensión del fenómeno científico, comprensión y análisis de las figuras de los artículos, comprender los diseños de experimentación, identificar y comunicar los resultados	Los ejemplos basados en la actualidad mejoran significativamente la comprensión de la lectura y mejora las habilidades de la literacidad científica	Mejora la percepción de sus habilidades de literacidad científica
Practicing Critical Thinking in Undergraduate Microbiology Classes by Presenting News Stories with Data Evidence (Moisander, 2021)	Evaluar los datos basados en evidencia científica	La aplicación de una estrategia pedagógica que consiste en la evaluación crítica de la evidencia de datos científicos	No hay medición del impacto
The Effect of Blended Project-Based Learning for Enhancing Student's Scientific Literacy Skills: An Experimental Study in University (Ploj Virtič, 2022)	Explicar fenómenos científicos, diseñar y evaluar proyectos de investigación científica, interpretar datos	La aplicación del aprendizaje basado en proyectos en modalidad semi-presencial para mejorar habilidades de literacidad científica	Mejora de la habilidad de la explicación de fenómenos científicos mediante la técnica de aprendizaje basado en proyectos
How do readers at different career stages approach reading a scientific research paper? A case study in the biological sciences (Hubbard et al., 2022)	Leer artículos científicos	El estudio de cómo abordan la lectura de artículos científicos expertos y estudiantes de pregrado y posgrado	La lectura de los expertos está centrada principalmente en los datos

Science Writing in Higher Education: Effects of Teaching Self-Assessment of Scientific Poster Construction on Writing Quality and Academic Achievement” (Navarro et al., 2022)	Escritura científica	La aplicación de la autoevaluación y la evaluación por pares de la escritura en un póster científico fomenta el aprendizaje de la escritura científica	No hubo diferencia significativa en los grupos de control y tratamiento, excepto en un marcador que se refiere a la evaluación de los debates
Biomedical engineering students questions posing skill base on reading scientific articles (Dori et al., 2023)	Plantear preguntas de investigación	La formulación de preguntas como parte de la comprensión de artículos científicos puede ayudar a comprender la lógica de una investigación mediante un curso híbrido.	Mejora de la habilidad para plantear preguntas de investigación y la evaluación crítica de los resultados derivados de los artículos científicos
Promoting students argument comprehension and evaluation skills: Implementation of two training intervention in higher education (Münchow et al., 2023)	Comprender y evaluar textos científicos	La mejora del procesamiento de argumentos mediante un programa voluntario de formación en línea ofrecido como actividad integrada en un curso universitario regular.	Mejora de la habilidad de la evaluación de argumentos informales en textos científicos
Annotations serve as an on ramp for introductory biology students learning to read primary scientific literature (Lee et al., 2023)	Leer y comprender literatura científica primaria	Las anotaciones sobre la literatura científica primaria ayudan a los estudiantes a identificar los fragmentos de la lectura, resumir, identificar la información clave y distinguir entre diferentes secciones.	Mejora de la comprensión de la lectura científica primaria mediante la realización de notas como estrategia
An equity focused redesign of an introductory organismal biology lab course to developed foundational scientific practices (Killpack y Popolizio, 2023)	Comunicación de la ciencia	El rediseño de un curso de laboratorio, la mayoría de los estudiantes dominaron las habilidades de análisis, elaboración de gráficos y redacción de resultados experimentales	Mejora en la visualización de los datos en gráficas y el uso de estadísticas, así como la comprensión de la hipótesis nula
Discussion of annotated research	Analizar artículos de investigación científica	La aplicación de un enfoque pedagógico para la discusión	Mejora en la interpretación de las

articles results in increases in scientific literacy within a cell biology course (Washburn et al., 2023)	de artículos científicos y su efecto en la actividad en las habilidades de literacidad científica.	representaciones gráficas de los resultados de los artículos y la comprensión del diseño experimental del estudio	
TPACK-based active learning to promote digital and scientific literacy in genetics (Zubaidah et al., 2023)	Evaluar la calidad de información científica y los argumentos científicos utilizando datos	La aplicación de 3 modelos de aprendizaje (PBL, RQA y PBL-RQA) activo basado en TPACK produce una mejora en la literacidad científica en una clase de genética	No hubo una mejora significativa en el aumento de la literacidad científica

## 2.6 Conclusiones del estado del arte

El desarrollo de habilidades de literacidad científica ha sido objeto de estudio a través de diversas estrategias, siendo la mayoría de ellas de naturaleza cuantitativa. Se observa una escasez de investigaciones cualitativas y una falta de estudios mixtos a nivel universitario. Aunque los estudios coinciden en algunas habilidades de literacidad científica, no existe uniformidad en este aspecto. Se ofrecen sugerencias que se centran en el desarrollo de habilidades consideradas críticas en la disciplina, si bien es importante destacar la escasez de estrategias específicas para desarrollar la mayoría de estas habilidades. Además, las estrategias propuestas abordan distintos constructos y dimensiones, así como contextos diversos.

En cuanto a la conceptualización de literacidad científica, persisten diversas acepciones. No obstante, hay consenso en torno al desarrollo de habilidades que deberían ser abordadas en la educación científica, aunque en la mayoría de las instituciones educativas no se incluyen en el currículo. Según Semilarski y Laius (2021) la literacidad científica refleja el principal objetivo de la educación en ciencias, por lo que sería necesario realizar modificaciones en los programas de Educación Superior, especialmente en el ámbito de las ciencias biológicas, para considerarla en el

proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las habilidades identificadas en las publicaciones analizadas sugieren que cada disciplina presenta requisitos particulares en cuanto a la literacidad científica. Aunque la mayoría coincide en la relevancia del fomento del pensamiento crítico, la comprensión de textos científicos y la comunicación en el ámbito científico, estas habilidades están estrechamente vinculadas. En consecuencia, sería razonable esperar que se promovieran de manera integrada a través de una ruta estratégica en los programas universitarios.

### 3. Marco teórico

#### 3.1 Conectivismo

El impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en los procesos educativos a nivel global ha motivado la evolución de modelos pedagógicos adaptados a la realidad contemporánea. En este contexto, el conectivismo emerge como una teoría de aprendizaje que incorpora la influencia de las redes digitales y la información a través de ellas.

El conectivismo, promovido por Stephen Downes y George Siemens, postula que el aprendizaje es un fenómeno distribuido y reside fuera de la mente individual, manifestándose como la habilidad para acceder y utilizar información en red. Este enfoque conceptualiza el conocimiento como patrones de conexiones y relaciones, y el aprendizaje como la capacidad de crear y desarrollar nuevas conexiones dentro de estos patrones (Siemens, 2007).

Desde una perspectiva teórica, el conectivismo abarca diversas dimensiones biológicas, neuronales, conceptuales y sociales del aprendizaje. Las conexiones entre nodos y la representación en red facilitan la visualización y comprensión de las relaciones entre unidades de información. Este proceso se caracteriza por la creación personal de nodos y enlaces, fundamentales para el desarrollo autónomo del aprendizaje el estudiante (Montoya et al., 2019; Pabon, 2014; Sobrino, 2014).

Zapata-Ros (2015) argumenta que el aprendizaje bajo el paradigma del conectivismo implica la habilidad de los individuos para utilizar efectivamente información almacenada en dispositivos digitales, requiriendo competencias y habilidades de alfabetización digital. Siemens (2004) amplía esta visión al describir el conectivismo como una extensión del aprendizaje que se

produce a través de redes personales, integrando principios derivados de teorías de caos, redes complejas y autoorganización.

La teoría conectivista también explora cómo se desarrolla el aprendizaje en entornos mediados por tecnologías, donde los principios fundamentales se adaptan y evolucionan rápidamente conforme se adquiere nueva información. Al respecto, Siemens (2007) plantea algunas bases del conectivismo que incluyen la valoración de la diversidad de opiniones, la conexión de nodos de información, la consideración de dispositivos no humanos como fuentes de aprendizaje, y la importancia de mantener conexiones para facilitar un aprendizaje continuo y adaptable. A continuación, se enuncian los principales principios de esta teoría:

1. El aprendizaje y el conocimiento dependen de la diversidad de opiniones.
2. El aprendizaje es un proceso de conectar nodos o fuentes de información.
3. El aprendizaje puede residir en dispositivos no humanos.
4. La capacidad de saber más es más crítica que aquello que se sabe en un momento dado.
5. La alimentación y mantenimiento de las conexiones es necesaria para facilitar el aprendizaje continuo.
6. La habilidad de ver conexiones entre áreas, ideas y conceptos es una habilidad clave.
7. La actualización es la intención de todas las actividades conectivistas de aprendizaje.
8. La toma de decisiones es un proceso de aprendizaje. El acto de escoger qué aprender y el significado de la información que se recibe, es visto a través del lente de una realidad cambiante.

En la práctica, el aprendizaje conectivista implica la capacidad de los individuos para tomar decisiones informadas sobre qué y cómo aprender, adaptándose a un entorno digital cambiante y

complejo. Este proceso se centra en la interpretación activa de información dispersa en redes, fomentando competencias críticas para la participación efectiva en la era digital. El conectivismo representa una teoría de aprendizaje que reconoce la interconexión de conocimientos y la influencia de las redes digitales en los procesos de aprendizaje contemporáneos. La habilidad para manejar y utilizar estas conexiones de manera efectiva se considera crucial para una verdadera alfabetización digital y para la capacidad de adaptarse y aprender de manera continua en un entorno cambiante (Siemens, 2007).

### **3.2 Aprendizaje metacognitivo**

Flavell (1979) fue uno de los primeros en definir el término metacognición como “el conocimiento sobre el conocimiento, incluye cualquier conocimiento o actividad cognitiva que tenga por objeto, o regule, cualquier aspecto de cualquier empresa cognitiva” (González et al., 2015). Flavell se refiere a la comprensión de los factores o variables que interactúan y afectan el curso y el resultado de una experiencia cognitiva. Esto implica un conocimiento personal, donde un sujeto puede identificar lo que le resulta fácil o difícil, en qué es bueno y en qué necesita mayor esfuerzo, las asignaturas que favorecen el desempeño, en qué contextos es favorable el aprendizaje, si se aprende más escuchando, leyendo o haciendo esquemas, si se expresa mejor escribiendo que hablando, si sabe explicar la razón por la que cometió un error, y si identifica, toma conciencia y persigue la consecución del objetivo de una tarea o situación (Romero et al., 2017).

El estudiante debe ser consciente de su proceso de aprendizaje y poder autorregularlo, lo que convierte este proceso en activo, ya que el sujeto es quien lleva a cabo los procesos. Cuando se enfrenta a un conocimiento que debe ser aprehendido, utiliza sus propias estrategias. Sin embargo, es necesario que el docente esté capacitado para ayudar a desarrollar habilidades

metacognitivas y que el aprendiz tenga un repertorio de estrategias que le faciliten el aprendizaje y desarrollemn nuevas formas de aprender a lo largo de la vida (Angel, 2019).

Asimismo, en la educación informal, el aprendiz utiliza sus propias estrategias metacognitivas para aprender, apoyado por el ambiente de aprendizaje que decide utilizar. En este contexto, el aprendiz juega el papel del docente, planificando, monitoreando y autoevaluando su propio aprendizaje. El proceso de autorreflexión es esencial en todo momento para determinar la profundidad del conocimiento que se desea alcanzar, orientado a la generación de conocimiento integrador y de propuestas para la acción que trasciendan el análisis crítico y teórico (Molero, 2012). Es necesario que el aprendizaje sea autónomo y estratégico para lograr la autorregulación y eficacia del estudiante.

### **3.2.1 Factores del aprendizaje en la metacognición**

Uno de los elementos es el aprendiz, es un sujeto que construye su conocimiento. Los elementos inherentes que se requieren para un aprendizaje a través de la metacognición incluyen definir su estilo cognitivo, ritmo de aprendizaje y metodología de estudio; cualificar sus métodos de estudio asumiendo técnicas, métodos, herramientas y estrategias; autoevaluarse y coevaluar de forma objetiva, respetuosa y crítica; desarrollar un alto grado de autonomía, ser disciplinado y cumplido en los aportes y trabajos. Estas habilidades son el resultado de la aplicación de estrategias metacognitivas. Otro elemento importante es la conciencia científica, que permite abordar de manera crítica y con rigor científico, alcanzando una perspectiva crítica del propio saber. (González et al., 2015).

Otro factor es el docente, que debe ser un experto en un área de conocimiento específica y estar capacitado para realizar tareas de enseñanza que permitan al estudiante aprender. También

aprende del estudiante, reconociendo las dificultades y aportando soluciones, así como promoviendo la reflexión entre ellos. El docente diseña actividades presenciales y a distancia, asumiendo al sujeto que aprende como protagonista, y debe ser sistemático en el abordaje de cada una de las actividades. Además debe estar preparado para enfrentar diferencias culturales de grupos y valorar la eficacia del trabajo, asociando el conocimiento a lo que ya saben, analizando las actitudes metacognitivas y trazando metas de trabajo (Ángel, 2019).

En este contexto, el control de la metacognición tiene un carácter procedural, refiriéndose a un saber que se concreta como control activo de los recursos disponibles y se traduce en un funcionamiento eficaz del sujeto en el contexto de una determinada tarea. Cuando un estudiante tiene control metacognitivo, posee un aprendizaje autorregulado, esencial en la educación a distancia o en diversos ambientes virtuales de aprendizaje, donde el estudiante necesita convertirse en un aprendiz estratégico y autónomo (Naranjo y Gallardo, 2014; Romero et al., 2017).

### **3.3 Conceptualización de la literacidad científica**

Miller (1998) define la literacidad científica desde un contexto social en Estados Unidos, subrayando su importancia en la toma de decisiones políticas y científicas, fundamentalmente para mejorar la calidad de vida. Este autor identifica tres dimensiones de la literacidad científica:

1. Comprensión de normas y procedimientos científicos.
2. Comprensión de términos y conceptos clave
3. Comprensión de la ciencia y la tecnología en la sociedad (Laugksch, 2000).

No obstante, Miller (1998) revisó estas dimensiones, concluyendo que la definición inicial era demasiado amplia. Redujo las dimensiones a dos: primero, la comprensión del vocabulario de

construcciones científicas básicas, necesario para seguir y comprender argumentos científicos en medios como periódicos o revistas; y segundo, la competencia para seguir argumentos sobre ciencia y tecnología (Miller, 1998).

Bybee (1997) conceptualiza la literacidad científica como una metáfora que enriquece el contenido de los términos científicos. Aunque incluye el dominio del vocabulario científico, no se limita a una definición funcional. Además, subraya la necesidad de estrategias que eviten las desigualdades sociales en el ámbito educativo.

Norris y Phillips (2003) argumentan que la literacidad científica sobre cómo los lectores afrontan el texto y utilizan sus recursos para determinar su significado. Así, la literacidad científica debe comprender las estrategias interpretativas necesarias para abordar un texto científico. En este sentido, ni el lector ni el texto son supremos; ambos son fuentes de información esenciales en el proceso interpretativo.

Desde el enfoque sociocultural y de los Nuevos Estudios de Literacidad, se entiende como un conjunto de prácticas discursivas que otorgan sentido tanto en el habla como en la escritura, implicadas en prácticas ideológicas y relaciones de poder, incrustadas en significados y prácticas culturales específicas (Londoño, 2015; Montes y López, 2017; Street, 2014).

### **3.4 Literacidad académica y disciplinar**

Existe una distinción especial entre los términos de literacidad. Este trabajo se enfoca en la literacidad académica, en la que Fang y Coatam (2013) mencionan la literacidad disciplinar, clasificada en prácticas específicas del ámbito académico. La literacidad disciplinar puede ocurrir en cualquier ámbito especializado en torno a una disciplina concreta, incluyendo el entorno académico. Su propósito es construir conocimientos dentro de comunidades disciplinares,

aplicándose tanto en la formación de especialistas en niveles académicos superiores como en ambientes profesionales (Montes y López, 2017).

Cassany y Castellà (2010) describen que, en el ámbito académico, la literacidad está relacionada con prácticas que cumplen propósitos específicos y forman parte de objetivos sociales y prácticas culturales más amplias. Por ejemplo, un examen es un hecho de escritura en el que un estudiante responde en determinadas condiciones, siendo una práctica social establecida en un ámbito académico que refleja relaciones de poder y concepciones sobre el aprendizaje y la enseñanza.

### **3.5 Literacidad científica en las ciencias biológicas**

Evans et al. (2020) identifican diversas habilidades que engloban la comprensión de la literacidad científica, a las que denominan literacidad bioquímica. Estas incluyen: pensamiento crítico, literacidad visual, información, autogestión, comunicación, prácticas y contenido científico. Así como otra serie de habilidades, que permiten evaluar y juzgar el contenido para poder crear e innovar en una disciplina específica.

Bybee (1997) define una categoría ideal de literacidad científica, nombrada literacidad científica multidimensional que incorpora la comprensión de la ciencia conceptos de una disciplina específica, y los procedimientos necesarios, incluyendo las dimensiones filosóficas, epistémicas, históricas y sociales (Evans et al., 2020; Gormally et al., 2012; O'Toole et al., 2020).

#### **3.5.1 Habilidades de la literacidad científica en las ciencias biológicas**

Según Evans et al. (2020), una educación científica de alta calidad debe promover una comunidad dinámica capaz de abordar problemas globales e incrementar la literacidad científica

en la población. Además, identifican un conjunto de habilidades específicas para la literacidad científica en el área de las Ciencias Biológicas incluyendo:

1. **Pensamiento crítico:** Implica pensar como científico, evaluando la integridad de la información y los resultados de otros y el propio basados en evidencia científica. Es un proceso independiente, controlado y auto monitoreado que determina conexiones para concretar conclusiones basadas en la evaluación de la información.
2. **Autogestión:** Es la capacidad de identificar y trabajar hacia objetivos, evaluando el propio desempeño hasta el autoaprendizaje y la gestión de proyectos. En las ciencias biológicas es crucial para la planificación del tiempo y la organización en el laboratorio.
3. **Literacidad visual:** Se requiere un enfoque crítico para interpretar representaciones externas de la información, facilitando la construcción de una comprensión significativa del conocimiento.
4. **Literacidad de la información:** Se trata de utilizar eficazmente las fuentes de información defiende posiciones y reconoce la naturaleza transitoria del conocimiento, mediante el análisis crítico de la información.
5. **Diseño de experimentos:** Abarca dominios cognitivo, afectivo y psicomotor, vinculados con el conocimiento del contenido, manejo de datos, seguridad e investigación, así como la actitud y coordinación esenciales para las prácticas de laboratorio.
6. **Comunicación de la ciencia:** Implica el uso apropiado del lenguaje en las disciplinas biológicas, facilitando la comprensión y toma de decisiones informadas, y beneficiando a la sociedad mediante la comunicación tanto en formatos orales como escritos.

7. **Contenido científico:** La comprensión de las ciencias biológicas incluye los procesos y mecanismos de la vida desde lo celular hasta lo molecular, asegurando la incorporación temprana de conceptos básicos en los cursos y en subdisciplinas interactivas.

### 3.6 Modelos tecnopedagógicos

En un modelo tecnopedagógico se consideran algunos aspectos esenciales para su diseño. Thakur (2015) define que en la tecnopedagogía se consideran 3 elementos principales: el contenido, la pedagogía y la tecnología. Es decir, no basta con la introducción de la tecnología en el proceso educativo, es necesario asegurar la correcta integración de la tecnología de manera eficaz. En escenarios virtuales, se debería desarrollar una interacción continua y colaborativa de usuarios con las tecnologías, las prácticas pedagógicas y las herramientas de ambas.

Además, algunos elementos que se consideran para un modelo tecnopedagógico incluyen la colaboración del diseño, en la que estudiantes y docentes se integran para crear un ambiente de autogestión. Este ambiente abarca aspectos pedagógicos, didácticos, psicológicos, sociales y tecnológicos. Es decir, los ambientes deben ser adaptables y modificables para resolver las necesidades del estudiante, del docente, de la propia escuela y del proceso formativo, así como de las propias tecnologías (Gómez, 2017).

Solano y Aarón (2020) sostienen que es importante generar y orquestar espacios que respondan a los desafíos actuales. En estos espacios se busca lograr la integración de teorías de aprendizaje y las TIC para responder a las intenciones pedagógicas en los espacios formativos, asegurando así su efectividad y eficacia. Esta integración concibe un diseño tecnopedagógico entendido como un proceso sistemático para planificar, aplicar y evaluar el proceso de enseñanza

y aprendizaje. Por lo tanto, la aplicación de las TIC incluye una visión instruccional que se centra en el aprendiz. El papel del docente cambia a mediador o facilitador que genera procesos autogestivos y colaborativos (Gómez, 2017).

Los ambientes de aprendizaje en los modelos tecnopedagógicos utilizan herramientas tecnológicas. Sin embargo, la herramienta sin el fundamento pedagógico podría ser insuficiente. Un ejemplo de la integración de estrategias metacognitivas y herramientas tecnológicas es el modelo del Conocimiento Tecnopedagógico del Contenido (TPACK), que promueve el aprendizaje autorregulado utilizando técnicas pedagógicas que emplean tecnologías de manera constructiva para enseñar los contenidos (Krauskopf et al., 2018).

### **3.7 Diseño tecnopedagógico**

Las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) tienen una gran influencia en el aprendizaje. Molas (2010), Brito y Díaz (2020) refieren que resignificar el uso de las TIC para enseñar y aprender se realiza mediante dos formas: definir las TIC como herramientas de la mente, con características de ubicuidad y asincronicidad, y usar las TIC como elementos de diseño tecnopedagógico para constituir entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje altamente interactivos.

De acuerdo con Rodríguez (2009), el diseño implica un proceso de planificación sistemático, caracterizado por un rigor científico que sustenta su validez. Este proceso incorpora prácticas que facilitan al estudiante un desarrollo óptimo de su aprendizaje. En la fase de planificación, se requiere la ejecución de una serie de pasos interdependientes e interrelacionados, cuya evaluación secuencial permite identificar fallas o errores en momentos específicos del proceso.

El uso de las TIC como herramientas de la mente se fundamenta en que los dispositivos digitales funcionan para establecer procesos de pensamiento complejo, comprensión crítica, búsqueda estratégica de información, toma de decisiones y solución de problemas (Brito y Díaz, 2020; Coll et al., 2008). De esta manera, se aprovechan las TIC con su potencial comunicativo, informacional, colaborativo, interactivo y creativo en el marco de una nueva cultura de aprendizaje (Adell y Castañeda, 2012; Castellanos y Sánchez et al., 2017).

En un diseño tecnopedagógico, una instrucción se diseña con la finalidad de propiciar el desarrollo de habilidades y destrezas, así como favorecer la adquisición de conocimiento en forma directa. En la educación a distancia, esta necesidad es aún mayor debido a la separación maestro-alumno en tiempo y espacio. El diseño pedagógico es esencial en el ámbito educativo, convirtiéndose en el camino o guía que todo educador debe trazar al pretender dirigir un curso. La integración de la tecnología como diseño instruccional requiere una buena planeación, lo cual implica plantear metas y hacer realidad un proyecto considerando los medios para lograrlo (Rodríguez, 2009).

Chiappe en Giraldo (2011) refiere que los diseños instrucionales tienen por objetivo orientar hacia el diseño y presentación de los contenidos educativos y sus correspondientes actividades de aprendizaje y evaluación. Algunos se orientan a la tecnología educativa y desarrollo de procesos genéricos, y otros a teorías pedagógicas (Olvera et al., 2014). La instrucción se centra en actividades de microaprendizaje que abordan acciones específicas entre el profesor y el estudiante, donde la intención es lograr un resultado definido y acordado. Las estrategias de instrucción son los medios evidentes por los cuales se construyen los conocimientos, las habilidades y los procedimientos durante el aprendizaje (Branch y Kopcha, 2014).

### **3.7.1 Diseño tecnopedagógico ASSURE**

El modelo ASSURE, desarrollado por Heinich, Molenda, Russell y Smaldino (1993), se fundamenta teóricamente en el enfoque constructivista. Este modelo parte de las características específicas del estudiante, promoviendo su participación activa y comprometida en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A continuación, se describen las fases que lo conforman:

#### **1. Análisis de las características del estudiante**

La primera etapa del modelo consiste en analizar las características de los aprendices, considerando variables demográficas, cognitivas, afectivas y sociales que influyen en su desempeño académico. Este análisis incluye aspectos como el nivel educativo, la edad, las características socioculturales, las experiencias previas de aprendizaje, los estilos cognitivos y la motivación. Comprender estos factores permite al docente diseñar estrategias de instrucción más contextualizadas y pertinentes (Smaldino, Lowther y Russell, 2008). De acuerdo con Kemp, Morrison y Ross (2012), este diagnóstico inicial contribuye a adaptar los recursos y métodos a la diversidad de los estudiantes.

#### **2. Establecimiento de los objetivos de aprendizaje**

La segunda fase consiste en formular los objetivos de aprendizaje que guiarán el diseño y la evaluación del proceso instruccional. Los objetivos deben expresar con claridad qué se espera que el estudiante sea capaz de hacer al finalizar la experiencia educativa, utilizando criterios observables y medibles. Para ello, se recomienda emplear taxonomías como la de Bloom o la de Anderson y Krathwohl (2001), que permiten estructurar los resultados de aprendizaje en niveles cognitivos jerárquicos. Según Smaldino et al. (2008), los objetivos deben reflejar la naturaleza del

contenido, el campo disciplinar y las competencias esperadas, asegurando la coherencia entre la enseñanza, la evaluación y la selección de medios tecnológicos.

### 3. Selección de estrategias, tecnologías, medios y materiales

En esta etapa, el docente selecciona las estrategias didácticas y los recursos tecnológicos más adecuados para alcanzar los objetivos planteados. Esta selección implica un proceso reflexivo sobre qué materiales (digitales o físicos), qué medios (audiovisuales, interactivos, impresos, etc.) y qué tecnologías (plataformas, software educativo, aplicaciones, entre otros) son más pertinentes para el grupo y el contexto. Heinich et al. (2002) destacan que las estrategias deben promover la participación activa, la colaboración y la autonomía del estudiante. Asimismo, la tecnología debe funcionar como un medio facilitador del aprendizaje y no como un fin en sí mismo (Mishra & Koehler, 2006).

### 4. Utilización de la tecnología, los medios y los materiales

Una vez seleccionados los recursos, el siguiente paso es su uso efectivo durante la instrucción. Smaldino, Lowther y Russell (2008) proponen cinco subetapas para su implementación:

- a) Previsualizar los materiales, lo que implica revisarlos con anticipación para garantizar su pertinencia y funcionalidad.
- b) Preparar los materiales, reuniendo todos los recursos necesarios (textos, gráficos, videos, simuladores, etc.).
- c) Preparar el ambiente de aprendizaje, adecuando el espacio físico o virtual donde se llevará a cabo la instrucción.

- d) Preparar a los estudiantes, comunicándoles los objetivos, las normas y los criterios de evaluación.
- e) Proporcionar la experiencia de aprendizaje, asegurando una interacción efectiva entre los contenidos, los medios y los participantes.

Este proceso asegura que la tecnología se integre de manera pedagógicamente coherente, favoreciendo experiencias de aprendizaje activas, colaborativas y centradas en el estudiante.

#### 5. Requerir la participación del estudiante

El quinto paso enfatiza la participación activa del estudiante como elemento central del aprendizaje significativo. Según el modelo ASSURE, el instructor debe diseñar actividades interactivas y participativas que promuevan la aplicación de conocimientos, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Heinich et al., 2002). Esto puede lograrse mediante el uso de foros, debates, estudios de caso, simulaciones o herramientas colaborativas digitales. Smaldino et al. (2008) sostienen que la implicación del estudiante en el proceso no solo mejora la retención de la información, sino que también fomenta la autonomía y la autorregulación del aprendizaje.

#### 6. Evaluación y revisión

Finalmente, el modelo culmina con la evaluación y revisión del proceso instruccional, que incluye tanto la valoración del aprendizaje del estudiante como la efectividad de los medios, estrategias y materiales empleados. Esta evaluación puede realizarse a través de instrumentos cualitativos y cuantitativos que midan el grado de logro de los objetivos. De acuerdo con Kemp et al. (2012), la revisión continua permite retroalimentar el diseño educativo, ajustando los componentes que no hayan contribuido de manera óptima al logro de los resultados esperados. En

este sentido, la evaluación no solo cumple una función de medición, sino también de mejora continua del proceso pedagógico.

### **3.8 Escritura científica en las disciplinas**

Este trabajo pretende abordar la teoría de la comunicación de la ciencia y la escritura científica mediante la perspectiva de la escritura a través del currículum, lo cual permite la comprensión de la comunicación desde las comunidades discursivas científicas y cómo se utilizan los géneros discursivos académicos para comunicar la ciencia en las diferentes culturas disciplinares. Navarro (2018) plantea que cada disciplina y cada etapa de formación escolar tiene usos de la literacidad distintos, que se manifiestan mediante géneros discursivos que los estudiantes escriben en textos situados para prepararse e ingresar a una cultura disciplinar.

El movimiento escribir a través del currículum plantea dos vertientes: la primera es escribir para aprender los contenidos de una materia y la segunda es escribir para apropiarse de las convenciones discursivas de la disciplina. Esta vertiente plantea que los estudiantes, al escribir géneros discursivos propios de una disciplina, internalizan los patrones comunicacionales de cada disciplina, constitutivos de sus formas de pensamiento (Bazerman, 2016).

La escritura, explica Navarro (2021), es “una tecnología reciente para construir conocimiento y para comunicarse en sociedad, es decir, una tecnología epistémica y semiótica” (p. 39). Existen diversos tipos de escritura que se desarrollan a lo largo de la vida mediante prácticas situadas. La escritura académica puede identificarse con características propias de las disciplinas, respondiendo a contextos históricos, geográficos y políticos que distinguen entre disciplinas, temas o asignaturas (Martin et al., 2010).

En la educación superior, los estudiantes se preparan para ser expertos en una disciplina, generalmente con la finalidad de ser admitidos en una comunidad científica. Los géneros abordados en este nivel son escritos por estudiantes, leídos por miembros expertos y habilitados cuando se usan en la práctica universitaria, teniendo objetivos pedagógicos, formativos y evaluativos. Sin embargo, cuando se participa en una investigación, el objetivo es distinto: la escritura está situada en prácticas, conocimientos y epistemologías de las culturas disciplinares (Hyland, 2004).

La escritura de las disciplinas implica que en una comunidad se reconozcan a sus miembros cuando se comunican de formas esperadas. Se espera que se comuniquen con conocimiento de los géneros y rasgos discursivos característicos de las disciplinas. De acuerdo con Carlino (2013), la literacidad no solo abarca la lectura y la escritura, sino que es un “proceso de enseñanza que se pone en marcha para favorecer el acceso de los estudiantes a las culturas escritas de las disciplinas” (p. 370).

Carlino (2006) explica que la función más conocida de la escritura es la comunicativa. En la investigación se trata de publicar o difundir, y quien escribe empieza a promocionarse profesionalmente. De acuerdo con el género discursivo, uno de los rasgos de la escritura científica es justificar las aseveraciones teóricas apoyándose en datos empíricos, además de justificarla en términos de aporte al conocimiento y su inserción en el campo disciplinar, y cómo trasciende por otros miembros de la misma comunidad científica.

### 3.9 Articulación del marco teórico

Las teorías descritas se entrelazan para dar sustento a esta investigación, orientando el diseño e implementación del modelo propuesto. La configuración del diseño del modelo tecnopedagógico parte de la problemática vista desde la perspectiva del desarrollo de habilidades de literacidad científica sugeridas por la UNESCO. Sin embargo, a medida que avanzó la investigación, se abordó ampliamente el concepto de literacidad, debido a que en las ciencias biológicas se trata de manera distinta a otras disciplinas. Por ello, la perspectiva de la enseñanza en esta área es crucial para su implementación, requiriendo elementos propios de la disciplina. Estos elementos se reflejan en habilidades que los estudiantes desarrollan a lo largo de su carrera profesional, tales como la comunicación de la ciencia, el contenido científico o la literacidad visual, que suelen expresarse de forma distinta en la disciplina.

Los componentes de la literacidad, en un sentido amplio, se refieren a las habilidades que conforman su estudio y la forma de desarrollarlas, incluyendo la comprensión y la escritura (Londoño, 2016). En el abordaje de este estudio, se considera el concepto de literacidad traducido del inglés *literacy*, término definido por Zavala et al., (2004) como un conjunto de prácticas discursivas aprendidas por el ser humano para que le sean útiles a sus propósitos. Este término implica una manera de usar la lectura y escritura en el marco de un propósito social específico, refiriéndose al conocimiento y reconocimiento de los códigos escritos, las reglas que gobiernan la escritura y las convenciones de los géneros discursivos. Existen, por lo tanto, diversos tipos de literacidades que obedecen a reglas desarrolladas como prácticas especializadas en las disciplinas.

Las disciplinas tienen un conjunto de prácticas que requieren rutinas especializadas en un ámbito o contexto específico. Estas prácticas están inmersas en los contextos y

familiarizadas con los géneros discursivos de las disciplinas, por lo que se afirma que cada aprendiz de una disciplina debería participar en prácticas donde lean y escriban en un área de conocimiento específico. Cada disciplina se rige por sus propios objetivos, problemas, argumentos y dialecto (Bazerman, 2005). Así mismo, para formar parte de una cultura disciplinar se requiere especializarse en estas prácticas para lograr ser experto en su disciplina y ser reconocido o aprobado por pares de esta (Carlino, 2004).

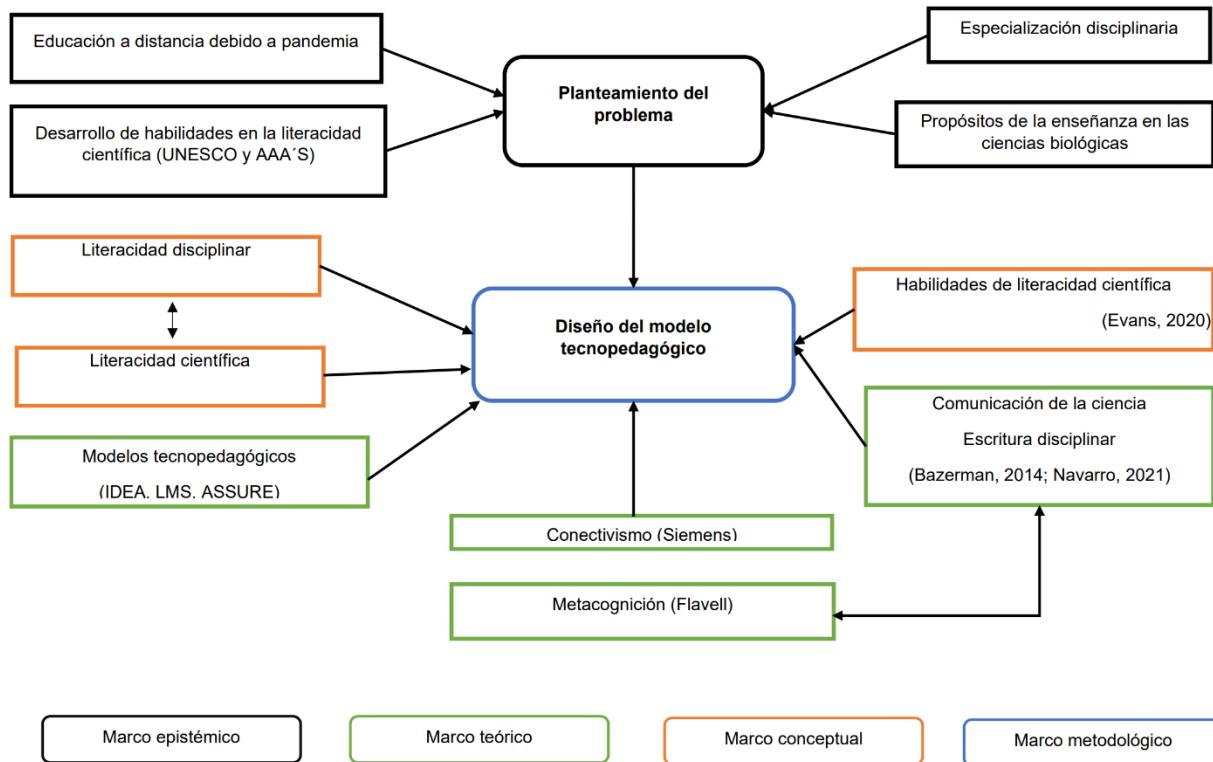
Para poner en marcha el diseño del modelo tecnopedagógico, es necesario contextualizar la investigación en su desarrollo durante la pandemia. En este periodo, se requirió la introducción de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) que permitieran la conectividad con los estudiantes, así como el estudio de modelos y diseños tecnopedagógicos para elaborar un diseño con los elementos necesarios para abordar la comunicación de la ciencia. En la estructura general del diseño, se incluyó el modelo IDEA, que integra elementos tecnológicos. Se trata de un diseño abierto al cambio que explora las necesidades del usuario y del docente, proporcionando un ambiente virtual de autogestión y de colaboración, facilitando la interacción entre los usuarios y la retroalimentación de las actividades propuestas.

Otro modelo abordado contiene elementos del aprendizaje metacognitivo. En la comunicación de la ciencia, bajo la perspectiva teórica de la enseñanza de la escritura científica, es relevante la autoevaluación, la coevaluación y la revisión por pares. Por lo tanto, integrar elementos tecnológicos en un ambiente que proporcione estas actividades es crucial. Se pretende que con algunos elementos tecnológicos se permita la planeación, el monitoreo y la evaluación de las actividades, promoviendo que los estudiantes desarrollos habilidades metacognitivas enfocadas en el desarrollo de la escritura científica.

Al mismo tiempo, el diseño instruccional es crucial para llevar a cabo la integración del modelo propuesto. Este diseño permite la ejecución del modelo, eligiendo el diseño instruccional ASSURE que coincide con la perspectiva teórica de los dos modelos anteriores.

**Figura 4**

*Articulación del Marco Teórico*



#### **4. Marco metodológico**

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar la habilidad de la comunicación de la ciencia bajo la perspectiva de la literacidad científica. En este contexto, es crucial estudiar el andamiaje que se construyó para el desarrollo de esta habilidad, así como los productos que realizan los estudiantes. Para tal efecto, fue necesario utilizar una metodología de enfoque cualitativo que, en este estudio, se propone como una actividad sistemática orientada a la comprensión en profundidad de fenómenos educativos y sociales, a la transformación de prácticas y escenarios socioeducativos, a la toma de decisiones y también hacia el descubrimiento y desarrollo de un cuerpo organizado de conocimientos (Kemmis, 2021).

Este enfoque cualitativo se sustenta en fundamentos teórico-metodológicos que lo orientan, como lo proponen Guba y Lincoln. Este tipo de investigación es “un conjunto de prácticas interpretativas de investigación, también un espacio de discusión...” y privilegia los procesos de recogida de datos que se centran en la vida de las personas, sus historias, comportamientos, relaciones e interacciones. Aunque algunos datos pueden ser cuantificados, el análisis en sí mismo es cualitativo (Corbin y Strauss, 1990).

Bajo este enfoque, el estudio adopta un paradigma interpretativo, destacando que los humanos, a diferencia de los fenómenos físicos, crean significados. De esta manera, se intenta comprender cómo los estudiantes, desde un contexto específico, presentan diferentes significados y experimentan distintas realidades sociales. En el aprendizaje de la comunicación escrita, diversos factores influyen en el desarrollo de esta habilidad, uno de ellos es el capital sociocultural de cada individuo, así como su preparación académica.

#### **4.1 Tipo de investigación**

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo, de Investigación Acción (IA), en el que se generan espacios entre los actores sociales para el diálogo, la reflexión y la construcción del conocimiento sobre diversos problemas que afectan prácticas educativas dentro y fuera del aula (Colmenares y Piñero, 2008). Siguiendo los trabajos de Latorre (2003), Stenhouse (1998) y Elliot (1993), se hace uso de la reflexión y el diálogo, transformando ideas y ampliando la comprensión del fenómeno, lo cual se representa por la interpretación y los significados de las acciones que el individuo realiza sobre la realidad (Gómez, 2002).

Sandín (2003) explica que la IA busca propiciar el cambio social y transformar la realidad social o educativa, entre otros objetivos, además de concientizar a las personas sobre su papel en el proceso de transformación. Por otra parte, Lewin afirma que “La comprensión de los fenómenos sociales y psicológicos implica la observación de las dinámicas de las fuerzas que están presentes e interactúan en un determinado contexto: si la realidad es un proceso de cambio en acto, la ciencia no debe congelarse, sino estudiar las cosas cambiándolas y observando los efectos” (Colmenares y Piñero, 2008, p. 103).

La finalidad de la investigación acción es mejorar la práctica y la comprensión en los contextos que se realiza. Se pretende mejorar acciones, ideas y contextos, crear un marco idóneo entre teoría y práctica, así como entre acción y reflexión. Esto se lleva a cabo con la colaboración de todos los implicados, transformando tanto al investigador como a la situación investigada (Suárez Pazos, 2002).

Creswell (2013) define dos diseños básicos en la investigación acción: Práctico y Participativo. En esta investigación, se adopta un diseño práctico que estudia prácticas locales de

un grupo, involucra indagación individual o en equipo, se centra en el desarrollo y aprendizaje de los participantes, implementa un plan de acción para resolver el problema, introduce la idea de mejora y comparte el liderazgo entre el investigador y uno o varios miembros del grupo o comunidad.

#### **4.2 Escenario**

El escenario de esta investigación se centra en la Licenciatura de Biomedicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. El perfil de la carrera enfatiza la formación científica de calidad en el campo de la Biomedicina, con conocimientos de las ciencias médicas para su aplicación en actividades orientadas directamente a la investigación científica básica y a la docencia en el área biomédica y de salud. También tiene como objetivo contribuir al desarrollo de la investigación y docencia, así como generar y difundir el conocimiento científico de manera interdisciplinaria.

#### **4.3 Participantes**

En esta investigación se ha optado por la técnica de muestreo intencional. De acuerdo con Teddlie y Yu (2007), la técnica de muestreo de casos especiales de colección completa proporciona información valiosa basada en los criterios específicos de la población y en la información que se busca obtener para la investigación. Los participantes se seleccionan conforme a los siguientes criterios: a) estudiantes activos de la Licenciatura en Biomedicina, b) que se encuentren entre el sexto y el décimo semestre, c) que estén en el eje formativo que implica trabajar en el laboratorio con una línea de investigación, d) que estén o hayan cursado las asignaturas: “Introducción a la investigación biomédica” e “Introducción a laboratorio de investigación”, y e) que estén cursando las asignaturas de “Seminario de tesis I, II, III o IV”.

El diseño global de trabajo de tesis se estructura en cuatro etapas. La primera etapa consiste en la exploración del fenómeno de estudio y la preparación para el desarrollo de la investigación. Las etapas dos y tres corresponden a una intervención mediante un taller orientado al desarrollo de habilidades de comunicación científica. La última etapa incluye la evaluación e interpretación de los resultados, así como la elaboración de conclusiones y recomendaciones que culminan el trabajo de investigación.

#### **4.4 Enfoque de Investigación-Acción**

Para el desarrollo de esta investigación se implementó un diseño metodológico de investigación-acción (IA). Este enfoque se caracteriza por ser un proceso cílico, reflexivo y participativo, cuyo propósito central es generar transformaciones en la práctica a través de la articulación entre teoría y acción. De acuerdo con Lewin (1946), precursor de este enfoque, la investigación-acción se lleva a cabo mediante un espiral de ciclos que incluyen planificación, acción, observación y reflexión, lo que posibilita realizar ajustes permanentes a las estrategias en función de los resultados.

En una primera etapa, el problema de investigación se construyó de manera conjunta entre la comunidad participante y el grupo de investigadores. En esta fase se elaboró un diagnóstico que permitió delimitar la situación problemática, así como establecer el alcance y las limitaciones del estudio (Colmenares, 2008). Posteriormente, se desarrolló la etapa de co-construcción y negociación, en la cual se priorizaron las necesidades detectadas y se diseñó un plan de acción orientado a la transformación de la realidad identificada. Tal como señala Bautista (2022), el plan de acción tiene como objetivo fundamental fortalecer tanto los conocimientos como las capacidades prácticas de los sujetos implicados.

El proceso metodológico seguido contempla una serie de fases interrelacionadas: (a) detección del problema y diagnóstico, (b) formulación de un plan de acción, (c) implementación de dicho plan, y (d) evaluación y reflexión de los resultados obtenidos. Este ciclo, en consonancia con lo propuesto por Kemmis y McTaggart (1988), posibilita la realimentación del proceso y la generación de nuevos diagnósticos que abren la puerta a sucesivas fases de acción y reflexión.

Respecto a las modalidades de la investigación-acción, este estudio se ubica en la modalidad práctica, entendida como aquella que promueve la reflexión crítica y el diálogo con el fin de transformar la comprensión de los participantes y favorecer cambios significativos en sus contextos (Colmenares, 2008). Esta modalidad reconoce a los sujetos como protagonistas del proceso, al tiempo que involucra a docentes y asesores externos en el diagnóstico y evaluación de la propuesta, bajo un esquema colaborativo y participativo.

Diversos autores han aportado al desarrollo conceptual y metodológico de la investigación-acción. Latorre (2003), Stenhouse (1998) y Elliot (1993) destacan la necesidad de que este enfoque no solo busque modificar situaciones problemáticas, sino que además registre y sistematice los cambios producidos. En particular, el modelo de Elliot (1993) enfatiza que la investigación-acción debe: (a) identificar problemáticas que requieran soluciones prácticas, (b) profundizar en el análisis de dichas problemáticas desde la perspectiva de los actores involucrados, (c) validar los resultados a través del diálogo entre los participantes, y (d) comunicar los hallazgos desde la experiencia vivida por la comunidad implicada.

En este sentido, la investigación-acción no se concibe únicamente como un método de investigación, sino como una estrategia de transformación socioeducativa que articula reflexión crítica y acción práctica en un proceso continuo de mejora (Kemmis, McTaggart, & Nixon, 2014).

#### **4.5 Rol del investigador**

En la modalidad práctica de la investigación-acción, este trabajo adopta un paradigma de tipo interpretativo. Es decir, se otorga prioridad a los significados de las acciones que el individuo realiza sobre la realidad. No obstante, como indica Colmenares (2008), existe una interrelación permanente con el otro. De igual manera, la epistemología se define por la interacción del investigador con el objeto investigado, eliminando así por completo la separación entre ambos. Además, este enfoque implica la transformación de la conciencia de los participantes y su cambio en las prácticas sociales o socioculturales. El investigador, en este contexto actúa como facilitador del proceso, participando en el diálogo para fomentar la cooperación y la participación. Es relevante destacar que, en este trabajo, el investigador es un agente facilitador que se relaciona con los participantes, dado que comparte la misma formación de licenciatura y conoce los procedimientos internos de esta carrera.

#### **4.6 Diseño metodológico**

Este diseño se sustenta en el modelo de Elliot. El cual ha sido posteriormente reestructurado. Es pertinente destacar algunas de sus características esenciales para su implementación, las cuales se detallan en las siguientes fases:

1. Descripción e interpretación del problema objeto de investigación.
2. Exploración o planteamiento de hipótesis de acción como acciones a realizar para modificar la práctica.
3. Construcción del plan de acción, incluyendo la planificación de los instrumentos necesarios para acceder a la información.

4. Ejecución del primer paso en la acción.
5. Evaluación del proceso y resultados.
6. Revisión del plan general.

En el presente estudio, la metodología se reestructuró conforme a las directrices de Latorre (2003), dividiéndose en 5 fases.

### **Primera fase: Diagnóstico inicial**

La primera fase se centró en un diagnóstico exhaustivo para obtener una descripción comprensiva de la situación del objeto de investigación. Esta fase se desarrolló en dos etapas. En primer lugar, se aplicaron dos instrumentos que se describirán en detalle más adelante: un cuestionario diseñado para caracterizar las habilidades de literacidad científica de los estudiantes, y un grupo focal, cuyo objetivo fue profundizar en la comprensión de dichas habilidades y perspectivas de los participantes.

### **Segunda fase: Construcción del plan de acción**

Sobre la base del diagnóstico inicial, en la segunda fase se procedió a la elaboración de un plan de acción. Este plan incluyó la revisión del problema inicial y la identificación de acciones concretas necesarias. Además, se consideraron las necesidades específicas de los estudiantes, la revisión documental sobre los diseños tecnopedagógicos y el desarrollo de las habilidades de literacidad científica, especialmente en lo que respecta a la comunicación científica, para integrarlos en un modelo tecnopedagógico.

### **Tercera fase: Propuesta de cambio**

La tercera fase consistió en la formulación de una propuesta de cambio o plan de acción para alcanzar el objetivo planteado, que implicaba el diseño del modelo tecnopedagógico. Este

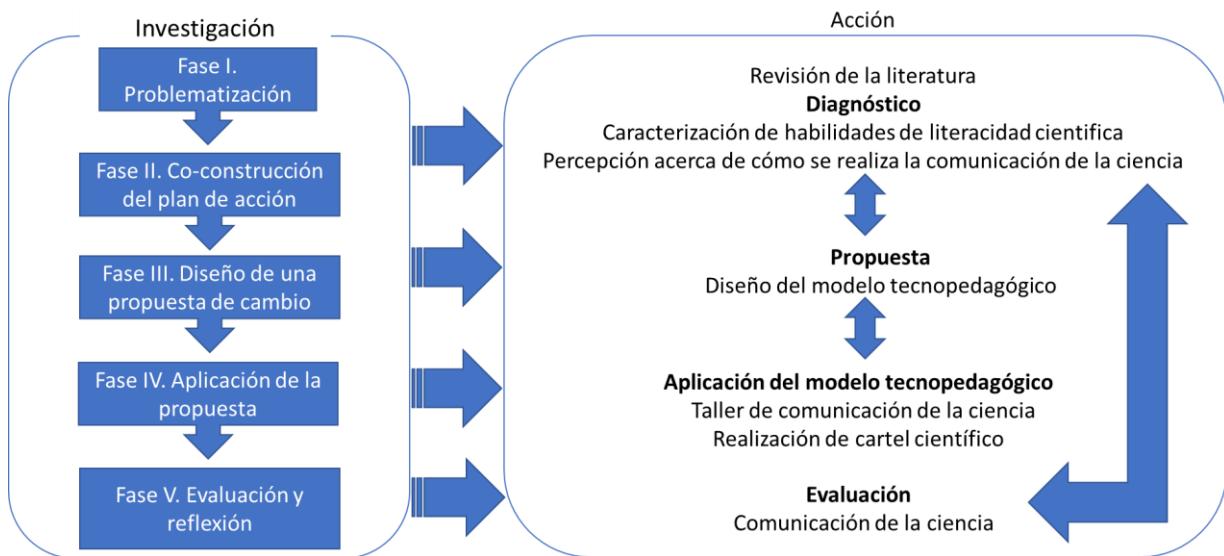
diseño se apoyaba en los hallazgos del diagnóstico inicial y la revisión documental. Se consideraron varios elementos para la integración del modelo, que se estructuró en tres componentes principales: gestión del conocimiento, gestión del aprendizaje y de la enseñanza, y gestión tecnopedagógica. En esta fase se definieron el cronograma y los pasos para la implementación del modelo, así como las condiciones en las que se desarrollaría y los efectos esperados. El enfoque sistemático y flexible, permitiendo adaptaciones según el tiempo, espacio, e imprevistos de los participantes.

#### **Cuarta fase: Implementación del modelo**

La cuarta fase consistió en la implementación del modelo tecnopedagógico a través del “Taller de Comunicación de la Ciencia para Biomedicina”. Durante este taller, se diseñaron e implementaron secuencias didácticas específicas para cada una de las temáticas abordadas, con el objetivo de guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje de manera estructurada. Como producto final, los estudiantes elaboraron un póster científico, lo que les permitió integrarse en la red del género académico-científico mediante el uso del discurso especializado propio de las ciencias biológicas.

#### **Quinta fase: Evaluación y reflexión**

Finalmente, la quinta fase consistió en la evaluación de la comunicación científica a través del póster científico, así como la reflexión crítica sobre el uso del modelo tecnopedagógico. Esta evaluación se llevó a cabo en el contexto de las actividades del taller aplicado, valorando la efectividad del modelo en el desarrollo de las habilidades de comunicación científica (Ver figura 5).

**Figura 5***Fases de la Investigación-Acción (IA)*

#### 4.7 Descripción de los instrumentos

Para la aplicación del primer instrumento, el test para medir habilidades de literacidad científica (TOSLS) por sus siglas en inglés, se llevó a cabo una traducción al español con el fin de adaptarlo a un contexto específico. Esta prueba tiene como objetivo evaluar una serie de constructos que constituyen las habilidades de literacidad científica de manera integral. El instrumento consta de 28 preguntas de opción múltiple, diseñadas para abordar problemas propios de la investigación en las ciencias biológicas. Los ítems están construidos para medir habilidades tales como la habilidad de buscar y comprender la información científica, así como la habilidad para argumentar con evidencias científicas.

De acuerdo con el proyecto de la AAAS 2061 (1993) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2003), el instrumento se fundamenta en el desarrollo de la literacidad científica. Su propósito es poner en práctica el conocimiento científico, identificar

preguntas relevantes, y obtener conclusiones basadas en evidencias, con el fin de comprender y tomar decisiones informadas sobre el mundo natural y los cambios inducidos por la actividad humana.

La Prueba de Literacidad Científica (TOSLS) tiene como objetivo evaluar una serie de constructos que integran las habilidades de la literacidad científica. Esta prueba consta de 28 preguntas de opción múltiple, diseñadas para abordar problemas específicos de la investigación en las ciencias biológicas. Los ítems están construidos para medir habilidades tales como la capacidad para buscar y comprender información científica, así como la habilidad para argumentar utilizando evidencias científicas.

En la prueba de Literacidad científica (TOSLS) se distinguen las siguientes habilidades:

- a) Comprender los métodos de investigación que guían el conocimiento científico,
- b) Organizar, analizar e interpretar datos e información científica,
- c) Identificar argumentos científicos válidos,
- d) Evaluar la validez de las fuentes,
- e) Comprender los elementos de búsqueda y su impacto en los resultados conclusiones,
- f) Evaluar el uso y la información científica,
- g) Leer e interpretar representaciones gráficas de datos,
- h) Resolver problemas utilizando habilidades cuantitativas, incluyendo la probabilidad y estadística,
- i) Comprender e interpretar estadística básica,
- j) Justificar inferencias, predicciones y conclusiones basadas en datos cuantitativos (Gormally et al., 2012).

**Tabla 5***Categorías de la literacidad científica de la prueba TOSLS*

<b>Categorías de la literacidad científica</b>	<b>Explicación de la habilidad</b>	<b>Ejemplos de los retos que presentan los estudiantes</b>
<b>Evaluación de argumentos científicamente válidos</b>	Reconocer que se califica como evidencia científica y cuando es científica una evidencia y apoya una hipótesis.	Incapacidad para vincular la escritura de forma correcta con la evidencia y la falta de escrutinio sobre la evidencia.
<b>Evaluación de la validez de las fuentes.</b>	Distinguir entre tipos de fuentes, identificar el sesgo, autoridad y fiabilidad.	Incapacidad para identificar la precisión y la credibilidad.
<b>Creación de gráficos y representación de los datos.</b>	Identificar el formato apropiado para la representación gráfica de datos o un tipo particular de datos.	Uso de los gráficos de dispersión.
<b>Justificar inferencias, predicciones y conclusiones basadas en datos cuantitativos.</b>	Interpretación de datos y diseños experimentales para evaluar hipótesis y reconocer las fallas en los argumentos.	Tendencia a mal interpretar o ignorar los datos al desarrollar una hipótesis o evaluación de un argumento.

Nota: Adaptado de Gormally et al., (2012). Traducción propia.

#### 4.7.1 Validación por expertos

Para la validación de la traducción del instrumento se llevó a cabo un juicio de expertos.

Según Escobar-Pérez y Martínez (2008), el juicio de expertos se define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones” (p. 3). Este método se utiliza comúnmente para validar un instrumento adaptado a una población diferente mediante un proceso de traducción, es decir, la equivalencia semántica.

Según Skjong y Wentworth (2000), los criterios de selección de los expertos que realizan la validación de los instrumentos son los siguientes: a) experiencia en la realización de juicios y

toma de decisiones basadas en evidencia o experticia, como investigaciones, publicaciones, premios o experiencia; b) reputación en la comunidad; c) disponibilidad y motivación para participar; y d) imparcialidad y cualidades como confianza en sí mismo y adaptabilidad (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008).

#### **4.7.2 Metodología para la traducción del instrumento**

Se realizó la validación de la traducción del test de literacidad científica (Gormally et al., 2012) siguiendo las directrices para la traducción y adaptación de los tests propuestas por Muñiz y Hambleton et al., (2013). A continuación, se detallan las instrucciones seguidas en este proceso:

1. **Directrices previas:** Se comprobó el registro de la propiedad intelectual en la publicación de los autores, otorgándose los permisos necesarios para utilizar el cuestionario. Se solicitó y obtuvo el permiso para la adaptación cultural y la traducción al español para su uso en México, quedando los permisos registrados mediante correo electrónico a los autores.

2) **Directrices sobre el desarrollo de la prueba:** Se llevó a cabo un procedimiento iterativo de depuración, que comenzó por varias traducciones independientes. Estas traducciones fueron revisadas por un grupo de jueces expertos, quienes realizaron una revisión y retrotraducción de los ítems. Este grupo se caracterizó por su conocimiento en los idiomas y culturas implicadas, así como por su especialización en el campo de evaluación, lo que les permitió analizar la adecuación de la versión adaptada.

3) **Directrices de confirmación:** Los aspectos técnicos con las propiedades psicométricas, se hizo mediante la retrotraducción y acuerdo de expertos en el área de las ciencias biológicas.

Para este paso, se realizó la validación del juicio de expertos mediante el coeficiente de concordancia de W de Kendall, el cual se utiliza cuando se desea conocer el grado de asociación

entre  $k$  conjunto de rangos. Este método es particularmente útil cuando se solicita a los expertos que asignen rangos a diversos ítems. El coeficiente W de Kendall puede asumir valores entre 0 y 1, donde 0 indica ausencia de concordancia y 1 indica concordancia perfecta.

Según Escobar-Pérez y Martínez-Cuervo (2008), la interpretación del coeficiente de W de Kendall implica la realización de una prueba de hipótesis. La hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza cuando el valor observado del coeficiente excede el valor crítico, considerando un nivel de significancia preestablecido. Si este valor es inferior a 0.05, se rechaza la  $H_0$  y se concluye que existe una concordancia significativa entre los rangos asignados por los jueces. Además, la fuerza de concordancia aumenta conforme el valor de W se aproxima a 1.

En este estudio, se establecieron criterios basados en la prueba de Muñiz y Hambleton et al. (2013), que se implementó mediante 25 preguntas sugeridas para la traducción y adaptación de los test.

**4) Directrices sobre puntuación e interpretación:** Para la interpretación, se tomaron en cuenta las evaluaciones de las pruebas en otros países (Cartwright et al., 2020; Segarra et al., 2018). En la prueba original se especifican las respuestas que demuestran las habilidades y se incluyen las puntuaciones correspondientes, las cuales fueron evaluadas por los jueces expertos en las ciencias biológicas.

**5) Directrices sobre la documentación:** Se registraron todos los cambios realizados en la prueba, asegurando la trazabilidad y transparencia del proceso de validación. Este proceso riguroso asegura que la versión traducida y adaptada al test de literacidad científica sea equivalente y adecuada para su aplicación en el contexto mexicano.

### 4.7.3 Resultados

La documentación de la traducción y adaptación de la prueba se realizó mediante las siguientes actividades.

**Tabla 6**

*Etapas de la validación de la traducción del instrumento*

<b>Etapas</b>	<b>Actividades realizadas</b>	<b>Objetivo</b>
<b>1. Preparación</b>	<p>Revisión de las características métricas del instrumento original.</p> <p>Corroborar la similitud del constructo de literacidad científica en los estudiantes de pregrado de ciencias biológicas.</p> <p>Identificación de la similitud y diferencias en el constructo de la literacidad científica en México y en Estados Unidos.</p> <p>Solicitar autorización del autor del instrumento original.</p>	<p>Establecer las diferencias y similitudes del constructo de la literacidad científica para que pueda utilizarse en pregrado de las licenciaturas de ciencias biológicas.</p>
<b>2. Traducción</b>	<p>Traducción por un traductor experto preparado en la enseñanza del idioma inglés y con amplio dominio de este.</p> <p>Revisión de la traducción de los conceptos de las ciencias biológicas por un experto en el área.</p>	<p>Obtener la versión en el idioma de español.</p>
<b>3. Integración</b>	<p>Elaboración de la prueba en el idioma español y comparación en el idioma inglés. Revisar correcciones.</p>	<p>Obtener la versión del instrumento en español y contextualizar para la aplicación en México.</p>
<b>4. Evaluación por expertos</b>	<p>Elaboración de una plantilla de Google forms para la evaluación de los jueces que incluyen las directrices (Hambleton et al., 2013).</p> <p>Se realizó un documento de observaciones y retrotraducción de cada uno de los jueces expertos.</p>	<p>Obtener la validez del instrumento por juicio de expertos.</p>
<b>5. Revisión de la redacción</b>	<p>A partir de la evaluación de expertos, se les pidió que comentaran las correcciones en cada pregunta del instrumento.</p>	<p>Establecer el acuerdo con la equivalencia semántica.</p>
<b>6. Armonización</b>	<p>Se conjuntan las revisiones por parte de los jueces expertos, con el fin de detectar y discutir las posibles discrepancias.</p>	<p>Obtener la equivalencia de la fuente original y la versión en el idioma español.</p>

<b>7. Prueba piloto</b>	Se estableció una población con estudiantes en un área de las ciencias biológicas.	Evaluar la versión del instrumento en español con el usuario, detectar debilidades o factores que interfieran en su correcta ejecución.
<b>8. Finalización</b>	Detectar fallos durante la prueba de usuario.	Reportar las últimas correcciones.
<b>9. Reporte final</b>	Redacción explícita y detallada de las actividades realizadas en los pasos anteriores, los cambios en el proceso de adaptación cultural.	Documentar el proceso.

Para corroborar el constructo de la literacidad científica del instrumento original se revisaron dos conceptos principales que se muestran a continuación:

**Tabla 7**

*Constructo de la Literacidad Científica*

1. Proyecto 2061 de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS, 1993) y el Programa de Evaluación Internacional de estudiantes.	La literacidad científica se describe como la capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener conclusiones basadas en evidencias para comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios realizados en él mediante la actividad humana.
2. Consejo Nacional de Investigación (NRC)	La literacidad científica se define como la capacidad de usar evidencia y datos para evaluar la calidad de la información y los argumentos presentados por los científicos.

Nota: Adaptado de (Gormally et al., 2012; Semilarski y Laius, 2021).

De acuerdo con el constructo de la literacidad científica, se busca que los estudiantes de las ciencias biológicas adquieran habilidades que les permitan comprender e interpretar datos, así como aplicar conceptos científicos, analizarlos y evaluarlos (AAAS, 2011). Por lo tanto, el desarrollo de estas habilidades debería incorporarse en las actividades del aula (Shaffer et al., 2019).

Una vez obtenida la versión en español, traducida por un experto, se elaboró la prueba para la revisión de los jueces expertos, enfocándose en la traducción y la armonización de la prueba.

Según Escobar-Pérez y Martínez-Cuervo (2008), se realizó la validación por juicio de expertos utilizando el siguiente procedimiento: se les entregó a los jueces, de manera individual, una lista de categorías y cada ítem en una ficha separada en un documento de doble columna que contenía el ítem en inglés y su correspondiente traducción al español. De esta manera, el juez comparaba cada ítem con la lista en el formulario, indicando la puntuación de la categoría. Los jueces realizaron recomendaciones y/o retrotraducciones a cada ítem. Se llegó a un consenso de valoración según las recomendaciones para modificar la traducción de cada ítem en función de su pertinencia de contenido.

Las características de los jueces expertos son las siguientes: 1) Ocho jueces son expertos en el área de las ciencias biológicas, han desarrollado su trabajo en México y en el extranjero, y han publicado en inglés y español. 2) Dos jueces son expertos en traducción del inglés al español y tienen formación en el área educativa. 3) Un juez experto en lingüística. Cabe mencionar que todos los jueces poseen un doctorado en su área y amplia experiencia en el campo.

**Tabla 8**

*Jueces Expertos*

Juez	Área de formación	Experiencia	País en el que reside actualmente
Juez 1	Doctorado en Ciencias Biomédicas	Investigación biomédica en una empresa privada	República Checa
Juez 2	Doctorado en Ciencias Bioquímicas	Investigación biomédica	Alemania
Juez 3	Doctorado en Ciencias Biomédicas	Investigación biomédica	Estados Unidos
Juez 4	Doctorado en área educativa, con formación en idiomas	Profesor-Investigador	México

<b>Juez 5</b>	Doctorado en Ciencias del Lenguaje	Profesor-Investigador	México
<b>Juez 6</b>	Doctorado en Ciencias Biomédicas	Investigación biomédica	Francia
<b>Juez 7</b>	Doctorado en Ciencias Fisiológicas	Investigación en neurofisiología y electrofisiología	Alemania
<b>Juez 8</b>	Doctorado en Biología Molecular	Investigador asociado	México
<b>Juez 9</b>	Doctorado en Fisiología y Neurociencias	Investigación en neurodesarrollo	México
<b>Juez 10</b>	Maestría en Liderazgo Organizacional con enfoque en Educación Internacional.	Coordinación de programas internacionales y bilingües	México
<b>Juez 11</b>	Doctorado en Biomedicina Molecular	Investigador asociado	México

Nota: Se utilizó un consentimiento informado y se guarda la identidad de los jueces expertos.

Una vez obtenida la evaluación de los jueces expertos, se realizó la valoración por juicio de expertos, la revisión de la redacción y la armonización de la prueba. La evaluación de los jueces expertos se llevó a cabo conforme a la metodología propuesta por Escobar-Pérez y Martínez-Cuervo (2008), el cual implica la realización de una prueba de hipótesis. En este contexto, la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza cuando el valor observado del coeficiente excede al valor crítico, considerando un nivel de significancia predefinido. Si este nivel es inferior a 0.05, se rechaza  $H_0$  y se concluye que existe una concordancia significativa entre los rangos asignados por los jueces. Asimismo, la fuerza de la concordancia se interpreta como creciente a medida que el coeficiente W se aproxima a 1.

**Tabla 9***Valoración del Coeficiente de Kendall*

No. de ítem	Item	W de Kendall y Chi <sup>2</sup>
1	Los ítems tienen el mismo significado o muy parecido en los dos idiomas	W ,700 Chi <sup>2</sup> 14
2	¿El tipo de lenguaje de los ítems traducidos tienen una dificultad y familiaridad comparables al del idioma original?	W, 487 Chi <sup>2</sup> 9.7
3	¿Introduce la traducción cambios en el texto (omisiones, sustituciones o adiciones) que puedan influir en la dificultad de los ítems?	W ,281 Chi <sup>2</sup> 5.6
4	¿Hay diferencias entre la versión original de los ítems y la traducida en relación con el uso de metáforas, giros o expresiones coloquiales?	W ,428 Chi <sup>2</sup> 8.5
1	¿El formato de los ítems, incluyendo los aspectos físicos, es el mismo en los dos idiomas?	W ,540 Chi <sup>2</sup> 10.8
2	¿La longitud de los enunciados y de las alternativas de respuesta, cuando las haya, tienen una longitud similar en ambas versiones?	W ,537 Chi <sup>2</sup> 10.7
3	¿El formato de los ítems y la tarea a realizar por la persona evaluada son de una familiaridad similar en las dos versiones?	W ,457 Chi <sup>2</sup> 9.1
4	¿Si se destacó una palabra o frase (negrita o subrayado) en la versión original, se hizo también en el ítem traducido?	W ,325 Chi <sup>2</sup> 6.5
1	¿Hay alguna modificación de la estructura gramatical de los ítems, tal como la ubicación de las oraciones o del orden de las palabras, que pueda hacer el ítem más o menos complejo en una versión que en otra?	W ,490 Chi <sup>2</sup> 9.8
2	¿Existen algunas pistas gramaticales que puedan hacer el ítem más fácil o difícil en la versión traducida?	W ,703 Chi <sup>2</sup> 14
3	¿Existen algunas estructuras gramaticales en la versión original de los ítems que no tienen equivalente en la versión traducida?	W ,554 Chi <sup>2</sup> 11
4	¿Existen algunas referencias al género u otros aspectos que puedan	W ,620 Chi <sup>2</sup> 12.4

	dar pistas sobre los ítems en la versión traducida?	
5	¿Hay palabras en los ítems que tengan un significado unívoco, pero que en la versión traducida puedan tener más de un significado?	W, 58 Chi <sup>2</sup> 11.7
6	¿Hay cambios en la puntuación entre las dos versiones que puedan hacer que el ítem sea más fácil o difícil en la versión traducida?	W, 770 Chi <sup>2</sup> 15.4
1	Cuando se traduce una figura ¿las palabras y frases de la versión traducida transmiten el mismo contenido e ideas que la versión original?	W,664 Chi <sup>2</sup> 13.2
2	¿La forma en la que está escrita la figura es controvertida o polémica, o puede ser percibida de forma denigrante u ofensiva?	W ,466 Chi <sup>2</sup> 9.3
3	Aparte de los cambios exigidos por la traducción, ¿los gráficos, tablas u otros elementos son iguales en las dos versiones del ítem?	W ,532 Chi <sup>2</sup> 10.6
1	¿Los términos utilizados en los ítems en el idioma original han sido adaptados de forma adecuada al contexto cultural de la versión traducida?	W ,511 Chi <sup>2</sup> 10.2
2	¿Existen diferencias culturales que tengan un efecto diferencial sobre la probabilidad de que una respuesta sea elegida en la versión original y la traducida?	W ,504 Chi <sup>2</sup> 10
3	¿Las unidades de medida de la versión original de los ítems ¿están convenientemente adaptadas en la versión traducida?	W ,750 Chi <sup>2</sup> 15
4	Los conceptos implicados en los ítems ¿están al mismo nivel de abstracción en las dos versiones?	W ,682 Chi <sup>2</sup> 13.6
5	Los conceptos o constructos de los ítems ¿son igual de familiares y tienen el mismo significado en las dos versiones?	W ,611 Chi <sup>2</sup> 12.2

Nota: La validación de expertos se realizó con el coeficiente de concordancia W de Kendall en R (R, 2021). Paquete (*irr, vegan*). Se interpreta la fuerza de concordancia, a partir de ello se consideró la fuerza de concordancia y se hicieron las modificaciones de las retrotraducciones por acuerdo de los jueces de cada uno de los ítems en su versión en español.

A continuación, se procedió a la elaboración del cuestionario, siguiendo las sugerencias de Muñiz y Hambleton et al. (2013). Este cuestionario fue diseñado para revisar los criterios establecidos conforme a los lineamientos generales, el formato, la gramática y la redacción, las figuras y la adaptación cultural.

**Tabla 10**

*Revisión de los ítems de acuerdo con los criterios de Hambleton*

No. de ítem	Item
<b>Lineamientos generales</b>	
1	Los ítems tienen el mismo significado o muy parecido en los dos idiomas
2	¿El tipo de lenguaje de los ítems traducidos tienen una dificultad y familiaridad comparables al del idioma original?
3	¿Introduce la traducción cambios en el texto (omisiones, sustituciones o adiciones) que puedan influir en la dificultad de los ítems?
4	¿Hay diferencias entre la versión original de los ítems y la traducida en relación con el uso de metáforas, giros o expresiones coloquiales?
<b>Formato</b>	
1	¿El formato de los ítems, incluyendo los aspectos físicos, es el mismo en los dos idiomas?
2	¿La longitud de los enunciados y de las alternativas de respuesta, cuando las haya, tienen una longitud similar en ambas versiones?
3	¿El formato de los ítems y la tarea a realizar por la persona evaluada son de una familiaridad similar en las dos versiones?
4	¿Si se destacó una palabra o frase (negrita o subrayado) en la versión original, se hizo también en el ítem traducido?

<b>Gramática y redacción</b>	
<b>1</b>	¿Hay alguna modificación de la estructura gramatical de los ítems, tal como la ubicación de las oraciones o del orden de las palabras, que pueda hacer el ítem más o menos complejo en una versión que en otra?
<b>2</b>	¿Existen algunas pistas gramaticales que puedan hacer el ítem más fácil o difícil en la versión traducida?
<b>3</b>	¿Existen algunas estructuras gramaticales en la versión original de los ítems que no tienen equivalente en la versión traducida?
<b>4</b>	¿Existen algunas referencias al género u otros aspectos que puedan dar pistas sobre los ítems en la versión traducida?
<b>5</b>	¿Hay palabras en los ítems que tengan un significado unívoco, pero que en la versión traducida puedan tener más de un significado?
<b>6</b>	¿Hay cambios en la puntuación entre las dos versiones que puedan hacer que el ítem sea más fácil o difícil en la versión traducida?
<b>Figuras</b>	
<b>1</b>	Cuando se traduce una figura ¿las palabras y frases de la versión traducida transmiten el mismo contenido e ideas que la versión original?
<b>2</b>	¿La forma en la que está escrita la figura es controvertida o polémica, o puede ser percibida de forma denigrante u ofensiva?
<b>3</b>	Aparte de los cambios exigidos por la traducción, ¿los gráficos, tablas u otros elementos son iguales en las dos versiones del ítem?
<b>Cultura</b>	
<b>1</b>	¿Los términos utilizados en los ítems en el idioma original han sido adaptados de forma adecuada al contexto cultural de la versión traducida?
<b>2</b>	¿Existen diferencias culturales que tengan un efecto diferencial sobre la probabilidad de que una respuesta sea elegida en la versión original y la traducida?
<b>3</b>	¿Las unidades de medida de la versión original de los ítems ¿están

	conveniente adaptadas en la versión traducida?
4	Los conceptos implicados en los ítems ¿están al mismo nivel de abstracción en las dos versiones?
5	Los conceptos o constructos de los ítems ¿son igual de familiares y tienen el mismo significado en las dos versiones?

Nota: Este cuestionario se aplicó con cada uno de los jueces, con base en estas preguntas se hicieron las modificaciones y retrotraducciones por acuerdo de los jueces de cada uno de los ítems en su versión en español.

#### 4.7.4 Prueba piloto

Para la realización de la prueba piloto, se contó con la participación de estudiantes de ciencias biológicas de dos disciplinas de una universidad pública. El objetivo principal fue corroborar la versión traducida de la prueba. Esta fase tuvo como propósito observar si los estudiantes comprendían la prueba y evidenciar las características cualitativas de las habilidades de los estudiantes, reflejadas en los resultados obtenidos con la versión final en español de la prueba.

Las características de las habilidades evaluadas pueden aportar información sobre el nivel de desarrollo de cada habilidad en los estudiantes. La calificación se realiza de acuerdo con el promedio de las respuestas a las preguntas que miden cada una de las habilidades, como se detalla a continuación:

**Tabla 11***Categorías y habilidades de la prueba Habilidades de la literacidad científica*

<b>Categoría</b>	<b>Habilidad</b>	<b>ítem</b>
<b>I. Comprender los métodos de investigación que guían la investigación científica</b>	H1. Identificar un argumento científico válido	1, 8 y 11
	H2. Evaluar la validez de las fuentes (Realizar una búsqueda efectiva de las fuentes y distinguirlas)	10, 12, 17, 22 y 26
	H3. Evaluar el uso de la información científica	5, 9 y 27
	H4. Comprender los elementos del diseño de investigación y su impacto científico	4, 13, 14, y 25
<b>II. Organizar, analizar e interpretar datos cuantitativos y la información científica</b>	H5. Crear representaciones gráficas de los datos	15
	H6. Leer e interpretar representaciones gráficas de los datos	2, 6, 7 y 18
	H7. Resolver problemas usando habilidades cuantitativas mediante la probabilidad y estadística	16, 20 y 23
	H8. Comprender e interpretar estadística básica	3, 19, 24
	H9. Justificar inferencias, predicciones y conclusiones en datos cuantitativos	21 y 28

Nota: Habilidades de la literacidad científica de acuerdo con el test. Traducción propia.

Los estudiantes participaron voluntariamente mediante un formato de consentimiento informado. Al finalizar la prueba, se les aplicó una encuesta para conocer su opinión sobre la misma. La evaluación de las habilidades se llevó a cabo de manera cualitativa, destacando el nivel de desarrollo de cada habilidad de cada uno de los participantes, con el objetivo de que tanto estudiantes como docentes puedan observar su progreso durante las intervenciones.

La evaluación de la prueba de habilidades de literacidad científica tiene los siguientes indicadores de referencia (Gormally et al., 2012; Segarra et al., 2018; Utami, 2021).

**Tabla 12**

*Criterios de la prueba de habilidades de literacidad científica*

Puntaje	Criterios
$80 \leq x \leq 100$	Muy bueno
$66 \leq x \leq 79$	Bueno
$56 \leq x \leq 65$	Regular
$40 \leq x \leq 55$	Aceptable
$30 \leq x \leq 39$	Deficiente

Nota: Traducción propia, tomado de “Developing a Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS)” Apéndice D por Gormally, 2017, CBE Life Sciences Education y “The Effectiveness of the Online-based Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS) Assessment to Measure Science Literacy Ability During the Covid Pandemic” (p. 324), por Utami, 2021 Conference In Education, Science And Technology.

La prueba de habilidades de la literacidad científica es un instrumento utilizado para medir las habilidades de los estudiantes que han recibido instrucción en ciencias biológicas, y ha sido validado en diversos contextos. Sin embargo, hasta ahora no se había traducido al español ni utilizado en México. Es importante aclarar que, aunque persisten discrepancias respecto al concepto de literacidad científica, en este escrito se ha adoptado la definición que engloba las habilidades incluidas en este instrumento, aplicables a las ciencias biológicas. Además, esta prueba permite caracterizar las habilidades de los estudiantes en las categorías específicas del instrumento y analizar las deficiencias.

#### **4.7.5 Grupo focal**

Para completar el análisis, se llevó a cabo un grupo focal, definido como una entrevista grupal, destinada a recolectar opiniones detalladas y conocimientos específicos. Esta metodología permite sondear opiniones, descubrir tendencias de comportamientos e identificar problemas en un grupo determinado. El propósito es obtener información asociada a conocimientos, actitudes, opiniones, sentimientos, creencias y experiencias, considerando la existencia de múltiples perspectivas en un contexto social (Balcázar-Nava et al., 2006; Pérez-Serrano, 1994). Además, los grupos focales proporcionan datos cualitativos esenciales para comprender las experiencias de los participantes (Lara et al., 2022).

El grupo focal se caracteriza por exponer a los entrevistados a una experiencia social concreta, participando el entrevistador o moderador y las personas seleccionadas para ello. Este tipo de entrevista semiestructurada se utiliza con el objetivo de explorar a fondo alguna experiencia vivida por los entrevistados, centrándose en sus experiencias subjetivas (Álvarez, 2014; Vasilachis et al., 2006).

#### **4.7.6 Negociación de la relación de investigación**

Una vez identificados los participantes, se les solicitó su participación en el estudio mediante una carta de consentimiento informado enviada a través de Google Forms, explicándoles los propósitos del estudio y la metodología a emplear. Se les pidió que respondieran un cuestionario previo y se les solicitó una entrevista de dos horas en la plataforma Teams, con permiso para grabar las sesiones. Se garantizó la confidencialidad en el manejo de la información y en la publicación de resultados. Además, se solicitó su disponibilidad para revisar extractos de las transcripciones y

comentar sus conclusiones del estudio, así como para ser contactados para preguntas de seguimiento y aclaraciones al análisis del grupo focal.

#### **4.7.7 Técnica de recolección**

En primera instancia, se utilizó un protocolo de refinamiento de entrevista de acuerdo con Castillo-Montoya (2016), quien propone un proceso de cuatro fases para desarrollar y ajustar los protocolos de entrevista.

1. Asegurar la alineación de las preguntas de la entrevista con las preguntas de investigación del estudio.
2. Organizar un protocolo de entrevista para crear una conversación basada en preguntas.
3. Obtener retroalimentación de otros investigadores sobre el protocolo.
4. Poner a prueba el protocolo mediante un pilotaje.

Aunque en la teoría fundamentada no es estrictamente necesario un protocolo de refinamiento de entrevista, debido a que están diseñadas para construir narrativas a partir de la información obtenida en entrevistas anteriores (Páramo, 2015). Castillo-Montoya (2016) enfatiza la importancia de la primera entrevista como base para las entrevistas subsecuentes. Por ello, tener un protocolo de entrevista inicial mediante el proceso de refinamiento fortalece la calidad de los datos obtenidos a lo largo del estudio.

#### **4.7.8 Fases del protocolo de entrevista:**

**Fase 1.** Garantizar la alineación de las preguntas de la entrevista con las preguntas de investigación, consultando previamente con investigadores involucrados. En este caso, se pretendía describir cómo se realiza la comunicación de la ciencia en la Licenciatura en

Biotecnología, específicamente cómo los estudiantes perciben que se les enseña y cómo han desarrollado esta habilidad.

**Fase 2.** Construir una conversación basada en la investigación, para ello se contactó a una investigadora con experiencia en entrevistas semi-estructuradas y a profundidad. Se formularon preguntas abiertas redactadas de manera diferente a las preguntas de investigación, creando una referencia escrita para una conversación ordinaria y un guion con un seguimiento probable. Montoya (2016) destaca que el desarrollo de buenas preguntas requiere creatividad y perspicacia, evitando una conversación mecánica y considerando el contexto de la investigación.

**Fase 3.** Obtener retroalimentación sobre los protocolos de la entrevista, solicitando a tres investigadores que revisaran la guía de entrevista. Se recomendó formular las preguntas en el lenguaje cotidiano de los entrevistados y situarlas en contextos hipotéticos que permitieran a los participantes ubicarse en un contexto propio. Asimismo, se construyó una conversación informal para lograr un entorno de confianza con los entrevistados.

Una vez terminadas las tres fases, realizamos la entrevista focalizada. Para el análisis de los datos, se consideró el proceso de la investigación cualitativa con un enfoque constructivista descrito por Chandra y Shang (2017). Una vez planteadas las preguntas de investigación, se recolectaron los datos a partir de la transcripción completa de la entrevista, con una duración de una hora y treinta minutos.

**Fase 4.** Pilotaje del protocolo de entrevista, en el que los estudiantes de la Licenciatura en Biotecnología que aceptaron participar fueron contactados para una videollamada en la plataforma Zoom. Durante la sesión inicial, se les informó sobre los objetivos del grupo focal y se leyó la carta de consentimiento informado antes de comenzar a grabar la entrevista. Posteriormente, se les

solicitó completar un cuestionario de Google Forms y se recopilaron algunos datos sociodemográficos para analizar posibles relaciones con las respuestas de los participantes.

Figura 6

Guion de la entrevista

1. Explicar el objetivo de focus group.
2. Contestar consentimiento informado en Google forms.
3. Contestar cuestionario en Google forms.
- Confirmar el permiso para grabar la sesión.
4. Estrategia para romper el hielo.  
Se presenta la moderadora.  
Pide a cada uno de los estudiantes escribir una actividad relacionada de acuerdo con las palabras que aparecen en la plataforma de Miró llamada (Quick Retrospective). Por ejemplo: Actuar, conocer, parar...)
5. Preguntas de las situaciones hipotéticas.

**Extracto del guion de la entrevista:**

Contexto de los estudiantes en el área de las ciencias biológicas.

1. Recuerdan su primer día de clases cuando llegaron a la Universidad ¿podrían decir que pensaban respecto a las expectativas que tenían de su licenciatura en ese momento?
2. Ustedes ya se encuentran en la etapa formativa de su carrera, ya conocen y han entrado a los laboratorios de investigación. Tomando en cuenta el aspecto de la investigación científica ¿han pensado si quisieran continuar con un posgrado o definitivamente es una necesidad en esta área? ¿Qué pasaría si no continuaran con un posgrado?
- Habilidades de comunicación de la ciencia
3. Cuando eligieron una línea de investigación y entraron a los laboratorios, tuvieron que escribir un protocolo ¿cómo empezaron a redactarlo? Podrían describir ¿qué hicieron y cómo se prepararon la presentación de su investigación?
4. Cuando realizan un experimento y van a escribir los resultados de ese experimento para analizarlo, ¿qué dificultades tienen para escribir? (*Se agregó una experiencia de la moderadora*).

#### 4.7.9 Actividad introductoria

Para alcanzar rapport, se llevó a cabo una actividad en la plataforma Miró, en la que se presentaron palabras clave y se pidió a los participantes que las relacionaran con una expectativa.

Esta actividad facilitó la interacción entre los participantes y la moderadora, y permitió observar el contexto percibido por los estudiantes sobre su Licenciatura.

**Tabla 13**

*Actividad para alcanzar el rapport*

<b>Palabras</b>	<b>Respuestas de los participantes</b>
<b>Leer</b>	“Conocer nuevas perspectivas y formas de hacer ciencia”
<b>Diseñar</b>	“Empresas biotecnológicas” “Diseñar infografías o imágenes para divulgar conocimientos biológicos”
<b>Continuar</b>	“Creciendo y fortaleciendo el proyecto de divulgación/difusión”
<b>Innovar</b>	“Innovar en la relación entre las urbes y los ecosistemas”
<b>Estudiar</b>	“Ciencias de la computación” “Entrar a más cursos”
<b>Descubrir</b>	“Descubrir y acercarse a las prácticas científicas”

**Tabla 14**

*Criterios de inclusión y exclusión de la muestra para la prueba piloto*

<b>Características de la muestra</b>		
<b>Población de base</b>	Inclusión	Estudiantes de Biotecnología que se encuentren en nivel formativo. Asignaturas del área de investigación que corresponden a 7mo., 8vo y 9no. semestre. 1. Lectura y redacción científica o 2. Proyecto de Investigación I o 3. Proyecto de Investigación II.
	Exclusión	Estudiantes de biotecnología que no se encuentren en nivel formativo de 1ro. a 6to. semestre.
<b>Muestra seleccionada</b>	Inclusión	Estudiantes de biotecnología de 8vo. y 9no. semestre que cursaron las asignaturas correspondientes al área de investigación.
	Exclusión	Que no aceptaran participar por medio de la carta de consentimiento informado.

**Tabla 15**

*Características demográficas de los participantes*

Personas	Edad	Sexo	Semestre	Ciudad de origen	Cuentan con herramientas tecnológicas
1	22	H	8	Puebla	Si
2	22	H	10	Puebla	Si
3	22	M	10	México	Si
4	24	H	10	Puebla	Si
5	23	M	9	Puebla	Si
6	22	M	8	Puebla	Si
7	23	M	8	Tabasco	Si
8	22	H	8	Puebla	Si
9	22	H	10	Puebla	Si

#### 4.7.10 Análisis del grupo focal de la prueba piloto

El análisis del grupo focal se realizó con un enfoque constructivista. Strauss y Corbin (1990) explican que este enfoque se centra en explorar y descubrir nuevos conceptos, mecanismos o procesos, construyendo un modelo de proceso o una teoría mediante la codificación abierta y axial de un pequeño número de casos. Chandra y Shang (2017) señalan que el enfoque constructivista no tiene un estilo para presentar los hallazgos, pero muestra datos cualitativos codificados que contienen dimensiones teóricas de primer orden, segundo orden y agregadas. Este análisis se realizó utilizando el software *RQDA*, una herramienta de CAQDAS de código abierto basada en la plataforma R, que permite a los investigadores ser impulsores del proceso de construcción de teorías mediante el diseño de una función de agregación de datos simples y eficientes.

Para el análisis de datos de esta prueba piloto, se realizó una transcripción fiel de la entrevista y se importaron los textos al software *RQDA* en archivos *.txt*. Cada pregunta se guardó en

un archivo separado para facilitar la adición de *memos* y la identificación de los participantes. La codificación del texto se realizó mediante una codificación abierta, aunque influenciada por la revisión de la literatura realizada por el equipo de investigación. Se utilizó un *muestreo teórico*, en el que el analista colecciona, codifica y analiza los datos para decidir qué datos recolectar a continuación y dónde encontrarlos, con el fin de desarrollar y perfeccionar una teoría. Cabe destacar que en esta etapa no se alcanzó la saturación teórica debido a las características esperadas de una prueba piloto.

#### **4.7.11 Codificación y análisis de datos**

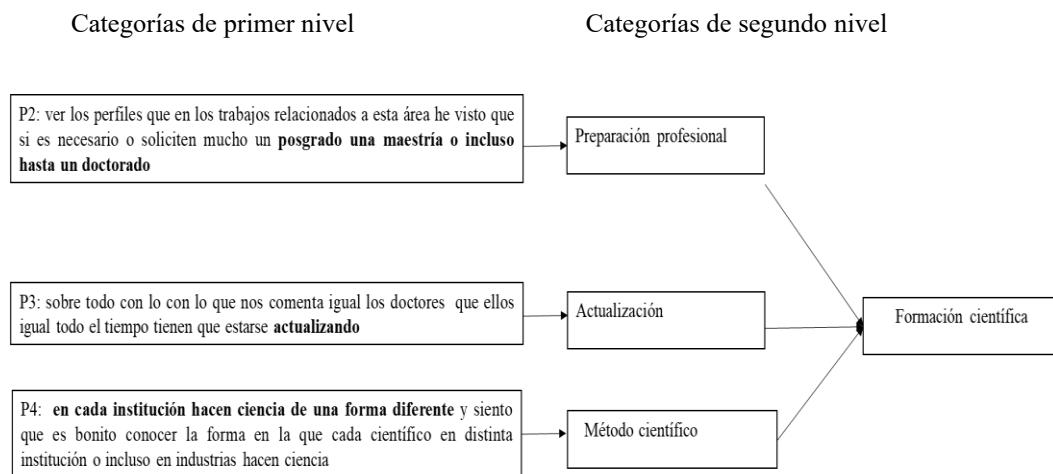
La codificación se realizó en categorías de primer y segundo orden, para luego ensamblar una estructura de datos preliminar. Este paso se facilitó mediante la exportación de los códigos a formato *html*, permitiendo una mejor visualización de la *codificación* y *categorías* de los datos. En la articulación de la teoría, se construyeron relaciones dinámicas entre dimensiones de segundo orden o agregadas para desarrollar un modelo preliminar de los datos obtenidos en esta prueba piloto. Los resultados son preliminares y tienen como objetivo mejorar el instrumento de entrevista para su posterior aplicación.

Se obtuvieron los códigos a partir de una codificación abierta, fragmentando los datos con el objetivo de generar un conjunto emergente de categorías y sus propiedades, basándose en la experiencia y conocimiento de la literatura sobre la literacidad científica en las ciencias biológicas. Posteriormente, se realizó una codificación selectiva, reduciendo el conjunto inicial de categorías a través del análisis de las relaciones entre la categoría central y el resto, eliminando las irrelevantes. Finalmente, se llevó a cabo una codificación teórica, introduciendo conceptos de mayor abstracción

dentro de la explicación teórica, lo que permitió la construcción teórica, lo que permitió la construcción de un sistema de construcciones que ofrece una explicación más plausible del problema de investigación.

**Figura 7**

*Dimensión: Formación científica*



A continuación, se presentan las dimensiones en forma de tabla para una mejor visualización. En este contexto, los estudiantes manifiestan que la preparación académica proporcionada por la Licenciatura resulta insuficiente para el ámbito laboral, aunque reconocen su pertinencia únicamente si se dedican a la investigación. Además, es notable que perciben la práctica científica se realiza de diversas maneras.

La categoría de literacidad de la información emerge a partir de las percepciones y experiencias de los estudiantes respecto a la búsqueda, lectura, comprensión y aplicación de artículos académicos en su práctica académica y en la redacción de sus investigaciones. Se deduce

que los estudiantes comienzan a familiarizarse con los formatos empleados en textos científicos y revistas especializadas en el campo de las ciencias biológicas.

**Tabla 16**

*Interpretación acerca de la dimensión teórica*

Dimensión teórica	Categorías de código de segundo nivel	Categorías de código de primer nivel
Literacidad de la información	1. Estilo de escritura	P1: “justamente de la mano con el <b>investigador</b> no más que nada por lo mismo de que <b>vas como caso un ritmo y a su estilo”</b>
	2. Uso de formatos	P2: “cuando he hecho protocolos usualmente ha sido con las <b>plantillas</b> de los laboratorios que ya tienen cosas que se necesitan...” P3: “hay revistas que están empezando a utilizar como una <b>manera diferente de presentar los resultados...</b> ”
	3. Análisis de la información	P4: “comparar no los resultados que obtuviste <b>con información o literatura</b> que encuentras...”
	4. Lectura de artículos	P5: “leyendo por ejemplo <b>artículos científicos</b> pues es muy útil porque estás <b>aprendiendo nuevas cosas todo el tiempo”</b>

**Nota:** Se muestra la dimensión de literacidad de la información, comprende cómo los estudiantes buscan y utilizan la información científica. La mayoría solo busca artículos científicos y de solo una base de datos.

#### 4.7.11 Literacidad de la información

La dimensión teórica que se presenta a continuación, identificada mediante la codificación, corresponde a la escritura de textos académicos. Los estudiantes reconocen la importancia de formatos académicos, el estilo de escritura, la argumentación, el formato de artículos científicos y la redacción científica. Sin embargo, es notable la falta de conocimiento sobre el lenguaje científico y su uso en la escritura. Esta dimensión está directamente relacionada con la categorización de la comunicación científica, en los que se aplican formatos específicos. En las ciencias biológicas, el

formato predominante es el artículo científico denominado IMRD (Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión).

**Tabla 17**

*Interpretación acerca de la Dimensión escritura de textos académicos*

Dimensión teórica	Categorías de código de segundo nivel	Categorías de código de primer nivel
Escritura de textos académicos	1. Redacción científica 2. Formato IMRD 3. Argumentación 4. Nomenclatura 5. Uso apropiado de los formatos	P1: “la forma en la que redactamos puede complicarnos a veces un poco” P7: “justamente de la mano con el investigador no más que nada por lo mismo de que vas como caso un ritmo y a su estilo” P2: “yo me siento más cómodo escribiendo primero pues los resultados la discusión de resultados y de ahí me salto con la introducción para ya terminar la conclusión” P1: “los resultados que obtienes tengan coherencia al momento de hilarlos con lo que es básicamente tus objetivos y la introducción por qué o sea puede que si tus resultados hayan sido justamente lo que esperabas, pero es muy importante la forma en la que los redactas” P3: “el lenguaje digamos técnico es demasiado específico con la calidad que nos estamos intentando transmitir y con básicamente con eso con lo que nosotros estamos intentando demostrar” P4: “hasta qué grado explicar y ser tan técnico o sea a veces a mí se me va ya veces me pongo usar un montón de terminología...” P6: “bueno en caso de los protocolos usualmente los laboratorios ya tienen como una plantilla que utilizan que ya está aprobada usualmente los laboratorios”

La dimensión que emerge a partir de esta categorización se relaciona con la escritura científica. En sus discursos, los estudiantes aluden a las dificultades que enfrentan al escribir, señalando que cada investigador con el que colaboran y los artículos que leen tienen estilos diferentes. Además, los formatos varían según el lugar donde se realice la investigación.

Otra dimensión identificada es el discurso científico, observada en la preparación de la difusión de investigaciones, la redacción de informes científicos y reportes de laboratorio. Los estudiantes mencionan varios elementos clave, como el conocimiento científico y la redacción de

resultados de sus investigaciones conforme al método científico en las ciencias biológicas. Es notable que la discusión de resultados les resulta particularmente difícil, lo que sugiere la necesidad de profundizar en esta narrativa.

**Tabla 18**

*Interpretación acerca de Dificultades de la escritura científica*

Dimensión teórica	Categorías de código de segundo nivel	Categorías de código de primer nivel
Dificultades de la escritura científica	1. Formato IMRD	P1: "los resultados que obtienes tengan coherencia al momento de hilarlos con lo que es básicamente tus objetivos y la introducción por qué o sea puede que si tus resultados hayan sido justamente lo que esperabas pero es muy importante la forma en la que los redactas"
	2. Nomenclatura	P2: "el lenguaje digamos técnico es demasiado específico con la calidad que nos estamos intentando transmitir y con básicamente con eso con lo que nosotros estamos intentando demostrar..."
	3. Preparación	P3: "haber entrado a uno o dos cursos de escritura de artículos y por ejemplo cada vez cada sección del artículo se maneja en un tiempo verbal..."
	4. Difusión	P4: "se me dificulta un poco cómo saber targetear a las personas que van a leer lo que sea que estoy escribiendo" P6: "congreso tenían como una forma en la que nosotros tenemos que ordenar nuestras y nuestros resultados"
	5. Conocimiento científico	P5: "PCR y digo ah bueno pero tal vez esta persona no entienda nada y este entonces como que empiezo a explicar brevemente lo que es la pcr"

**Tabla 19***Interpretación acerca de Discurso científico*

<b>Dimensión teórica</b>	<b>Categorías de código de segundo nivel</b>	<b>Categorías de código de primer nivel</b>
Discurso científico	1. Método científico	P1: “me da como confianza al hablar de las cosas que estoy investigando además de siempre tener esta idea de que <b>cualquier resultado es bueno porque es un resultado de tu experimento</b> ”
	2. Análisis de datos	P2: “agregarlo a esa parte de el análisis de tus resultados ya lo tienes ya tal vez ya lo encontraste y ahora como esto <b>congenia o tal vez este contradice lo que acaba de obtener</b> ”
	3. Conocimiento científico	P3: “ <b>el conocimiento científico ya de una manera más aplicada para que pueda implementarse pues nuevas estrategias</b> para el desarrollo de ellas pues las ciudades y de la comunidad en general...”
	4. Discusión de resultados	P4: “creo que <b>lo batallo</b> en ambos lados es que discutir no muchas veces de estos resultados y es como de ajá sí pero o sea que puedes discutir o que puedes sacar de ellos”

#### 4.7.12 Conclusiones del grupo focal

El grupo focal es una técnica cualitativa que nos permite conocer las experiencias, opiniones, sentimientos y percepciones de los participantes sobre un fenómeno de interés. Este estudio piloto nos permitió identificar varias dimensiones teóricas relacionadas con las habilidades y dificultades de los estudiantes de ciencias biológicas en la escritura académica.

El proceso de validación, previo a la realización de la entrevista, fue fundamental en la investigación. Mediante la consulta con investigadores expertos, se evaluó la pertinencia de las preguntas formuladas y se refinó el protocolo de entrevistas para asegurar que se cumplieron los objetivos de investigación.

Este piloto facilitó la modificación de algunas preguntas y la generación de otras nuevas, permitiéndonos profundizar en la comunicación de la ciencia entre pares, conocida como difusión científica. Los estudiantes manifestaron dificultades en la escritura y una percepción de falta de

metodología y enseñanza clara en el género científico dentro de las ciencias biológicas y aprenden principalmente a través de la experiencia a medida que avanzan en su formación académica.

El análisis con la aplicación RQDA demostró ser una herramienta poderosa para el análisis cualitativo, permitió una codificación sencilla de las categorías, y facilitó la identificación de dimensiones teóricas. Los memos fueron fundamentales, ya que permitieron una interpretación profunda de las respuestas de los participantes y una codificación de primer y segundo nivel para generar teoría e interpretar el fenómeno investigado.

La identificación de las dimensiones teóricas permitió ajustar el guion de la entrevista, especialmente en cuanto a las dificultades de los estudiantes en la escritura académica. Además, surgieron nuevas dimensiones que no se habían considerado inicialmente, como el rol científico, que se refiere a cómo los estudiantes perciben el trabajo de los investigadores, distinguiendo entre el trabajo de laboratorio y la escritura de textos científicos.

Esta prueba piloto también resaltó la importancia de ajustar las preguntas, a partir de la retroalimentación de los participantes. Por ejemplo, se recomendó utilizar una plataforma diferente para entrevistas más prolongadas, ya que el uso de Zoom en su modalidad gratuita, con un límite de 40 minutos, interrumpió el flujo de conversación. Además, la reticencia de los estudiantes a usar sus cámaras impidió la observación de reacciones importantes para la interpretación de datos. La triangulación de datos mediante cuestionarios en Google Forms corroboró y contrastó las declaraciones de los participantes en el grupo focal.

Finalmente, la experiencia adquirida en esta prueba piloto fue invaluable para la planificación de entrevistas futuras. Permitió reformular las preguntas, gestionar el tiempo de participación y facilitar una conversación más fluida. Además, el análisis de los datos generó

nuevas preguntas cruciales para la investigación, profundizando en las categorías y dimensiones teóricas identificadas.

Para la tercera fase del estudio, se analizaron los resultados de la fase diagnóstica para desarrollar una solución práctica. Para ello, se diseñó una propuesta de modelo tecnopedagógico basado en las necesidades identificadas en el diagnóstico. La revisión de la literatura fue clave para construir este modelo, cuyos elementos se detallan en la sección de resultados.

#### **4.8 Consideraciones éticas**

Aspectos éticos para considerar en el documento de disertación que se titula: “Modelo tecnopedagógico para el desarrollo de la comunicación de la ciencia: Literacidad científica en estudiantes de Biomedicina”.

Antes de la investigación:

- a. Se revisó el código de ética que se refiere a las investigaciones educativas. Este documento se puede obtener del Código de la Asociación Británica de Investigación Educativa (BERA).
- b. La propuesta de investigación se sometió a revisión a un comité tutorial que pertenece al Doctorado en Sistemas y Ambientes Educativos.
- c. Se obtuvo el permiso necesario con las autoridades correspondientes mediante entrevista, para comenzar la investigación.

Al comienzo de la investigación:

Se identificaron los posibles beneficios para los participantes derivados de la implementación de un modelo tecnopedagógico, el cual busca contribuir al desarrollo de las habilidades comunicativas en el ámbito de la ciencia. Específicamente, se enfatiza la importancia de este modelo en el fomento de la comunicación científica escrita.

El objetivo principal de esta investigación es promover el desarrollo de la literacidad científica, entendida como la capacidad para comunicar de manera efectiva los resultados de las investigaciones dentro del campo de las ciencias biológicas, a través de un modelo tecnopedagógico que facilite la expresión clara y precisa de los hallazgos científicos.

#### **4.8.1 Recolección de los datos**

En esta investigación se mantuvo un ambiente de respeto, así como se interrumpirá lo menos posible a los participantes respetando el tiempo que proporcionen para la recolección de los datos por parte del investigador.

Se aseguró que todos los participantes reciban los beneficios que aporta la investigación.

No se engaña a los participantes en ningún momento de la investigación para asegurar su participación en la misma, sino que conocerán en todo momento su rol de participación en el estudio, reiterando el propósito de la investigación.

Durante las entrevistas con los participantes se evitó causar estrés para los participantes y opinaron cómo interpretar sus respuestas, así como el investigador tiene la responsabilidad de interpretar los resultados de manera crítica sin herir ninguna susceptibilidad en los participantes del estudio.

En esta investigación se evita la divulgación de los datos de los participantes que contengan información íntima o que pueda dañar a los mismos.

Se reconoció el derecho de todos los participantes a retirarse de la investigación por cualquier motivo o sin motivo alguno y, en cualquier momento, y se debe informar a los participantes de este derecho.

En contextos de investigación en línea, si los autores de las publicaciones u otros materiales retiran o eliminan datos, entonces esos datos no deben ser utilizados en la investigación.

#### **4.8.2 Análisis de los datos**

Durante el análisis de los datos se evitó tomar partido por alguno de los participantes, así como se presentarán y se discutirán los resultados favorables y no favorables para la investigación.

Se respetó la privacidad de los participantes, no se presentará en la investigación los nombres de ninguno de los participantes, sino que se elaborará un código para cada uno, o bien, se ocupó un alias o pseudónimo para proteger la identidad de los participantes.

## 5. Resultados

De acuerdo con el marco metodológico establecido, los resultados de la primera fase, correspondiente al diagnóstico, se obtuvieron mediante la aplicación de una prueba de habilidades en literacidad científica. Esta prueba tuvo como objetivo caracterizar dichas habilidades de manera cualitativa. Cabe señalar que, conforme a los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos, se seleccionó una muestra de 14 estudiantes.

Respecto al cuestionario, este fue implementado a través de la plataforma Google Forms. Se obtuvo el consentimiento informado de los participantes, asegurando así la validez de las respuestas proporcionadas. Además, se adoptaron medidas específicas para garantizar la protección de la identidad de los estudiantes, resguardando sus datos personales, incluyendo sus nombres.

### 5.1 Diagnóstico

En la fase I llamada problematización, se realizó un diagnóstico que incluyó la recolección de datos relacionados con la problemática y las necesidades identificadas. Para ello, se aplicó una prueba que fue traducida y validada en español en el contexto de una universidad pública estatal, con el fin de caracterizar las habilidades de literacidad científica en el área biológica de los estudiantes de Biomedicina.

La prueba de Habilidades de Literacidad Científica (TOSLS, por sus siglas en inglés) permitió evaluar cualitativamente el nivel de desarrollo de estas habilidades en cada estudiante. Los resultados obtenidos sirvieron como base para la formulación de una propuesta inicial de intervención, orientada a la mejora de las habilidades detectadas.

A continuación, se presentan de manera general las categorías de la prueba y los ítems que las componen:

**Tabla 20**

*Categorías y habilidades de la prueba TOSLS*

Categoría	Habilidad	ítem
I. Comprender los métodos de investigación que guían la investigación científica	H1. Identificar un argumento científico válido	1, 8 y 11
	H2. Evaluar la validez de las fuentes (Realizar una búsqueda efectiva de las fuentes y distinguirlas)	10, 12, 17, 22 y 26
	H3. Evaluar el uso de la información científica	5, 9 y 27
	H4. Comprender los elementos del diseño de investigación y su impacto científico	4, 13, 14, y 25
	H5. Crear representaciones gráficas de los datos	15
II. Organizar, analizar e interpretar datos cuantitativos y la información científica	H6. Leer e interpretar representaciones gráficas de los datos	2, 6, 7 y 18
	H7. Resolver problemas usando habilidades cuantitativas mediante la probabilidad y estadística	16, 20 y 23
	H8. Comprender e interpretar estadística básica	3, 19, 24
	H9. Justificar inferencias, predicciones y conclusiones en datos cuantitativos	21 y 28

Nota: Traducción propia a partir del cuadro de habilidades de la prueba TOSLS (Gormally et al., 2012).

La evaluación de la prueba de habilidades de literacidad científica tiene los siguientes indicadores de referencia (Arfiati, 2021; Gormally et al., 2012; Segarra et al., 2018).

Se hace referencia a la tabla de los puntajes explicada en el capítulo de metodología.

**Tabla 21**

*Tabla de puntajes de la prueba TOSLS*

Puntaje	Criterios
$80 \leq x \leq 100$	Muy bueno
$66 \leq x \leq 79$	Bueno
$56 \leq x \leq 65$	Regular
$40 \leq x \leq 55$	Aceptable
$30 \leq x \leq 39$	Deficiente

Nota: Traducción propia, tomado de “Developing a Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS)” Apéndice D por Gormally, 2017, CBE Life Sciences Education y “The Effectiveness of the Online-based Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS) Assessment to Measure Science Literacy Ability During the Covid Pandemic” (p. 324), por Utami, 2021 Conference In Education, Science And Technology.

La prueba mostró los siguientes resultados con los estudiantes evaluados para este estudio.

**Tabla 22**

*Datos sociodemográficos de los participantes*

Estudiante	Edad	Género	Semestre	Lugar de origen
1	22	Mujer	8vo.	Zacatlán, Puebla
2	22	Mujer	8vo.	Cuernavaca, Morelos
3	22	Hombre	8vo.	Huajuapan de Léon, Oaxaca
4	23	Mujer	8vo.	Xalapa, Veracruz
5	23	Hombre	10mo.	Tlaxcala
6	22	Hombre	8vo.	Zacatlán, Puebla
7	25	Mujer	10mo.	Oaxaca

8	22	Mujer	8vo.	Puebla
9	23	Hombre	10mo.	Puebla
10	23	Mujer	10mo.	Puebla
11	21	Mujer	8vo.	Puebla
12	21	Mujer	8vo.	Puebla
13	21	Mujer	8vo.	Puebla
14	21	Mujer	8vo.	Chiapas

Nota: Datos obtenidos de las respuestas de los estudiantes.

Respecto al análisis de los datos obtenidos de la prueba traducida de habilidades de literacidad científica (TOSLS) (Gormally et al., 2012) se muestran los siguientes resultados por habilidades:

En cuanto a la habilidad 1 sobre la identificación de un argumento válido, los datos presentan una distribución moderadamente asimétrica hacia la izquierda. La curtosis negativa indica una distribución platicúrtica, caracterizada por colas más ligeras y una menor concentración de valores extremos en comparación con una distribución normal. Estos resultados sugieren una distribución de datos con una tendencia central clara, variabilidad moderada y ausencia de valores atípicos significativos.

**Tabla 23**

*Habilidad 1. Identificar un argumento científico válido*

Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
0.4721429	0.33	0.2419321	0.33	-0.5476219

**Nota.** La variable analizada presenta una media de 0.47 y una moda de 0.33, lo que sugiere ligera asimetría. La desviación estándar y el rango intercuartílico muestran dispersión moderada, mientras que la curtosis negativa (-0.55) indica una distribución platicúrtica, caracterizada por menor concentración en la media y ausencia de valores extremos pronunciados.

En la habilidad 2 sobre la evaluación de la validez de las fuentes, se indica una tendencia central clara hacia este punto y existe evidencia de una relativa simetría en los datos. Se refleja una variabilidad baja respecto a la media, indicando que los datos se concentran en torno al valor central y presentan poca dispersión. El rango intercuartílico señala que la diferencia entre el tercer y el primer cuartil es reducida, reforzando la idea de homogeneidad en la distribución.

El valor de la curtosis es positivo, aunque bajo, lo que se interpreta como una distribución ligeramente leptocúrtica respecto a la normal. La distribución presenta una ligera tendencia a concentrar más observaciones cerca de la media y con colas algo menos extendidas.

**Tabla 24**

*Habilidad 2. Evaluar la validez de las fuentes*

Media	Moda	Desviación estandar	Rango intercuartílico	Curtosis
0.6	0.6	0.1597191	0.15	0.4377773

**Nota.** Los datos muestran homogeneidad (media y moda = 0.6) y una distribución ligeramente leptocúrtica.

Respecto a la habilidad 3 de la evaluación del uso de la información científica, se muestra que los datos presentan una tendencia central bien definida, ya que la media y la moda coinciden en 1. El rango intercuartílico confirma una variabilidad moderada en el conjunto de datos. Por su parte, la curtosis negativa indica que la distribución es platicúrtica. La variable se comporta de manera homogénea y estable.

**Tabla 25***H3. Evaluar el uso de la información científica*

Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
1	1	0.2099235	0.34	-0.2810725

**Nota.** Los datos muestran una distribución centrada en 1, con baja dispersión y tendencia platicúrtica, lo que refleja estabilidad y homogeneidad en la variable.

Respecto a la habilidad 4 sobre la comprensión de los elementos del diseño de investigación y su impacto científico los datos muestran que la variable se distribuye de manera estable y homogénea, con valores centrados en 1. La baja dispersión confirma la consistencia de los resultados, mientras que la curtosis negativa refleja una distribución platicúrtica, con menor concentración en el centro y colas menos pronunciadas que una distribución normal.

**Tabla 26***H4. Comprensión de los elementos del diseño de investigación y su impacto científico*

Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
1	1	0.2099235	0.34	-0.2810725

**Nota.** La curtosis negativa indica una distribución platicúrtica, con menor concentración alrededor de la media y ausencia de colas extremas.

En la habilidad 5, la media obtenida coincide con la moda, la desviación estándar fue de 0.51, lo que refleja una dispersión moderada de los valores alrededor de la media. El valor de curtosis fue de -2.06, lo que corresponde a una distribución platicúrtica, con colas más ligeras y menos concentración en los extremos que la distribución normal.

**Tabla 27***H5. Crear representaciones gráficas de los datos*

Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
1	1	0.5135526	1	-2.065901

**Nota.** Los datos muestran consistencia en la tendencia central (media y moda = 1), dispersión moderada ( $DE = 0.51$ ) y una distribución platicúrtica (curtosis = -2.07).

En la habilidad 6 la media y la moda coinciden en un valor de 0.5, existe consistencia en la tendencia central de los datos. La desviación estándar sugiere una variabilidad baja en torno al valor central, con escasa dispersión de los datos. El rango intercuartílico confirma que los valores centrales se encuentran estrechamente agrupados entre el primer y el tercer cuartil. Por otro lado, la curtosis alcanzó un valor de -0.68, correspondiente a una distribución platicúrtica, es decir, con colas más ligeras y menor concentración de valores extremos en comparación con la distribución normal.

**Tabla 28***H6. Leer e interpretar representaciones gráficas de los datos*

Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
0.5	0.5	0.2852847	0.25	-0.6854368

**Nota.** La media y la moda fueron iguales, indicando consistencia en la tendencia central. La desviación estándar y el rango intercuartílico reflejan baja dispersión, mientras que la curtosis negativa señala una distribución platicúrtica.

En cuanto a la habilidad 7 la diferencia de la moda y la mediana indica que el valor más frecuente no coincide con la tendencia central lo que refleja cierta heterogeneidad en la distribución. La desviación estándar representa una dispersión moderada de los datos en torno a la media. En cuanto a la variabilidad central, el rango intercuartílico evidencia que los valores comprendidos entre el primer y el tercer cuartil abarcan un intervalo relativamente amplio en

comparación con la media. La curtosis corresponde a una distribución platicúrtica, caracterizada por colas más ligeras y menor presencia de valores extremos en comparación con la distribución normal. Estos datos implican una menor probabilidad de valores atípicos.

**Tabla 29**

*H7. Resolver problemas usando habilidades cuantitativas mediante la probabilidad y estadística*

Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
0.33	0	0.3830445	0.5775	-1.522805

**Nota.** La media fue de 0.33 y la moda de 0, lo que refleja heterogeneidad en la tendencia central. La desviación estándar (0.38) y el rango intercuartílico (0.58) indican dispersión moderada, mientras que la curtosis negativa (-1.52) señala una distribución platicúrtica.

En cuanto a la habilidad 8 los resultados obtenidos muestran que la media y la moda, lo cual indica consistencia en la tendencia central, ya que el valor promedio es también el más frecuente dentro de la distribución. La desviación estándar refleja una dispersión baja a moderada de los datos respecto a la media y evidencia cierta homogeneidad en la muestra. El rango intercuartílico confirma que la mayoría de los datos centrales se encuentran agrupados en un intervalo estrecho, lo que respalda la baja variabilidad.

En cuanto a la forma de la distribución, la curtosis, indica una distribución platicúrtica, caracterizada por colas menos pronunciadas y una menor concentración de valores extremos en comparación con la distribución normal. Estos indicadores permiten concluir que los datos presentan una distribución estable y homogénea, con baja dispersión y escasa presencia de valores atípicos, lo que otorga solidez a la medición realizada.

**Tabla 30***H8. Comprender e interpretar estadística básica*

Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
0.66	0.66	0.3358277	0.33	-1.235301

**Nota.** La media y la moda fueron iguales (0.66), indicando consistencia en la tendencia central. La desviación estándar (0.34) y el rango intercuartílico (0.33) muestran baja dispersión, mientras que la curtosis negativa (-1.23) señala una distribución platicúrtica.

En la habilidad 9, la media y la moda coinciden, lo que refleja consistencia en la tendencia central, la desviación estándar indica una dispersión baja evidencia homogeneidad en la muestra. El rango intercuartílico fue de 0, lo cual sugiere que no existe variabilidad dentro del 50 % central de los datos. La curtosis indica una distribución ligeramente platicúrtica, caracterizada por colas más ligeras y menor presencia de valores extremos que la distribución normal. En conjunto, estos resultados reflejan una muestra con alta homogeneidad, baja variabilidad y escasa propensión a valores atípicos, lo que aporta estabilidad a la medición estadística.

**Tabla 31***H9. Justificar inferencias, predicciones y conclusiones en datos cuantitativos*

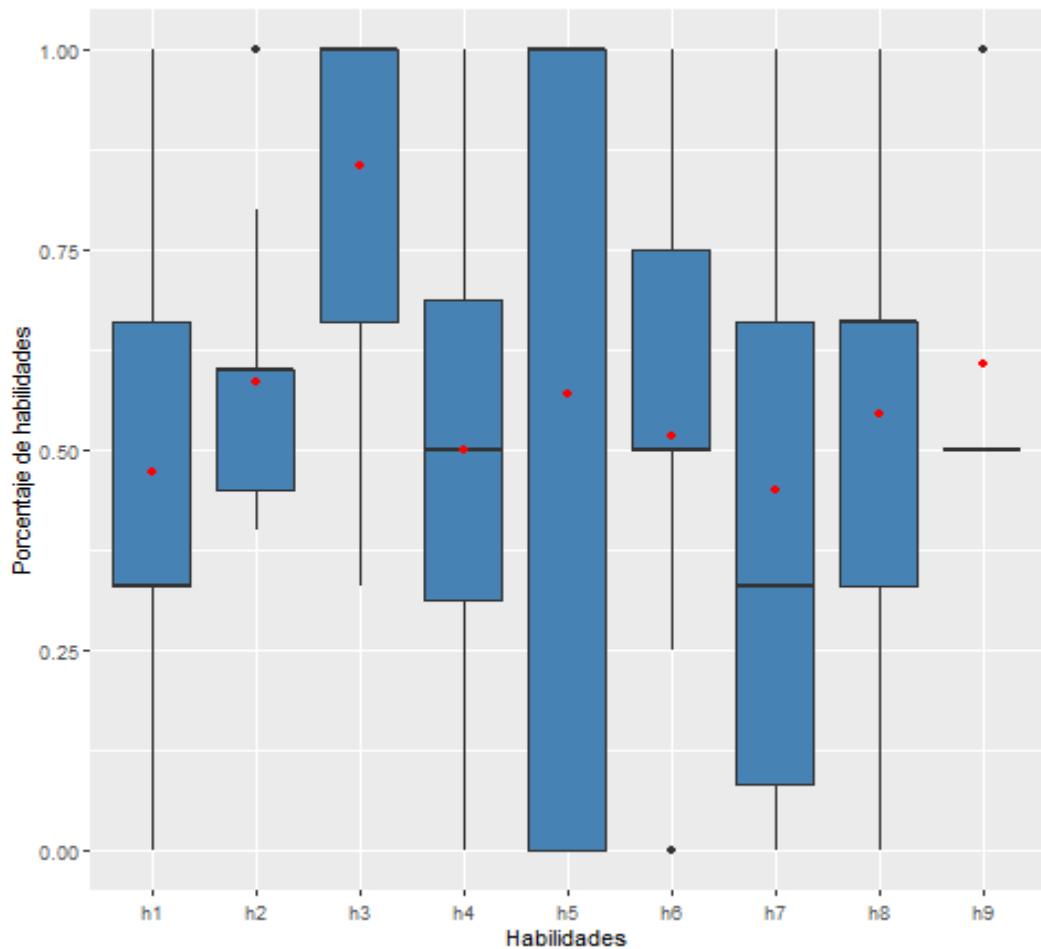
Media	Moda	Desviación estándar	Rango intercuartílico	Curtosis
0.5	0.5	0.205163	0	-0.4655226

Nota: Los datos presentaron una media y moda que coinciden, y un rango intercuartílico nulo, lo que indica concentración en valores centrales. La curtosis fue negativa, lo que caracteriza a la distribución como platicúrtica.

En cuanto al análisis de datos respecto a las habilidades muestra que los estudiantes presentan distintos niveles de desarrollo y dispersión. En cuanto a la habilidad 3 (Evaluar el uso de la información científica) presenta la media más alta, lo que refleja un desempeño superior en

comparación con el resto. Por otro lado, en la habilidad 7 (Resolver problemas usando habilidades cuantitativas mediante la probabilidad y estadística) evidencia un desarrollo limitado que puede deberse a la comprensión de conceptos clave. En el caso de h5 (Crear representaciones de los gráficos) presenta una alta variabilidad, parece que indica diferencias marcadas entre los estudiantes, sin embargo, es la única habilidad que ha sido evaluada con una sola pregunta.

Existe heterogeneidad en el nivel de desarrollo de las habilidades, la mediana se concentra entre 0.50 y 0.60, salvo excepciones en la habilidad 3 y la habilidad 5 que presentan una alta variabilidad y valores extremos. La habilidad 7 (Resolver problemas usando habilidades cuantitativas mediante la probabilidad y estadística) y la habilidad 9 (Justificar inferencias, predicciones y conclusiones en datos cuantitativos reflejan un desempeño favorable y consistente).

**Figura 8***Distribución del porcentaje de logro por habilidad evaluada*

**Nota:** La gráfica muestra la distribución del porcentaje de habilidades logradas por los estudiantes en cada una de las nueve habilidades (h1 a h9). Las cajas representan el rango intercuartílico (del percentil 25 al 75), la línea horizontal dentro de cada caja indica la mediana, y los puntos rojos representan los promedios. Los valores atípicos se muestran como puntos negros fuera de los bigotes.

Se evaluó el desarrollo de las habilidades conforme a la interpretación propuesta por Gormally et al. (2012). Se decidió incorporar una evaluación cualitativa, ya que esta permite identificar áreas de oportunidad para su fortalecimiento. Aunque se observó una deficiencia en habilidades relacionadas con la interpretación de datos y resultados estadísticos, también se evidenció una limitada capacidad para identificar, acreditar con precisión las fuentes y evaluar argumentos. Estas limitaciones son relevantes, puesto que impactan directamente en el desarrollo de la escritura científica.

**Tabla 32***Interpretación de la prueba TOSLS*

<b>Estudiante</b>	<b>Semestre</b>	<b>Nivel del desarrollo de habilidades</b>	<b>Oportunidades para el desarrollo de las habilidades</b>
1	8vo.	Bueno: h1, h3, h4, h8 Aceptable: h2, h6 Deficiente: h5, h7, h9	Presenta baja capacidad de identificación, precisión en la acreditar las fuentes. Muestra baja capacidad de explicar cálculos para la interpretación de datos.
2	8vo.	Muy bueno: h5 Bueno: h3, h7 Aceptable: h2, h6 Deficiente: h1, h4, h8, h9	Falta de habilidad para relacionar afirmaciones con las evidencias científicas y falta de escrutinio en las pruebas. Falta de habilidad para interpretar la aleatorización en un diseño concreto de estudio, así como los resultados estadísticos. Falta de habilidad para interpretar datos gráficos al elaborar una hipótesis o evaluar un argumento.
3	8vo.	Muy bueno: h5, h7 Bueno: h3, h4. Aceptable: h2, h6, Deficiente: h1, h8,	Falta de habilidad para relacionar afirmaciones con las evidencias científicas y falta de escrutinio en las pruebas. Falta de habilidad para interpretar los datos y/o resultados estadísticos.
4	8vo.	Muy bueno: h3, h5 Bueno: h1, h2, h7 Aceptable: h6, Deficiente: h4, h8, h9	Falta de habilidad para interpretar la aleatorización en un diseño concreto de estudio, así como los resultados estadísticos. Falta de habilidad para interpretar datos gráficos al elaborar una hipótesis o evaluar un argumento.
5	10mo.	Muy bueno: h1, h3, h5, h8 Bueno: h2, h4 Aceptable: h6, Deficiente: h7, h9	Falta de habilidad para explicar cálculos matemáticos básicos. Falta de habilidad para interpretar datos gráficos al elaborar una hipótesis o evaluar un argumento.

<b>6</b>	8vo.	Muy bueno: h6, h7, Bueno: h9 Aceptable: h2, Deficiente: h1, h3, h4, h5, h8	Falta de habilidad para relacionar afirmaciones con las evidencias científicas. Falta de escrutinio para utilizar los hallazgos científicos, influyen las creencias políticas prevalecientes. Falta de familiaridad con las funciones de la estadística.
<b>7</b>	10mo.	Muy bueno: h3, h4 Bueno: h9 Regular: h2 Aceptable: h6, Deficiente: h1, h5, h7, h8	Falta de habilidad para relacionar afirmaciones con las evidencias científicas y falta de escrutinio en las pruebas. Muestra baja capacidad de explicar cálculos para la interpretación de datos.
<b>8</b>	8vo.	Muy bueno: h3, h5, h6 Bueno: h8, h9 Regular: h2 Deficiente: h1, h4, h7	Falta de habilidad para relacionar afirmaciones con las evidencias científicas y falta de escrutinio en las pruebas. Falta de habilidad para interpretar datos gráficos al elaborar una hipótesis o evaluar un argumento. Tiende a adivinar los resultados sin saber explicar con base en la estadística.
<b>9</b>	10mo.	Muy bueno: h5, h6 Bueno: h3, h7, h9 Regular: h2, Deficiente: h1, h4, h8	Falta de habilidad para relacionar afirmaciones con las evidencias científicas y falta de escrutinio en las pruebas. Falta de escrutinio para utilizar los hallazgos científicos, influyen las creencias políticas prevalecientes. Muestra baja capacidad de explicar cálculos para la interpretación de datos.
<b>10</b>	8vo.	Muy bueno: h6 Bueno: h3, h8 Aceptable: h2 Deficiente: h1, h4, h5, h7, h9	Presenta baja capacidad de identificación, precisión en la acreditar las fuentes. Falta de comprensión de los diseños de investigación. Falta de habilidad para la representación de los datos de manera gráfica. Tiende a adivinar los resultados sin saber explicar con base en la estadística.
<b>11</b>	8vo.	Muy bueno: h2, h3 Bueno: h7, h8 Aceptable: h4, h9 Deficiente: h1, h5, h6	Falta de habilidad para interpretar datos gráficos al elaborar una hipótesis o evaluar un argumento. Presenta baja capacidad para la representación de los datos de manera gráfica.
<b>12</b>	8vo.	Muy bueno: h2, h3, h5 Bueno: h8 Aceptable: h4, h9 Deficiente: h1, h6, h7	Falta de habilidad para interpretar datos gráficos al elaborar una hipótesis o evaluar un argumento. Muestra baja capacidad de explicar cálculos para la interpretación de datos.
<b>13</b>	8vo.	Muy bueno: h3, h5, h7, h8, h9 Bueno: h1, h4, h6 Aceptable: h2 Deficiente: ninguno	Muestra buen dominio de habilidades
<b>14</b>	8vo.	Muy bueno: h3, h4, h5 Bueno: h1 Aceptable: h2, h9	Falta de habilidad para interpretar datos gráficos al elaborar una hipótesis. Muestra baja capacidad de explicar cálculos para la interpretación de datos.

---

Deficiente: h6, h7, h8	Tiende a adivinar los resultados sin saber explicar con base en la estadística.
---------------------------	---

---

### 5.1.1 Diagnóstico cualitativo

El siguiente resultado presentado forma parte de la Fase II, que corresponde al diagnóstico. Este análisis se realizó con el propósito de complementar la problemática de estudio, así como para comprender el contexto en el que se desarrollan los estudiantes y observar las necesidades que presentan. Para ello, se llevaron a cabo encuentros con los actores involucrados, y se recopiló información pertinente. Como parte de este proceso, se decidió realizar una entrevista focalizada con 9 estudiantes, a partir de cuyos resultados se analizó la perspectiva de los estudiantes para la construcción de la propuesta de intervención.

Chandra y Shang (2017) explican que el enfoque constructivista carece de un estilo rígido para la presentación de hallazgos, pero que en cambio ofrece datos cualitativos codificados que abarcan dimensiones teóricas de primer orden, segundo orden y agregados. El análisis de estos datos se llevó a cabo utilizando el software *RQDA*, una herramienta de código abierto para el análisis de datos cualitativos asistido por computadora (CAQDAS) que se basa en la plataforma R, también de código abierto.

Una vez incorporados los archivos al software, se procedió a la codificación del texto sin emplear una guía previa de códigos; esta codificación fue influenciada por la revisión previa de la literatura existente. El proceso comenzó con un *muestreo teórico* en el que el analista recopila, codifica y analiza los datos, lo que permite decidir qué datos recolectar en adelante y dónde encontrarlos, con el fin de desarrollar una teoría que se perfecciona progresivamente.

De esta manera, se llevó a cabo la codificación de categorías de primer y segundo orden, y finalmente se agregaron las dimensiones necesarias para ensamblar una estructura preliminar de los datos. Este paso se facilitó mediante la exportación de los códigos a *html*, lo que permitió una mejor visualización de la *codificación* y las *categorías* de los datos.

Los códigos se obtuvieron a partir de una codificación abierta, en la que los datos fueron fragmentados con el objetivo de generar un conjunto emergente de categorías y sus propiedades. Este proceso se basó en la experiencia y el conocimiento de la literatura sobre literacidad científica en las ciencias biológicas. Posteriormente, se realizó una codificación selectiva, la cual permitió reducir el conjunto inicial de categorías mediante el análisis de las relaciones entre la categoría central y el resto, eliminando aquellas que no eran relevantes para el análisis. Finalmente, se llevó a cabo una codificación teórica que incluyó la categoría central e introdujo conceptos de mayor abstracción en la explicación teórica, lo que posibilitó la construcción de un sistema de construcciones que ofrece una explicación más robusta y plausible del problema de investigación.

Para una mejor visualización de los datos, se presentan las dimensiones descubiertas a partir de los códigos de primer y segundo nivel.

**Tabla 33**

*Dimensión teórica: Habilidades de literacidad científica*

Dimensión teórica	Código de segundo nivel	Códigos de primer nivel
<b>Habilidades de literacidad científica</b>	<b>Diseño de experimentos</b>	P1: "Intentar innovar pues una técnica de laboratorio puede ser muy complicado"
	<b>Pensamiento crítico</b>	P6: "cada día nos empapamos más de ellos y creo que bueno es necesario ir en busca de más cada día y no limitarnos"
	<b>Interpretación de gráficos</b>	P2: "...crecimiento de alguna bacteria igual las curvas de calibración"
	<b>Comprendión de la ciencia</b>	P3: "Y estos sistemas nos acercan más a entender esa interacción que tiene la bacteria con planta..."

En esta categoría los estudiantes demuestran, a través de la exposición de sus líneas de investigación y sus expectativas laborales, la aplicación de sus conocimientos en el contexto de los laboratorios.

**Tabla 34***Dimensión teórica: Investigación en ciencias biológicas*

Dimensión teórica	Código de segundo nivel	Códigos de primer nivel
Investigación en ciencias biológicas	<b>Investigación aplicada</b>	"... investigar cuáles son sus causas cuáles pueden ser soluciones que se les puede dar a esas enfermedades"
	<b>Innovación científica</b>	"una nueva técnica de laboratorio nunca va a ser pues una mala idea o incluso el que te pueda dar a conocer al mundo"
	<b>Rol científico</b>	"aportar con un grano con un granito de arroz pues a esas investigaciones"
	<b>Apoyo para investigación</b>	"en México que no se tiene ese apoyo hacia las investigaciones" "en otras partes del mundo pues he visto que con gran facilidad se pueden tomar en cuenta esas investigaciones y no existen esas limitantes..."

Los estudiantes expresan su percepción sobre la investigación en su disciplina tanto a nivel universitario, en México y en el extranjero. Indican que en México enfrentan dificultades para desarrollarse como investigadores en su campo debido a la limitada disponibilidad de recursos. No obstante, tienen una comprensión clara de la investigación básica y reconocen su papel como científicos.

**Tabla 35***Dimensión teórica: Comunicación de la ciencia*

Dimensión	Códigos de segundo nivel	Códigos de primer nivel
Comunicación de la ciencia	<b>Argumentación científica</b>	"siento que algo que es muy difícil sería una cuestión a la discusión de los resultados"
	<b>Escritura científica</b>	"expresar los resultados y que sea de una manera entendible para el público al que me estoy dirigiendo en este caso si estoy hablando de una manera muy muy técnica"
	<b>Sistema de citación</b>	"con el formato APA me tuve que poner las reglas porque son un montón este y eso a veces pues como no llevamos una materia como lectura y redacción de textos este pues a veces te das cuenta que estás cometiendo errores"
	<b>Intertextualidad</b>	"...pero no las puse como tal o algunos casos hice paráfrasis otras las puse de formas en las que yo lo entendía porque si no realmente no sentía como mío"
	<b>Sustento</b>	"...me lo exige mucho mi asesor pues que sea ahora sí que sea escrito propio no?"
	<b>Formato IMRD</b>	"lo primero que escribo es el background o pues una pequeña introducción también... voy haciendo de pequeñas partes"
	<b>Difusión</b>	"hago un esquema donde vaya viendo así como que cómo voy a acomodar porque se supone que yo ya tengo la información no entonces digo ah pues estas son las imágenes que voy a usar..."
	<b>Autoría</b>	"yo redacté y lo considero como propio mío como un 70% u 80% posiblemente pero pues es lo que yo considero"

En esta dimensión, los estudiantes exponen sus percepciones sobre la comunicación científica en el contexto de la Licenciatura en Biomedicina. Describen sus experiencias relacionadas con las actividades realizadas y los métodos empleados, subrayando particularmente las dificultades que enfrentan en el ámbito de la escritura académica. Aunque se reconocen como autores de sus textos, los estudiantes evidencian una falta de familiaridad con los sistemas de citación propios de su disciplina, así como con los formatos estándar utilizados en la comunicación científica dentro de las ciencias biológicas.

**Tabla 36**

*Dimensión teórica: Disciplina (Ciencias biológicas)*

Dimensión teórica	Código de segundo nivel	Códigos de primer nivel
<b>Disciplina</b>	<b>Tutoría</b>	"mi asesor es una persona que está súper pendiente de nosotros aún en los dos años de pandemia presta mucha atención hasta revisando cualquier punto o coma"
	<b>Preparación profesional</b>	"conocer cómo se hace la investigación en otras partes del mundo porque no siempre va a ser la misma que se da en México o en España o en Estados Unidos"
	<b>Expectativas laborales</b>	"...tu propio laboratorio e investigar cómo las cosas que a ti te generan interés con tu propio equipo de trabajo" "docencia podría ser"
	<b>Trabajo en equipo</b>	"ahorita lo que estábamos haciendo es reunir toda la compilación de datos que tenemos y estamos ya ensamblando el protocolo"
	<b>Posgrados</b>	"estudiar en el extranjero es en el continente europeo" "en otras partes del mundo pues he visto que con gran facilidad se pueden tomar en cuenta esas investigaciones"
	<b>Ambiente académico</b>	"mi generación pues fueron problemas administrativos nos rezagaron un semestre no nos dieron solución en cuanto a algunas cuestiones que hemos tenido yo siento que las coordinaciones nunca fueron como muy eficientes"

Los estudiantes tienen expectativas laborales orientadas hacia la investigación en su disciplina y perciben que la preparación académica en contextos internacionales, fuera de México, es “superior”. No obstante, expresan desconocimiento sobre la existencia de grupos de

investigación en México que se alineen con sus áreas de interés. Además, perciben una insuficiente difusión de la ciencia en su disciplina en idioma español.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de las dimensiones teóricas sobre la percepción de la comunicación científica por parte de los estudiantes fueron correlacionados con categorías de primer y segundo nivel, utilizando el modelo de Fruchterman-Reingold en RQDA. Este análisis revela que la investigación en ciencias biológicas está estrechamente vinculada con los conceptos de literacidad en las disciplinas, y también constituye un punto de convergencia para la comunicación científica y sus elementos. En consecuencia, se incorporó un nodo adicional, denominado género académico, que refleja la necesidad identificada por los estudiantes de aprender sobre este aspecto para satisfacer las percepciones expresadas sobre sus necesidades formativas.

En este mapa se identifican varios núcleos temáticos destacados por el tamaño y la centralidad de los nodos, así como por el grosor de las aristas, que indica una mayor frecuencia de co-ocurrencia. Uno de los ejes centrales es el nodo *literacidad* el cual se ramifica hacia subcategorías como *literacidad científica*, *literacidad disciplinar*, y *literacidad de la información*.

Esta disposición sugiere una visión amplia e integrada de la literacidad científica, abordada desde distintas dimensiones que convergen en la formación de habilidades para la comprensión y producción de conocimiento científico.

Otro nodo central es la investigación en ciencias biológicas que actúa como articulador entre la literacidad y otras categorías como género académico, investigación aplicada, rol del científico e innovación científica.

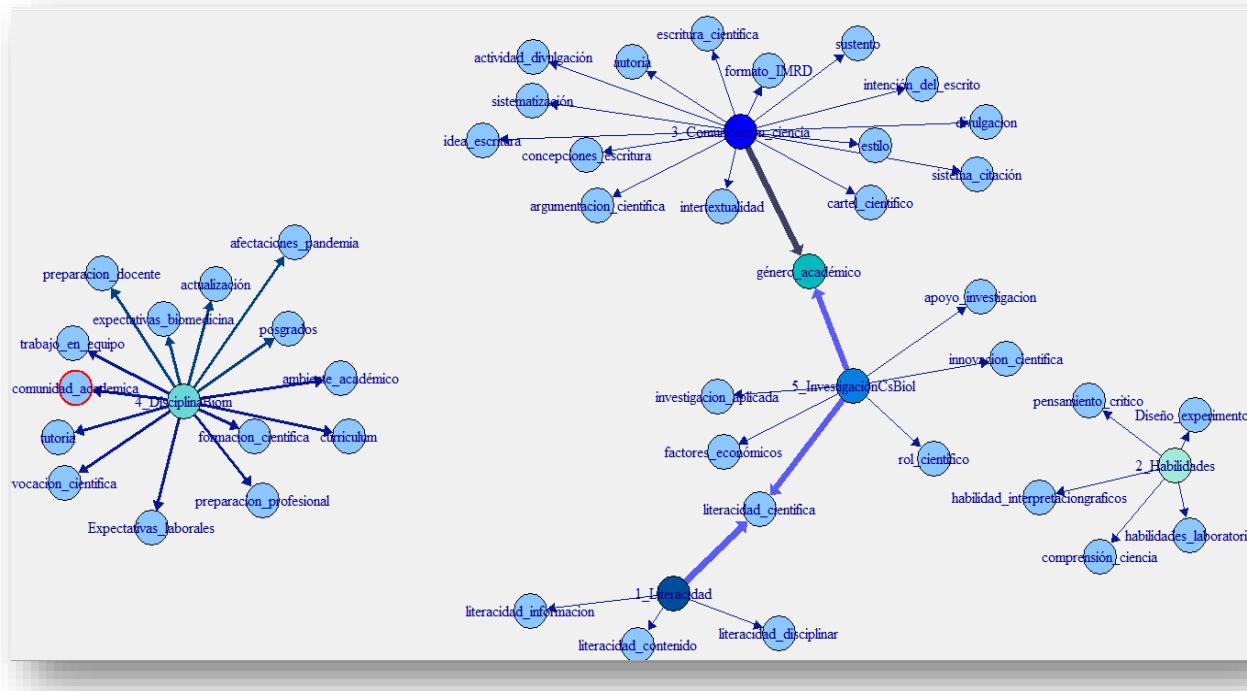
La presencia de estos vínculos sugiere que el desarrollo de habilidades investigativas no puede entenderse de manera aislada, sino como parte de un entramado complejo que incluye habilidades discursivas, cognitivas y actitudinales.

El nodo *comunicación científica* agrupa una amplia gama de conceptos vinculados con la producción y difusión de conocimiento, tales como el *formato IMRD* que se ocupa en los textos en ciencias biológicas, la *escritura científica*, *argumentación científica*, *cartel científico*, *divulgación* e *intertextualidad*. Esta red evidencia la importancia de la dimensión comunicativa en la formación científica en contextos académicos.

Por otro lado, se distingue un nodo en la *disciplina biomédica* vinculado con categorías como *formación científica*, *comunidad académica*, *preparación profesional*, *expectativas laborales* y *trabajo en equipo*. Esta agrupación refleja preocupaciones relacionadas con la identidad profesional y las trayectorias formativas de estudiantes dentro del campo biomédico.

Finalmente, se observa una agrupación de conceptos vinculados a las habilidades científicas, como pensamiento crítico, habilidad de interpretación de gráficos, comprensión de la ciencia y habilidades de laboratorio. Estas categorías remiten a habilidades necesarias para el desempeño en entornos experimentales y de investigación.

Este análisis de datos refleja una estructura compleja en el que la *literacidad científica*, la *comunicación académica*, el desarrollo de habilidades y el contexto disciplinar convergen en la construcción de una formación científica integral. Estas conexiones múltiples reflejan un enfoque multidimensional del aprendizaje científico, donde la literacidad y la comunicación científica no son aspectos aislados sino interdependientes con la investigación y la formación profesional en Biomedicina.

**Figura 9***Mapa de co-ocurrencias*

Nota: Las conexiones múltiples reflejan un enfoque multidimensional del aprendizaje científico, donde la literacidad y la comunicación científica no son aspectos aislados sino interdependientes con la investigación y la formación profesional en Biomedicina.

Para la fase III, que consiste en el diseño o propuesta de cambio, elaboramos un modelo tecnopedagógico fundamentado en las necesidades de los estudiantes para mejorar sus habilidades en literacidad científica, con un enfoque particular en la comunicación de la ciencia.

## 5.2 Diseño del Modelo Tecnopedagógico

De acuerdo con Coll et al. (2007), el diseño tecnológico aplicado a una pedagogía ofrece diversas posibilidades para representar, procesar y compartir información. En este contexto, el diseño tecnopedagógico se define como un conjunto de contenidos, objetivos y actividades de enseñanza y aprendizaje, junto con orientaciones y sugerencias para el uso de herramientas tecnológicas, especificando cómo integrarlas en el desarrollo de las actividades de enseñanza y aprendizaje.

En la elaboración de este modelo tecnopedagógico, se integraron múltiples elementos clave, destacándose la colaboración en el diseño, en la que tanto estudiantes como docentes cooperan para la creación de un entorno de autogestión. Dicho entorno debe contemplar aspectos pedagógicos, didácticos, psicológicos, sociales y tecnológicos, asegurando que sea adaptables y flexible para atender las necesidades del estudiante, el docente, la institución educativa, el proceso formativo y las propias tecnologías (Gómez, 2017).

La implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) incluye una perspectiva instruccional centrada en el aprendiz, transformando así el rol del docente en el de mediador o facilitador, quien fomenta procesos autogestivos y colaborativos (Gómez, 2017).

Según Bournissen, un modelo se define como “el conjunto de conceptos, principios y procedimientos destinados a regular la vida académica en lo que respecta a sus tres funciones sustantivas: docencia, extensión e investigación, representando qué se persigue, para qué y cómo lograrlo” (p. 248).

El diseño del modelo tecnopedagógico se sustenta en dos propuestas fundamentales: el modelo tecnopedagógico IDEA y el modelo LMS. De acuerdo con Teliz (2017), el modelo IDEA

se concibe como una construcción y deconstrucción teórico-metodológica orientada al empoderamiento de los usuarios, a través del desarrollo de su autonomía, fundamentada en principios de colaboración y en la inteligencia colectiva. Las bases pedagógicas que respaldan este modelo incluyen el constructivismo social, la teoría sociocultural, la teoría de las inteligencias múltiples y el conectivismo. Los componentes fundamentales del modelo son los siguientes:

1. **Gestión tecnopedagógica:** Constituye el eje central del modelo, y abarca un conjunto de actividades convergentes que se integran en todo el proceso, orientadas hacia la consecución de una intención formativa.
2. **Gestión de la información:** Se enfoca en la alfabetización informacional, garantizando la calidad en el uso de la información y previniendo la infoxicación, es decir, la sobrecarga de información por su volumen, cambios y periodicidad.
3. **Gestión del conocimiento:** Involucra actividades donde los participantes generan, contrastan, comparten, construyen y difunden saberes científicos.
4. **Gestión del aprendizaje:** Implica la concreción y significación de los aprendizajes en la práctica tanto escolar como cotidiana, impulsando el cambio personal mediante actividades didácticas guiadas por teorías pedagógicas.
5. **Gestión administrativa:** Se orienta hacia las políticas educativas que regulan el uso de las TIC en los sistemas educativos formales.

La siguiente fase del proceso es la producción, donde se ejecuta el diseño orientado a la audiencia. La elección de la suite de Google como herramienta tecnológica se basó en la preferencia y facilidad de uso manifestada por los estudiantes.

La fase de implementación, a su vez, implica la concreción práctica en entornos de aprendizaje semiformales, que incluye una organización didáctica basada en una que estrategia de comunicación científica. Esta estrategia, que comprende la elaboración de un cartel científico y la implementación del diseño instruccional, se articula con las fases del modelo LMS y se llevó a mediante el taller “Comunicación de la Ciencia para Biomedicina”.

El diseño del modelo tecnopedagógico propuesto se estructura sobre la arquitectura de un sistema de gestión del aprendizaje, el cual abarca la administración, documentación, seguimiento e información, y organiza los procesos de aprendizaje en un entorno virtual.

El diseño del modelo pedagógico propuesto también se basa en la arquitectura de un sistema de gestión de aprendizaje que forma parte del entorno virtual. Esta parte del diseño permite la administración, documentación, seguimiento y manejo de la información, así como la organización de los procesos de aprendizaje.

Dabbagh y Kitsantas (2013) establecen 6 etapas para fomentar el aprendizaje autorregulado en un ambiente virtual, integrando así elemento nombrado **gestión de la enseñanza** de tal manera que se integran el modelo tecnopedagógico orientado a fomentar la autorregulación mediante estrategias metacognitivas. Esta parte del modelo se estructura de la siguiente manera:

- 1. Establecimiento de objetivos:** En esta etapa se proponen estrategias para alcanzar los objetivos, lo que promueve la selección y atención a tareas relevantes y aumenta la motivación de los estudiantes.
- 2. Automonitoreo:** Esta etapa enfoca la atención de los estudiantes en una tarea específica y facilita la evaluación de sus esfuerzos y el seguimiento propio.

- 3. Autoevaluación:** En este paso, el estudiante compara los resultados obtenidos con sus objetivos personales, lo cual favorece la adquisición de las habilidades, el desarrollo de creencias de autoeficacia, el interés intrínseco y la satisfacción personal del desempeño.
- 4. Estrategias de tarea:** Aquí, el estudiante implementa estrategias que contribuyen a la consecución de sus metas de aprendizaje.
- 5. Búsqueda de ayuda:** Los estudiantes identifican y acceden a recursos externos, tanto humanos como analógicos y digitales, para facilitar su aprendizaje.
- 6. Gestión del tiempo:** En esta etapa, los estudiantes regulan su tiempo de estudio en función de sus objetivos, lo cual se correlaciona con el rendimiento académico.

El modelo se organiza en tres fases principales, donde se emplean herramientas de colaboración, comunicación, evaluación, administración y entrega de contenido, para ofrecer indicadores personalizados que promuevan el aprendizaje autorregulado de los estudiantes.

- 1. Fase de previsión:** Comprende dos etapas: el análisis de la tarea y el valor de la tarea. En la primera etapa, los estudiantes evalúan su capacidad para completar la tarea exitosamente, establecen objetivos y planean su ejecución, considerando las características específicas de la tarea y construyendo una representación inicial de su desarrollo. En cuanto al valor de la tarea, se refiere al nivel de atención y esfuerzo que los estudiantes destinarán, lo que a su vez impacta en su implicación y en la activación de estrategias de autorregulación.
- 2. Fase de actuación o ejecución:** En esta fase, los estudiantes monitorizan su progreso hacia los objetivos mediante diversas acciones y procesos específicos del modelo de autorregulación, incluyendo la autoobservación y el autocontrol.

**3. Fase de evaluación y conclusión de la tarea:** En esta última fase, los estudiantes evalúan su trabajo, justifican los resultados y experimentan emociones, tanto positivas como negativas, en función de su estilo de aprendizaje y de los resultados alcanzados.

**Figura 10**

*Diseño del modelo tecnopedagógico*



Nota: Elaboración propia

El elemento tecnopedagógico nombrada como **gestión tecnopedagógica** incorpora el diseño instruccional basado en el modelo instruccional ASSURE (Hamza y Ismail, 2021), complementado con el enfoque propuesto Khaldi et al., (2018), el cual se centra en el sistema de aprendizaje metacognitivo. Esta integración da lugar a una combinación de elementos esenciales para los procesos requeridos en la enseñanza de la comunicación científica. A continuación, se

presenta la secuencia instruccional diseñada para la implementación del modelo en la plataforma Google Suite, donde se emplean los diferentes recursos de dicha suite para cada una de las secuencias didácticas propuestas.

**Figura 11**

*Elementos de Google Suite*



**Figura 12**

*Resumen de la secuencia instruccional*

**Herramientas de colaboración, comunicación, evaluación, aprendizaje, administración, creación, entrega de contenido y el aprendizaje colaborativo**

Previsión

Actuación

Reflexión

**Objetivo:**

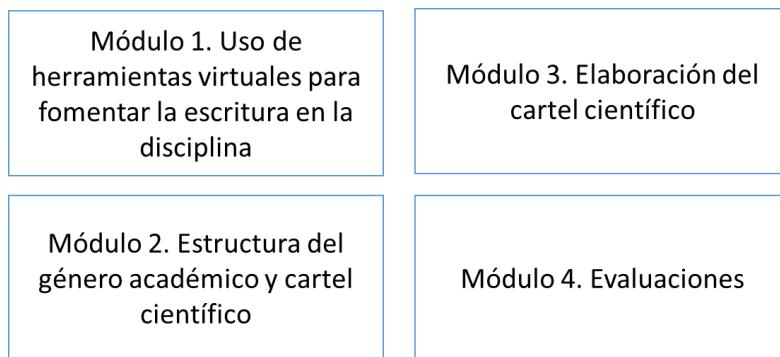
Proceso	Actividades	Estrategias y prácticas	Herramientas	Evaluación
---------	-------------	-------------------------	--------------	------------

Para la implementación de la gestión del aprendizaje, se diseñó un taller cuyo propósito fue desarrollar la habilidad de comunicación científica dentro del ámbito de las ciencias biológicas. Con base en la revisión de la literatura, se seleccionó el póster científico como género académico, debido a su relevancia dentro de la red de géneros académicos, donde se emplea un discurso especializado en las ciencias biológicas. Es importante señalar que cada una de las secuencias didácticas fue elaborada siguiendo el diseño instruccional propuesto, con el objetivo de que los participantes produjeran los distintos componentes del póster científico.

A continuación, se presenta una visión general del diseño del taller implementado, el cual también facilitó la recolección de datos y la evaluación del producto final, que consiste en el póster científico.

**Figura 13**

*Módulos del taller de la comunicación de la ciencia para biomedicina*



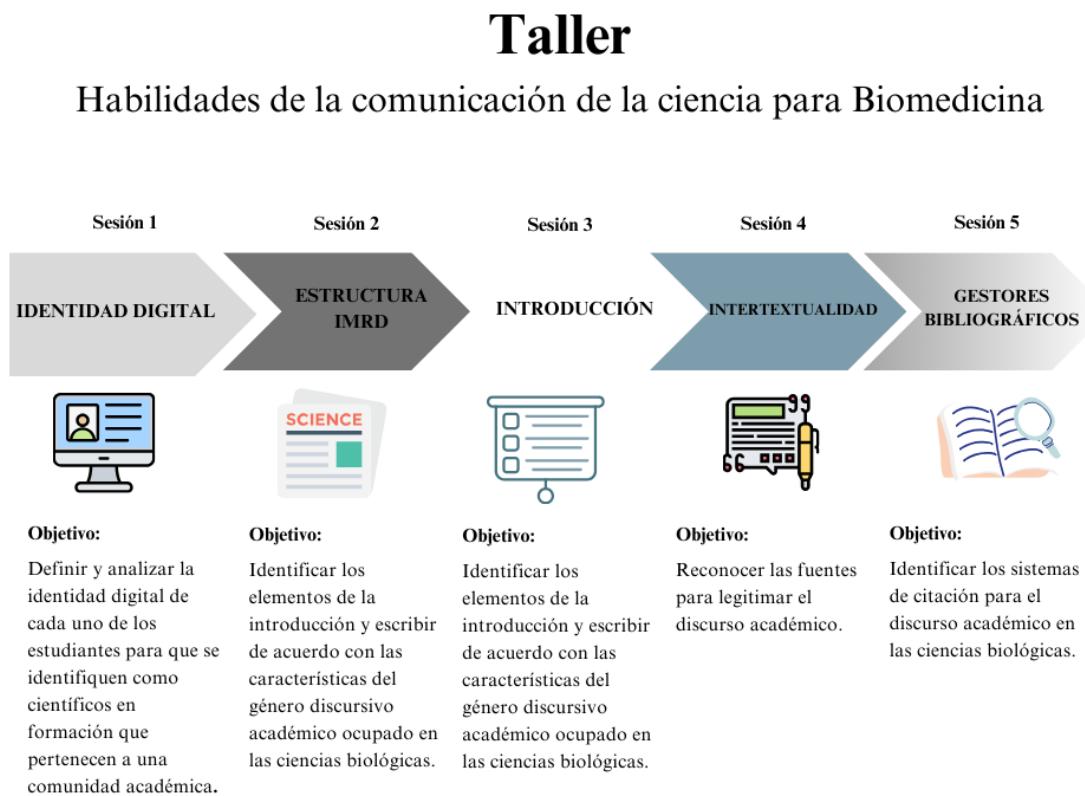
### **5.2.1 Desarrollo del taller “Comunicación de la ciencia para Biomedicina”**

En el contexto del desarrollo del modelo tecnopedagógico, la gestión del aprendizaje se concibe como un proceso central para la concreción y la significación de los saberes adquiridos. Dicho proceso tiene como objetivo fomentar el cambio personal a través de actividades didácticas cuidadosamente estructuradas, fundamentadas en teorías pedagógicas pertinentes y actualizadas, que aseguran la pertinencia y eficacia de los aprendizajes en diversos contextos educativos.

El taller consistió en 8 sesiones con el objetivo de elaborar un póster científico, se dividió de la siguiente manera:

**Figura 14**

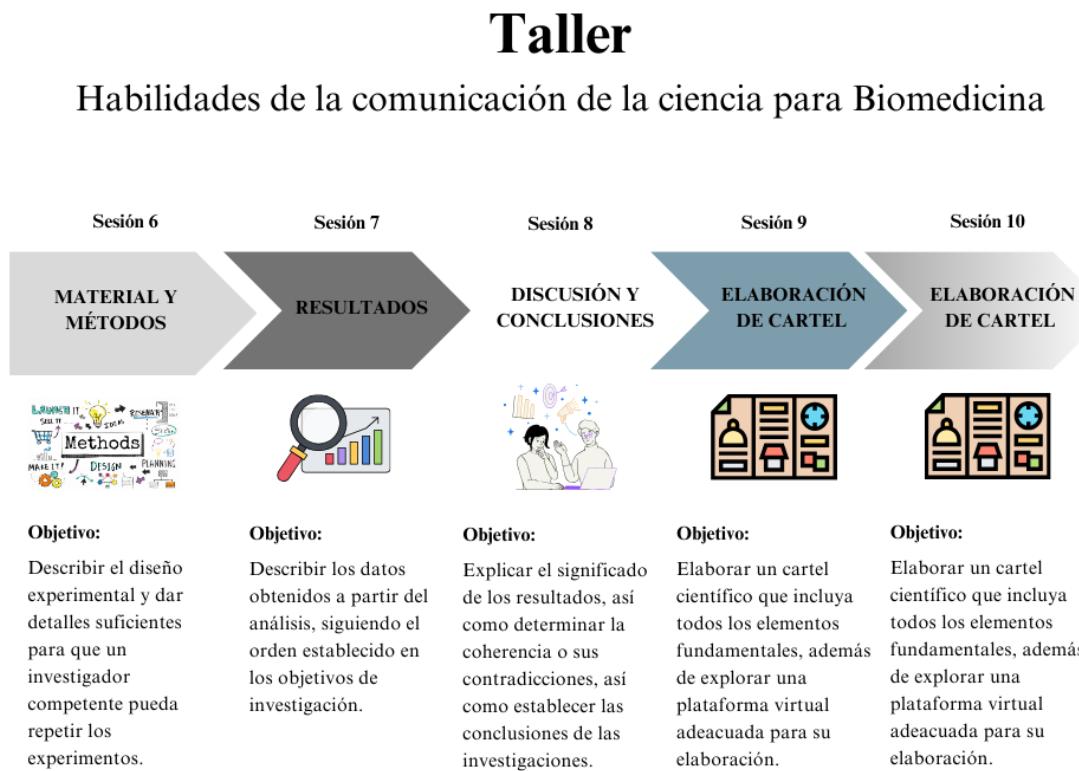
*Secuencia de sesiones del taller: Habilidades de la comunicación de la ciencia*



Nota: Las sesiones fueron grabadas mediante Google Meet.

**Figura 15**

*Secuencia de sesiones del taller: Habilidades de la comunicación de la ciencia*



Para la fase correspondiente a la implementación de la propuesta, se llevó a cabo un taller con la participación de 9 estudiantes en octubre del 2021. Sin embargo, algunos de los participantes abandonaron el taller a medida en que regresaron a las clases presenciales y a los laboratorios de investigación. Las sesiones se impartieron los lunes, con una repetición el jueves para distintos grupos, en un horario de 7 a 8 p.m., utilizando la plataforma Meet para las sesiones

síncronas, complementadas con actividades asincrónicas durante la semana. Cada sesión del taller conlleva una secuencia didáctica y llevan integrados cada uno de los elementos del modelo tecnopedagógico que cumple con los objetivos propuestos.

#### **5.2.1.1 Primera sesión: Identidad digital**

Las sesiones se organizaron de manera que integraron todos los elementos del modelo tecnopedagógico, con el objetivo de desarrollar la habilidad de la comunicación de la ciencia. La primera sesión se centró en la creación de la identidad digital de los estudiantes. El objetivo principal de esta actividad fue fomentar la identificación de los estudiantes como científicos y facilitar su conocimiento de la comunidad académica en función de la línea de investigación que cada uno maneja. En esta sesión, se aplicó el modelo de la siguiente manera: se llevó a cabo una presentación sincrónica que incluyó una explicación detallada del objetivo inicial, así como de los conceptos fundamentales necesarios para la creación de la identidad digital de los estudiantes.

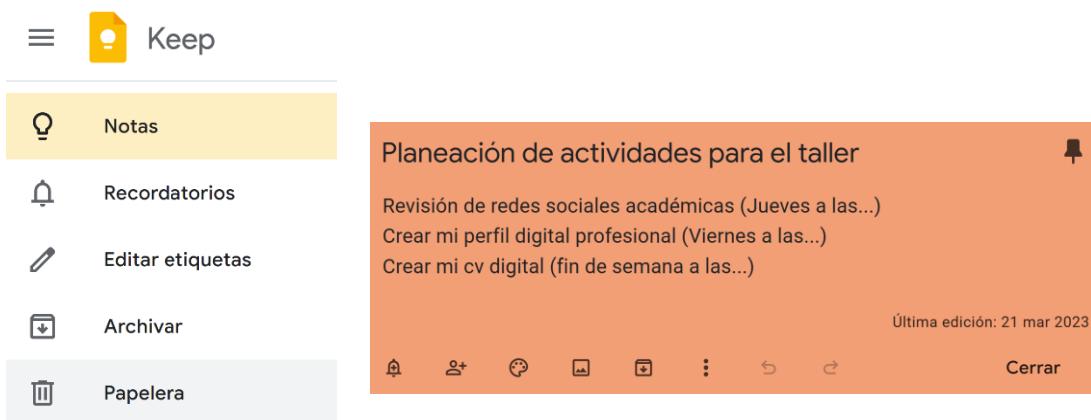
**Tabla 37***Secuencia de la actividad Identidad digital*

<b>Identidad digital</b>					
<b>Objetivo:</b> Definir y analizar la identidad digital de cada uno de los estudiantes para que se identifiquen como científicos en formación que pertenecen a una comunidad académica. <b>Fase de previsión:</b> Establecimiento de meta. Responder a la pregunta ¿Por qué es importante crear una identidad digital? <b>Fase de actuación:</b> Organización de la actividad mediante la herramienta Keep, incluye la planeación de la ejecución. Responde a ¿Qué necesito? ¿Cuándo lo haré? <b>Fase de reflexión:</b> Presentación de la identidad digital al grupo para relacionarse entre sí y con otros investigadores.					
Proceso	Actividades	Actores	Estrategias y prácticas	Herramientas	Evaluación
Identidad digital	1. Conocer a los estudiantes (Establecer sus intereses y líneas de investigación. 2. Identificarse como científico en formación. 3. Elección del nombre de investigador. 4. Conocer ORCID 5. Creación de perfil en Dimensions 6. Creación de perfil en ResearchGate 7. Registro en Google académico. 8. Buscar a sus pares académicos relacionados con sus líneas de investigación. 9. Títulos en inglés y español 10. Palabras clave de sus investigaciones en inglés y español.	Estudiante Guía de taller	El estudiante escribe un objetivo para crear su propia identidad digital. Decide y reflexiona cómo lo va a realizar. Ejecuta la acción de su identidad digital. Evalúa y reflexiona para qué sirve la identidad digital.	Teams Redes sociales Twitter Dimensions ORCID Researchgate Google scholar Creación de E-Portafolio.	Rúbrica Formato de autoevaluación

Los resultados de la primera sesión se registraron de la siguiente manera: se utilizó la herramienta Keep, disponible en la plataforma de Google. Esta herramienta permite organizar información personal a través de notas, lo que resultó fundamental para establecer recordatorios temporales y crear listas de tareas. De este modo, se facilitó a los estudiantes el registro de su actividad, contribuyendo a la planeación, ejecución y reflexión sobre la actividad, se utilizó el siguiente formato:

**Figura 16**

*Herramienta Keep utilizada en la planeación de la secuencia instruccional*



La siguiente actividad consistió en la identificación de la línea de investigación a través de la plataforma Miró, la cual permite la creación de conceptos y resulta particularmente útil en entornos de taller. Esta plataforma, al incorporar funciones de videochat, facilitó el uso compartido de recursos, complementándose con herramientas como Google meet, que posibilitaron el

intercambio dinámico de ideas mediante una pizarra virtual. Cabe destacar que, durante esta actividad, los estudiantes inicialmente confundieron la línea de investigación con el título de su tesis. Esta confusión resultó ser una instancia significativa, ya que les permitió diferenciar claramente la línea de investigación del laboratorio en el que están llevando a cabo su trabajo. Además, favoreció la identificación de la comunidad académica asociada a dicha línea, promoviendo así la creación de vínculos académicos y la búsqueda de proyectos de investigación relacionados con otros académicos a través de plataformas académicas virtuales.

**Figura 17**

*Uso de Miro para determinar la línea de investigación*



Una parte de la actividad consistió en explicar su identidad académica digital, la mayoría de los estudiantes realizó sus perfiles digitales en los sitios correspondientes.

**Figura 18**

*Ejemplo de la Identidad digital de los estudiantes*

**JESED REYES-TRUJILLO**  
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**DATOS DE CONTACTO**  
201916272@live.com.mx  
jesed.reyes@alumno.buap.mx

**OCCUPACIÓN ACTUAL Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

- Estudiante de licenciatura en Biomedicina.
- Línea de investigación: Estudio de la actividad enzimática de *PhaZ*.
- Proyecto actual: Estudio de la actividad enzimática de *PhaZ*.

**TÉCNICAS Y HABILIDADES**

- Estandarización
- Preparación de soluciones.
- Medio de cultivo
- Manejo de Microscopio
- Desarrollo de microorganismo de interés
- Curvas de crecimiento
- Transcripción y conjugación
- Electroforesis de DNA genómico y plasmídico
- Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)
- Structura de proteínas
- Cuantificación de proteínas
- Electroforesis en gel de poliacrilamida para proteínas
- Purificación de proteínas
- Manejo básico de PIVOTAL
- Diseño de oligonucleótidos
- Manejo de NCBI-BLAST

**CURSOS O TALLERES**

- Curso de bioinformática.
- Taller de comunicación de la ciencia para Biomedicina.

**Lizbeth Barrios Cortés**  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

222 899 5619  
lizbeth.barriosc@alumno.buap.mx

**SOBRE MÍ**

Soy estudiante de octavo semestre de la Licenciatura en Biomédicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Soy una estudiante con mucha disciplina, responsabilidad, compromiso, paciencia y capacidad de resolución de problemas. Cuento con conocimientos en microbiología principalmente, así como experiencia en técnicas básicas de biología molecular.

**PERFIL DIGITAL**

<https://orcid.org/0009-0006-1512-5457>

**IDIOMAS**

- Español - Nativo
- Inglés - Intermedio B1

**ESTUDIOS**

2019 - Actualidad  
**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
Licenciatura en Biomedicina

**OCCUPACIÓN ACTUAL**

- Estudiante de Licenciatura en Biomedicina
- Desarrollo de tesis de Licenciatura en el Laboratorio de Genética Molecular Microbiana del Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, BUAP
- Línea de investigación: Estudio del operón PQQ de *Azospirillum brasilense* Sp7 en la promoción del crecimiento vegetal

**EXPERIENCIA ACADÉMICA**

- Cultivo de células bacterianas
- Extracción y purificación de DNA
- PCR
- Electroforesis en gel de agarosa
- Análisis de secuencias de DNA
- Búsqueda de regiones promotoras
- Diseño de oligonucleótidos
- Análisis de enzimas de restricción
- Clonación y transformación con vectores plasmídicos
- Manejo de la base de datos NCBI

**Figura 19**

*Identidad digital de estudiantes*

**Yovani Aguilar Carrillo** [Edit](#)

Degree · Position · Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Mexico | Website

Current activity

[Profile](#) [Research](#) [Stats](#) [Following](#) [Saved list](#)

**Business card** [Edit](#)

**Yovani Aguilar Carrillo**  
Licenciada en Biomedicina  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla · Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas

Skills  
DNA · Gel Electrophoresis · DNA Extraction

**ID**

<https://orcid.org/0009-0006-1512-5457>

[Preview public record](#)

**Names**

Name  
Yovani Aguilar Carrillo

**Yovani Aguilar Carrillo**

Web of Science ResearcherID: GKV-9756-2022

**YC**

En relación con la autoevaluación y reflexión sobre la creación de la identidad digital, los estudiantes evaluaron la actividad como satisfactoria. El 81% de quienes completaron la actividad no lo consideraron ni fácil ni difícil de realizar. Respecto a la utilidad de esta experiencia, los comentarios proporcionados por los estudiantes indican los siguientes aspectos:

Estudiante 1: “Para consolidarme como futuro investigador e iniciar un perfil en la investigación”.

Estudiante 2: “Futuras investigaciones y citas. Desarrollo profesional como investigador”.

Estudiante 3: “Para que tenga un perfil con el cuál se pueda identificar los trabajos o investigación a realizar”.

Estudiante 4: “Conocer investigadores afines a lo que he trabajado y conocer mas a fondo diversas líneas de investigación”.

Estudiante 5: “Me permitió conocer más herramientas y bases de datos para dar a conocer mi trabajo y el de otros”.

Estudiante 6: “Como una red de comunicación con otros investigadores y futuras colaboraciones”.

Estudiante 7: “para identificarme como investigador”.

Estudiante 8: “Es una forma de identificarme y presentarme en el ámbito académico/laboral”.

Estudiante 9: “Conocer el espacio que ocupo como biomédica en el área de investigación, así como conocer las habilidades que he desarrollado al realizar técnicas en el laboratorio y en que podría mejorar”.

Estudiante 10: “Para darme a conocer de manera digital o virtual y proporcionar información selecta que influirá en mi persona como profesionista a futuro”.

Estudiante 11: “Fue útil para empezar a visualizar mi papel como próxima investigadora, ayudando a identificar los sitios en dónde puedo conseguir publicaciones referentes a mi tema de interés y sobre todo, actualizados. En un futuro próximo, es una herramienta clave para dar a conocer mis trabajos de investigación de forma correcta”.

### **5.2.1.2 Segunda sesión: Estructura IMRD**

Para la segunda sesión del taller, se diseñó una secuencia que integra las fases del modelo, en la cual se propuso presentar la estructura de Introducción, Metodología, Resultados y Discusión (IMRD), propia del género académico, y particularmente utilizada en artículos y carteles científicos. El objetivo de esta sesión fue reconocer la estructura de los artículos y carteles científicos utilizada para describir y reconstruir el problema investigado y comunicar los aportes y los objetivos logrados al realizar el trabajo de investigación.

**Tabla 38***Secuencia de la actividad Estructura IMRD*

<b>Estructura IMRD</b>					
<b>Objetivo:</b> Describir la estructura IMRD, es decir, los procedimientos, la metodología, las técnicas aplicadas y el análisis de los resultados.					
<b>Fase de previsión:</b> Contestar la pregunta ¿Por qué es importante identificar los formatos utilizados en las ciencias biológicas?					
<b>Fase de ejecución:</b> Organización de la actividad mediante la herramienta Keep, incluye la planeación de la ejecución. Responde a ¿Qué necesito? ¿Cuándo lo haré?. Como parte del monitoreo de la actividad se utilizó la herramienta de un menú desplegable, que marca el revisor, el estado del trabajo (Sin iniciar, en curso, en proceso y aprobado).					
<b>Fase de evaluación:</b> Se realizó una pregunta para que los estudiantes identificaran el grado de dificultad que representó esta actividad, de esta manera realizan un autoevaluación de la actividad.					
Proceso	Actividades	Actores	Estrategias y práctica	Herramientas	Evaluación
Identificación de la estructura IMRD en las ciencias biológicas.	Reconocimiento de estructuras en la disciplina.	Estudiantes Guía del taller	<p>Argumentar desde la estructura.            Secuencia didáctica:            Conocimientos previos:            Elegir y leer 3 artículos de la línea de investigación actual.            Completar la siguiente lista de cotejo:            Identifica los siguientes elementos:            Título            Resumen            Introducción            Hipótesis            Material y Métodos            Resultados            Discusión y conclusiones</p> <p><b>Ejecución de la tarea:</b>            Caracterizar la estructura IMRD en un experimento realizado previamente.            Estructura: Título, resumen, introducción, hipótesis, Material y Métodos, Resultados,</p>	Google sites Documents Drive Internet Videoconferencia	Rúbrica (Estructura IMRD).

			discusión y conclusiones. Recursos: Voz impersonal, uso de terminología científica, citas. Escribir en twitter un texto de 250 palabras integrando la estructura IMRD. Autoevaluar y coevaluar el trabajo de los compañeros. Integrar el trabajo terminado a su e-portafolio.		
--	--	--	---	--	--

En la fase de previsión, en la cual los estudiantes expresan su motivación por aprender la estructura IMRD (Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión), es relevante señalar que, aunque ya estaban familiarizados con dicha estructura a partir de la lectura cotidiana de artículos científicos, desconocían su nombre específico, tanto en el contexto de los artículos como en el de los carteles científicos. Asimismo, carecían de conocimiento sobre la estructura argumentativa particular de cada sección. La importancia de identificar esta estructura fue expresada por los estudiantes de diversas maneras, aunque contestaron la pregunta planteada.

**Tabla 39***Respuestas a la fase de previsión IMRD*

<b>Respuesta a la pregunta de la fase de previsión: ¿Por qué es importante identificar los formatos utilizados en las ciencias biológicas?</b>	
Estudiante 1	“Para tener un orden cuando se presentan los resultados obtenidos. También nos permiten tener un entendimiento universal científico o más generalizado de los resultados que se presentan. De esta forma trabajamos mas ordenadamente y también damos el reconocimiento a las investigaciones previas”
Estudiante 2	“Por qué a través de los formatos se realiza el análisis del artículo citado, es decir, los formatos de alguna manera nos direccionan a la información o conocimiento previo que se tiene sobre el tema”
Estudiante 3	“Para determinar el formato en el que se va a escribir cada documento, incluso para cumplir con los lineamientos que la organización, editorial o instituto determine. Con esto nos facilita la escritura, con el fin de evitar complicaciones en caso de que falte algún apartado o agreguemos uno que no sea requerido”
Estudiante 4	“La importancia radica en que la estructura nos brinda un panorama al ámbito que corresponde y da pauta al objetivo digital”
Estudiante 5	“El formato IMRD nos permite tener una organización universal (formato utilizado internacionalmente) de una investigación científica, de tal forma que podamos identificar fácilmente las secciones que componen al documento y hacer cierta predicción de lo que podemos esperar a lo largo de la lectura. Además es útil para complementar nuestras propias investigaciones, pues esa estructura exige que se agregue lo más esencial del estudio sobre un tema en particular, eliminando los datos superfluos”
Estudiante 6	“Porque de esta manera podemos identificar mejor la parte que más nos interesa, además de que es más fácil entender la información al dividirla. También nos permite identificar el tipo de artículo del que se trata”
Estudiante 7	“Es importante debido a que le dan cierta formalidad a los trabajos, así como entendimiento y orden a este. El título es una de las partes más importantes, pues es de los apartados que mayor impacto tienen en el lector, si este resulta interesante para el público entonces podría recibir mayor atención, ahora bien otra sección esencial es el resumen pues permite dar un vistazo general de lo que consiste el trabajo de investigación. Resumen de manera clara y concisa la investigación, la introducción debe acercarnos sobre el tema a investigar, los objetivos nos explica a qué quieren llegar y cuál es la prioridad dentro de estos, materiales y métodos detallan los procedimientos utilizados, así como el análisis estadístico, los resultados muestran los hallazgos más innovadores, destacando la significancia estadística, y finalmente las conclusiones donde indican el alcance de la investigación y futuras implicaciones. Es de relevancia porque permite conocer los trabajos sin la necesidad de leerlos a profundidad, también facilitan el trabajo de los editores de revistas pues muchos de ellos no están familiarizados con los temas abordados, lo que les permite entender sobre el trabajo”

La actividad de esta secuencia consistió en identificar mediante una lista de cotejo la estructura IMRD, así como la estructura argumentativa de cada sección, además siguieron familiarizándose con su línea de investigación con los artículos que seleccionaron.

### Figura 20

#### *Ejemplo de actividad de la estructura IMRD*

##### Instrucciones:

1. Escribe una "X" de acuerdo con cada criterio y con cada uno de los 3 artículos que seleccionaste.
2. Marca la etiqueta de AVANCE de acuerdo con la etapa.

##### **Artículo 1: Escherichia coli isolates that carry *vat*, *fyuA*, *chuA*, and *yfcV* efficiently colonize the urinary tract**

**Volume** 80  
**Issue** 12  
**Page** 4115-4122  
**DOI** 10.1128/IAI.00752-12  
**Published** DEC 2012  
**Indexed** 2012-12-19  
**Document Type** Article

Journal information  
**INFECTION AND IMMUNITY**  
ISSN: 0019-9567  
eISSN: 1098-5522  
Current Publisher: AMER SOC MICROBIOLOGY, 1752 N ST NW, WASHINGTON, DC 20036-2904  
Journal Impact Factor: *Journal Citation Reports*™  
Research Areas: Immunology; Infectious Diseases  
Web of Science Categories: Immunology; Infectious Diseases

**3.616**  
Journal Impact Factor™ (2021)  
  
**0.74**  
New Journal Citation Indicator™  
(2021)

**Tabla 40***Lista de cotejo y ejemplo de la actividad IMRD*

Formato IMRD			
Resumen	Se identifica el formato IMRD	Si	No
Introducción	Se identifican los principales temas y/o discusiones	X	
	Se logra identificar el problema	X	
	Se logra identificar la hipótesis	X	
Material y Métodos	Se identifican los sujetos y el proceso de selección	X	
	Se especifica el protocolo de acuerdo con los procedimientos	X	
	Se identifican los métodos de laboratorio. (Incluyen los reactivos utilizados)	X	
	Se especifica los métodos para el análisis de los datos	X	
Resultados	Se presentan los datos sin interpretación		X
	Las determinaciones son significativas	X	
Discusión y conclusiones	Se comparan las conclusiones con otros autores	X	
	Se identifican errores metodológicos	X	
	Se especifican las perspectivas del estudio	X	
	Se teoriza sobre los aspectos principales del tema	X	

Nota: Lista de cotejo tomada de Navarro et al. (2022)

Al final de la actividad realizaron un resumen con los elementos de la estructura IMRD sobre su investigación.

Ejemplo:

“*A. brasiliense* Sp7 produce poli-3-hidroxibutirato (PHB) como producto del metabolismo microbiano secundario. Estudios previos sobre fasinas han demostrado que tiene al menos 6 fasinas. Se han sugerido interacciones entre fasinas y proteínas asociadas a gránulos (GAP's). Una vez completada la biosíntesis de PHB, el biopolímero se acumula en los carbonosomas, rodeado de GAP's. *A. brasiliense* crece en condiciones estresantes. Por esta razón, esta bacteria utiliza factores de transcripción para hacer frente a esta condición estresante. En su genoma se encuentran los factores de transcripción σ54, σ32 y σ24. Además, se ha demostrado que este último es funcional en condiciones extremas de calor y estrés oxidativo. Los modelos 3D del PhaP5 y σ24 (RpoE) se obtuvieron a través del servidor I-TASSER y SWISS-MODEL, respectivamente. Se utilizó MEME Suite para determinar las regiones promotoras -10 y -35 cadena arriba (233 pb) del gen phaC (codifica PhaC). El acoplamiento molecular entre PhaP5-σ24 se realizó utilizando ClusPro 2.0. Posteriormente, mediante otro acoplamiento molecular PhaP5-σ24-DNA (rio arriba de phaC) utilizando el servidor HDOCK. Se eligieron las plantillas HDOCK que se unían a una de estas regiones promotoras (-10 y -35). Finalmente, con BIOVIA Discovery Studio se determinó el tipo de interacción entre el ADN y PhaP5-σ24.

Cuando las fasinas se unen en un complejo con σ24 y luego al ADN, generan un cambio de unión en los aminoácidos informados originalmente tanto del factor como de las fasinas, generando un cambio, que se interpreta como un bloqueo o mejora de la transcripción génica de *phaC*".

En la fase de evaluación del modelo, los estudiantes respondieron a una pregunta con el fin de identificar por sí mismos tanto los aciertos como las dificultades encontradas durante su ejecución. Además, esta actividad les permitió reconocer la estructura que caracteriza a los artículos y carteles científicos. La mayoría de los estudiantes no contestaron la actividad, ellos mencionan que por falta de tiempo de la lectura de artículos.

Los estudiantes que contestaron esta actividad mencionan que en la actividad reconocieron las secciones y que además les sirvió para ampliar y conocer en profundidad su investigación, además de reconocer artículos propios de su línea de investigación, lo que les permite ser analíticos y selectivos.

**Tabla 41**

*Fase de evaluación de la actividad IMRD*

<b>Respuestas de los estudiantes en la fase de evaluación IMRD</b>	
Estudiante 1	"creo que es muy interesante el poder reconocer las características de cada parte de los artículos, artículos que incluso ya habíamos leído y pasábamos por alto estas diferentes características de cada uno de los artículos"
Estudiante 2	"En lo personal, este trabajo representó un desafío mayor a comparación de la última actividad porque requirió hacer una búsqueda más refinada y con ciertas especificaciones para los 3 artículos, además de que por sí solo, mi tema de interés no se encontró fácilmente. Sin embargo, no por ello dejo de ser una actividad enriquecedora pues fue una oportunidad para actualizar mi marco teórico y conocer detalles muy puntuales de la revista así como de la pertinencia del contenido de cada artículo, en suma a ello, considero que el ejercicio de determinar palabras clave es muy acertado para continuar con mi investigación de una forma más formal y específica. Finalmente, el formato de las rúbricas me pareció muy genial, entendible y didáctico"
Estudiante 3	"Me sentí más analítica y más selectiva para elegir los artículos afines a mi línea de investigación, ahora tengo artículos con mejor calidad. Al principio me costó un poco identificar cada una de las partes de la lista de cotejo, debido a que no todos los autores siguen el mismo formato a la hora de redactar sus artículos"
Estudiante 4	"Me sentí bastante bien, comprendí el formato IMRD, así como la importancia de este, además considero que me permitió conocer las palabras clave para mi trabajo de investigación, así como ampliar mi conocimiento y la dirección que conlleva este proyecto"

### **5.2.1.3 Tercera sesión: Introducción**

La tercera sesión se centró en la redacción de la introducción del cartel científico. Para ello, se llevó a cabo una sesión síncrona en la que se presentó una explicación detallada sobre los aspectos clave de la tarea. Además, se diseñó una secuencia didáctica alineada con el modelo tecnopedagógico. El objetivo de esta sesión fue identificar los elementos de la introducción y escribir de acuerdo con las características del género discursivo académico ocupado por lo regular en las ciencias biológicas.

**Tabla 42**

*Secuencia de la actividad de Introducción*

<b>Introducción</b>					
<p><b>Objetivo:</b> Identificar los elementos de la introducción y escribir de acuerdo con las características del género discursivo académico ocupado en las ciencias biológicas.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar citas directas e indirectas.</li> <li>Identificar elementos retóricos para citar a los autores en la disciplina.</li> </ul>					
<p><b>Fase de previsión:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elaborar una lista de tareas verificada por el alumno.</li> <li>2. Agregar una columna de herramientas que el estudiante necesitará.</li> <li>3. Agregar una columna marcar el período de tiempo que tomará el estudiante para realizar la tarea.</li> </ol>					
<p><b>Fase de ejecución:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Describir en voz alta cómo elaboró su mapa semántico a partir de las palabras clave.</li> <li>2. Contestar si cumplen con los elementos de la introducción en su texto.</li> <li>3. Identifica las citas directas e indirectas en el texto y cómo las construyen.</li> </ol>					
<p><b>Fase de evaluación:</b></p> <p>Contestar las siguientes preguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuál es tu territorio de conocimiento?</li> <li>2. ¿Cómo ocupaste el nicho que construye el autor?</li> <li>3. ¿Cómo estableciste el nicho de tu investigación?</li> </ol>					
Proceso	Actividades	Actores	Estrategias y práctica	Herramientas	Evaluación
Identificación de los elementos de la introducción.	Identificar los principales elementos de la introducción de al menos 3 artículos científicos.	Estudiantes Guía del taller	<p><b>Antes de la sesión:</b> Identificar 3 ó 5 artículos en español que contengan las palabras claves relacionadas con tu investigación.</p> <p><b>Durante la sesión:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Construir de 1 artículo una representación esquemática de las palabras clave identificadas en la introducción.</li> <li>2. Construir un mapa semántico con las palabras clave de cada una de las investigaciones en Google classroom.</li> <li>3. Identificar el uso de verbos y sustantivos relacionados con los procesos experimentales.</li> <li>4. Identificar el uso del pasado compuesto.</li> <li>5. Dar a conocer la importancia del tema para el área.</li> </ol> <p><b>Después de la sesión</b></p>	Presentaciones de Google Zotero Sitio bibliotecas Buap Documents	Lista de cotejo
Identificar citas directas e indirectas.	Identificar las principales elementos de la introducción de al menos 3 carteles científicos.				
Identificar elementos retóricos para citar a los autores en la disciplina.	Identificar citas directas e indirectas en la introducción y el propósito de estas citas.  4. Identificar la estructura retórica de la introducción.				

			<p>1. Afinar la escritura de la introducción de acuerdo con los elementos revisados.</p> <p>2. Identificar en el discurso las citas directas e indirectas.</p> <p>3. Identificar los elementos de la introducción en el texto propio.</p> <p>4. Autoevaluar de acuerdo con la rúbrica el texto de introducción.</p> <p>5. Co-evaluar la introducción de los compañeros de sesión.</p>		
--	--	--	---	--	--

Nota:

En la fase de previsión, al igual que en sesiones anteriores, se utilizó la herramienta Keep, disponible en la suite de Google. Algunos estudiantes hicieron uso de esta herramienta y, con el fin de organizar su trabajo, tomaron capturas de pantalla. Cabe señalar que el acceso a dicha herramienta está restringido exclusivamente al usuario. Esta fase permite observar la lista de herramientas y tareas que necesitaron para realizar la actividad.

**Figura 21***Organización de los estudiantes en Keep*

The screenshot shows the Google Keep application interface. At the top, there's a search bar labeled "Buscar" and a note creation field "Crear una nota...". Below the search bar is a toolbar with icons for copy, paste, bold, italic, and a list. On the left, a sidebar has a yellow header "Notas" and four categories: "Recordatorios", "Editar etiquetas", "Archivar", and "Papelera". The main area displays several notes as cards:

- Note 1:** "¿Qué función e importancia tiene la legibilidad de un texto? ¿Cómo afecta el nivel de legibilidad de un texto en nuestro cartel científico?"
- Note 2:** "Crear perfiles", "Agregar línea de investigación en MIRO", "Hacer CV", "Contestar autoevaluación- Identidad Digital". It includes a reminder "Hoy, 08:00" and a due date "28-mar-20:00".
- Note 3:** "Descargar e instalar Zotero", "Crear carpetas Zotero", "Hacer mapa semántico", "Hacer introducción", "Identificar introducción en artículos", "Contestar evaluación". It includes a reminder "14-abr-03:00".
- Note 4:** "Ver video citas directas e indirectas", "Elegir artículos para actividad citas", "Hacer actividad citas directas e indirectas (subrayos artículos)", "Contestar preguntas- actividad citas directas e indirectas", "Elegir artículos para actividad empezando a argumentar", "llenar tablas actividad- empezando a argumentar", "Contestar autoevaluación- citas".
- Note 5:** "Elegir artículos", "Identificar formato IMRD de artículos escogidos", "Contestar autoevaluación- formato IMRD".

At the bottom left, it says "Licencias de código abierto".

Con el objetivo de complementar la fase de previsión de los estudiantes, se llevó a cabo una actividad que buscaba que los mismos identificaran las herramientas necesarias para continuar con la tarea. Después de la sesión síncrona, se planteó la siguiente pregunta: *¿Cómo elaboras la introducción de tu cartel? Menciona los elementos que necesitas.* A continuación, se presentan las respuestas obtenidas:

**Tabla 43***Elementos de la introducción: Respuestas de estudiantes a la actividad de Introducción*

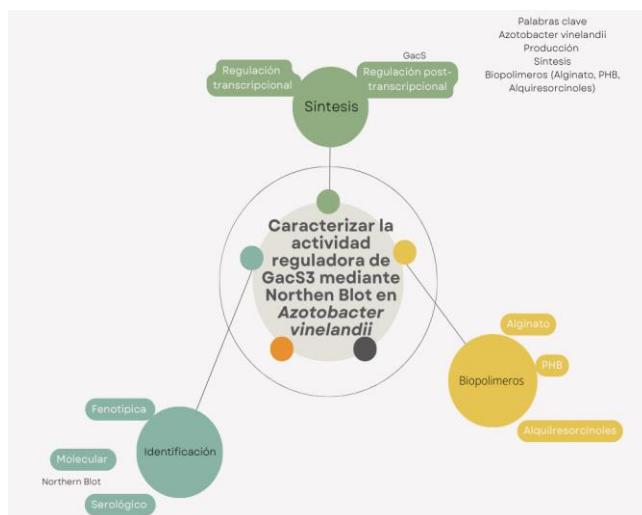
Elementos de la introducción del cartel de acuerdo con las respuestas de estudiantes	
Estudiante 1	“Se necesitan 3 elementos clave que deben ser reconocibles en el texto: el territorio de conocimiento que es toda aquella información que ya se conoce y que sirve para darle a la audiencia un contexto general de nuestro tema; la construcción de mi nicho de investigación es lo que no se ha hecho, básicamente el problema que nos interesa, aquí podemos exponer algunas posturas o investigaciones relevantes; finalmente el como interviene mi investigación en ese nicho de investigaciones, la propuesta o hipótesis que se plantea para llenar el vacío en la información”
Estudiante 2	“Para elaborar la introducción de mi cartel lo primero es recopilar toda la información relacionada con nuestra línea de investigación, asegurarse de que sea información verídica, confiable y actualizada. Una vez que tenemos la información, lo siguiente es comenzar a redactar, para ello debemos tener 3 puntos importantes en consideración: 1. Presentar un territorio de conocimiento, es decir presentar los datos e información general que se tiene sobre nuestra línea de investigación con base en nuestras palabras clave (antecedentes). 2. Construir un nicho para la investigación, se refiere a presentar aquellos puntos que no se han hecho o contemplado y que están muy

	<p>relacionados con nuestra línea de investigación. A partir de estos puntos surge nuestro trabajo de investigación. 3. Ocupar ese nicho con el trabajo, es decir presentar nuestras hipótesis, objetivos o propuestas de solución ante la problemática o situación presentada en el punto 2. La elaboración de la introducción debe contemplar todos los puntos ya mencionados para dar mayor validez y credibilidad a nuestro trabajo de investigación”</p>
--	---

La actividad consistió en la elaboración de un mapa semántico con el objetivo de contextualizar el tema de investigación. Este paso inicial, conforme a lo planteado por Swales (1994), tiene como propósito establecer un nicho de investigación, contribuyendo a la delimitación y enfoque del estudio.

**Figura 22**

*Mapas semánticos de estudiantes*



En el marco de actividad asignada, los estudiantes identificaron detalladamente los nichos de investigación en tres artículos académicos seleccionados. Además, se enfocaron en identificar las palabras clave relacionadas con cada investigación, así como en delimitar el enfoque y los objetivos del estudio. A través de esta tarea, los estudiantes pudieron reflejar la argumentación utilizada en esta sección del cartel, al mismo tiempo que evidenciaron la estructura del área general de la investigación, los antecedentes, la identificación de vacíos de conocimiento o la formulación de interrogantes. Asimismo, se incluyó la exposición de los propósitos, los hallazgos, la hipótesis y, en general la presentación de la estructura completa del cartel, contribuyendo así el desarrollo de sus habilidades para organizar y comunicar el conocimiento científico de manera clara y coherente. Es importante señalar que la estructura de los artículos se presenta en inglés, dado que los estudiantes están familiarizados con la lectura de artículos científicos en este idioma. Esta práctica responde a la prevalencia del inglés como lengua franca en el ámbito académico y científico, lo que facilita el acceso a una amplia gama de investigaciones y recursos relevantes en diversas disciplinas.

**Tabla 44***Ejemplo de la actividad de construcción de un nicho de investigación*

Estudiante 1	
Línea de investigación:	Caracterización molecular y fenotípica de <i>Escherichia coli</i> uropatógena
Título de la investigación:	Identificación de la urovirulencia en cepas clínicas de <i>Escherichia coli</i> uropatógena mediante PCR convencional
Palabras clave:	<i>Escherichia coli</i> uropatógena Factores de virulencia Identification molecular Urovirulencia Diagnóstico
Artículo 1. Título	<i>Escherichia coli</i> isolates that carry <i>vat</i> , <i>fyuA</i> , <i>chuA</i> , and <i>yfcV</i> efficiently colonize the urinary tract
Uso de verbos y sustantivos relacionados con los procesos experimentales	Four genes were chosen for the development of a diagnostic multiplex PCR of UPEC. <i>E. coli</i> isolates that encode these four genes are correlated with carriage of a high number of other virulence factors
Identifica el uso del pasado compuesto	We have previously reported the prevalence of 29 virulence and fitness genes in an <i>E. coli</i> strain collection comprised of UPEC, human commensal, and animal commensal <i>E. coli</i> isolates (n = 227)
Territorio del conocimiento	While many virulence factors are associated with ExPEC, no core set of virulence factors can unambiguously distinguish the ExPEC subgroups from one another. Therefore, strains can be designated UPEC, APEC, or NMEC only on the basis of the isolation source
Construcción del nicho de investigación	A diagnostic test that could identify potential carriers of UPEC, therefore, would be beneficial for medical practitioners to determine a course for prevention of recurrent UTI. Identification of reservoirs of uropathogens could be used to identify at-risk populations and reduce disease transmission. Once carriers of UPEC are identified, the patients can be treated to eradicate the pathogen. Furthermore, identifying carriers of these strains will allow research into why certain individuals are more susceptible to colonization with UPEC strains to be conducted, furthering our understanding of the contribution of the host to infection.
Dónde se ocupa el nicho con el trabajo presentado.	On the basis of further analysis of these data, four genes were chosen for the development of a diagnostic multiplex PCR of UPEC.

**Nota:** Ejemplo de un estudiante tomado de la actividad del taller.

**Tabla 45***Ejemplo 2 de la actividad de construcción de un nicho de investigación*

Estudiante 2	
Artículo 3. Título	Transconjugation studies in <i>Azospirillum</i> sp. negative to mineral phosphate solubilization
Uso de verbos y sustantivos relacionados con los procesos experimentales	“Los experimentos de... permitieron...” “la mutagénesis de... mostró que...” “Demostraron mediante...” “Así, Goldstein y Liu (1987) demostraron que...” “Rodríguez et al. (2000) también han tenido éxito en...” “Observaron un aumento en...”
Identifica el uso del pasado compuesto	“han tenido éxito en...”
Territorio del conocimiento	“...pirroloquinolina quinona (PQQ) es un cofactor de la enzima glucosa deshidrogenasa (GDH). La quinoproteína GDH controla un paso único en la oxidación directa de la glucosa. La PQQ se requiere como cofactor para la actividad de la apoglucosa deshidrogenasa que es responsable de la producción de ácido glucónico.”
Construcción del nicho de investigación	Confirmar la habilidad para producir ácidos orgánicos por parte de los microorganismos del suelo como el principal mecanismo involucrado en la solubilización de fosfatos minerales (MPS) mediante el cofactor PQQ.
Dónde se ocupa el nicho con el trabajo presentado.	“Por lo tanto, en este estudio se intentó transconjugar un <i>Azospirillum</i> sp negativo para MPS usando la construcción pMCG 898.”

**Nota:** Ejemplo tomado de la actividad del taller, cabe destacar que el estudiante realizó una traducción de lo que identificó de acuerdo con la actividad.

La actividad consistió en la construcción del nicho de investigación correspondiente a su trabajo, empleando las herramientas previamente abordadas en el curso. Con el fin de estructurar y desarrollar adecuadamente su texto, los estudiantes utilizaron una lista de cotejo, la cual facilitó la organización de los contenidos y aseguró la coherencia en la presentación. A continuación, se presentan dos de los textos elaborados por los estudiantes. Además, los demás participantes realizaron una coevaluación de las introducciones de sus compañeros, utilizando nuevamente la lista de cotejo como instrumento de evaluación. Es importante señalar que esta herramienta también permitió a los estudiantes llevar a cabo una autoevaluación de su propio trabajo.

Finalmente, los estudiantes compartieron las principales dificultades que encontraron durante el desarrollo de la actividad.

**Tabla 46**

*Estudiante 1: Construcción de la introducción*

Estudiante 1	
Línea de investigación: Caracterización molecular y fenotípica de <i>Escherichia coli</i> uropatógena	
Título del cartel: Identificación de la urovirulencia en cepas clínicas de <i>Escherichia coli</i> uropatógena mediante PCR convencional	
Palabras clave: <i>Escherichia coli</i> uropatógena, Factores de virulencia, Identification molecular, Urovirulencia, Diagnóstico	
Presentar un territorio de conocimiento	Las infecciones de tracto urinario (ITU) representan uno de los problemas más comunes en todo el mundo, son causadas primordialmente por <i>Escherichia coli</i> del grupo patógeno extraintestinal (ExPEC) que a su vez se encuentra conformado por <i>E.coli</i> uropatógena (UPEC), meningitis neonatal (NMEC), causante de septicemia (SEPEC), aviar (APEC) y patógena mamaria (MPEC), todas ellas son relevantes porque pueden contener y transferir genes de resistencia y virulencia [1]. En México las ITU son problema de vigilancia convencional pues figuran como la segunda causa de morbilidad, para finales del 2022 se reportaron 3,177,823 casos [2].
Construye un nicho para investigación	A pesar de su alta prevalencia, aún siguen siendo una entidad clínica causante de confusión diagnóstica y fuente de prescripciones inapropiadas de antibióticos [3]. La detección actual se hace por distinción de síntomas y urocultivo, no obstante, tiene limitaciones en cuanto a tiempo y detección de bacterias en orina [4], por lo anterior, en fechas recientes se busca implementar un diagnóstico basado en PCR para identificar factores de virulencia específicos [5], sin embargo, el problema es que aún no existe un conjunto de genes específicos para UPEC; varios investigadores han trabajado en su búsqueda, particularmente Spurbeck y su grupo han descrito 4 genes capaces de predecir cepas con potencial de urovirulencia in vivo, siendo estos <i>yfcV</i> , <i>fyuA</i> , <i>vat</i> y <i>chuA</i> ; los criterios son que la cepa contenga a <i>fyuA</i> y otros 2 de los restantes para diferenciar UPEC de DEC, aislados comensales humanos y animales, o bien los 4 para distinguir APEC [6].
Ocupa ese nicho con tu trabajo	Este trabajo busca identificar los genes predictores de Spurbeck para evaluar su validez como esquema de identificación de cepas UPEC mediante PCR convencional, destacando su enfoque a la población masculina de la cual no se conoce totalmente su impacto.

**Tabla 47***Estudiante 2: Construcción de la introducción*

Estudiante 2	
Línea de investigación: Estudio de microorganismos y metabolitos microbianos de interés	
Título del cartel: Estudio del operón PQQ de <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 en la promoción del crecimiento de <i>Pinus pátula</i>	
Palabras clave: <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7, pirroloquinolina quinona (PQQ), <i>pqqABCDE</i> (operón), promoción del crecimiento vegetal, solubilización de fosfatos, <i>Pinus pátula</i> .	
Presentar un territorio de conocimiento	<i>Azospirillum brasiliense</i> es una de las especies bacterianas más estudiadas a nivel mundial, se trata de una bacteria fijadora de nitrógeno miembro de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), asimismo pues la inoculación en plantas con este género bacteriano estimula y favorece su crecimiento [1,2]. <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 contiene los genes <i>pqqA</i> , <i>pqqB</i> , <i>pqqC</i> , <i>pqqD</i> y <i>pqqE</i> organizados en un operón que codifican para la molécula Pirroloquinolinaquinona (PQQ), un cofactor de la enzima glucosa deshidrogenasa (GDH) que oxida la glucosa a ácido glucónico e induce la solubilización de fosfatos [3,4]. Es por esto por lo que se ha asociado a PQQ con la promoción del crecimiento vegetal y como un antioxidante en plantas.
Construye un nicho para investigación	Con base en a lo anterior, no es difícil pensar que <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 pueda usarse como biofertilizante con la finalidad de disminuir el uso de agroquímicos y pesticidas que afectan al medio ambiente y la salud de diversos organismos, debido a que con el argumento principal de que esta molécula de origen biológico es biodegradable en comparación con muchos agroquímicos que están diseñados para resistir la degradación por microorganismos, tardan años en degradarse y algunos causan efectos secundarios en las plantas [5].
Ocupa ese nicho con tu trabajo	La propuesta de solución a esta problemática es el uso de biofertilizantes, como la inoculación microbiana, para promover el crecimiento vegetal sin causar efectos contraproducentes. Dentro de los diversos microorganismos que se conocen actualmente, <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 parece ser una opción viable debido a que esta bacteria fijadora de nitrógeno por excelencia es capaz de sintetizar el cofactor PQQ, el cual se ha visto que puede favorecer el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fosfatos. Para ello se pretende realizar ensayos de mutagénesis y evaluarlos a través de su inoculación en las raíces de la planta <i>Pinus pátula</i> , con la finalidad de demostrar su eficiencia como biofertilizante.
Estudiante 3	
Título del cartel: Análisis in silico de PhaP5 como regulador transcripcional en el gen <i>phaC</i> de <i>A. brasiliense</i> Sp7	
Presentar un territorio de conocimiento	Las fasinas (PhaP) son proteínas anfifílicas que participan en la regulación de los gránulos de polihidroxibutirato (PHB) en cuanto a su tamaño y número (1). El PHB es un biopolímero de interés como plástico industrial debido a su biodegradabilidad y también porque se origina a partir de recursos renovables. Martínez et al., 2019 informaron, utilizando herramientas bioinformáticas, que <i>A. brasiliense</i> Sp7 contiene 6 genes con un dominio Phasin_2, estos genes se denominaron PhaP1Abs a PhaP6Abs (2). Los estudios sobre fasinas han sugerido posibles interacciones con otras proteínas asociadas a gránulos (GAP) como la PHB sintasa (PhaC), las PHB despolimerasas (PhaZ) y los reguladores (PhaR o PhaM), según el microorganismo productor (3).

Construye un nicho para investigación	Con frecuencia, <i>A. brasiliense</i> crece en condiciones estresantes (por ejemplo, limitación de nutrientes, calor, etc.). Por esta razón, esta bacteria utiliza factores de transcripción para hacer frente a estas condiciones estresantes. Su genoma contiene los factores de transcripción RpoN, RpoH y RpoE (4).
Ocupa ese nicho con tu trabajo	Este último ha demostrado ser funcional en condiciones de estrés oxidativo y calor extremo. Aunque las fasinas son las principales proteínas que cubren el gránulo de PHB, no hay mucha información sobre las fasinas de <i>A. brasiliense</i> Sp7, por lo que en este trabajo nos interesa saber cómo se vería afectada la transcripción del gen phaC si RpoH está asociado con las fasinas.

Respecto a la autoevaluación, los estudiantes contestaron lo siguiente respecto a los textos de la introducción.

**Tabla 48**

*Autoevaluación de los estudiantes*

<b>Estudiante 1</b> Título del trabajo: Identificación de la urovirulencia en cepas clínicas de <i>Escherichia coli</i> uropatógena mediante PCR	Dificultades encontradas	
¿Cuál es tu territorio de conocimiento?	Con ayuda de mis palabras clave decidí esbozar una descripción del tema, abordando la importancia clínica de las ITU, agente causal y patotipos. Mi objetivo aquí fue dar a conocer la relevancia de mi objeto de estudio.	Delimitar cuáles eran los datos relevantes que dieran un panorama general de mi tema y no caer en la presentación de información superflua
¿Cómo ocupaste el nicho que construye el autor o los autores?	Trate de exponer el problema general de mi tema (carencia de genes que identifiquen inequívocamente a UPEC) y luego mencione los avances que se han tenido, orientado al esquema de mi interés (Spurbeck et al., 2012)	Tratar de reducir la información por lo amplia que era y resumir los hallazgos de los autores
¿Cómo estableciste el nicho de tu investigación	Escribiendo el objetivo de investigación general que había planteado en un inicio de este taller.	Verbalizar lo que pretendo hacer en el estudio y tratar de conectar la idea con el párrafo anterior para que no se viera forzado. Además, fue difícil hacer notar en qué aportaría mi investigación.
<b>Estudiante 2</b> Título del trabajo: Análisis espectrométrico de la actividad enzimática de PhaZ de <i>Azospirillum baldianorum</i> Sp245	Dificultades encontradas	
¿Cuál es tu territorio de conocimiento?	Desde el descubrimiento de polietilenteréftalato (PET) hasta la sobre producción y contaminación	Delimitar cuáles los datos de mayor relevancia

¿Cómo ocupaste el nicho que construye el autor o los autores?	Describiendo escalonadamente el panorama de la contaminación y los tratamientos cotidianos, así como también mencionar los avances que se han tenido en la actualidad	Delimitar cuáles los datos de mayor relevancia y mencionar los hallazgos de los autores
¿Cómo estableciste el nicho de tu investigación	Escribiendo el objetivo de investigación y su impacto.	El plantear las ideas y desarrollarlas
<b>Estudiante 3</b> Título del trabajo: Caracterización de la actividad de GacS3 mediante Northern Blot en Azotobacter vinelandii		Dificultades encontradas
¿Cuál es tu territorio de conocimiento?	El objetivo de la investigación es conocer si la cinasa histidinica GacS3 está involucrada en la regulación para la producción de alginato, por lo que aborde en primera instancia que es el alginato, la importancia de este y por último quien produce el polímero.	Seleccionar la información de manera correcta, saber si el orden es adecuado, además no se que tanto debo aundar en mi bacteria en está sección ya que es mi modelo de estudio al producir el alginato.
¿Cómo ocupaste el nicho que construye el autor o los autores?	En está sección traté de centrarme de manera específica en lo que voy a estudiar, comenzando por decir que la producción del alginato está altamente regulada, posteriormente introduce el sistema de mi interés GacS/GacA enfocandome en la importancia de este, finalmente hable de las cinasas histidinicas y el descubrimiento de nuevas por el avance en la bioinformática, para así poder darle el sentido proponiendo a GacS3 como una cinasa implicada en el sistema GacS/A	Considero que puedo omitir información no tan relevante y no estoy muy segura de cómo introduce lo que quiero estudiar
¿Cómo estableciste el nicho de tu investigación	Conjuntando lo planteado en el territorio de conocimiento y en el nicho de investigación, enfocando lo que quiero estudiar y en donde lo voy a estudiar	Considero que me faltó una premisa para introducir totalmente el objetivo, además siento que falta claridad en el porque se va a estudiar.

Nota: En la construcción del nicho de investigación, los estudiantes identificaron las dificultades a partir de una lista de cotejo.

#### 5.2.1.4 Cuarta sesión: Intertextualidad

La cuarta sesión se centró en analizar la intertextualidad en los textos en las ciencias biológicas. Si bien la integración de una voz autoral dentro del género académico puede resultar compleja, es fundamental comprender cómo se construye un texto a partir de los aportes de

diversos investigadores. En este contexto, la intertextualidad se refiere a las referencias explícitas o implícitas a otros textos, tanto escritos como orales, que se incorporan en esta construcción discursiva. Esta sesión resultó particularmente relevante, dado que, según los resultados obtenidos en el diagnóstico previo, los estudiantes manifestaron tener un conocimiento limitado sobre la comunidad académica a la que pertenecen. En este sentido, la universidad se configura como el espacio en el que los estudiantes aprenden a participar activamente en una nueva comunidad de práctica, que implica la adquisición de sus reglas y convenciones (Moreno et al., 2024).

El proceso de búsqueda y selección autónoma de fuentes por parte de los estudiantes contribuye significativamente a una mayor apropiación de los textos que incorporan en sus escritos. Este ejercicio favorece la autonomía en la gestión de la información y, al mismo tiempo, promueve una selección crítica y pertinente de las fuentes, lo que resulta en un uso más fundamentado y coherente de los materiales consultados (Zavala et al., 2004). Por lo que el objetivo de esta sesión que se encuentra integrada al modelo tecnopedagógico fue que los estudiantes reconozcan las fuentes apropiadas para legitimar el discurso académico.

**Tabla 49**

*Secuencia de la actividad de Intertextualidad*

<b>Intertextualidad</b>					
<b>Objetivo:</b> Reconocer las fuentes para legitimar el discurso.					
<b>Proceso</b>	<b>Actividades</b>	<b>Actores</b>	<b>Estrategias y práctica</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Evaluación</b>
Reconocimiento de la fuente: Identificación de la intertextualidad en los artículos científicos de las	Argumentar desde la autoridad. Identificar la intertextualidad	Estudiantes Guía del taller	Antes de la actividad: Seleccionar 3 artículos científicos (Pueden ser los que se utilizaron previamente. Durante la actividad:	Zotero Docs WOS NCBI Scopus	Rúbrica

<p>ciencias biológicas.</p> <p>Identificación de recursos para integrar citas fluidamente.</p>	<p>en los textos científicos.</p> <p>los tipos de citas en artículos científicos.</p> <p>Distinguir las paráfrasis utilizadas.</p> <p>Distinguir el sistema de citación del artículo.</p> <p>Identificar el principio de autoridad.</p> <p>Identificar el principio de confrontación.</p> <p>Reconstruir los argumentos encontrados en los artículos científicos.</p>		<p>Escribir la línea de investigación en la que se encuentran señalando el tema general y los temas específicos. Así como el objeto de su investigación y el campo en el que se quiere observar el fenómeno.</p> <p>Se pide a los estudiantes identificar los tipos de citas en contradas en los articular científicos.</p> <p>Escribir las citas encontradas de acuerdo con la estructura IMRD.</p> <p>Escribir las paráfrasis encontradas en los artículos científicos.</p> <p>Escribir la finalidad de la cita y cómo lo realizan.</p> <p>Identificar y hacer referencia al sistema de citación encontrado en cada uno de los artículos científicos.</p> <p>Para distinguir las fuentes académicas de calidad y pertinencia en contextos académicos. Checar la siguiente lista</p> <p>Lista de chequeo p. 165</p> <p>Preguntas para reflexionar recuperadas de: (Escritura e inclusión, p. 164)</p> <p>¿Qué tipo de fuentes se utilizan con mayor frecuencia en la propia disciplina? ¿Cuáles son las más valoradas?</p> <p>¿Ha algún límite en cuanto a la actualidad de las fuentes en el campo disciplinar propio? ¿Por qué motivo se opta por fuentes recientes, antiguas o ambas?</p> <p>¿Qué tipo de sitios o publicaciones se consideran confiables o se valoran?</p>		
--	---	--	---	--	--

En relación con la primera parte del modelo tecnopedagógico, que se refiere a la identificación de una motivación específica para llevar a cabo la actividad, los estudiantes destacan la importancia de asumir el rol de autores de sus propios textos. En este sentido, los estudiantes señalan que este proceso contribuye significativamente a su formación como investigadores, al mismo tiempo que los posiciona dentro de la comunidad académica, otorgándoles una identidad y autoridad dentro de dicho contexto.

**Tabla 50**

*Respuestas de la actividad de planeación*

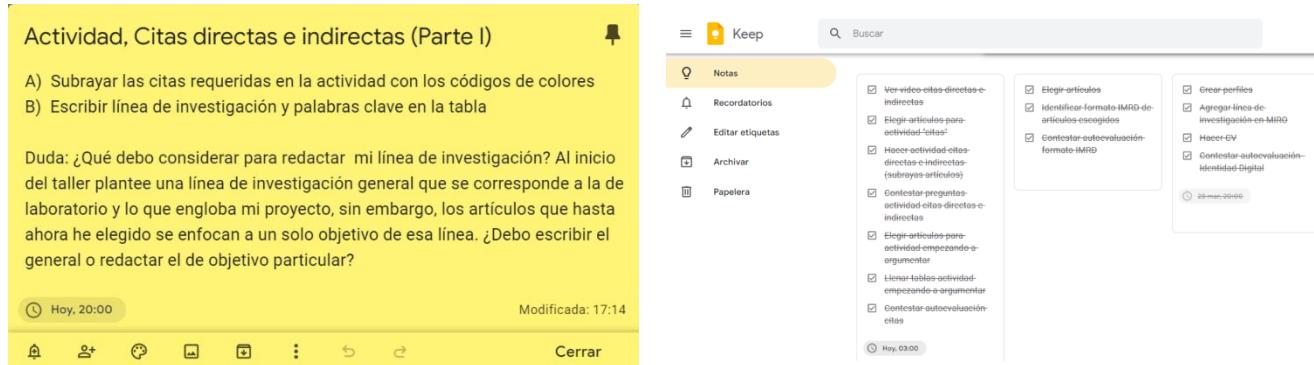
Respuestas a la pregunta ¿Cuál es la importancia de ser autor de nuestros propios textos?	
Estudiante 1	“Nos actualizamos para actualizar información, adquirimos conocimientos y experiencias propias, ya que somos los que desarrollamos el trabajo y esto contribuye a nuestra formación y perfil de investigadores”
Estudiante 2	“Evidencia nuestra postura frente al tema de interés científico y las estrategias que somos capaces de tomar para indagar más sobre el tema, lo que finalmente nos posiciona como elementos aportadores de más conocimiento. Por otro lado, darnos un carácter de autor ayuda a construirnos una "reputación" en el mundo científico que ayuda a formar colaboraciones con otros grupos de trabajo a fines a nuestros intereses e incluso obtener financiaciones importantes”
Estudiante 3	“Que hacemos válido nuestro trabajo, nuestras ideas; al ser autores de nuestros propios textos científicos nos damos cierta autoridad en nuestro trabajo, somos partícipes de la aportación al conocimiento científico y así permitimos que otros autores puedan consultar nuestros resultados y citarlos en otros trabajos”
Estudiante 4	“Para que sea reconocido nuestro trabajo, respecto a que descubrimos algo relevante para la ciencia o para que otros investigadores puedan continuar en la línea de investigación, dandonos el crédito por el esfuerzo y entrega que conlleva. También es importante en el aspecto de crecimiento profesional, además en caso de que una persona esté interesada en replicar o aclarar ciertas dudas sobre el artículo, puede contactar al investigador teniendo sus credenciales presentes en el trabajo de investigación”

Nota: Las respuestas se colocan como copia fiel de lo que respondieron los estudiantes.

En la siguiente actividad de planeación, las estudiantes planearon la actividad después de leerla en la plataforma y plantearon sus dudas, que podían ser respondidas en la misma actividad de forma asíncrona.

**Figura 23**

*Ejemplo de la planeación en la herramienta Keep (Intertextualidad)*



Durante la sesión síncrona, se presentó una exposición sobre los gestores bibliográficos y el estilo de citación utilizado en las ciencias biológicas. En este contexto, se optó por utilizar Zotero como herramienta para que los estudiantes pudieran realizar la actividad correspondiente a partir de los artículos seleccionados. Además, esta plataforma facilitó el intercambio de elementos relacionados con sus líneas de investigación dentro de sus equipos de laboratorio. Una vez que los estudiantes identificaron los artículos pertinentes, se desarrollaron una serie de actividades orientadas a iniciar la argumentación de sus trabajos. Estas actividades también permitieron a los estudiantes examinar cómo los investigadores de su comunidad académica estructuran la argumentación en cada sección de un artículo científico, lo que les proporcionó los fundamentos necesarios para comenzar a construir su propia voz autoral.

**Tabla 51***Identificación de citas directas e indirectas*

<b>Estudiante 1</b>	
Título del artículo: Distribution of Virulence and Antimicrobial Resistance Genes in Phylogenetic Groups of <i>Escherichia coli</i> Strains Isolated from Mexican Patients with Urinary Infection	Actividades
Escribe una cita y enuncia la función (tipo de cita directa o indirecta) de cada una que aparece en la introducción del artículo seleccionado	<p>Cita indirecta. Disponer con nuestras propias palabras una idea expuesta por otro autor</p> <p>Urinary tract infections (UTI) are the most common bacterial infections worldwide, affecting 150 million people every year and can be involved in any structure of the urinary system such as the urethra, bladder, ureters, and kidney. They are considered the Major cause of <math>\approx</math> 10 million healthcare visits each year (1).</p> <p>The female population is the most susceptible to be infected due to the closeness of anal and vaginal sites that can result in at least one UTI episode during their lives (2)</p> <p>The epidemiological data for 2016 by the Mexican Health Department showed that the female gender is the main population affected by urinary tract infections (3)</p> <p>These infections caused serious consequences such as high morbidity in a vulnerable population, pyelonephritis, renal damage, preterm birth, and complications by irrational use of antimicrobials (4)</p> <p>High prevalence, recurrence, and severe health effects resulted in high costs of treatment; therefore, UTI is considered a public health problem (5).</p> <p><i>Escherichia coli</i>, <i>Klebsiella pneumoniae</i>, <i>Proteus mirabilis</i>, <i>Enterococcus faecalis</i>, and <i>Staphylococcus saprophyticus</i> are the main pathogens causing UTI (6, 7)</p> <p>Uropathogenic <i>E. coli</i> (UPEC) has been responsible for more than 85% of UTIs (8).</p> <p>Uropathogenic <i>E. coli</i> pathogenesis begins with periurethral contamination, followed by urethral colonization and subsequent bacterial migration to the bladder (1).</p> <p>Several virulence factors e.g. pili associated-adhesins, including FIC, P, S, type I pili, and PapC have been recognized as receptors in the bladder epithelium and are involved in the colonization event (9-17).</p> <p>Host cell colonization and invasion are mediated by the FimH adhesin, localized in the tip of type I fimbriae, due to its capability to bind to mannosylated receptors in the bladder epithelium (18).</p> <p>UPEC synthesizes the cytotoxic necrotizing factor type 1 (CNF1) to increase its capability to access deeper tissue and to persist in the lower urinary tract (19).</p> <p>Uropathogenic <i>E. coli</i> carries blaSHV and blaTEM genes that are involved in antimicrobial resistance and have been mainly reported as conjugative plasmids (20)</p>

	<p>blaCTX-M gene encodes an enzyme that hydrolyzes cefotaxime and ceftazidime, and its importance in pathogen resistance has been demonstrated (21)</p> <p><i>E. coli</i> can produce a carbapenemase (encoded in blaOXA gene) allowing bacteria to confer resistance to carbapenems (22).</p>
De una o dos citas explica la relevancia para el desarrollo del argumento o la idea (importancia o pertinencia de acuerdo con el tema general del artículo)	<p>Urinary tract infections (UTI) are the most common bacterial infections worldwide, affecting 150 million people every year and can be involved in any structure of the urinary system such as the urethra, bladder, ureters, and kidney. They are considered the Major cause of <math>\approx</math> 10 million healthcare visits each year (1)</p> <p>La cita expone los datos epidemiológicos más relevantes de la infección que se está estudiando, le proporciona así un foco de atención a su incidencia.</p> <p>The epidemiological data for 2016 by the Mexican Health Department showed that the female gender is the main population affected by urinary tract infections (3)</p> <p>Este tipo particular de cita muestra énfasis en un periodo de tiempo, reforzando aún más la importancia de estudiar el tema. Luego, podrías rescatar las citas que sean pertinentes en cuanto a la virulencia del microorganismo que estudias, posteriormente podrías hacer este mismo ejercicio para lograr escribir otras citas.</p>
¿Se introduce la opinión o punto de vista del autor en relación con las fuentes citadas?	Lo hace parcialmente al final de la introducción, pues las citas fueron usadas principalmente para mostrar datos epidemiológicos de la infección y el agente causal, de ese modo, le dieron mayor peso a elegir ese tema como de relevancia clínica.
¿Cómo se vinculan las ideas de otros autores entre sí? Subraya o destaca con un color las partes del texto donde veas que se vinculan entre sí.	<p>Cita 1, 2, 3 (en el orden en que están los puntos de la actividad 1) se relacionan porque exponen datos epidemiológicos de la población afectada por ITU.</p> <p>Cita 4 y 5 plantean la relevancia clínica de las ITU.</p> <p>Cita 6, 7 enuncian los agentes causales más comunes.</p> <p>Cita 8, 9, 10 y 11 explican el proceso de patogénesis y los principales factores de virulencia involucrados.</p> <p>Cita 12, 13 y 14 exponen datos relacionados con la resistencia a antibióticos.</p> <p>*Los colores que se muestran en cada punto son los usados en el subrayado del PDF para establecer las citas que se relacionan.</p>
¿De qué manera aparecen las ideas o tesis centrales del extracto en la voz de su autor? ¿En qué parte de la introducción lo encuentras?	<p>Lo hace por párrafos, generalmente se abordan temas muy específicos (Epidemiología, agente causal, factores de virulencia y resistencia) y de cada uno se hace una breve exposición de la idea del autor.</p> <p>El párrafo final conjunta todas las ideas previas y con palabras de los propios autores se hace un resumen de lo que se pretende lograr con el uso de esa información.</p>
<b>Estudiante 2</b>	
Título del artículo: Two-component system CbrA/CbrB controls alginate production in <i>Azotobacter vinelandii</i>	Actividades

<p>Escribe una cita y enuncia la función (tipo de cita directa o indirecta) de cada una que aparece en la introducción del artículo seleccionado</p>	<p>Azotobacter vinelandii is a free-living bacterium member of the Pseudomonadaceae family [1].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>It has been considered to be a good source for the production of polymers of industrial importance, such as the polysaccharide alginate and the polyester poly-<i>b</i>-hydroxybutyrate [2–4].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>Alginate, which is synthesized from fructose-6-phosphate, is a linear polymer composed of variable amounts of <i>b</i>-Dmannuronate and its C-5 epimer <i>a</i>-L-guluronate linked by 1–4 glycosidic bonds [2].</p> <p>Cita indirecta con énfasis en el texto</p> <p>In <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, the production of alginate has been extensively studied due to its role in the pathogenesis of lung infection in cystic fibrosis patients [5].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>The biochemistry and genetics of alginate biosynthesis are highly conserved between <i>P. aeruginosa</i> and <i>A. vinelandii</i> [5, 6].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>The main biosynthetic alg gene cluster (<i>algD-8-44 K-J-G-X-L-I-V-F-A</i>) is headed by <i>algD</i>. In addition to the <i>algD</i> promoters, internal promoters upstream of <i>alg8</i> and <i>algG</i> have been identified in <i>A. vinelandii</i> [3]</p> <p>Cita indirecta</p> <p>Transcription and translation of the <i>A. vinelandii algD</i> gene, encoding a key enzyme in this pathway, are highly regulated. Transcription is dependent on the stressresponse sigma factors <i>AlgU</i> and <i>RpoS</i> [7–9], whereas <i>algD</i> translation is dependent on the <i>Gac/Rsm</i> post-translational regulatory system [10]-</p> <p>Cita indirecta</p> <p>In gammaproteobacteria, the <i>Gac/Rsm</i> signal transduction pathway regulates primary and secondary metabolism [11].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>The <i>GacS/GacA</i> two-component system (TCS) activates the transcription of several small RNAs (sRNAs) of the <i>RsmZ-Y</i> (<i>CsrB-C</i>) family that antagonize the activity of the <i>RsmA</i> (<i>CsrA</i>) protein, a global repressor of genes that are expressed in the stationary growth phase [12, 13].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>In <i>A. vinelandii</i>, the signal transduction pathway <i>Gac/Rsm</i> controls alginate production. <i>RsmA</i> was found to bind to the <i>algD</i> mRNA at a site overlapping the ribosome-binding site [10], and the <i>GacA</i> activator is required for transcriptional activation of the <i>RsmZ-Y</i> sRNAs, relieving the repressing activity of <i>RsmA</i> on <i>algD</i> translation [10, 14].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>The histidine kinase (HK) <i>CbrA</i> and the response regulator (RR) <i>CbrB</i> constitute a TCS that, together with the <i>Crc</i> system, controls carbon metabolic flow in <i>Pseudomonas</i> species, allowing the preferential utilization of good carbon sources and establishing a healthy carbon/nitrogen balance [15–17].</p> <p>Cita indirecta</p>
--	---

	<p>CbrB, belonging to the NtrC family of RRs, activates the transcription of sRNAs of the CrcX, CrcY or CrcZ family [18–20]. While the Crc protein, together with the chaperone Hfq, forms a complex with target mRNAs and inhibits translation [17, 21], the Crc sRNAs antagonize such activity.</p> <p>Cita indirecta</p> <p>There is evidence indicating that not all activities of the CbrA/CbrB TCS are mediated by the Crc system, as <i>cbrB</i> and <i>crcZ</i> mutants of <i>P. aeruginosa</i> do not exhibit identical phenotypes [15, 16].</p> <p>Cita indirecta</p> <p>The CbrA/CbrB system has several functions besides the control of catabolic pathways. In Pseudomonas species such as <i>P. aeruginosa</i> and <i>P. putida</i>, this system is involved in the regulation of swarming, biofilm formation, cytotoxicity and antibiotic and stress resistance [22, 23].</p>
De una o dos citas explica la relevancia para el desarrollo del argumento o la idea (importancia o pertinencia de acuerdo con el tema general del artículo)	<p>In <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, the production of alginic acid has been extensively studied due to its role in the pathogenesis of lung infection in cystic fibrosis patients [5]. The biochemistry and genetics of alginic acid biosynthesis are highly conserved between <i>P. aeruginosa</i> and <i>A. vinelandii</i> [5, 6].</p> <p>Esta cita es de relevancia principalmente porque <i>P. aeruginosa</i> y <i>A. vinelandii</i> filogenéticamente son consideradas “primas-hermanas”, es decir, pueden estar compartiendo características metabólicas. Por lo tanto, si la producción de alginato ha sido ampliamente estudiada en <i>P. aeruginosa</i> y se está entendiendo la regulación y síntesis que conlleva el proceso de formación de alginato, permitiría extrapolar estos datos y sugerir que ocurren de manera muy similar en <i>Azotobacter vinelandii</i>, comprendiendo la producción de alginato.</p> <p>The histidine kinase (HK) CbrA and the response regulator (RR) CbrB constitute a TCS that, together with the Crc system, controls carbon metabolic flow in Pseudomonas species, allowing the preferential utilization of good carbon sources and establishing a healthy carbon/nitrogen balance [15–17].</p> <p>Los sistemas de dos componentes se ven implicados en la regulación o control de varios procesos metabólicos, el que mencionanmencionen al sistema CbrA/CbrB en asociación con el sistema Crc para el control del flujo del carbono, es relevante debido a que, dentro de todos los aspectos que controlan la producción de alginato, interviene la concentración de diversos elementos incluido el carbono, nitrógeno y oxígeno, es de esta manera, que si el sistema CbrA/CbrB censa el carbono, ya sea de manera directa o indirecta puede estar regulando la formación de alginato en la bacteria.</p>
¿Se introduce la opinión o punto de vista del autor en relación con las fuentes citadas?	Teniendo en cuenta que, tomamos las citas en la parte de introducción, en lo que respecta al artículo que seleccione los autores no participan mucho en este apartado, únicamente cuando están explicando la relevancia y el porqué de esta investigación.
¿Cómo se vinculan las ideas de otros autores entre sí? Subraya o destaca con un color las partes del texto donde veas que se vinculan entre sí.	Se vincula expresando una idea, pero tomando en cuenta ambos autores al referenciarlos al final de la idea. Se subrayan las ideas vinculadas con color verde

<p>¿De qué manera aparecen las ideas o tesis centrales del extracto en la voz de su autor? ¿En qué parte de la introducción lo encuentras?</p>	<p>Aparecen en la parte final de la introducción. Comienza adentrándonos al tema, conociendo a la bacteria y por qué resulta un modelo de estudio, posteriormente nos habla del metabolismo por el que se cree que controlan o regulan la producción del alginato, para finalmente englobar todo lo mencionado, y proponer su hipótesis sustentada en lo previamente expuesto en los párrafos anteriores.</p>
<b>Estudiante 3</b>	
<p>Título del artículo: Transconjugation studies in <i>Azospirillum sp.</i> negative to mineral phosphate solubilization</p>	<p>Actividades</p>
<p>Escribe una cita y enuncia la función (tipo de cita directa o indirecta) de cada una que aparece en la introducción del artículo seleccionado</p>	<p>Microbes as well as their activities are concentrated in the rhizosphere (Killham 1994). Cita indirecta. Among various mechanisms involved in mineral phosphate solubilization (MPS), the production of organic acids by soil microorganisms is the principal mechanism (Rodriguez and Fraga 1999). Cita indirecta. The most promising way to create more effective plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) is by genetic manipulation (Glick and Bashan 1997). Cita indirecta. Shot gun cloning experiments using <i>Erwinia herbicola</i> DNA enabled Goldstein and Liu (1987) to clone gene(s) to S- S+ convert MPS- <i>E. coli</i> to MP phenotype. Cita indirecta. Transposon mutagenesis of a cosmid construct pMCG 898, carrying a 4.5 kb insert showed that the essential gene was a 1.8 Kb region (Liu et al. 1992). Cita indirecta. The quinoprotein GDH controls a unique step in direct oxidation of glucose (Duine et al. 1979). Cita indirecta. Thus Goldstein and Liu (1987) proved that the GDH-mediated dissimilatory bypass system involving direct oxidation of glucose to gluconic acid in the periplasmic space was responsible for mineral phosphate solubilization in <i>Erwinia herbicola</i>. Cita indirecta. The glucose dehydrogenase (GDH) holoenzyme plays an important role in the oxidation of glucose to gluconic acid (Goldstein 1995). Cita indirecta. Rodriguez et al. (2000) have also been successful in the expression of mineral phosphate solubilizing gene from <i>Erwinia herbicola</i> in two rhizobacterial strains, <i>Burkholderia cepacia</i> IS-16 and <i>Pseudomonas</i> sp. Cita indirecta. <i>Bacteria of the genus Azospirillum are nitrogen</i></p>

	<p>fixing soil bacteria that associate with the roots of many plants including important crops such as wheat, rice and maize (Tarrand et al. 1978).</p> <p>Cita indirecta.</p> <p>Therefore an attempt was made in this study to transconjugate a MPS-negative <i>Azospirillum</i> sp using the construct pMCG 898 (Liu et al. 1992).</p>
De una o dos citas explica la relevancia para el desarrollo del argumento o la idea (importancia o pertinencia de acuerdo con el tema general del artículo)	La producción de ácidos orgánicos es uno de los principales mecanismos que tienen las rizobacterias para la solubilización de fosfatos.
¿Se introduce la opinión o punto de vista del autor en relación con las fuentes citadas?	Sí
¿Cómo se vinculan las ideas de otros autores entre sí? Subraya o destaca con un color las partes del texto donde veas que se vinculan entre sí.	Thus Goldstein and Liu (1987) proved that the GDH-mediated dissimilatory bypass system involving direct oxidation of glucose to gluconic acid in the periplasmic space was responsible for mineral phosphate solubilization in <i>Erwinia herbicola</i> . Rodriguez et al. (2000) have also been successful in the expression of mineral phosphate solubilizing gene from <i>Erwinia herbicola</i> in two rhizobacterial strains, <i>Burkholderia cepacia</i> IS-16 and <i>Pseudomonas</i> sp.
¿De qué manera aparecen las ideas o tesis centrales del extracto en la voz de su autor? ¿En qué parte de la introducción lo encuentras?	Aparecen como pequeños párrafos luego de exponer ideas de otros autores mediante citas indirectas. En la parte final de la introducción.
<b>Estudiante 4</b>	
Título del artículo: THE COFACTOR PYRROLOQUINOLINE QUINONE	Actividades
Escribe una cita y enuncia la función (tipo de cita directa o indirecta) de cada una que aparece en la introducción del artículo seleccionado	<p>In the 1960s work on the cofactor of bacterial methanol dehydrogenase (5) and glucose dehydrogeaase (28) revealed that this view was not correct (the research groups working in separate laboratories were unaware of each other's work so that they did not realize that the cofactor of both enzymes was the same). Cita indirecta.</p> <p>Independent studies (14, 54) revealed that the cofactor was pyrroloquinoline quinone (2,7,9-tricarboxy-1H-pyrrolo[2,3-1]quinoline-4, 5-dione) (PQQ). Cita indirecta.</p> <p>The finding that some bacteria excrete substantial amounts of PQQ into their growth medium (12) provided material for studies that sought to unravel the intricacies of the cofactor. Cita indirecta.</p> <p>A more recent breakthrough was the discovery of covalently bound PQQ (41) in eukaryotic enzymes. Cita indirecta.</p>

	<p>Where the cofactor in these organisms comes from is presently unknown, but findings from bacterial studies may be relevant: Tyrosine and glutamic acid are the precursors for biosynthesis of free PQQ in methylotrophic bacteria (31, 70); free PQQ is not required for synthesis of covalently bound PQQ in glutamate decarboxylase of <i>Escherichia coli</i> (62); this implies that synthesis of covalently bound PQQ may occur in situ.</p> <p>Cita indirecta.</p> <p>More specific information on the topic can be found in a number of reviews (13, 16, 17, 27) and in the Proceedings of the First International Symposium on PQQ and Quinoproteins (18).</p>
De una o dos citas explica la relevancia para el desarrollo del argumento o la idea (importancia o pertinencia de acuerdo con el tema general del artículo)	Se encontró que no solo algunas bacterias producen y liberan grandes cantidades de PQQ al medio que les rodea, sino que también es producido por plantas y mamíferos.
¿Se introduce la opinión o punto de vista del autor en relación con las fuentes citadas?	Sí
¿Cómo se vinculan las ideas de otros autores entre sí? Subraya o destaca con un color las partes del texto donde veas que se vinculan entre sí.	<p>In the 1960s work on the cofactor of bacterial methanol dehydrogenase (5) and glucose dehydrogeaase (28) revealed that this view was not correct (the research groups working in separate laboratories were unaware of each other's work so that they did not realize that the cofactor of both enzymes was the same). Where the cofactor in these organisms comes from is presently unknown, but findings from bacterial studies may be relevant: Tyrosine and glutamic acid are the precursors for biosynthesis of free PQQ in methylotrophic bacteria (31, 70); free PQQ is not required for synthesis of covalently bound PQQ in glutamate decarboxylase of <i>Escherichia coli</i> (62); this implies that synthesis of covalently bound PQQ may occur in situ.</p>
¿De qué manera aparecen las ideas o tesis centrales del extracto en la voz de su autor? ¿En qué parte de la introducción lo encuentras?	Aparecen relacionando cada una de las citas indirectas que presenta para dar una idea general del tema a lo largo de toda la introducción. A lo largo de toda la introducción, con mayor énfasis al final de la misma.

Nota: Los estudiantes deben explicar la función de las citas indirectas dentro del texto, así como identificar la argumentación presentada por los autores en los artículos científicos. Además, se requiere que los estudiantes reconozcan el tipo de citación utilizado, identificando el estilo Vancouver, que es predominantemente empleado en las ciencias biológicas.

La actividad propuesta consistió en que los estudiantes redactaran un texto argumentativo, en el cual incorporaran las citas previamente analizadas. En este proceso, una vez que los estudiantes comprendieran la finalidad argumentativa de cada cita, se esperaba que

establecieran redes intertextuales con otros textos relevantes dentro de la disciplina de las ciencias biológicas.

**Tabla 52**

*Textos argumentativos de estudiantes*

Estudiante 1	Texto
Cita: High prevalence, recurrence, and severe health effects resulted in high costs of treatment; therefore, UTI is considered a public health problem (5).	La razón por la que las ITU son un problema global que ha prevalecido por años es precisamente por la suma de efectos en cadena que tiene con el paciente, es decir, tal y como lo plantea la cita (5), epidemiológicamente hay un elevado número de casos de personas, mujeres en su mayoría, que padecen una infección de este tipo , el detalle más peligroso es que aunque no son del todo agresivas al principio, sí son recurrentes, lo que lleva a una daño sostenido y visitas a consultorios médicos que tiene consecuencias económicas y sociales significativas en los pacientes, eso sumado a la falta de un diagnóstico rápido y preciso, hacen de estas infecciones, un problema público de interés.
Estudiante 2	Texto  Se ha visto que las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal tienen la capacidad para sintetizar y liberar al medio algunos ácidos orgánicos con la finalidad de solubilizar los fosfatos que se encuentran en la rizósfera (1). La pirroloquinolina quinona (PQQ) es un cofactor que actúa como agente redox capaz de oxidar directamente la glucosa que ingiere. Se trata de una quinoproteína que se une a la glucosa deshidrogenasa para producir ácidos orgánicos (1, 2). Hay estudios en donde se muestra la influencia de la presencia de PQQ en la solubilización de fosfatos que podría estar directamente relacionada con el crecimiento de plantas, por lo que se puede proponer a las bacterias con la capacidad de producir PQQ como biofertilizantes (1, 2).
Estudiante 3	Texto  Cita: Different strategies for alginate production by <i>A. vinelandii</i> have been evaluated [13], [14], [15], demonstrating that it is possible to produce alginates of different molecular weights by varying the OTR of the cultures.
	Efectivamente la variación en la transferencia de oxígeno (OTR) en los cultivos impacta en la producción de alginato, pues otros autores reportan que en cultivos continuos a una OTR baja se observó un peso molecular del alginato y expresión del gen alg8 más altos, sin embargo existen limitantes como en cualquier sistema, es por ello que en artículo los autores proponen un sistema discontinuo en condiciones OTR constantes controladas, para ello el estudio evalúa condiciones controladas y no controladas para evaluar el impacto que tiene el OTR en el peso molecular y la expresión de

	genes implicados en la codificación de enzimas importantes en la síntesis del alginato.
Estudiante 4	<p>Texto</p> <p>Con la llegada de los plásticos para comodidad humana y debido a las propiedades presentes en el PET no es posible reutilizarse en un 100%, es por ello que la producción mundial de plástico ha alcanzado millones de toneladas métricas con un incremento notable en el medio ambiente. Con las malas costumbres personales en conjunto con la sobre población, el investigador Geyer y colaboradores, (1) prevén que la acumulación mundial de plástico en el entorno natural superara los 34.000 millones de toneladas métricas para 2050.</p>

Nota: Los estudiantes elaboraron textos argumentativos a partir de las citas que identificaron, cabe destacar que utilizan sus palabras y utilizan las citas para reforzar el argumento. En los textos se identifica el uso de zotero y el estilo de citación Vancouver.

Finalmente, en la fase de evaluación del modelo, se planteó la siguiente pregunta: “¿Cómo evalúas tu texto a partir de las citas que identificaste?” Esta pregunta tenía como objetivo que los estudiantes reflexionaran sobre el proceso seguido y comprendieran la importancia de la argumentación fundamentada en los autores citados.

**Tabla 53**

*Autoevaluación de la actividad de Intertextualidad*

Estudiantes	Autoevaluación
Estudiante 1	“Todas las citas que identifique fueron indirectas, sin mencionar autores, solo el número de cita en corchetes; pude agrupar el propósito de su escritura de la siguiente forma: unas tenían el objetivo de presentar datos conceptuales importantes que conformaban los conceptos clave del texto, otras aportaban sustento cuantitativo al presentar datos epidemiológicos que daban pertinencia al tema de investigación elegido, por otro lado, también aparecían algunas que revelaban las carencias en los estudios realizados por otros grupos de trabajo o inclusive de los mismos autores en estudios previos. En conjunto, todas esas citas ayudaban a formar el objetivo de los autores y describir a grandes rasgos las perspectivas esperadas antes de iniciar la investigación”.
Estudiante 2	“Con base en mi línea de investigación y mis palabras clave, la mayoría de los textos que elegí anteriormente me parecen adecuados, están totalmente relacionados con lo que busco y me aportan información muy importante. Aunque hay 3 artículos que creía pertinentes para citar, revisando más a detalle las credenciales, las citas que se utilizaron y sobre todo las palabras clave, no son artículos de mucha ayuda para mi línea de investigación, por lo que opté por descartarlos de mi carpeta de artículos a utilizar, debido a que se desviaba un poco de mi línea de investigación”.
Estudiante 3	“Permiten conocer la relevancia de las fuentes citadas, la actualidad del artículo, es decir, podemos darnos una idea que tan actual es el tema de investigación si sus citas son recientes podría deberse a que el tema tiene un impacto en la sociedad por lo que distintos investigadores buscan esclarecer el tema apoyándose de otros autores que estudien el problema al mismo tiempo, además podemos evaluar el modo en que los autores fundamentan, si bien es necesario citar,

los autores pueden **complementar la cita y expresar la relevancia de la misma**, por último nos permite conocer la calidad del artículo, la cita puede ser una guía, es decir, dependiendo de las veces que un artículo sea citado podemos inferir que este es de calidad y genera impacto al estar siendo citado en varias ocasiones, entre más veces haya sido citado el artículo, podríamos hablar de una cita basada en un artículo más completo".

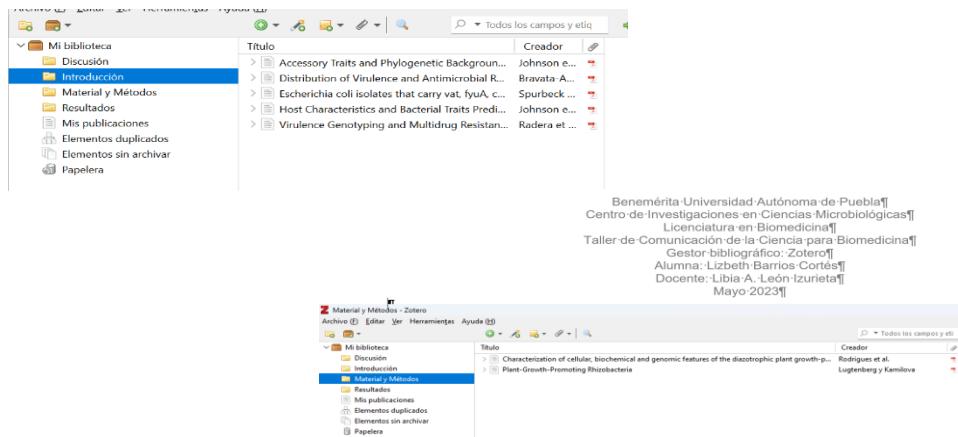
Nota: Los estudiantes identifican el uso de las citas en los artículos y a partir de ello pueden elaborar textos propios a partir de las citas que seleccionaron.

### 5.2.1.5 Quinta sesión: Gestores bibliográficos

La quinta sesión tuvo como propósito principal que los estudiantes se familiarizaran con el uso de Zotero. Es importante señalar que esta sesión tuvo una duración breve, dado que complementaba los contenidos abordados en la sesión anterior. Durante la sesión síncrona, se llevó a cabo una práctica en la que los estudiantes instalaron el gestor de referencias, exploraron sus principales funcionalidades y procedieron a agregar los artículos utilizados en sesiones previas.

**Figura 24**

*Uso de Zotero*



Nota: Los estudiantes agregaron los artículos relacionados con su línea de investigación, también agregaron carpetas correspondientes a cada sección que posteriormente colocaron en el cartel científico.

### **5.2.1.6 Sexta sesión: Material y Métodos**

La sección de materiales y métodos, tal como se denomina en las ciencias biológicas, tuvo como objetivo principal que los estudiantes describieran el diseño experimental de manera detallada, proporcionando la información necesaria para que un investigador competente pueda replicar los experimentos. Esta sección es crucial, ya que permite al lector comprender el desarrollo de los experimentos realizados y evaluar la validez de las conclusiones obtenidas. En este contexto, los estudiantes adquieren las competencias necesarias para poner en práctica los procedimientos experimentales, así como para estructurar y presentar la información que facilite tanto la replicación como la reformulación de su trabajo. Con el fin de alcanzar estos objetivos, se diseñó una secuencia didáctica integrada en el modelo tecnopedagógico, que propicia el aprendizaje y la aplicación de estos conocimientos de manera práctica.

**Tabla 54***Secuencia de la actividad de Material y Métodos*

<b>Material y Métodos</b>					
<b>Objetivo:</b> Describir el diseño experimental y dar detalles suficientes para que un investigador competente pueda repetir los experimentos.					
<b>Fase de previsión:</b>					
1. Elaborar una lista de tareas verificada por el alumno. 2. Agregar una columna de herramientas que el estudiante necesitará. 3. Agregar una columna marcar el período de tiempo que tomará el estudiante para realizar la tarea.					
<b>Fase de ejecución:</b>					
1. Seleccionar los experimentos para presentar en el cartel de acuerdo con los objetivos específicos. 2. De acuerdo con el objetivo, describir la obtención de la muestra, el método, los procedimientos y el método de análisis. 3. Identificar si la sección material y métodos corresponde al objetivo específico.					
<b>Fase de evaluación:</b> Realizar una bitácora que incluya las secciones de los materiales y métodos. Co-evaluación.					
Proceso	Actividades	Actores	Estrategias y práctica	Herramientas	Evaluación
Escribir la sección de material y métodos.	Presentación de la sección de material y métodos mediante una presentación virtual. Realizar una lectura guiada de carteles científicos reconociendo la estructura de materiales y métodos. Seleccionar y escribir los objetivos específicos. Escribir la sección de material y métodos. Obtención de la muestra. Método Procedimientos Métodos de análisis.	Estudiantes Guía del taller	<b>Antes de la sesión:</b> Identificar 3 ó 5 artículos en español relacionados con los métodos que identifiquen que se encuentren similares en tu sección de material y métodos. <b>Durante la sesión:</b> Realizar una lectura guiada de carteles científicos. Los estudiantes identificarán las secciones de los materiales y los métodos. <b>Después de la sesión</b> Escribir la sección de materiales y métodos. Incluir una lista de materiales que se necesitan para realizar los experimentos. Escribir los procedimientos de cómo se llevaron a cabo los experimentos. Asociar el objetivo con los materiales y métodos. Co-evaluación de la sección mediante una rúbrica.	Presentaciones de Google Zotero Sitio bibliotecas Buap Carteles científicos. Documents	Rúbrica

Se llevó a cabo una sesión síncrona dedicada a la exposición y análisis de la sección de Materiales y Métodos de carteles científicos en el área de microbiología, extraídos de congresos previos. Durante esta actividad, se sugirió a los participantes realizar un análisis comparativo de los carteles elaborados en el laboratorio donde desarrollan sus investigaciones, con el fin de observar las diferencias y similitudes en la redacción de dicha sección.

La actividad consistió en identificar los objetivos específicos del estudio, así como en determinar el proceso mediante el cual se obtiene la muestra. En el contexto de las ciencias biológicas, es fundamental describir la especie utilizada, su origen y las condiciones bajo las cuales se obtiene, especificando si dicha muestra es modificada o no. A continuación, se aborda el método, que en el ámbito de las ciencias biológicas se presenta de manera general, limitándose a describir los aspectos que se investigarán. Posteriormente, se detalla el procedimiento, etapa en la cual se especifican las acciones que se llevarán a cabo y el enfoque metodológico utilizado para el análisis. En este caso particular, los estudiantes experimentaron dificultades para nombrar este procedimiento, ya que se trata del proceso mediante el cual, una vez obtenidos los resultados, se procede a su interpretación.

**Tabla 55***Escritura de la sección Material y Métodos*

<b>Material y métodos</b> Escribe tu sección de material y métodos detalladamente aquí.	
<b>Nombre del estudiante</b>	<b>Estudiante 1</b>
<b>Objetivo(s) específico(s)</b>	Identificar genes predictores de virulencia en un cepario de varones poblanos los genes predictores de virulencia con potencial uropatógeno propuestos por Spurbeck y cols., (2012) para evaluar su validez como esquema de identificación de cepas UPEC.
<b>Obtención de la muestra</b>	Se aislaron 24 cepas de <i>Escherichia coli</i> uropatógena en la orinauropatógena a partir de la orina de pacientes masculinos, en un rango de edad de 46 a-91 años, con antecedentes de Infección de tracto urinario en el ISSSTE de Puebla durante el periodo de 2015 a 2016.
<b>Método</b>	Reacción en cadena de la Polimerasa convencional para identificar 4 genes predictores propuestos por Spurbeck, siendos estos: ( <i>vat</i> , <i>chuA</i> , <i>fyuA</i> , <i>yfcV</i> )
<b>Procedimiento</b>	Para la identificación molecular de los “genes predictores”, se extrajo DNA de las 24 cepas por lisis alcalina, después se realizó PCR convencional utilizando 4 pares de oligonucleótidos para <i>vat</i> , <i>chuA</i> <i>fyuA</i> y <i>yfcV</i> , los cuales fueron sintetizados a partir de los reportados por Spurbeck, a excepción de <i>vat</i> . La cepa utilizada como control positivo fue UPEC CFT073 mientras que el control negativo fue agua tridestilada estéril. Los productos amplificados fueron identificados por electroforesis en geles de agarosa al 1% a partir de la relación con el peso molecular de cada gen.
<b>Método de análisis</b>	Se determinó el potencial de urovirulencia de cada muestra del cepario analizando y contrastando la cantidad de genes predictores (4) y los genotipos mostrados por las 24 cepas respecto a otros datos como filogrupo y genes de factores de virulencia (27) reportados en trabajos previos del Laboratorio de Biología Molecular de Enteropatógenos del ICUAP.
<b>Nombre del estudiante</b>	<b>Estudiante 2</b>
<b>Objetivo(s) específico(s)</b>	Analizar la actividad de la PHB depolimerasa de <i>Azospirillum baldaniorum</i> Sp245 en PET.
<b>Obtención de la muestra</b>	Para la obtención de la muestra se realizó un cultivo en matraz de la cepa de <i>Azospirillum baldaniorum</i> Sp245 en medio mínimo K-malato a 32°C y se dejó incubar durante 36 h.
<b>Método</b>	Cultivo de <i>Azospirillum baldaniorum</i> Sp245 en matraz durante 36 h para asegurar la presencia de la enzima depolimerasa. Peso constante: se resta el peso final (después de la exposición) al peso inicial.
<b>Procedimiento</b>	Se realizó una extracción de proteínas totales mediante sonicación, se determinó la cantidad de proteínas por reactivo de Bradford y se tomó como referencia la curva de calibración de albúmina sérica bovina DO ul/mg. Para el tratamiento del PET este se lavó con agua destilada y jabón, posteriormente se realizaron cortes para obtener fragmentos pequeños y fragmentos grandes, se pesaron 100 mg de PET para cada una de las 16 placas Petri.

	Se pesaron todas las cajas antes y después de colocar los 100mg de PET. A cada caja petri con PET se le adicionaron 10 ul de proteínas (equivalentes a 107.520mg) y se incubaron a una temperatura de 32°C con una variante de luz, en 8 cajas petri de PET en fragmentos pequeños y 8 cajas petri pet entero. La mitad del total de cajas se mantuvo en presencia de luz, y las cajas petri restantes se mantuvieron en ausencia de luz.
<b>Método de análisis</b>	Se analizó la cinética enzimática mediante peso constante por diferencias de peso antes y después de la incubación.
<b>Nombre del estudiante</b>	<b>Estudiante 3</b>
<b>Objetivo(s) específico(s)</b>	Determinar los genes de biosíntesis de PQQ de <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 intervienen en la promoción del crecimiento de <i>Pinus patula</i> .
<b>Obtención de la muestra</b>	Se realizó un cultivo en placa con medio mínimo K malato a partir de una cepa de <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 conservada en glicerol a -80°C, se dejó crecer 2 días a 32°C.
<b>Método</b>	Mutante por remoción del gen mediante recombinación homóloga de los genes <i>pqqA</i> , <i>pqqB</i> , <i>pqqC</i> , <i>pqqD</i> y <i>pqqE</i> (operón PQQ) de <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 Complementación genética a través de una conjugación triparental del operón PQQ de <i>A. brasiliense</i> Sp7. Inoculación microbiana de la cepa silvestre de <i>A. brasiliense</i> Sp7, la cepa mutante y la cepa complementada en las raíces de <i>Pinus patula</i> .
<b>Procedimiento</b>	Se dividió la metodología en tres partes: 1. Obtención de la mutante por remoción del gen por recombinación homóloga, y obtención de la complementación genética por conjugación triparental a partir de la cepa mutada, e inoculación de las cepas obtenidas en las raíces de <i>Pinus patula</i> . Se diseñó un par de oligonucleótidos para la región río arriba del operón PQQ de <i>A. brasiliense</i> Sp7 y otro par para la región río abajo. Se amplificaron ambas regiones a 60°C. Como marcador de selección se usó el cassette de resistencia a gentamicina ( $\Omega$ Gm) obtenido a partir del plásmido pBSL142 con las enzimas de restricción HindIII y SpeI. La construcción de la mutante se realizó por partes en el vector pGEM-T Easy para después hacer la transformación en células competentes E. coli DH5α. Primero se clonó la región río arriba del operón PQQ con las enzimas de restricción SphI y HindIII, posteriormente se clonó el cassette de resistencia a gentamicina con las enzimas HindIII y SpeI, finalmente se clonó la región río abajo con las enzimas SpeI y EcoRI. Después de que se obtuvo la construcción completa (región río arriba + $\Omega$ Gm + región río abajo), se clonó en el vector suicida pSUP202 con la enzima EcoRI, posteriormente se insertó el vector recombinante pSUP202 en la cepa <i>A. brasiliense</i> Sp7, en seguida se cultivó en placas con medio mínimo K malato y gentamicina para hacer la selección de la cepa mutante. Para la complementación genética se diseñaron un par de oligonucleótidos para el operón PQQ de <i>A. brasiliense</i> Sp7 incluyendo la región promotora. Se amplificó dicha región a 64°C. El amplicón se clonó en el vector pGEM-T Easy. Para la conjugación triparental se usó el vector pVK100 como plásmido conjugativo (helper), pGEM-T Easy recombinante como donador y la cepa mutante como recipiente. Después el recipiente (cepa complementada) se creció en placas con medio mínimo K malato con kanamicina para seleccionar la cepa complementada. Finalmente, para evaluar la promoción del crecimiento vegetal se inocularon las raíces de <i>Pinus patula</i> con la cepa silvestre <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7, la cepa mutante y la cepa complementada.

<b>Método de análisis</b>	La cepa mutante y la cepa complementada se analizaron mediante visualización en gel de agarosa de productos de PCR y restricción enzimática, además se mandaron a secuenciar y se cultivaron en placas con medio mínimo K malato y el antibiótico seleccionado. La promoción del crecimiento de <i>Pinus patula</i> se analizó comparando el crecimiento de sus raíces inoculadas con las diferentes cepas obtenidas.
---------------------------	---

Finalmente, se realizó una co-evaluación de los trabajos, cabe destacar que solo participaron dos estudiantes.

**Tabla 56**

*Co-evaluación de Material y Métodos*

<b>Estudiantes</b>	<b>Co-evaluación</b>
Estudiante 1	La redacción de la metodología me parece buena, en mi opinión agregaría las condiciones de amplificación que se usaron en los 24 ceparios y especificaría más el método de análisis del potencial de urovirulencia porque no me queda muy claro. En cuanto al esquema me parece adecuado y con información concreta.
Estudiante 2	Me parece correcta la redacción, ante el lector queda muy claro el proceso, solo agregaría un poco más de detalles sobre el procedimiento en cuanto condiciones específicas de las técnicas mencionadas.

Nota: Los estudiantes identifican los datos que faltan de acuerdo con la experiencia y toman en cuenta la repetibilidad del estudio.

### 5.2.1.7 Séptima sesión: Resultados

La sección de resultados presenta los datos obtenidos, los cuales han sido seleccionados y utilizados de manera rigurosa, siempre alineados con los objetivos del trabajo. Dichos resultados deben ser expuestos de manera lógica, ordenada y concisa, con el fin de asegurar la objetividad. En esta sección del taller, los estudiantes participaron en actividades en línea, en las cuales realizaron ejercicios para identificar el estilo de escritura utilizado en carteles científicos de congresos del área de Microbiología. Con el fin de alcanzar estos objetivos, se diseñó una secuencia didáctica integrada en el modelo tecnopedagógico, que propicia el aprendizaje y la aplicación de estos conocimientos de manera práctica.

**Tabla 57***Secuencia de la actividad de resultados*

<b>Resultados</b>					
<b>Objetivo:</b> Identificar los resultados de acuerdo con el estilo de escritura en ciencias biológicas, así como describir los resultados de su propio trabajo.					
<b>Fase de previsión:</b>					
1. Elaborar una lista de tareas verificada por el alumno. 2. Agregar una columna de herramientas que el estudiante necesitará. 3. Agregar una columna marcar el período de tiempo que tomará el estudiante para realizar la tarea.					
<b>Fase de ejecución:</b>					
1. Seleccionar carteles científicos del área de Microbiología. 2. Identificar el estilo de escritura académico en carteles del área de Microbiología publicados en congresos anteriores. 3. Describir la sección de resultados del propio trabajo.					
<b>Fase de evaluación:</b> Realizar una autoevaluación de manera oral en la sesión de los resultados de sus trabajos.					
Proceso	Actividades	Actores	Estrategias y práctica	Herramientas	Evaluación
Escribir la sección de resultados	Presentación de la sección resultados mediante una presentación virtual. Realizar una lectura guiada de carteles científicos reconociendo la estructura de resultados. Seleccionar y escribir los objetivos específicos. Escribir la sección de resultados.	Estudiantes Guía del taller	<b>Antes de la sesión:</b> Identificar 3 ó 5 carteles científicos de congresos anteriores. <b>Durante la sesión:</b> Realizar una lectura guiada de carteles científicos. Esta lectura guiada consiste en la deconstrucción del texto: De acuerdo con Moyano (2007) “Los estudiantes y el guía muestran un ejemplo del texto perteneciente al género en estudio la construcción conjunta en la escritura de un ejemplar del género realizada por el grupo mediada por el docente; la construcción independiente, en la tarea individual de escritura. La última etapa incluye un momento de consulta al profesor o a los pares acerca del borrador elaborado, así como la edición final del texto en forma individual” (p. 8). Se identificaron en el texto marcadores de actitud de persona y mitigadores.	Presentaciones de Google Zotero Sitio bibliotecas Buap Carteles científicos. Documents	Rúbrica

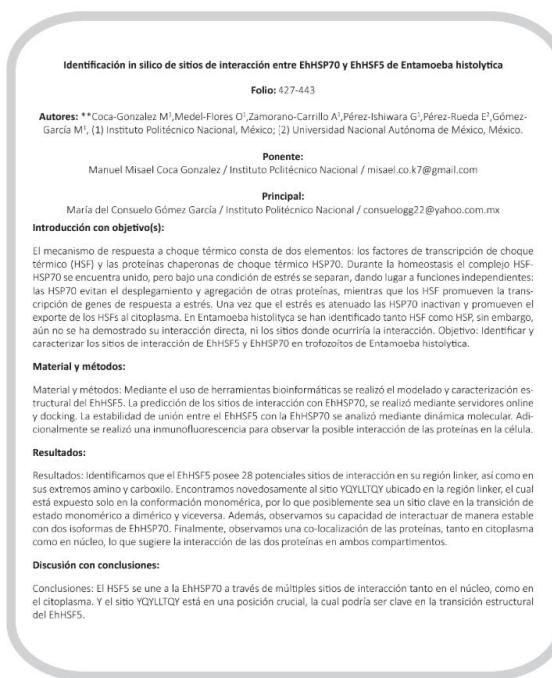
			<b>Después de la sesión</b> Escribir la sección de resultados y revisar que coincidan con los objetivos del trabajo, así como demostrar la hipótesis del trabajo.		
--	--	--	--	--	--

Los estudiantes identificaron la sección de resultados mediante la lectura guiada de carteles científicos y después escribieron oraciones breves sobre los resultados de su trabajo. En esta parte del taller, los estudiantes aún no tenían resultados de los trabajos de su investigación por lo que la mayoría de los estudiantes no escribieron esta sección durante el taller.

Se muestra a continuación cómo los estudiantes identifican la sección de resultados.

**Figura 25**

*Cartel científico utilizado para la actividad de resultados*



Nota: Cartel publicado en el Congreso de la Asociación Mexicana de Infectología Médica 2022.

Los estudiantes identificaron lo siguiente:

**Tabla 58**

*Deconstrucción de la sección de resultados*

Estudiante 1	Deconstrucción	Interpretación
Lectura conjunta:	En este cartel “Las herramientas bioinformáticas no dice cuáles son, nadamás dice que es un modelado, pero no dice cuál es, también faltan los servidores on-line”	En esta sección, el estudiante identifica los elementos ausentes en los resultados y aquellos que no se corresponden con lo establecido en la sección de material y métodos
Construcción del texto de resultados	<p><b>Primera versión de su trabajo:</b> 70% (16/24) del cepario de varones se identificó como cepas UPEC de acuerdo con el esquema de Spurbeck et al., (2012).</p> <p><b>Segunda versión de su trabajo:</b> Se identificó el potencial de urovirulencia del cepario de varones obtenido del ISSSTE en un 70% como cepas UPEC de acuerdo con el esquema de Spurbeck et al., (2012).</p>	En esta parte se percibe la despersonalización del texto y la redacción en tercera persona, además del uso de marcación de persona.

El siguiente texto fue un artículo científico, en esta parte la deconstrucción se trató de identificar los marcadores y mitigadores de textos que se utilizan en las ciencias biológicas, el texto fue el siguiente:

Sección de Resultados de artículo científico:

*“Una vez realizada la concentración y la codificación de los datos obtenidos se recuperaron un total de 694 especímenes con desarrollo de E. coli de los diferentes servicios que conforman la UMAE mencionada (cuadro I). Los participantes en el estudio se clasificaron en dos grupos: pacientes hospitalizados ( $n = 479$ ) y pacientes de servicio externo ( $n = 215$ ). De los especímenes con desarrollo distribuidos por tipo de muestra biológica, destaca que el urocultivo es el fluido con la mayor recuperación de E. coli tanto en pacientes hospitalizados ( $n = 314$ ) como en pacientes de servicio externo ( $n = 215$ ) (figura 1). La distribución por sexo demuestra que la recuperación de especímenes en mujeres en población hospitalizada fue de 258 muestras de E. coli (55%) y 221 muestras en hombres (45%), mientras que en servicios externos la recuperación para mujeres fue de 155 muestras (75%) y para hombres 60 muestras (25%). El grupo de edad mayormente afectado por este microorganismo fue de 49 a 63 años (152 muestras) con una media de 53.6 años en pacientes hospitalizados y de 50 a 65 años en pacientes externos (66 muestras) con una media de 54.4 años. El análisis del E. coli en el departamento también estableció el porcentaje de cepas resistentes a betalactamasas (fenotipo), igualmente clasificándose en función de pacientes hospitalizados con especímenes diferentes a la orina, pacientes hospitalizados con especímenes urinarios y pacientes de servicios externos con especímenes urinarios (cuadro II). Finalmente se expresan los patrones de sensibilidad obtenidos durante el ensayo; los resultados fueron ajustados para determinar los patrones en antibióticos que pertenecen al cuadro básico de medicamentos de la institución (cuadros III, IV y V)”.*

En la siguiente etapa de deconstrucción del texto, los estudiantes identificaron el uso de mitigadores, marcadores de persona y actitud en el párrafo anterior se muestra la sección de los resultados.

**Tabla 59**

*Identificación de marcadores y mitigadores en la sección de resultados*

Estudiantes	Marcadores o mitigadores
Respuesta 1	“Pues no sé si sería un marcador impersonal donde se menciona <i>se recuperaron</i> un total de 694 especies”
Respuesta 2	“La palabra <i>recuperación</i> alude a que podría ser a que mencionan a que ciertas muestras o ciertos materiales fueron brindados por algún otro laboratorio o algún otro centro y al final no es un trabajo individual sino de muchas personas a donde trabajamos o algunas muestras que se utilizan son donados por otros laboratorios” Nota: La palabra <i>se recuperaron</i> alude en este texto a los métodos o técnicas utilizadas.
Respuesta 3	“El estudio constó de pacientes hospitalizados y pacientes de servicio externo, un marcador de persona es <i>se clasificaron</i> ”
Respuesta 4	“Un marcador de actitud es <i>destaca</i> que el urocultivo es el fluido con la mayor recuperación de <i>E. coli</i> hacen más alusión al <i>mayor</i> por alguna cualidad o ventaja de por qué es en específico”
Respuesta 5	“Un marcador de actitud es podría ser al principio el grupo de edad <i>mayormente afectado</i> seguido de una muestra estadística”

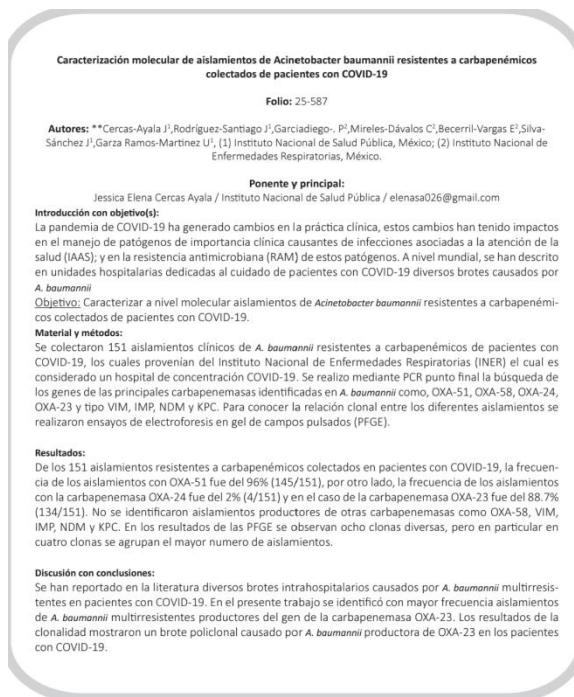
### 5.2.1.8 Octava sección: Discusión y conclusiones

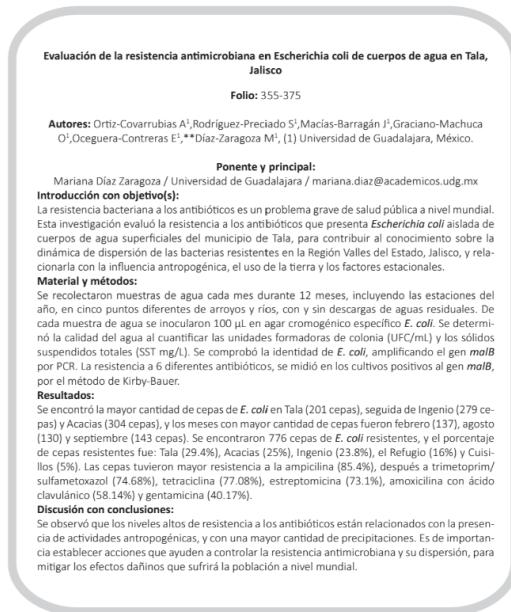
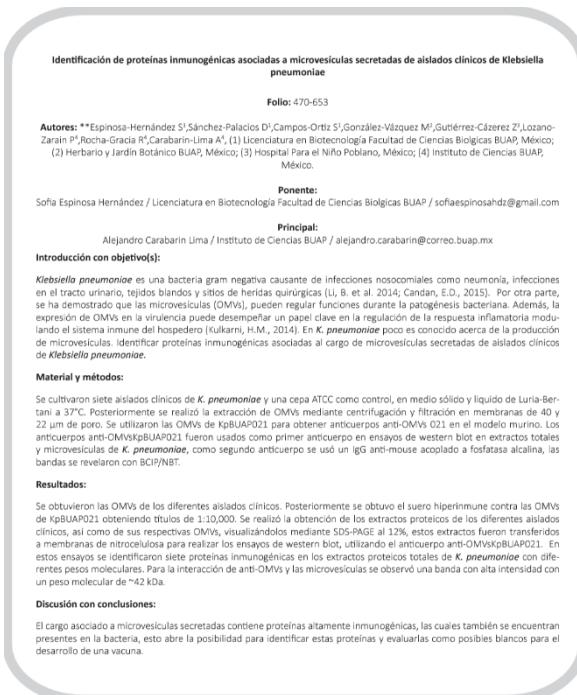
En esta sección se presenta la relación entre los objetivos, los resultados y las conclusiones de la investigación. En el contexto de un cartel científico, es común que estos aspectos se aborden de manera integrada. Además, se discute cómo los datos obtenidos contribuyen a la resolución del problema planteado, sus posibles aplicaciones y las perspectivas para nuevas líneas de investigación (Moyano, 2000).

**Tabla 60***Secuencia de la actividad de resultados*

<b>Discusión y conclusiones</b>					
<b>Objetivo:</b> Identificar los elementos de la discusión y las conclusiones de acuerdo con el estilo de escritura en ciencias biológicas, así como describir los resultados de su propio trabajo.					
<b>Fase de previsión:</b>					
1. Elaborar una lista de tareas verificada por el alumno. 2. Agregar una columna de herramientas que el estudiante necesitará. 3. Agregar una columna marcar el período de tiempo que tomará el estudiante para realizar la tarea.					
<b>Fase de ejecución:</b>					
1. Seleccionar carteles científicos del área de Microbiología. 2. Identificar el estilo de escritura académico en la sección de la discusión en carteles del área de Microbiología publicados en congresos anteriores. 3. Escribir la sección de discusión y conclusiones del propio trabajo.					
<b>Fase de evaluación:</b>					
Realizar una autoevaluación de manera oral en la sección de discusión y conclusiones de sus trabajos.					
Proceso	Actividades	Actores	Estrategias y práctica	Herramientas	Evaluación
Escribir la sección de discusión y conclusiones	Presentación de la sección discusión y resultados mediante una presentación virtual. Realizar una lectura guiada de carteles científicos reconociendo la estructura de discusión y conclusión. Escribir la sección de discusión y conclusión.	Estudiantes Guía del taller	<b>Antes de la sesión:</b> Identificar 3 ó 5 carteles científicos de congresos anteriores. <b>Durante la sesión:</b> Realizar una lectura guiada de carteles científicos. Esta lectura guiada consiste en la deconstrucción del texto: De acuerdo con Moyano (2007) “Los estudiantes y el guía muestran un ejemplo del texto perteneciente al género en estudio la construcción conjunta en la escritura de un ejemplar del género realizada por el grupo mediada por el docente; la construcción independiente, en la tarea individual de escritura. La última etapa incluye un momento de consulta al profesor o a los pares acerca del borrador elaborado, así como la edición final del texto en forma individual” (p. 8). Se identificaron en el texto marcadores de actitud de persona y mitigadores.	Presentaciones de Google Zotero Sitio bibliotecas Buap Carteles científicos. Documents Jamboard	Rúbrica

		<b>Después de la sesión</b> Escribir la sección de discusión y conclusiones.		
--	--	---	--	--

**Figura 26***Cartel científico 1 utilizado para la actividad de discusión y conclusiones*

**Figura 27***Cartel científico 2 utilizado para la actividad de discusión y conclusiones***Figura 28***Cartel científico 3 utilizado para la actividad de discusión y conclusiones*

De acuerdo con Vieira et al. (2019) algunas vertientes identificadas en la discusión utilizadas en la escritura científica podrían ser las siguientes:

1. ¿Qué significan los resultados?
2. ¿Cuáles fueron los resultados importantes de tu estudio?
3. ¿Cómo responden los resultados a las preguntas de investigación?
4. ¿Tus resultados respaldaron la hipótesis o la rechazan?
5. ¿Cuáles son las variables o factores que pueden afectar tus resultados?
6. ¿Cuáles fueron las fortalezas o limitaciones del estudio?
7. ¿Qué otros trabajos publicados apoyan tus hallazgos?
8. ¿Qué posibles factores pueden hacer que tus hallazgos sean diferentes de otros hallazgos?
9. ¿Cuál es el significado de tu investigación?
10. ¿Cuáles son las nuevas preguntas de investigación en función de tus hallazgos?

Los estudiantes realizaron la deconstrucción del texto de acuerdo con las vertientes anteriores e identificaron lo siguiente:

**Tabla 61***Deconstrucción del texto de la discusión en cartel científico*

<b>Estudiante</b>	<b>Identificación de elementos</b>	<b>Interpretación de los datos obtenidos</b>
Deconstrucción respuesta 1	La estudiante comenta que la vertiente identificada es “una comparación con otros estudios, se ha reportado diversos brotes, pero le falta poner quién y dónde reportan esos brotes, solo comenta la presencia de OXA-23 y OXA-51 es su resultado más importante”	Aquí la estudiante compara la bibliografía que conoce por el grado de importancia y mención que no se encuentra una discusión, solo se repite la escritura de los resultados.
Deconstrucción respuesta 2	La estudiante comenta que identifica la importancia del estudio cuando mencionan que se observaron altos niveles de resistencia y la otra parte menciona que se busca la relación causal del fenómeno y por otra parte identifica que tomar acciones para ayudar a controlar el problema o mitigar los efectos.	Aquí la estudiante identifica la relación causal y la importancia de los datos en la discusión, así como el significado de la investigación.
Deconstrucción respuesta 3	A partir del texto: “El cargo asociado a microvesículas secretadas contiene proteínas altamente inmunogénicas, las cuales también se encuentran presentes en la bacteria, esto abre la posibilidad para identificar estas proteínas y evaluarlas como posibles blancos para el desarrollo de una vacuna” En esta parte la estudiante identifica que el autor destaca la importancia de los resultados del estudio.	La estudiante identifica la importancia de los resultados, tiene algunas dificultades para encontrar la pauta de nuevas preguntas de investigación, sin embargo, destaca que se logra encontrar otra línea de investigación a partir del resultado.
Elaboración de su texto:	La estudiante identifica sus resultados con base en el orden de importancia, menciona la identificación de los genes Oxa-23 y Oxa-51 debido a que en la literatura se menciona que confieren una multirresistencia a la bacteria estudiada. Otro elemento que menciona es que esta resistencia pudo haber sido adquirida durante la pandemia, ya que el personal de salud administró antibióticos y pudo haber adquirido mayor resistencia.	La estudiante identifica dos vertientes en la discusión: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los hallazgos de la literatura comparables con el resultado de la identificación de los genes y los aislados durante la pandemia.</li> <li>2. El significado de los hallazgos.</li> </ol> Bajo estos dos argumentos plantea la discusión de los datos.

### **5.2.1.9 Novena y décima sesión: Elaboración del cartel científico**

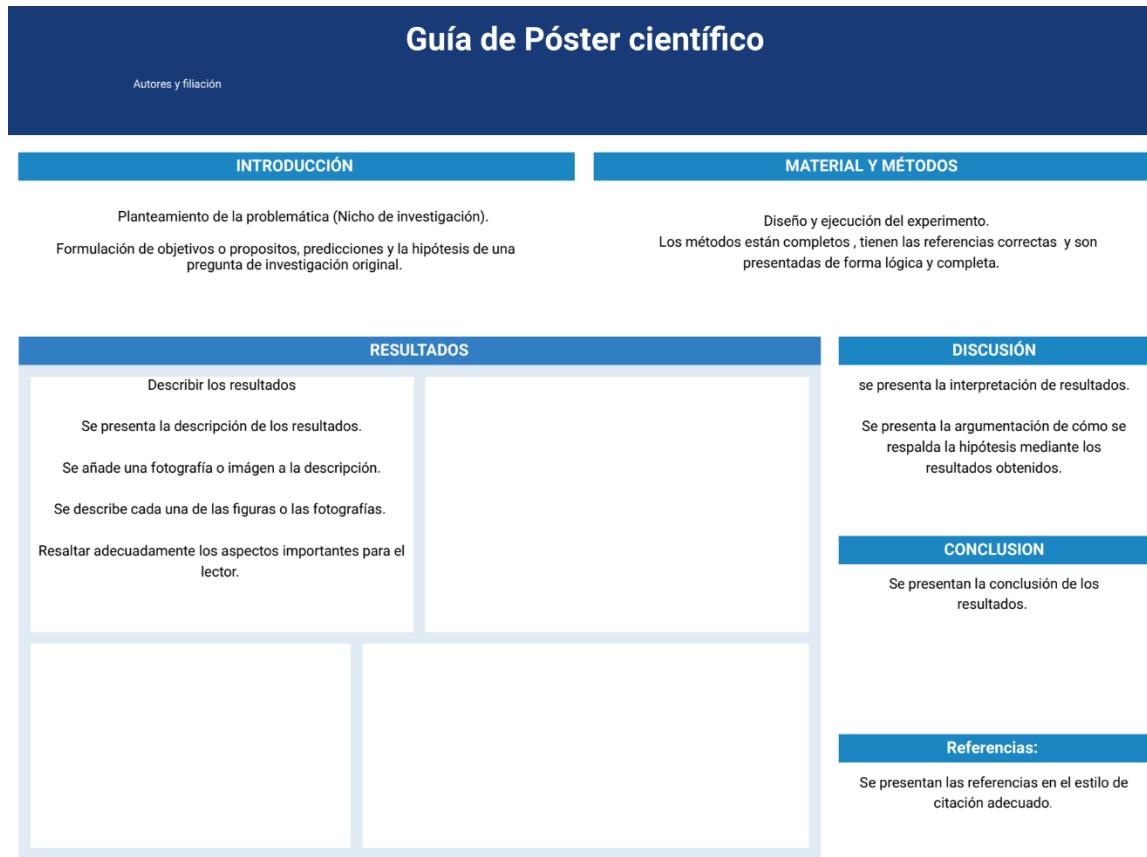
Durante las sesiones dedicadas a la elaboración del cartel científico, los estudiantes ingresaron los datos correspondientes en la plataforma; sin embargo, solo algunos completaron todas las fases del proceso. Varios de ellos indicaron que finalizarían el trabajo en una fecha posterior, ya que no contaban con los resultados necesarios para su presentación. La creación del cartel se llevó a cabo utilizando la plataforma BioRender.

Según lo especificado en su página web, BioRender es una herramienta en línea comúnmente empleada en el ámbito de las ciencias biológicas y médicas. Esta plataforma permite crear, editar y colaborar en diagramas e ilustraciones científicas, proporcionando una amplia biblioteca de imágenes que facilitan la elaboración de pósteres, presentaciones y publicaciones científicas.

En esta sesión, los estudiantes trabajaron en la construcción del cartel científico siguiendo la guía del curso, conforme a los lineamientos establecidos en el taller previo. Durante este proceso, los estudiantes recibieron orientación individualizada para la creación de sus carteles, utilizando los resultados de investigación disponibles en ese momento. A continuación, se presenta una guía para la elaboración del cartel en la plataforma mencionada.

**Figura 29**

*Guía de póster científico en BioRender*



Nota: Guía adaptada de Navarro et al., (2022); Rauschenbach et al., (2018).

Como producto final, se obtuvieron tres carteles científicos completos, los cuales se presentan a continuación para la evaluación final de la implementación. Es importante señalar que la evaluación se realizará de manera individualizada para cada una de las secciones del cartel, dado que los estudiantes restantes no entregaron el cartel completo, debido a la falta de resultados correspondientes a sus investigaciones.

### **5.3 Fase de evaluación del póster científico**

Para la evaluación del cartel, se emplearon los objetivos de aprendizaje previamente establecidos, junto con una rúbrica de evaluación diseñada en función de dichos objetivos. Esta rúbrica se fundamenta en los principios del taller de comunicación, el cual, a su vez, se configura según el modelo tecnopedagógico.

Rauschenbach et al. (2018) plantea 4 objetivos de aprendizaje del póster científico de acuerdo con cada sección.

1. Introducción: Plantear la problemática, formular el objetivo y pregunta de investigación, así como realizar las predicciones de la hipótesis.
2. Material y métodos: Indicar la habilidad para diseñar y ejecutar los experimentos de investigación.
3. Resultados y discusión: Recolectar e interpretar los datos de la investigación.
4. Comunicación: Comunicar de manera eficaz los resultados del póster científico.

Los carteles y los textos correspondientes a los mismos fueron sometidos a un análisis de contenido en función de categorías analíticas fundamentadas en una selección de aspectos clave de la escritura científica, así como en la lista de autoevaluación utilizada por los estudiantes para la elaboración de sus productos. Los rasgos fundamentales considerados incluyen la introducción (que abarca el territorio de conocimiento y el nicho de investigación), los resultados (en términos de su descripción), la intertextualidad (referida al uso de fuentes confiables y recuperables), los objetivos del cartel y sus temas centrales, así como las posibles implicaciones futuras derivadas de los hallazgos obtenidos.

#### 5.4 Análisis de contenido

Para la evaluación del cartel científico, se empleó el análisis de contenido, una técnica cualitativa utilizada para la interpretación de textos, escritos, grabaciones u otros registros de datos. Esta metodología permite el análisis de materiales diversos como transcripciones de entrevistas, discursos o documentos, con el objetivo de generar conocimiento sobre distintos aspectos del contenido estudiado. El análisis de contenido se fundamenta en una lectura sistemática, objetiva, replicable y válida, la cual constituye un instrumento esencial para la recopilación e interpretación de la información, favoreciendo una comprensión profunda y precisa del material examinado (Abela, 2002).

Bardin (1991) propone la definición de análisis de contenido como “un conjunto de técnicas de análisis de las comunicaciones utilizando procedimientos sistemáticos y objetivos de la descripción de contenidos de los mensajes, es decir, la inferencia de conocimientos relativos a las condiciones de producción con ayuda de indicadores cuantitativos o no” (p. 29).

La definición de análisis de contenido propuesta por Bardin (1991) establece que este proceso comprende “un conjunto de técnicas de análisis de las comunicaciones, utilizando procedimientos sistemáticos y objetivos para describir los contenidos de los mensajes, es decir, para inferir conocimientos relativos a las condiciones de producción mediante indicadores, ya sean cuantitativos o no” (p. 29). En este sentido, Abela (2002) señala que el análisis de contenido cualitativo se realiza a través del desarrollo de categorías deductivas, lo cual implica una definición explícita y la aplicación de reglas de codificación que especifican con precisión las circunstancias bajo las cuales una categoría puede ser codificada. De manera complementaria, Cáceres (2008) conceptualiza el análisis de contenido cualitativo como una aproximación empírica de análisis

metodológicamente controlado de textos dentro de sus contextos comunicacionales, siguiendo reglas analíticas y modelos detallados paso a paso, sin involucrar cuantificación en el proceso.

La evaluación del cartel se llevó a cabo mediante un análisis de contenido, cuyo objetivo fue identificar tanto el contenido manifiesto como el contenido latente en los datos analizados. Además, se buscó establecer relaciones e inferencias entre el desarrollo de habilidades en la comunicación científica y el uso del modelo tecnopedagógico que facilitó la elaboración del cartel científico.

Para realizar el análisis de contenido, se empleó el software de análisis cualitativo Atlas.ti, en el cual se introdujeron los carteles elaborados por los estudiantes. Es importante señalar que solo tres estudiantes entregaron el cartel completo, ya que en ese momento no disponían de los resultados finales de su investigación. No obstante, se procedió a analizar de manera independiente cada uno de los elementos entregados por los estudiantes hasta ese momento.

El procedimiento de análisis fue el siguiente:

### **1. Desarrollo del preanálisis:**

a) Se recolectaron los documentos, se establecieron los indicadores que den cuenta de temas presentes en los temas analizados, aquí el objetivo fue obtener contenido homogéneo con los supuestos principales de la investigación. Para este paso los indicadores fueron los siguientes:

- Redacción de la estructura retórica de la ciencia
- Creación de figuras
- Interpretación de gráficos y figuras
- Creación de nicho de investigación
- Intertextualidad

- Identidad académica
- Sistemas de citación

## **2. Definición de las unidades de análisis:**

Según Juarez-Hernández (2018), las unidades de análisis son segmentos específicos del contenido de los mensajes que se caracterizan e individualizan con el fin de ser categorizados, relacionados y utilizados para establecer inferencias. Estas unidades pueden ser palabras clave vinculadas a un tema o significado particular, así como palabras generales, cuya relevancia depende de su disposición dentro del texto, ya sea en frases, párrafos o temas. Asimismo, se consideran unidades de análisis los documentos completos, imágenes e incluso caracteres. Durante esta fase, se determina si dichas unidades contienen información relevante o material significativo para su posterior categorización. Este paso se presenta con el establecimiento de reglas y la clasificación de códigos.

## **3. Establecimiento de reglas de análisis y códigos de clasificación:**

Con el fin de fortalecer la validez y confiabilidad de los resultados, se establecieron reglas de análisis que definen las condiciones para codificar y categorizar el material (Mayring, 2000). A continuación, se organizó el material, separando el contenido de acuerdo con las unidades de análisis, siempre y cuando se mantuviera una relación coherente entre los códigos, conforme a los criterios de clasificación establecidos. Este proceso implicó la inclusión o exclusión sistemática de contenido, garantizando una categorización rigurosa y coherente.

**Tabla 62***Lista de códigos*

<b>Código</b>	<b>Definición</b>	<b>Definición breve</b>	<b>Uso</b>
<b>Argumentación científica</b>	<p>Se define como el reconocimiento de la fuente o argumentar desde la autoridad. El apoyo en fuentes confiables legitima el discurso y a quien lo dice. Los autores se fían de la tradición académica y del reconocimiento de discursos y teóricos ampliamente aceptados.</p> <p>El discurso encontrado necesita el apoyo de discurso ajeno tal como citas, paráfrasis, o alusiones indirectas</p> <p>Se compone de una afirmación, razones, un garante y un respaldo.</p> <p>Otra forma de argumentación es el distanciamiento entre la objetividad del proceso investigativo y la lectura que el investigador hace de los resultados, se adopta una postura crítica que explique los resultados (Roviati et al., 2022).</p>	Es el reconocimiento de la fuente o argumentar desde la autoridad.	Se reconoce mediante el discurso encontrado necesitando el apoyo de discurso ajeno tal como citas, paráfrasis, o alusiones indirectas
<b>Conclusiones</b>	Extractos donde los estudiantes escriben conclusiones de su exploración o la bibliografía. Aparecen al final de la sección de conclusiones (Moyano, 2000).	Oraciones breves sobre los resultados finales.	Al final de la sección de conclusiones finales.
<b>Contenido científico</b>	Se refiere al vocabulario específico que poseen. Cuando existe tendencia a la univocidad en el área disciplinar (Segarra et al., 2018).	Se reconoce el vocabulario de acuerdo con el acuerdo.	Se reconoce la univocidad en el área disciplinar.
<b>Discusión</b>	Constituye una sección fundamental en la investigación, cuyo propósito es interpretar y contextualizar los resultados obtenidos a la luz del marco conceptual de referencia. En este apartado, se debe analizar el significado de los hallazgos, comparándolos con las teorías existentes y las investigaciones previas, lo que permite comprender su relevancia dentro del campo de estudio. A través de una reflexión crítica, la discusión no solo esclarece los resultados, sino que también busca persuadir al lector acerca de su implicancia y contribución al conocimiento, subrayando su valor en el avance de la disciplina (Moyano, 2000).	Es la interpretación de los resultados utilizando el marco conceptual de referencia.	Persuadir al lector acerca de su implicancia y contribución al conocimiento, subrayando su valor en el avance de la disciplina
<b>Hipótesis</b>	Se define como una proposición que establece una relación entre variables, la cual se formula con el fin de ser	Proposición que se formula con el fin de	Determinar la validez de las suposiciones previas.

	<p>confirmada o refutada a lo largo del estudio. Se busca determinar la validez de las suposiciones previas y avanzar en la comprensión del fenómeno estudiado (Moyano, 2000).</p>	<p>ser confirmada o refutada en el estudio.</p>
<b>Nicho de investigación</b>	<p><b>Nicho de Investigación:</b> El concepto de "nicho de investigación" permite al investigador definir claramente el ámbito específico en el que se sitúa su estudio, delineando el espacio en el que contribuirá al conocimiento existente. Según Swales (2004), este proceso se estructura en tres <i>movidas retóricas</i> que guían la formulación del nicho y la presentación de la investigación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Movida 1: Definir un territorio de investigación/La situación.</b> En esta fase, el investigador presenta el tema de estudio y los conocimientos previos que le son pertinentes, evaluando tanto su relevancia como su actualidad en el campo. Se busca contextualizar el tema, mostrando al lector las bases teóricas y empíricas sobre las que se construye la investigación.</li> <li>2. <b>Movida 2: Establecer un nicho/El problema.</b> Aquí, se identifica un vacío o un área poco explorada en el conocimiento existente, lo que justifica la necesidad de ampliar o profundizar en la temática investigada. Este paso resalta el problema específico que la investigación abordará, posicionándose como una respuesta a una brecha en el campo de estudio.</li> <li>3. <b>Movida 3: Ocupar el nicho establecido/La propuesta.</b> Finalmente, el investigador se adentra en el espacio previamente identificado, proponiendo su propia investigación y formulando su aporte original. En esta etapa, el autor explica cómo su trabajo contribuirá a llenar el vacío detectado, proporcionando un valor</li> </ol>	<p>Es el texto en el que se define claramente el ámbito específico en el que se sitúa su estudio, delineando el espacio en el que contribuirá al conocimiento existente.</p> <p>El investigador define el territorio de investigación, se establece el problema y se realiza la propuesta del estudio.</p>

	<p>agregado al conocimiento en la disciplina.</p> <p>Este enfoque permite que el investigador no solo justifique la relevancia de su estudio, sino que también lo posicione de manera clara dentro de un contexto más amplio, asegurando así su contribución al avance del conocimiento científico (Alvarez et al., 2021).</p>	
<b>Objetivos</b>	<p>Se refieren a las metas específicas que guían el desarrollo y enfoque de un estudio. En el contexto de un cartel científico, los objetivos se presentan como declaraciones claras y concisas que exponen las intenciones de la investigación. Estos objetivos deben articularse de manera que resalten los problemas o preguntas de investigación que el estudio busca abordar, así como los resultados esperados. La formulación adecuada de los objetivos permite una orientación precisa del proyecto y facilita la identificación de las metodologías más apropiadas para alcanzar las metas planteadas, contribuyendo así a la estructuración coherente del trabajo científico (Navarro et al., 2022).</p>	<p>Se refieren a las metas específicas que guían el desarrollo y el enfoque de un estudio.</p> <p>Son los extractos del texto que se refieren a las metas del estudio.</p>
<b>Proyecciones</b>	<p>Extractos donde los estudiantes exploran las implicaciones futuras y las perspectivas de los hallazgos (Navarro et al., 2022).</p>	<p>Se refieren a las perspectivas de los hallazgos.</p> <p>Extractos que muestran las implicaciones futuras.</p>
<b>Resultados</b>	<p>Constituye el núcleo central del trabajo de investigación, donde se presentan de manera objetiva y clara los hallazgos obtenidos durante el estudio. En este apartado, los resultados deben ser expuestos de forma precisa, incluyendo las cifras correspondientes que respaldan las conclusiones. Cuando los datos no muestran una tendencia clara o cuando existen diferencias no sistemáticas, es adecuado recurrir al uso de <i>tablas</i> para organizar la información y facilitar su interpretación. Por otro lado, cuando se identifican tendencias continuas o patrones evidentes, es recomendable utilizar <i>figuras</i> que permitan ilustrar de manera visual estas relaciones, favoreciendo una comprensión más intuitiva de los resultados. La presentación de los resultados debe ser rigurosa, sin</p>	<p>Se presentan los hallazgos obtenidos en forma precisa, se incluyen figuras y tablas.</p> <p>Presentar los hallazgos de forma rigurosa y clara sin interpretación.</p>

	interpretación ni sesgo, y se debe limitar a la exposición de los datos tal como se han obtenido (Moyano, 2000).	Percibir de manera inmediata los aspectos clave del contenido, conforme a los principios de la retórica de la ciencia, que buscan optimizar la eficacia comunicativa.	Estructurar de forma lógica y coherente el discurso científico.
<b>Retórica de la ciencia</b>	En la redacción académica, es esencial que los sujetos gramaticales de las oraciones sean seguidos de manera inmediata por sus verbos. Los incisos largos que interrumpen esta secuencia son interpretados por el lector como una disrupción del flujo discursivo, lo que puede dificultar la comprensión y disminuir la claridad del texto. Además, cada unidad discursiva (ya sea un párrafo o una oración) debe cumplir una función específica y centrarse en un único punto, evitando la dispersión de ideas. De este modo, se favorece una estructura lógica y coherente que facilita la transmisión del mensaje. Finalmente, se debe colocar la información más relevante en las posiciones preeminentes del texto, preferentemente al inicio de las oraciones o párrafos, para garantizar que el lector perciba de manera inmediata los aspectos clave del contenido, conforme a los principios de la retórica de la ciencia, que buscan optimizar la eficacia comunicativa (Moyano, 2000).		
<b>Intertextualidad</b>	Se refiere al uso de referencias que conectan un texto con otros textos previos, permitiendo la construcción de significados a través de un diálogo con el conocimiento establecido. En la escritura académica, la intertextualidad se materializa en el empleo de citas y referencias provenientes de fuentes confiables y recuperables, lo que garantiza la validez y la transparencia del trabajo. Estas fuentes deben ser accesibles y verificables para el lector, facilitando la consulta de los materiales originales y asegurando la integridad del discurso académico. El uso adecuado de referencias intertextuales no solo respalda los argumentos presentados, sino que también establece una red de conexiones que enriquece el análisis, posicionando el trabajo dentro de un marco más amplio de discusión y conocimiento (Alvarez et al., 2021).	Se refiere al uso de referencias que conectan un texto para la construcción de significados.	Permitir la construcción de significados a través de un diálogo con el conocimiento establecido.

<b>Fiabilidad de las referencias</b>	Las referencias son científicamente fiables o poco fiables (Navarro et al., 2022).	Se refiere a que las referencias confiables.	Permiten legitimar el discurso científico.
<b>Recuperabilidad de las referencias</b>	Las referencias incluyen toda la información bibliográfica relevante o están incompletas (Navarro et al., 2022).	Incluyen la información bibliográfica capaz de ser recuperada.	Permite legitimar el discurso científico.
<b>Autoría de las figuras</b>	Las figuras se citan o son de elaboración propia (Navarro et al., 2022).	Se refiere a si el autor elaboró las figuras.	Permite saber si las figuras son de elaboración propia.
<b>Legibilidad de las figuras</b>	Las figuras son fáciles de leer o son poco claras (Navarro et al., 2022).	Se refiere a si las figuras son fáciles de interpretar.	Permite saber si una figura es fácil de leer o es poco clara.
<b>Leyenda de las figuras</b>	Las figuras incluyen o no una leyenda que las describen (Navarro et al., 2022).	Las figuras incluyen una leyenda.	Permiten saber la explicación de la figura.
<b>Despersonalización</b>	En la redacción científica, especialmente en disciplinas como las ciencias biológicas, la <i>despersonalización</i> es una estrategia estilística clave para mantener la objetividad y rigor del discurso. Esta técnica implica el uso de <i>nominalizaciones</i> , es decir, transformaciones de verbos en sustantivos, que tienden a ocultar la acción del sujeto agente. Al emplear nominalizaciones, se reifica el proceso o fenómeno descrito, trasladando el foco de la acción hacia el objeto de estudio y reduciendo la presencia del investigador en el discurso. Esta reificación contribuye a una representación más impersonal y neutral de los hechos, alineándose con el ideal de objetividad y distanciamiento propio de las ciencias, y favoreciendo la percepción de que los resultados y procesos observados son independientes del observador (Navarro et al., 2022).	Es una estrategia estilística clave para mantener la objetividad y rigor del discurso. Esta técnica implica el uso de <i>nominalizaciones</i> que ocultan la acción del sujeto.	Contribuye a una representación más impersonal y neutral de los hechos, alineándose con el ideal de objetividad y distanciamiento propio de las ciencias
<b>Marcadores de actitud</b>	Señalan la actitud afectiva del autor, el acuerdo, la importancia, la obligación. (Es importante, notar que, por excelencia, fundamental) (Bonnet y González, 2017).	Señalan la actitud afectiva del autor.	Tienen como propósito la actitud afectiva del autor.
<b>Marcadores de persona</b>	Se utilizan principalmente a través del uso de la primera persona del singular, lo que facilita la expresión personal y directa del autor. Al emplear esta forma gramatical, el escritor establece una relación más explícita con el lector, destacando su involucramiento en la construcción del conocimiento. En este	Se utiliza a través del uso de la primera persona lo que facilita la expresión personal y directa del autor.	Contribuye a clarificar la autoría de las ideas presentadas, permitiendo que el lector identifique las interpretaciones y opiniones del investigador dentro

	<p>sentido, el uso de la primera persona contribuye a clarificar la autoría de las ideas presentadas, permitiendo que el lector identifique las interpretaciones y opiniones del investigador dentro del contexto académico (Bonnet y González, 2017).</p>	<p>del contexto académico.</p>
<b>Mitigadores</b>	<p>Son recursos lingüísticos que reflejan la decisión del autor de no comprometerse completamente con una proposición o afirmación. Estos elementos suavizan la certeza de la información presentada, permitiendo que se exprese como una opinión o posibilidad más que como un hecho definitivo. Ejemplos típicos de mitigadores incluyen expresiones como <i>podrían, pueden, probablemente, permiten sugerir, tendría</i>, entre otros. El uso de estos recursos lingüísticos es fundamental para transmitir un grado de cautela o prudencia en el discurso académico, especialmente en contextos donde la certeza absoluta no es posible o donde se busca abrir espacio para la interpretación o discusión de diferentes perspectivas (Bonnet y González, 2017).</p>	<p>Estos elementos suavizan la certeza de la información presentada, permitiendo que se exprese como una opinión o posibilidad más que como un hecho definitivo. Reflejan la decisión del autor de no comprometerse con las afirmaciones.</p>
<b>Modalizadores</b>	<p>Tienen la función de atenuar o acentuar el grado de certeza, obligación o posibilidad en relación con lo enunciado, reflejando la actitud del enunciador frente a la información. Los modalizadores, al variar la intensidad del enunciado, pueden indicar grados de probabilidad, certeza, permisividad o juicio, lo cual contribuye a una comunicación más matizada y a la transmisión de la postura del autor frente al contenido expuesto. Su uso es fundamental en el discurso académico, ya que permite gestionar la fuerza de los argumentos y guiar la interpretación del lector sobre las afirmaciones realizadas (Bonnet y González, 2017).</p>	<p>Tienen la función de atenuar o acentuar el grado de certeza, obligación o posibilidad en relación con lo enunciado. Acentúan el grado de certeza permisividad o juicio, lo cual contribuye a una comunicación más matizada y a la transmisión de la postura del autor frente al contenido expuesto.</p>
<b>Enfatizadores</b>	<p>Tienen la función de atenuar o acentuar el grado de certeza, obligación o posibilidad en relación con lo enunciado, reflejando la actitud del enunciador frente a la información. Los modalizadores, al variar la intensidad del enunciado, pueden indicar grados de probabilidad, certeza, permisividad o juicio, lo cual contribuye a una comunicación más matizada y a la</p>	<p>Atenuan o acentúan el grado de certeza, obligación o posibilidad que refleja la actitud del enunciador frente a la información. Permite gestionar la fuerza de los argumentos y guiar la interpretación del lector sobre las afirmaciones realizadas.</p>

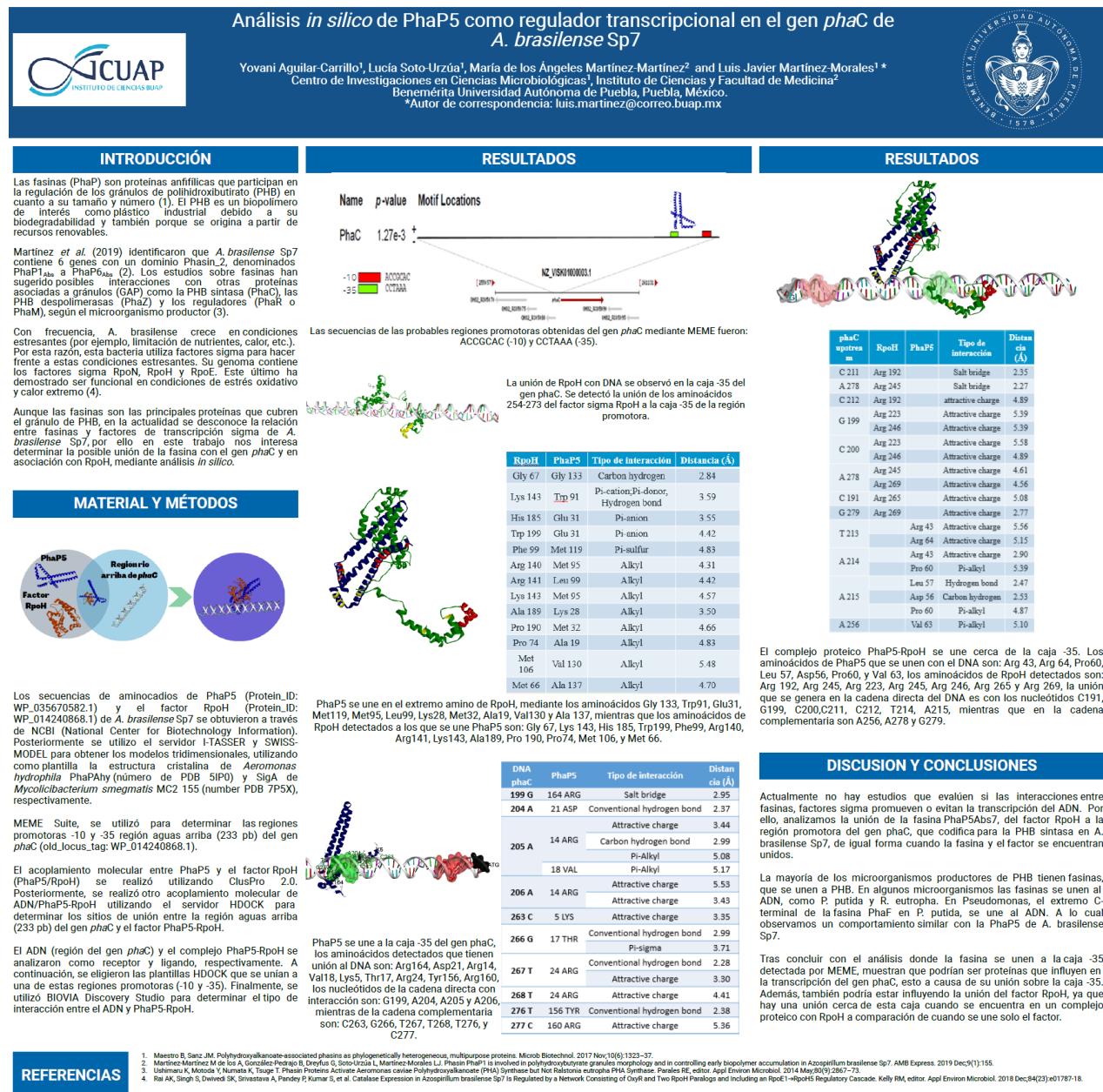
---

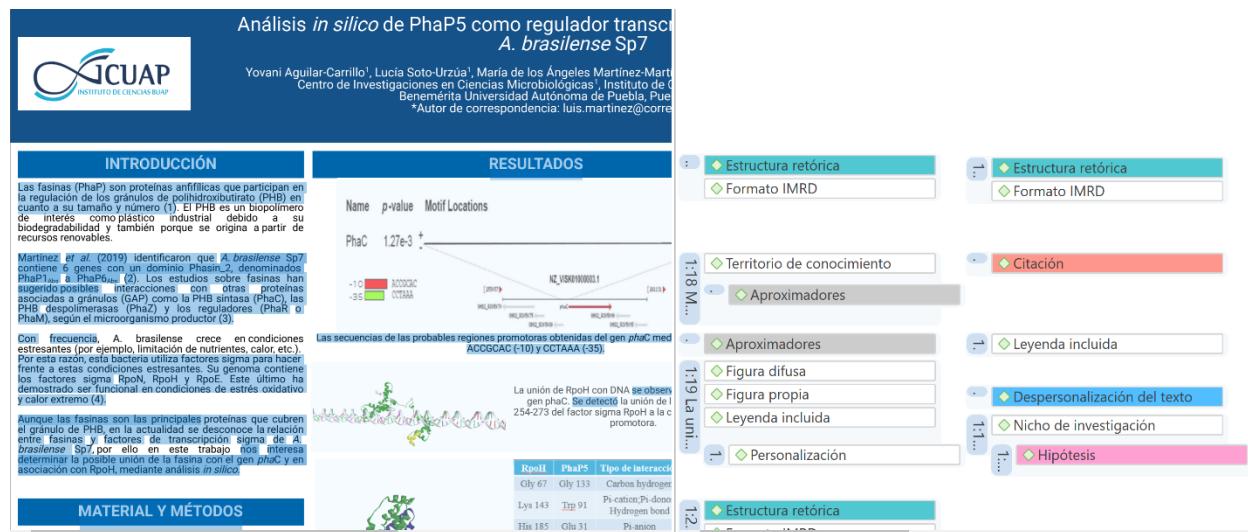
	<p>transmisión de la postura del autor frente al contenido expuesto. Su uso es fundamental en el discurso académico, ya que permite gestionar la fuerza de los argumentos y guiar la interpretación del lector sobre las afirmaciones realizadas (Bonnet y González, 2017).</p>		
<b>Sé impersonal</b>	<p>Se usa para hacer referencia a las acciones realizadas por los autores (Navarro et al., 2022).</p>	<p>Hacen referencia a las acciones realizadas por los autores.</p>	<p>Permite adjetivar el sujeto.</p>
<b>Identidad digital académica</b>	<p>Implica la definición de una persona con base en su pertenencia a una organización o una profesión. Es posible visualizar esta identidad como una trayectoria de aprendizaje inserta en comunidades que establece conversaciones y sustentada por valores únicos (Shulze, 2014).</p>	<p>Define al autor con base a su pertenencia a una organización o a una profesión.</p>	<p>Permite observar la trayectoria profesional.</p>

---

**Figura 30**

*Cartel científico de estudiante I*

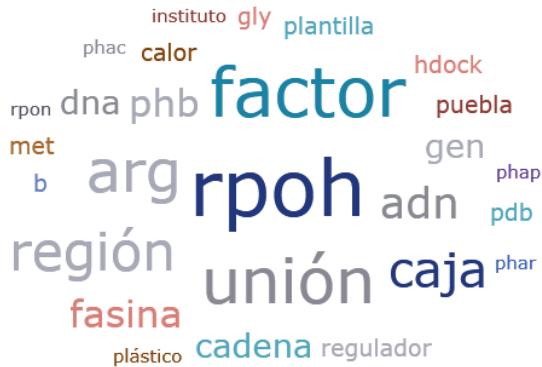


**Figura 31***Codificación con Atlas.ti*

El análisis de contenido se llevó a cabo mediante un enfoque basado en la frecuencia de palabras, lo cual permite observar la gestión y el manejo de los conceptos científicos aplicados en el trabajo de investigación. En este sentido, la palabra que aparece con mayor frecuencia, específicamente en 13 ocasiones, es "rpoH", la cual se encuentra estrechamente vinculada a los términos "unión", "caja" y "fasina". Este hallazgo sugiere una relación significativa entre dichos términos dentro del contexto investigado, lo que podría ser indicativo de su relevancia en el marco teórico y empírico del estudio.

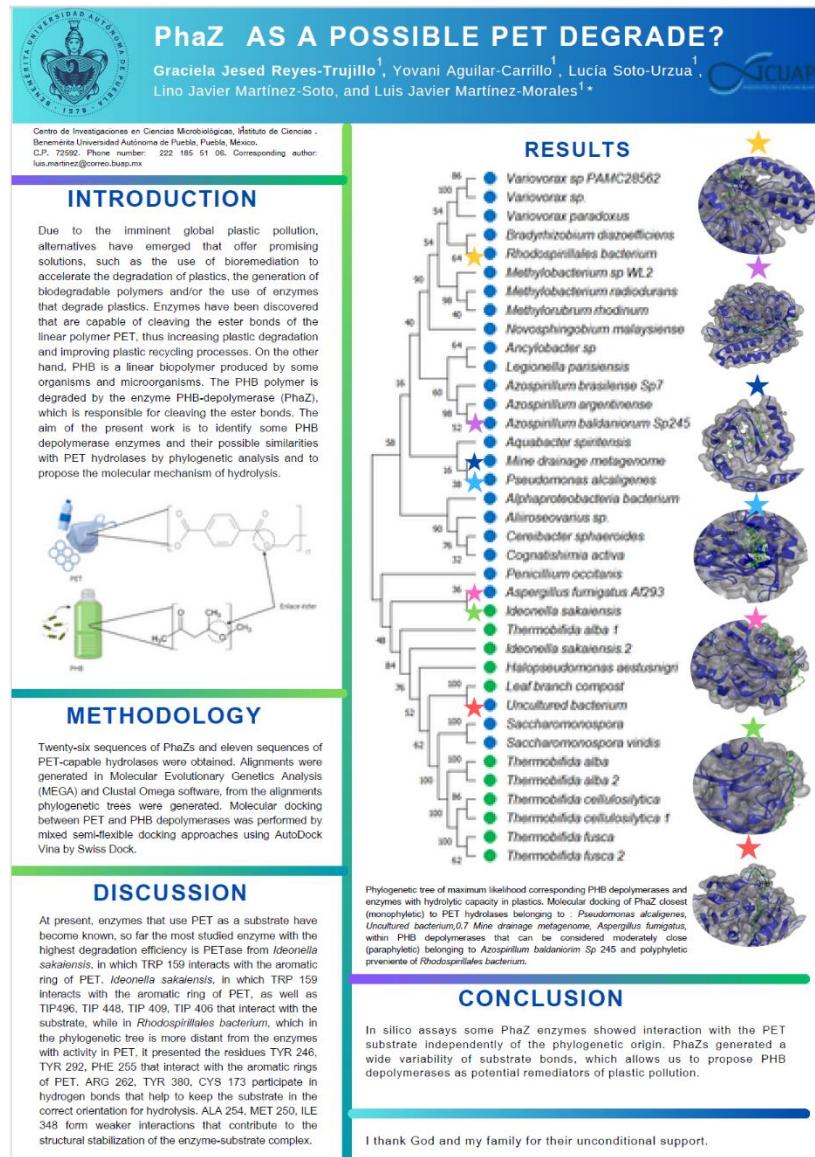
**Figura 32**

*Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico del cartel 1*



El cartel del estudiante 2 fue elaborado en inglés debido a que fue presentado en el Congreso de Bioquímica, cuyo requisito estipula que las presentaciones deben realizarse en dicho idioma. Aunque el formato del cartel es libre, se especifican ciertos requisitos esenciales: incluir el título, los autores, la institución, la dirección y el correo electrónico de contacto. Además, en el contenido del cartel deben figurar los siguientes apartados: introducción, objetivos, metodología, resultados, conclusiones, referencias y agradecimientos.

Si bien en el cartel se cumplió con la mayoría de los requisitos mencionados, se observó la omisión de las referencias, tanto en el apartado específico como en el cuerpo del texto. Esto implica que la intertextualidad no se incluyera adecuadamente en el trabajo, lo que limita la integración de fuentes externas y el respaldo de las afirmaciones realizadas.

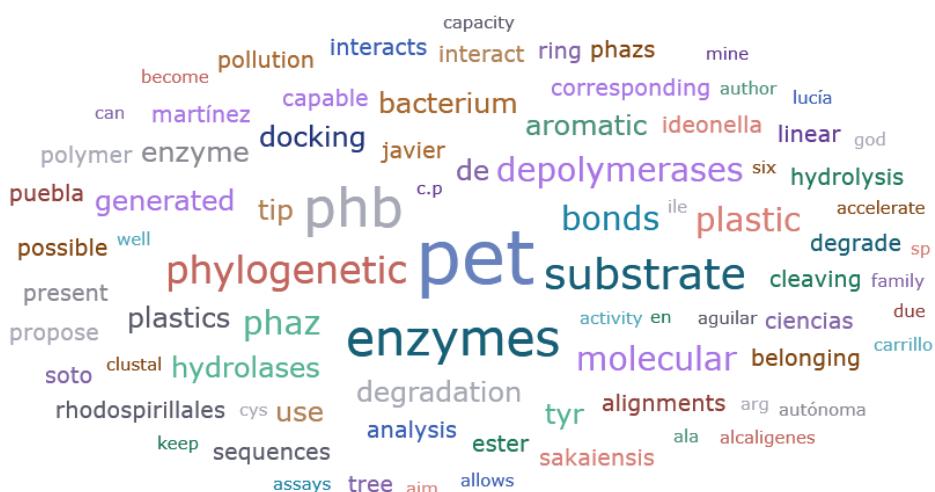
**Figura 33***Cartel científico de estudiante 2*

Nota: Este cartel científico fue elaborado para el Congreso Nacional de bioquímica, se identifica la mayoría de las secciones IMRD, sin embargo, no existe uso de referencias.

El análisis de contenido se llevó a cabo mediante un enfoque basado en la frecuencia de palabras, lo cual permite observar la gestión y el manejo de los conceptos científicos aplicados en el trabajo de investigación. En este sentido, la palabra que aparece con mayor frecuencia, específicamente en 13 ocasiones, es "pet", la cual se encuentra estrechamente vinculada a los términos "phb", "enzymes" y "substrato". Este hallazgo sugiere una relación significativa entre dichos términos dentro del contexto investigado, lo que podría ser indicativo de su relevancia en el marco teórico y empírico del estudio. En este caso específico, solo se utilizó la introducción que se realizó en el taller con el uso del modelo tecnopedagógico, sin embargo, faltaron algunos elementos utilizados en el modelo, tales como el manejo de la intertextualidad, lo que puede disminuir la habilidad de argumentar científicamente y la literacidad de la información.

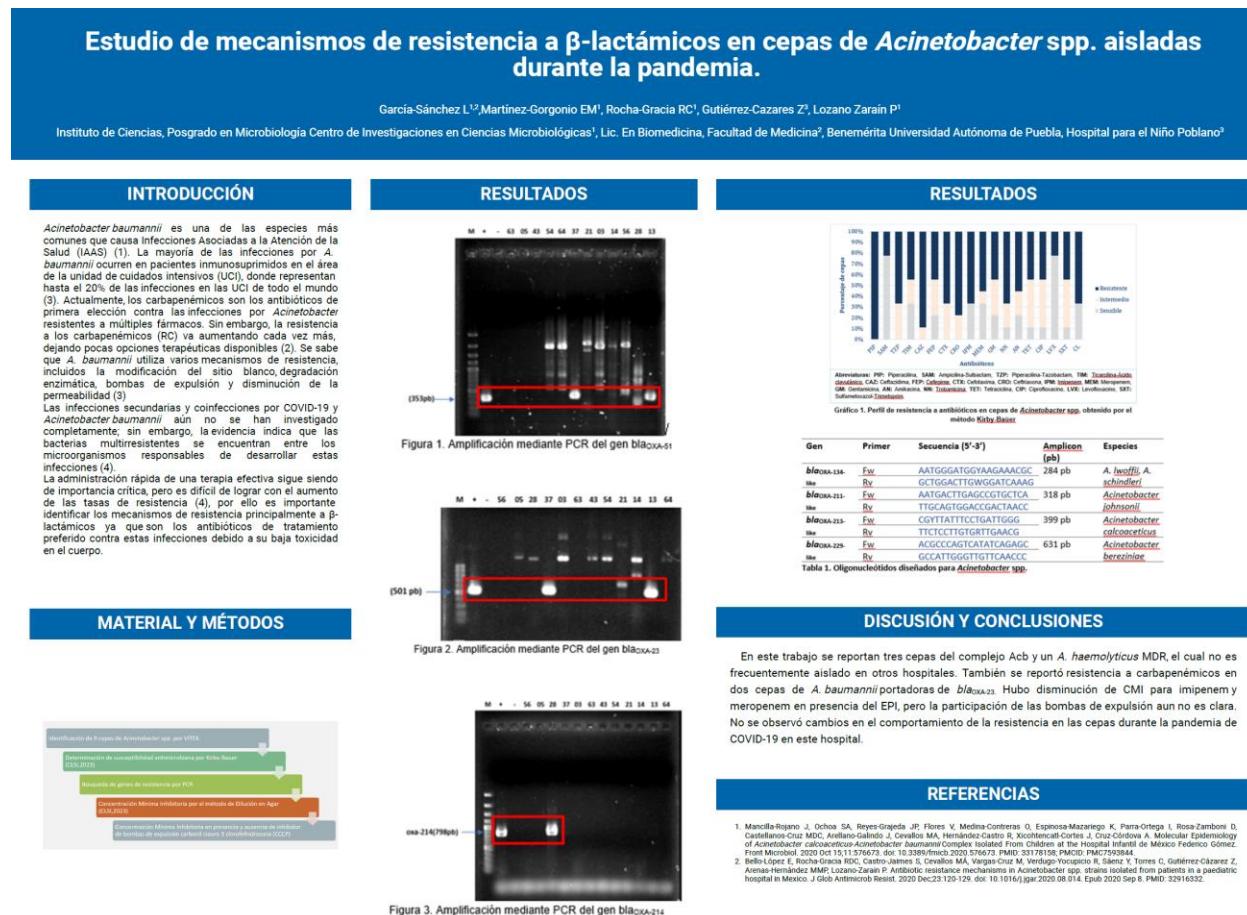
**Figura 34**

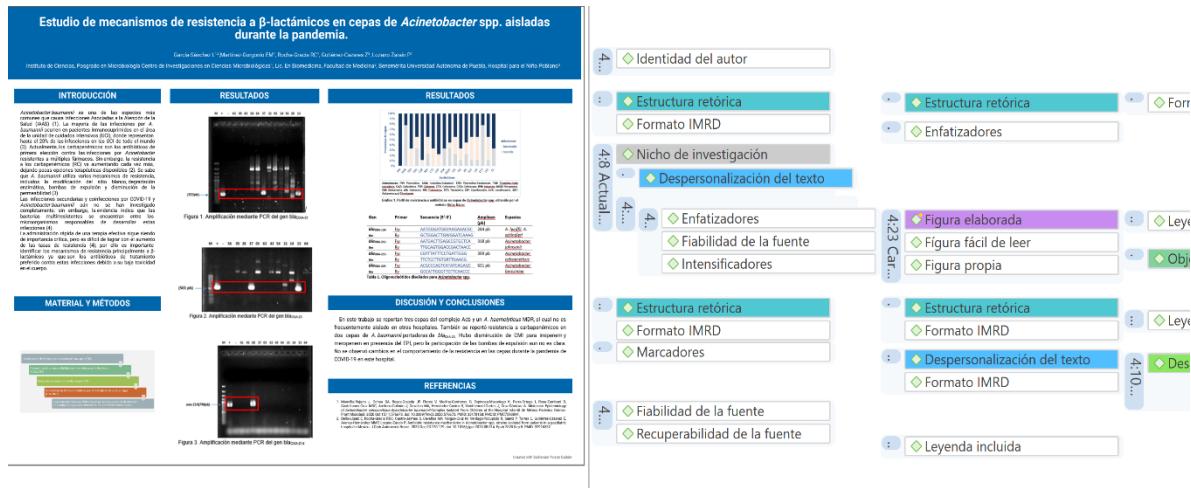
*Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico del cartel 2*



## Figura 35

Cartel científico de estudiante 3



**Figura 36***Codificación de cartel 3 con Altas.ti*

El análisis de contenido se llevó a cabo mediante un enfoque basado en la frecuencia de palabras, lo cual permite observar la gestión y el manejo de los conceptos científicos aplicados en el trabajo de investigación. En este sentido, la palabra que aparece con mayor frecuencia, específicamente en 7 ocasiones, es "resistencia", la cual se encuentra estrechamente vinculada a los términos "cepa", "pandemia", "baumannii" y "hospital". Este hallazgo sugiere una relación significativa entre dichos términos dentro del contexto investigado, lo que podría ser indicativo de su relevancia en el marco teórico y empírico del estudio. En este caso la relación en la nube de palabras permite observar la relación y el uso de los conceptos científicos, lo que da lugar a la habilidad de contenido científico. Cabe recalcar que la estudiante fue constante en el taller y el uso del modelo tecnopedagógico.

**Figura 37**

Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico del cartel 3



**Figura 38**

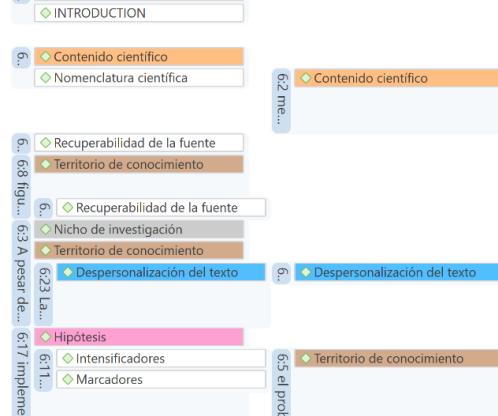
## *Codificación con Atlas.ti de texto 4*

- Identificación de la urovirulencia en cepas clínicas de *Escherichia coli* uropatógena mediante PCR convencional

## Introducción

Las infecciones de tracto urinario (ITU) representan uno de los problemas más comunes en todo el mundo, son causadas primordialmente por *Escherichia coli* del grupo patógeno extraintestinal (ExPEC) que a su vez se encuentra conformado por *E.coli* uropatógena (UPEC), meningitis neonatal (NMEC), causante de septicemia (SEPEC), aviar (APEC) y patógena mamaria (MPEC), todas ellas son relevantes porque pueden contener y transferir genes de resistencia y virulencia [1]. En México las ITU son problema de vigilancia convencional pues figuran como la segunda causa de morbilidad, para finales del 2022 se reportaron 3,177,823 casos [2].

A pesar de su alta prevalencia, aún siguen siendo una entidad clínica causante de confusión diagnóstica y fuente de prescripciones inapropiadas de antibióticos [3]. La detección actual se hace por distinción de síntomas y urocultivo, no obstante, tiene limitaciones en cuanto a tiempo y detección de bacterias en orina [4], por lo anterior, en fechas recientes se busca implementar un diagnóstico basado en PCR para identificar factores de virulencia específicos [5], sin embargo, el problema es que aún no existe un conjunto de genes específicos para UPEC; varios investigadores han trabajado en su búsqueda, particularmente Spurbeck y su grupo han



Nota: El texto solamente incluye la sección de introducción y material y métodos ya que en ese momento los estudiantes no presentaban resultados completos de su investigación.

El análisis de contenido se llevó a cabo mediante un enfoque basado en la frecuencia de palabras, lo cual permite observar la gestión y el manejo de los conceptos científicos aplicados en el trabajo de investigación. En este sentido, la palabra que aparece con mayor frecuencia, específicamente en 10 ocasiones, es "resistencia", la cual se encuentra estrechamente vinculada a los términos "predictores", "virulencia" y "cepa" y "hospital". Este hallazgo sugiere una relación significativa entre dichos términos dentro del contexto investigado, lo que podría ser indicativo de su relevancia en el marco teórico y empírico del estudio. En este caso solamente se tiene la sección de introducción y material y métodos, sin embargo, se puede observar el manejo de la habilidad de la literacidad de la información, literacidad visual el uso del contenido científico y el diseño de experimentos desarrollado en el taller.

**Figura 39**

### *Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico de texto 4*



## Figura 40

### Codificación con Atlas.ti de texto 5

1 Estudio del operón PQQ de *Azospirillum brasilense* Sp7 en la promoción del  
crecimiento de *Pinus pátula*  
2 *Introducción*  
3 *Azospirillum brasilense* es una de las especies bacterianas más estudiadas a  
nivel mundial, se trata de una bacteria fijadora de nitrógeno miembro de las  
rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), asimismo pues la  
inoculación en plantas con este género bacteriano estimula y favorece su  
crecimiento [1,2]. *Azospirillum brasilense* Sp7 contiene los genes *pqqA*, *pqqB*,  
*pqqC*, *pqqD* y *pqqE* organizados en un operón que codifican para la  
molécula Pirroloquinolinaquinona (PQQ), un cofactor de la enzima glucosa  
deshidrogenasa (GDH) que oxida la glucosa a ácido glucónico e induce la  
solubilización de fosfatos [3,4]. Es por esto por lo que se ha asociado a PQQ  
con la promoción del crecimiento vegetal y como un antioxidante en plantas.  
4 Con base en a lo anterior, no es difícil pensar que *Azospirillum brasilense* Sp7  
pueda usarse como biofertilizante con la finalidad de disminuir el uso de  
agroquímicos y pesticidas que afectan al medio ambiente y la salud de diversos  
organismos, debido a que con el argumento principal de que esta molécula de  
origen biológico es biodegradable en comparación con muchos agroquímicos  
que están diseñados para resistir la degradación por microorganismos, tardan  
años en degradarse y algunos causan efectos secundarios en las plantas [5].  
5 La propuesta de solución a esta problemática es el uso de biofertilizantes, como  
la inoculación microbiana, para promover el crecimiento vegetal sin causar



Nota: El texto solamente incluye la sección de introducción y material y métodos ya que en ese momento los estudiantes no presentaban resultados completos de su investigación.

El análisis de contenido se llevó a cabo mediante un enfoque basado en la frecuencia de palabras, lo cual permite observar la gestión y el manejo de los conceptos científicos aplicados en el trabajo de investigación. En esta nube de palabras se eliminó la mayoría de las proposiciones ya que aparecían en mayor cantidad. En este sentido, la palabra que aparece con mayor frecuencia, específicamente en 6 ocasiones, es "crecimiento", la cual se encuentra estrechamente vinculada a los términos "pet" y "azospirillum". Este hallazgo no sugiere una relación significativa entre dichos términos dentro del contexto investigado, por lo que se podría notar una diferencia en la disminución del uso de la habilidad del uso del contenido científico.

**Figura 41**

*Nube de palabras que muestra la frecuencia del contenido científico de texto 5*

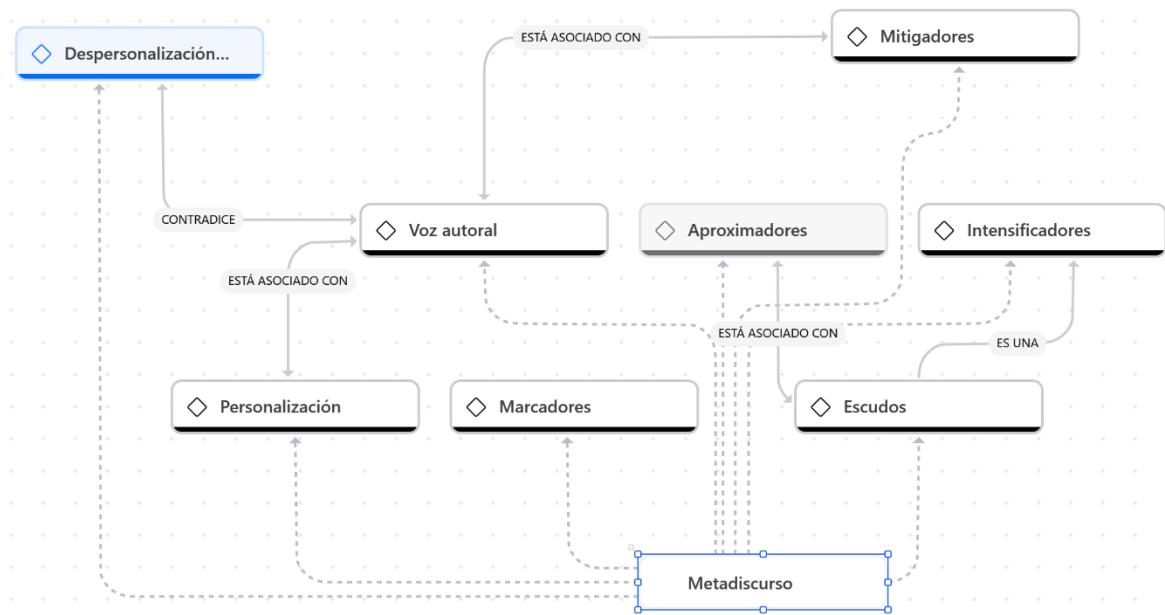


El siguiente paso en el proceso fue el desarrollo de categorías, conforme a lo propuesto por Cáceres (2003), quien establece que el contenido previamente codificado debe ser ordenado y clasificado. Para ello, se adoptaron criterios alineados con los elementos teóricos relacionados con el desarrollo de habilidades de literacidad científica, así como con el uso del modelo tecnopedagógico en cada sección correspondiente. Este enfoque facilitó la sistematización de la información, iniciando con la recolección de los datos, seguida de la codificación abierta y el establecimiento de las categorías correspondientes.

Posteriormente, se estableció una relación interpretativa con el fin de examinar cómo los estudiantes desarrollan la escritura científica a través de la creación del cartel científico. El software Atlas.ti permitió construir redes que posibilitaron visualizar las relaciones entre los códigos y la categoría principal, lo que enriqueció la interpretación de los datos.

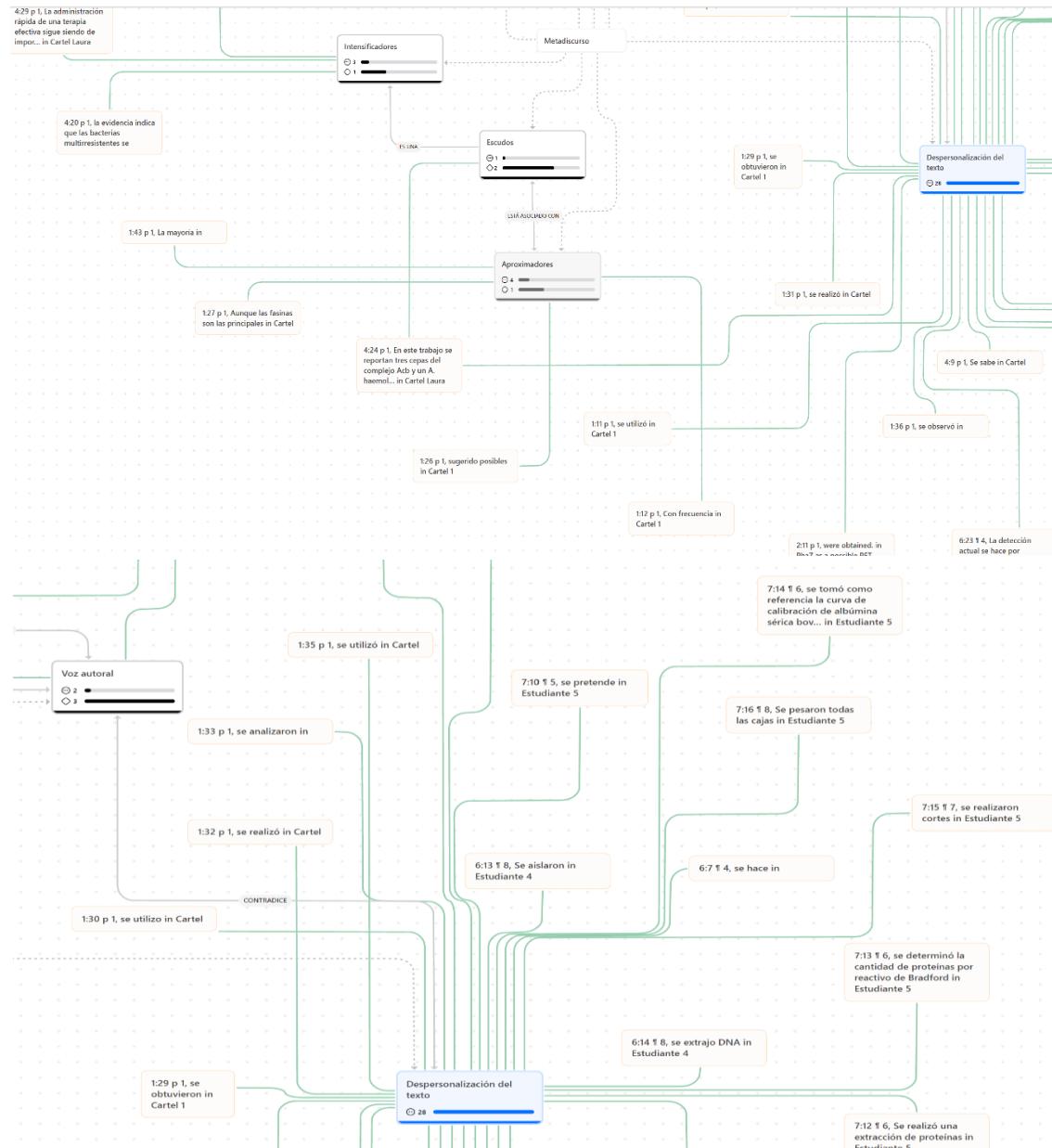
La primera categoría presentada es el metadiscurso, en consonancia con la definición de Upegui (2011), quien señala que el texto científico es una construcción lingüística delimitada que opera dentro de un contexto social específico. Esta construcción está influenciada por una retórica oficial de la ciencia, que establece formas convencionales de escritura. Las categorías vinculadas al metadiscurso incluyen modalizadores, marcadores de actitud, marcadores relationales y personales, así como el uso de despersonalización y personalización. Estas herramientas lingüísticas se emplean para analizar cómo los autores se posicionan dentro de la comunidad discursiva a la que aspiran pertenecer, con el fin de legitimar su voz y su argumentación.

En este contexto, la creación de la red interpretativa permite observar que la despersonalización del texto predomina en la mayoría de los trabajos, lo cual es común en los textos científicos de las ciencias biológicas. No obstante, esta tendencia parece contradecir el uso de la voz autoral, que se asocia más estrechamente con la personalización y el empleo de mitigadores. Es decir, aunque los estudiantes optan por un enfoque despersonalizado, también muestran una actitud cautelosa al formular afirmaciones sobre sus propios trabajos. En este sentido, algunos estudiantes recurren a marcadores o intensificadores, pero lo hacen principalmente apoyándose en citas de otros autores, lo que refuerza sus argumentos científicos sin asumir un tono excesivamente autoritario.

**Figura 42***Red de la categoría de Metadiscurso*

**Figura 43**

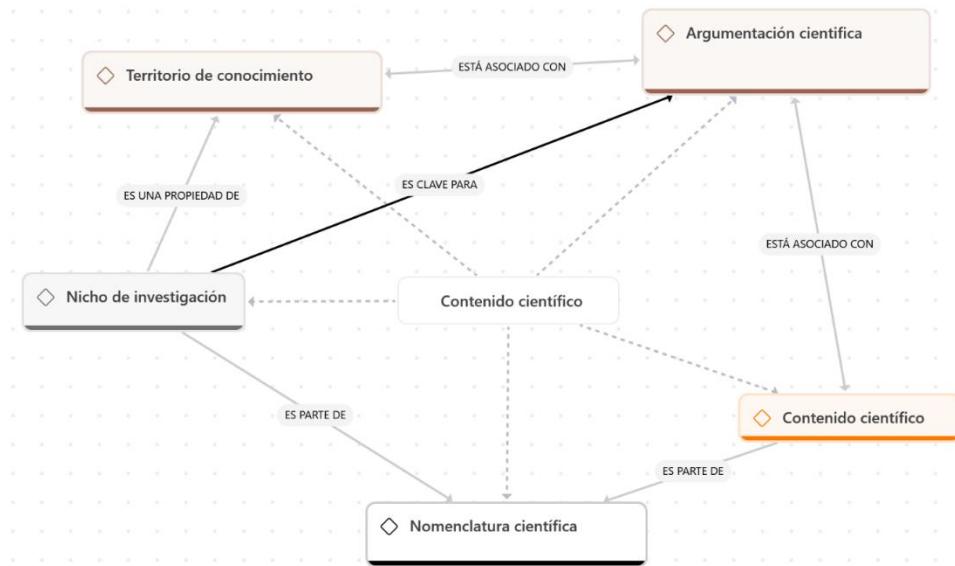
### *Red de la categoría de Metadiscocurso con citas*



Nota: La red de la categoría correspondiente al metadiscurso se vincula principalmente con los elementos inherentes a esta categoría. No obstante, al analizar la secuencia instruccional en la deconstrucción de los textos, se observa que la mayoría de las citas provienen del código de despersonalización textual, característico de las ciencias biológicas. Se muestra la imagen enfocada por partes para una mejor visualización, la figura completa se muestra en el apartado de anexos.

La siguiente categoría, denominada *contenido científico*, está estrechamente relacionada con otros códigos, como la *argumentación científica*, la cual se vincula, a su vez, con la construcción del nicho de investigación y el territorio del conocimiento necesarios para estructurar la problemática del estudio. Este aspecto resulta fundamental para la comprensión y comunicación de los conceptos involucrados. En este sentido, la investigación que los estudiantes han desarrollado y plasmado en sus carteles científicos podría contribuir significativamente a mejorar la comprensión del contenido científico, al mismo tiempo que favorece el desarrollo de sus habilidades en la comunicación científica.

Es crucial que la argumentación científica se maneje de manera adecuada, lo que implica el uso apropiado de las referencias pertinentes y la integración de la intertextualidad. Estas prácticas no solo refuerzan la validez del discurso científico, sino que también permiten situar el estudio dentro del contexto más amplio del campo de investigación al que pertenece. De este modo, se fomenta una comunicación más precisa y efectiva de los avances científicos.

**Figura 44***Red de la categoría de contenido científico*

**Tabla 63***Citas del código territorio de conocimiento*

Territorio de conocimiento		
Cita	Nombre de cita	Contenido de la cita
<b>1:18</b>	Martínez et al. (2019) identificaron que A. brasiliense Sp7 contiene 6 g.	Martínez et al. (2019) identificaron que A. brasiliense Sp7 contiene 6 genes con un dominio Phasin_2, denominados PhaP1Abs a PhaP6Abs (2). Los estudios sobre fasinas han sugerido posibles interacciones con otras proteínas asociadas a gránulos (GAP) como la PHB sintasa (PhaC), las PHB despolimerasas (PhaZ) y los reguladores (PhaR o PhaM), según el microorganismo productor (3).
<b>2:8</b>	Due to the imminent global plastic pollution, alternatives have emerge...	Due to the imminent global plastic pollution, alternatives have emerged that offer promising solutions, such as the use of bioremediation to accelerate the degradation of plastics, the generation of biodegradable polymers and/or the use of enzymes that degrade plastics
<b>2:9</b>	The PHB polymer is degraded by the enzyme PHB-depolymerase (PhaZ), whi...	The PHB polymer is degraded by the enzyme PHB-depolymerase (PhaZ), which is responsible for cleaving the ester bonds
<b>2:12</b>	Enzymes have been discovered that are capable of cleaving the ester bo...	Enzymes have been discovered that are capable of cleaving the ester bonds of the linear polymer PET, thus increasing plastic degradation and improving plastic recycling processes. On the other hand, PHB is a linear biopolymer produced by some organisms and microorganisms
<b>4:29</b>	La administración rápida de una terapia efectiva sigue siendo de impor...	La administración rápida de una terapia efectiva sigue siendo de importancia crítica, pero es difícil de lograr con el aumento de las tasas de resistencia (4)
<b>6:3</b>	A pesar de su alta prevalencia, aún siguen siendo una entidad clínica causante de confusión diagnóstica y fuente de prescripciones inapropiadas de antibióticos [3]. La detección actual se hace por distinción de síntomas y urocultivo, no obstante, tiene limitaciones en cuanto a tiempo y detección de bacterias en orina [4],...	A pesar de su alta prevalencia, aún siguen siendo una entidad clínica causante de confusión diagnóstica y fuente de prescripciones inapropiadas de antibióticos [3]. La detección actual se hace por distinción de síntomas y urocultivo, no obstante, tiene limitaciones en cuanto a tiempo y detección de bacterias en orina [4],
<b>6:5</b>	el problema es que aún no existe un conjunto de genes específicos para UPEC; varios investigadores han trabajado en su búsqueda, particularmente Spurbeck y su grupo han descrito 4 genes capaces de predecir cepas con potencial de urovirulencia in vivo, siendo estos yfcV, fyuA, vat y chuA; los criterios son que la cepa contenga a fyuA y otros 2 de los restantes para diferenciar UPEC de DEC, aislados comensales humanos y animales, o bien los 4 para distinguir APEC [6]....	el problema es que aún no existe un conjunto de genes específicos para UPEC; varios investigadores han trabajado en su búsqueda, particularmente Spurbeck y su grupo han descrito 4 genes capaces de predecir cepas con potencial de urovirulencia in vivo, siendo estos yfcV, fyuA, vat y chuA; los criterios son que la cepa contenga a fyuA y otros 2 de los restantes para diferenciar UPEC de DEC, aislados comensales humanos y animales, o bien los 4 para distinguir APEC [6].

<b>6:8</b>	figuran como la segunda causa de morbilidad, para finales del 2022 se reportaron 3,177,823 casos [2]....	figuran como la segunda causa de morbilidad, para finales del 2022 se reportaron 3,177,823 casos [2].
<b>7:3</b>	asimismo, pues la inoculación en plantas con este género bacteriano est...	asimismo, pues la inoculación en plantas con este género bacteriano estimula y favorece su crecimiento [1,2]

**Tabla 64***Citas de nicho de investigación*

<b>Cita</b>	<b>Nicho de investigación</b>	
	<b>Nombre de la cita</b>	<b>Contenido de la cita</b>
<b>1:17</b>	Aunque las fasinas son las principales proteínas que cubren el gránulo...	Aunque las fasinas son las principales proteínas que cubren el gránulo de PHB, en la actualidad se desconoce la relación entre fasinas y factores de transcripción sigma de <i>A. brasiliense</i> Sp7
<b>4:8</b>	Actualmente, los carbapenémicos son los antibióticos de primera elecci...	Actualmente, los carbapenémicos son los antibióticos de primera elección contra las infecciones por <i>Acinetobacter</i> resistentes a múltiples fármacos. Sin embargo, la resistencia a los carbapenémicos (RC) va aumentando cada vez más, dejando pocas opciones terapéuticas disponibles (2). Se sabe que <i>A. baumannii</i> utiliza varios mecanismos de resistencia, incluidos la modificación del sitio blanco, degradación enzimática, bombas de expulsión y disminución de la permeabilidad (3) Las infecciones secundarias y coinfecciones por COVID-19 y <i>Acinetobacter baumannii</i> aún no se han investigado completamente; sin embargo, la evidencia indica que las bacterias multirresistentes se encuentran entre los microorganismos responsables de desarrollar estas infecciones (4).
<b>6:3</b>	A pesar de su alta prevalencia, aún siguen siendo una entidad clínica causante de confusión diagnóstica y fuente de prescripciones inapropiadas de antibióticos [3]. La detección actual se hace por distinción de síntomas y urocultivo, no obstante, tiene limitaciones en cuanto a tiempo y detección de bacterias en orina [4],...	A pesar de su alta prevalencia, aún siguen siendo una entidad clínica causante de confusión diagnóstica y fuente de prescripciones inapropiadas de antibióticos [3]. La detección actual se hace por distinción de síntomas y urocultivo, no obstante, tiene limitaciones en cuanto a tiempo y detección de bacterias en orina [4],
<b>7:19</b>	<i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 contiene los genes pqqA, pqqB, pqqC, pqqD...	<i>Azospirillum brasiliense</i> Sp7 contiene los genes pqqA, pqqB, pqqC, pqqD y pqqE organizados en un operón que codifican para la molécula Pirroloquinolinaquinona (PQQ), un cofactor de la enzima glucosa deshidrogenasa (GDH) que oxida la glucosa a ácido glucónico e induce la solubilización de fosfatos [3,4]. Es por esto por lo que se ha asociado a PQQ con la promoción del crecimiento vegetal y como un antioxidante en plantas. <sup>[F]</sup> Con base en a lo anterior, no es difícil pensar que <i>Azospirillum brasiliense</i>

Sp7 pueda usarse como biofertilizante con la finalidad de disminuir el uso de agroquímicos y pesticidas que afectan al medio ambiente y la salud de diversos organismos, debido a que con el argumento principal de que esta molécula de origen biológico es biodegradable en comparación con muchos agroquímicos que están diseñados para resistir la degradación por microorganismos, tardan años en degradarse y algunos causan efectos secundarios en las plantas [5].<sup>[5]</sup> La propuesta de solución a esta problemática es el uso de biofertilizantes, como la inoculación microbiana, para promover el crecimiento vegetal sin causar efectos contraproducentes.

**Tabla 65***Citas del código contenido científico*

Contenido científico		
Cita	Nombre de cita	Contenido de cita
<b>1:44</b>	fasinas (PhaP)	fasinas (PhaP)
<b>1:45</b>	polihidroxibutirato (PHB)	polihidroxibutirato (PHB)
<b>1:46</b>	fasinas	fasinas
<b>4:6</b>	Acinetobacter baumannii	Acinetobacter baumannii
<b>4:22</b>	Cartel Laura	
<b>6:1</b>	Escherichia coli del grupo patógeno extraintestinal (ExPEC)	Escherichia coli del grupo patógeno extraintestinal (ExPEC)
<b>6:2</b>	meningitis neonatal (NMEC), causante de septicemia (SEPEC), aviar (APEC) y patógena mamaria (MPEC)...	meningitis neonatal (NMEC), causante de septicemia (SEPEC), aviar (APEC) y patógena mamaria (MPEC)
<b>7:2</b>	Azospirillum brasiliense es una de las especies bacterianas más estudiadas a nivel mundial, se trata de una bacteria fijadora de nitrógeno miembro de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)	Azospirillum brasiliense es una de las especies bacterianas más estudiadas a nivel mundial, se trata de una bacteria fijadora de nitrógeno miembro de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)

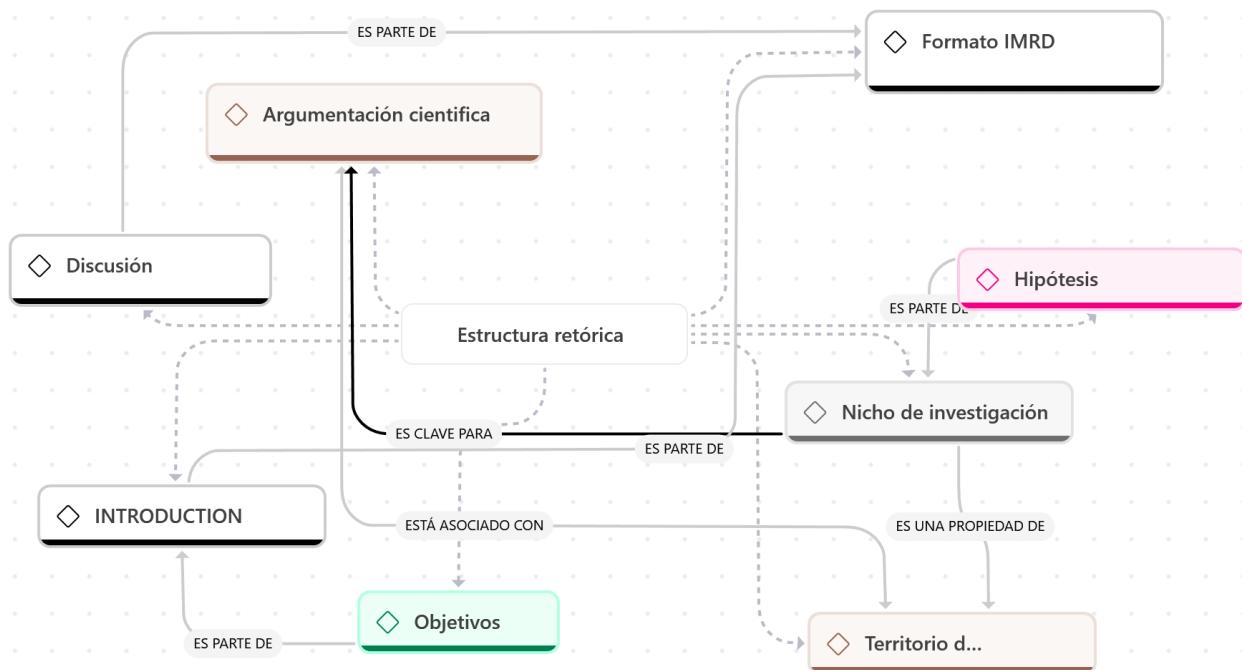
**Tabla 66***Citas del código argumentación científica*

Argumentación científica		
Cita	Nombre de cita	Contenido de cita
<b>1:41</b>	Tras concluir con el análisis donde la fasina se unen a la caja -35 de...	Tras concluir con el análisis donde la fasina se unen a la caja -35 detectada por MEME, muestran que podrían ser proteínas que infuyen en la transcripción del gen phaC, esto a causa de su unión sobre la caja -35. Además, también podría estar infuyendo la unión del factor RpoH, ya que hay una unión cerca de esta caja cuando se encuentra en un complejo proteico con RpoH a comparación de cuando se une solo el factor.
<b>6:21</b>	propuestos por Spurbeck y cols., (2012) para	propuestos por Spurbeck y cols., (2012) para evaluar su validez como esquema de identificación de cepas UPEC.

	evaluar su validez como e...
7:5	Es por esto por lo que se ha asociado a PQQ con la promoción del crecimiento vegetal y como un antioxidante en plantas. <sup>[P]</sup> Con base en a lo anterior, no es difícil pensar que Azospirillum brasilense Sp7 pueda usarse como biofertilizante con la finalidad de disminuir el uso de agroquímicos y pesticidas que afectan al medio ambiente y la salud de diversos organismos, debido a que con el argumento principal de que esta molécula de origen biológico es biodegradable en comparación con muchos agroquímicos que están diseñados para resistir la degradación por microorganismos, tardan años en degradarse y algunos causan efectos secundarios en las plantas [5]
7:8	pueda usarse como biofertilizante con la finalidad de disminuir el uso... pueda usarse como biofertilizante con la finalidad de disminuir el uso de agroquímicos y pesticidas que afectan al medio ambiente y la salud de diversos organismos, debido a que con el argumento principal de que esta molécula de origen biológico es biodegradable en comparación con muchos agroquímicos que están diseñados para resistir la degradación por microorganismos, tardan años en degradarse y algunos causan efectos secundarios en las plantas [5].

La siguiente red conceptualiza la relación de la estructura retórica de la ciencia, la cual involucra elementos clave como el formato IMRD (Introducción, Metodología, Resultados y Discusión). Dentro de estos componentes, se destaca la construcción del *nicho de investigación*, que abarca la identificación de la problemática, la formulación de la hipótesis y los objetivos, así como la delimitación del *territorio de conocimiento*. La enseñanza de estos elementos se llevó a cabo en el marco del taller, siguiendo una estructura pedagógica definida y una secuencia de aprendizaje específica, la cual se refleja en los trabajos presentados en los carteles científicos.

Este enfoque no solo facilita la comprensión de la estructura del texto científico, sino que también permite a los estudiantes organizar y presentar sus investigaciones de acuerdo con los estándares académicos establecidos en la comunicación científica.

**Figura 45***Red conceptual de estructura retórica*

A continuación, se presentan los contenidos extraídos de las citas correspondientes a la sección de discusión, que forma parte integral de la estructura retórica del texto científico. En este apartado, se observa también la incorporación de argumentos científicos en la discusión, así como el uso de la despersonalización, un recurso habitual en la escritura científica. Además, se evidencia la presencia del metadiscurso, particularmente a través de los elementos de marcadores y mitigadores, los cuales permiten matizar las afirmaciones realizadas. En algunos casos, se introduce, de manera explícita, la voz autoral, lo que marca una transición hacia una mayor personalización del discurso.

Este análisis permite destacar las estrategias discursivas empleadas en la construcción de la sección de discusión, lo cual contribuye a la legitimación de los argumentos presentados y a la posición adoptada por los autores dentro de la comunidad científica.

**Tabla 67***Citas ligadas al código discusión*

Cita	Nombre de cita	Discusión	
		Contenido de cita	Códigos
1:41	Tras concluir con el análisis donde la fasina se unen a la caja -35 de...	Tras concluir con el análisis donde la fasina se unen a la caja -35 detectada por MEME, muestran que podrían ser proteínas que infuyen en la transcripción del gen phaC, esto a causa de su unión sobre la caja -35.  Además, también podría estar infuyendo la unión del factor RpoH, ya que hay una unión cerca de esta caja cuando se encuentra en un complejo proteico con RpoH a comparación de cuando se une solo el factor.	Argumentación científica Discusión
4:24	En este trabajo se reportan tres cepas del complejo Acb y un A. haemol...	En este trabajo se reportan tres cepas del complejo Acb y un A. haemolyticus MDR, el cual no es frecuentemente aislado en otros hospitales.	Despersonalización del texto Discusión Escudos Nomenclatura científica
4:25	También se reportó resistencia a carbapenémicos en dos cepas de A. baumannii portadoras de blaOXA-23.	También se reportó resistencia a carbapenémicos en dos cepas de A. baumannii portadoras de blaOXA-23. Hubo disminución de CMI para imipenem y meropenem en presencia del EPI, pero la participación de las bombas de expulsión aun no es clara.	Mitigadores Discusión Voz autoral

En la siguiente tabla se presentan las citas correspondientes a la sección de hipótesis, la cual se construye dentro del nicho de investigación. La hipótesis se plantea como una posible respuesta a la problemática que los estudiantes han formulado a lo largo de su proceso investigativo. Este componente resulta fundamental, ya que vincula la teoría con la investigación empírica, estableciendo una base para la posterior discusión y análisis de los resultados obtenidos.

**Tabla 68***Citas ligadas al código hipótesis*

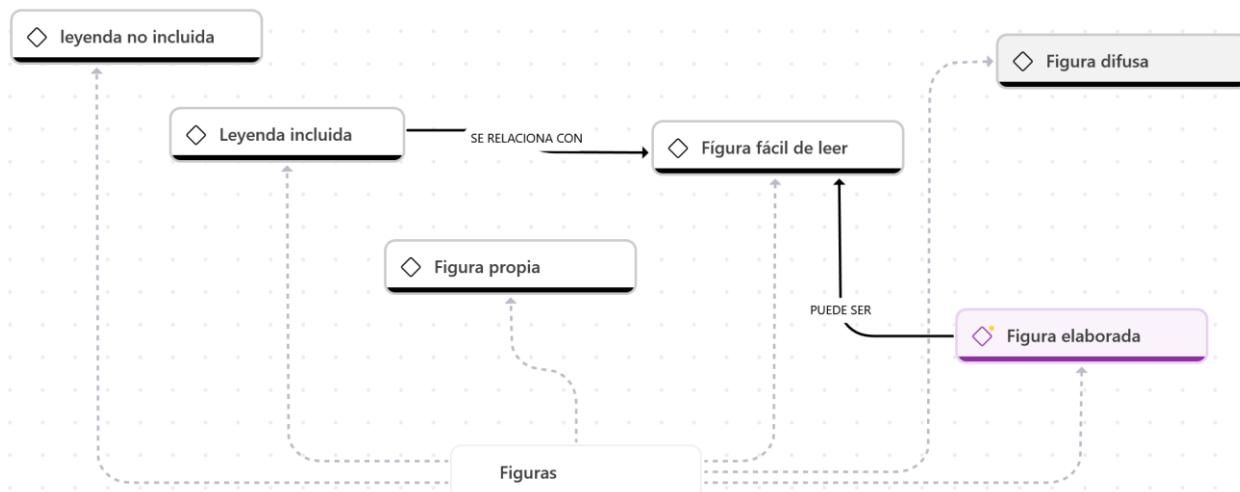
<b>Hipótesis</b>			
<b>ID</b>	<b>Nombre de cita</b>	<b>Contenido de cita</b>	<b>Códigos</b>
1:9	nos interesa determinar la posible unión de la fasina con el gen phaC...	nos interesa determinar la <b> posible unión de la fasina con el gen phaC y en asociación con RpoH</b> , mediante análisis in silico.	Hipótesis
1:42	no hay estudios que evalúen si las interacciones entre fasinas, factor...	no hay estudios que evalúen si las interacciones entre fasinas, factores sigma promueven o evitan la transcripción del ADN. Por ello, <b>analizamos la unión de la fasina PhaP5Abs7, del factor RpoH a la región promotora del gen phaC, que codifica para la PHB sintasa en A. brasiliense Sp7, de igual forma cuando la fasina y el factor se encuentran unidos.</b>	Hipótesis
6:17	implementar un diagnóstico basado en PCR para identificar factores de...	implementar un <b>diagnóstico basado en PCR para identificar factores de virulencia específicos</b> [5], sin embargo, el problema es que aún no existe un conjunto de genes específicos para UPEC; varios investigadores han trabajado en su búsqueda, particularmente Spurbeck y su grupo han descrito 4 genes capaces de predecir cepas con potencial de urovirulencia in vivo, siendo estos yfcV, fyuA, vat y chuA; los criterios son que la cepa contenga a fyuA y otros 2 de los restantes para diferenciar UPEC de DEC, aislados comensales humanos y animales, o bien los 4 para distinguir APEC [6].	Hipótesis
7:9	La propuesta de solución a esta problemática es el uso de biofertilizadora...	La propuesta de solución a esta problemática es el <b>uso de biofertilizantes, como la inoculación microbiana, para promover el crecimiento vegetal sin causar efectos contraproducentes</b> . Dentro de los diversos microorganismos que se conocen actualmente, Azospirillum brasiliense Sp7 parece ser una opción viable debido a que esta bacteria fijadora de nitrógeno por excelencia es capaz de sintetizar el cofactor PQQ, el cual se ha visto que puede favorecer el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fosfatos.	Hipótesis
7:11	Para ello se pretende realizar ensayos de mutagénesis y evaluarlos a t...	Para ello se pretende realizar ensayos de mutagénesis y evaluarlos a través de su inoculación en las raíces de la planta Pinus patula, con la finalidad de <b>demostrar su eficiencia como biofertilizante</b> .	Desarrollo de experimentos Hipótesis

La siguiente categoría se vincula con la habilidad para la creación e interpretación de figuras y gráficos, aspectos que son abordados en el modelo tecnopedagógico dentro de las secciones de *Materiales y Métodos y Resultados*. Es fundamental que, en el cartel científico, las figuras y tablas no solo complementen el texto, sino que también contribuyan a su comprensión. Asimismo, es crucial que la presentación y la explicación de estas representaciones visuales, a

través de las leyendas, sean claras y precisas, de manera que faciliten la interpretación y el análisis de los datos presentados. Este enfoque favorece la comunicación efectiva de los resultados científicos y refuerza la claridad del discurso académico. Para esta sección, resultó fundamental el uso de la plataforma BioRender, ya que permitió la creación de símbolos y figuras personalizadas, adaptadas específicamente a los experimentos realizados. Además, en la secuencia instruccional correspondiente a los materiales y métodos, así como en la sección de resultados, se busca elaborar las figuras y proporcionar su explicación a través de símbolos, complementados con las leyendas correspondientes que detallan su significado y contexto.

**Figura 46**

*Red conceptual de la categoría de figuras*

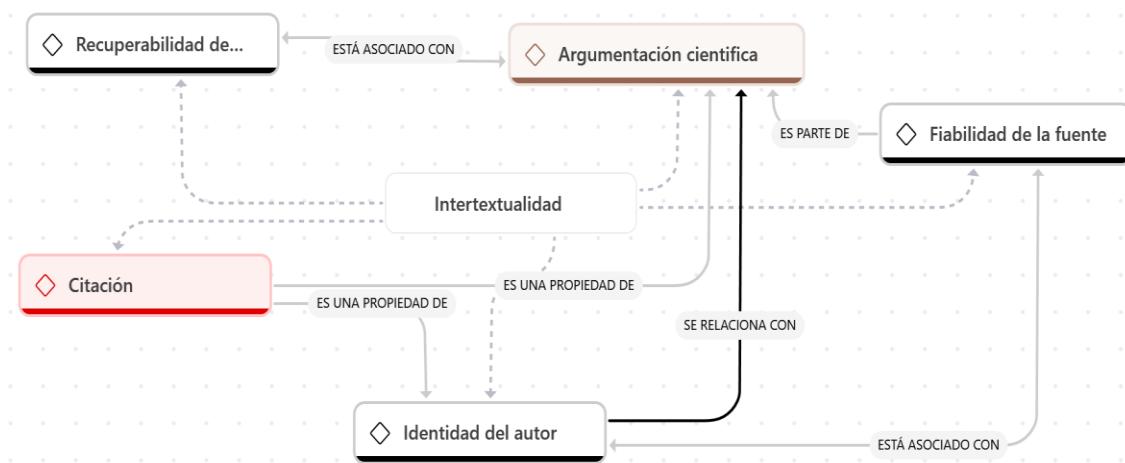


En el modelo tecnopedagógico aplicado a la gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje, la secuencia didáctica orientada al desarrollo de la habilidad de argumentación científica incluyó

el uso de la intertextualidad académica como estrategia clave. Este enfoque permitió observar cómo los estudiantes adquirieron competencias en la identificación y manejo de referencias bibliográficas, así como en la incorporación y discusión de fuentes dentro de la escritura académica. Entre las herramientas utilizadas, destaca el empleo de gestores bibliográficos, los cuales facilitaron la recuperación de fuentes y el adecuado uso de citaciones en las ciencias biológicas, promoviendo a su vez el reconocimiento de la identidad de los autores. Este proceso resultó esencial, dado el vasto volumen de literatura existente en la disciplina. Los estudiantes señalaron que la secuencia instruccional les permitió comprender de manera más efectiva la información, lo que a su vez les facilitó la construcción de conocimiento científico necesario para la elaboración de sus trabajos de investigación.

**Figura 47**

*Red conceptual de la categoría Intertextualidad*



El diagrama de Pareto presentado a continuación ilustra el enraizamiento y la densidad de los códigos analizados. El enraizamiento se refiere a la amplitud de un concepto, lo que refleja la

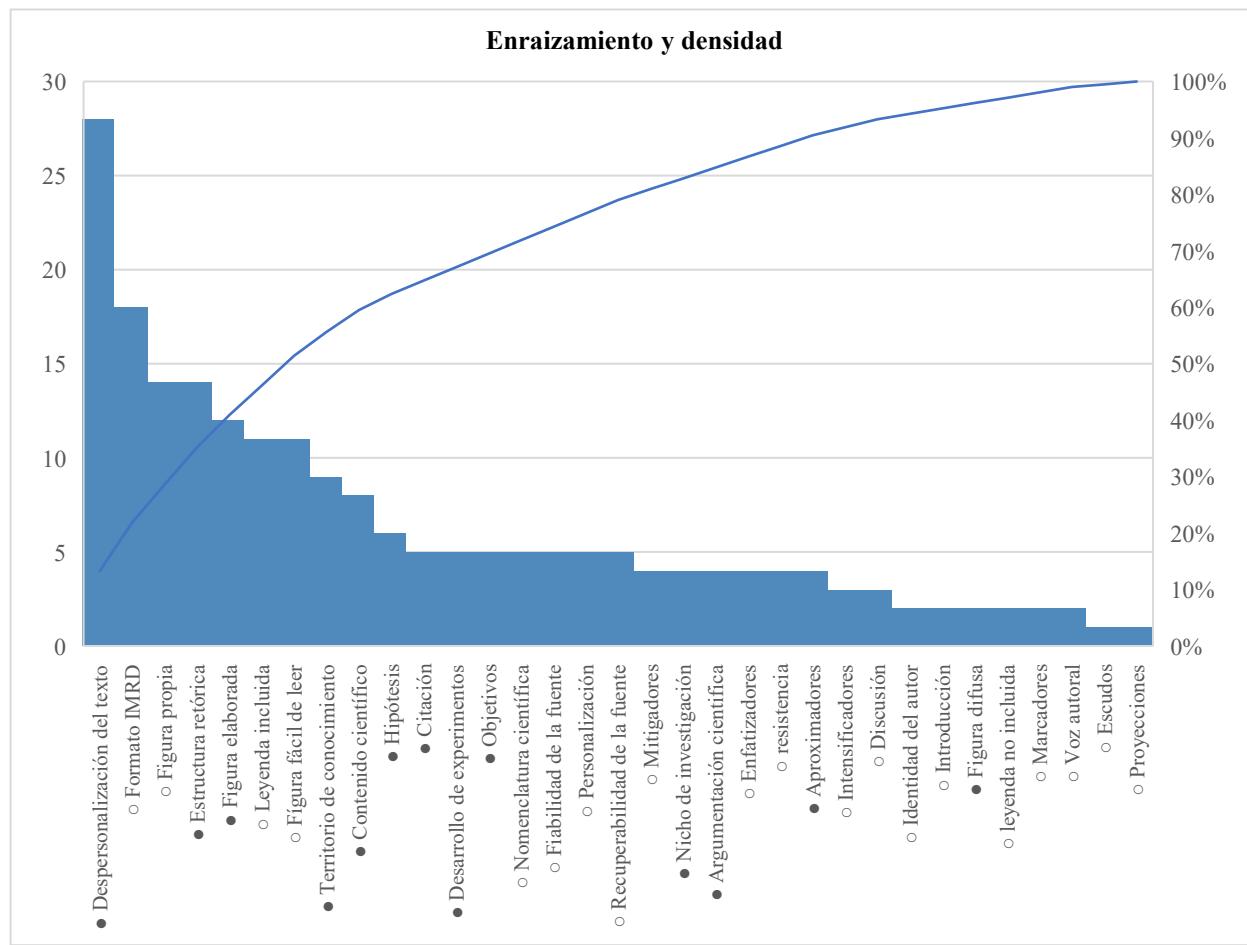
relevancia, validez y extensión de una categoría, es decir, el número de citas asociadas a dicha categoría. En contraste, la densidad alude a la profundidad semántica del concepto, indicando la multiplicidad de relaciones y conexiones teóricas entre categorías, lo que se traduce en el número de vínculos con otros códigos. Este análisis permite observar cómo los estudiantes, a través del modelo tecnopedagógico, establecen relaciones entre los conceptos al redactar un cartel científico y cómo aplican las herramientas adquiridas durante el proceso de aprendizaje.

Los estudiantes emplean con mayor frecuencia la despersonalización del texto, una práctica común en las ciencias biológicas, lo que se asocia, a su vez, con la estructura retórica del mismo. Sin embargo, este enfoque no muestra una vinculación estrecha con otros códigos. En contraste, la argumentación científica se encuentra estrechamente relacionada con otros conceptos utilizados, tales como el nicho de investigación, la citación, el contenido y la nomenclatura científicos. Este hallazgo sugiere que la habilidad argumentativa puede trabajarse de manera integrada, tal como se propuso en la secuencia instruccional del modelo tecnopedagógico.

Los estudiantes evidencian la importancia de explicar una figura a través de la leyenda, lo cual constituye un aspecto fundamental de la literacidad visual. En este sentido, dicha práctica adquiere relevancia, ya que refleja el desarrollo de los estudiantes en la creación de representaciones gráficas utilizando herramientas tecnológicas aplicadas a las ciencias biológicas. Los estudiantes emplean con mayor frecuencia la despersonalización del texto, una práctica común en las ciencias biológicas, lo que se asocia, a su vez, con la estructura retórica del mismo.

**Figura 48**

*Enraizamiento y densidad de los códigos analizados*



Nota: El uso de despersonalización del texto se muestra con mayor frecuencia, seguido del formato IMRD, que se encuentra relacionado con la estructura retórica. La mayor dificultad de escritura se encuentra en el uso de herramientas en la sección de discusión, tales como los marcadores, intensificadores, escudos y proyecciones.

## 6. Discusión y conclusiones

En este capítulo se describe, la discusión de los resultados implica la triangulación en el trabajo de campo con los referentes teóricos y los estudios en relación con el objeto de estudio; se organiza en función de los objetivos de investigación previamente establecidos que pretenden dar respuesta a los supuestos de investigación identificados. Posteriormente se presentan las conclusiones, así como las futuras líneas de investigación.

### 6.1 Caracterización de las habilidades de literacidad científica

En este trabajo, nos referimos a la literacidad científica como el conjunto de habilidades para utilizar el conocimiento científico con el fin de identificar y resolver problemas, así como las habilidades necesarias para la comprensión y comunicación de la ciencia entre los científicos y sus pares académicos. Estas competencias incluyen la escritura científica, la interpretación de datos, el diseño experimental y el trabajo colaborativo. Es importante señalar que estas habilidades constituyen un área fundamental en la enseñanza de las ciencias, ya que requieren de precisión y rigor, especialmente en disciplinas como las ciencias biológicas (Oberbauer et al., 2021; Prastiwi et al., 2020).

Los resultados de la primera prueba aplicada corresponden a una traducción de la prueba de Habilidades de Literacidad Científica (TOSLS), la cual fue sometida a un proceso de validación y aplicada en un contexto específico. En este proceso, se caracterizó a cada uno de los estudiantes según sus habilidades. La mayoría de los estudiantes evaluados presentaron deficiencias en áreas clave como la formulación de hipótesis, la evaluación de argumentos científicos, la interpretación de datos y resultados estadísticos, así como en la explicación de los datos y su representación gráfica. Según la AAAS, es crucial enfocarse en el desarrollo de habilidades y prácticas propias

de la disciplina para formar a un estudiante competente en esta área. En este sentido, Lederman (2018) sostiene que un estudiante letrado en este campo es capaz de desarrollar investigaciones dentro de su disciplina. Aunque las habilidades se desarrollan a lo largo de la licenciatura, es esencial que se enseñen de manera explícita, se diagnostiquen y se midan adecuadamente. Por lo tanto, se sugiere implementar un modelo de desarrollo de habilidades que forme parte del currículo oficial, con el fin de asegurar una formación integral.

La prueba TOSLS, en su versión traducida, tiene como objetivo identificar las habilidades de literacidad científica. Según Gormally et al. (2012), el uso de esta prueba puede promover una mayor alineación entre las actividades en el aula y el desarrollo de dichas habilidades. Aunque la mayoría de los estudiantes obtuvo puntajes intermedios y bajos en las habilidades de interpretación estadística, este resultado podría estar relacionado con la habilidad de comunicación científica. No necesariamente indica que los estudiantes no sepan interpretar los datos, ya que el currículo incluye asignaturas de estadística, sino que se sugiere que les falta desarrollar la habilidad para comunicar los resultados de manera eficiente.

Se sugiere que la prueba sea aplicada tanto al inicio como al final de un curso. Sin embargo, en el presente estudio, se observó un desarrollo de las habilidades de literacidad científica a través del proceso de elaboración del cartel científico. En este sentido, se recomienda que, en investigaciones futuras, la prueba se administre nuevamente al comienzo y al final del curso, con el fin de evaluar de manera más exhaustiva el progreso de los estudiantes en el desarrollo de estas habilidades (Gormally et al., 2012; Segarra et al., 2018).

De acuerdo con Fitriana y Permatasari (2024), los resultados de la prueba TOSLS aplicada en este estudio coinciden con los hallazgos de investigaciones previas, donde la mayoría de los

estudiantes presentó deficiencias en la interpretación de datos estadísticos. Sin embargo, estos resultados se atribuyen a la escasa frecuencia de actividades prácticas en ciencias, tales como la investigación y el desarrollo de experimentos. Este hallazgo concuerda con la necesidad de proporcionar a los estudiantes mayores oportunidades para aplicar conceptos científicos en contextos prácticos relevantes para su área de estudio. Por lo tanto, el fortalecimiento de modelos específicos para la enseñanza de la literacidad científica contribuye significativamente al desarrollo de estas habilidades, además de que este tipo de enseñanza debería permanecer a lo largo de la licenciatura. Estas habilidades se consideran esenciales aun cuando se convierten en investigadores, la mayoría de los estudiantes demuestran sus habilidades de literacidad cuando finalizan sus estudios, sin embargo, si se implementan prácticas guiadas es probable que se adquieran de manera temprana y adecuada (Wensing y Grol, 2019; Sibley et al., 2017).

Este instrumento constituye una herramienta útil para evaluar el desarrollo de la literacidad científica, su aplicación debería complementarse con la valoración de variables afectivas como la autoconfianza y la autoeficacia. Diversos estudios sugieren que dichos factores inciden de manera positiva en la adquisición de habilidades científicas; no obstante, su fortalecimiento requiere estrategias pedagógicas diferenciadas, centradas en actividades guiadas, retroalimentación constante y experiencias auténticas de aprendizaje (Shaukat, 2021).

## **6.2 Descripción de la percepción de los estudiantes acerca de cómo se aborda la comunicación de la ciencia en la Licenciatura en Biomedicina**

Por otro lado, se llevó a cabo un focus group, el cual facilitó el análisis cualitativo de los datos mediante un enfoque constructivista, conforme a lo propuesto por Chandra y Shang (2017). Los resultados se analizaron a partir de los datos cualitativos codificados, los cuales se organizaron

en dimensiones de primer y segundo orden. A través de este análisis, se identificaron cuatro dimensiones teóricas que coinciden con la literatura existente. Estas dimensiones comprenden: las habilidades de literacidad científica, la investigación en ciencias biológicas, la comunicación de la ciencia y el abordaje de la disciplina de Biomedicina. Dichas dimensiones permitieron identificar las principales dificultades y necesidades de los estudiantes, las cuales fueron consideradas para el diseño del modelo tecnopedagógico.

El análisis cualitativo de la prueba de TOSLS coincide con los resultados obtenidos en relación con las dificultades expresadas por los estudiantes. Entre estas se destacan la interpretación de gráficos, el diseño de experimentos y la comprensión de la ciencia. A pesar de que los estudiantes de esta licenciatura tienen acceso temprano a los laboratorios de investigación, presentan dificultades para interpretar correctamente los resultados de los experimentos. No obstante, la literatura primaria resulta ser una fuente de gran apoyo en este sentido. Por otro lado, los estudiantes también enfrentan desafíos al abordar sus líneas de investigación, ya que, en un inicio, desconocen quiénes son los investigadores principales a nivel mundial que lideran dichos campos, lo cual puede dificultar la comprensión de sus investigaciones.

En relación con la comunicación de la ciencia, los estudiantes compartieron sus experiencias y los métodos que emplean en este ámbito. Manifestaron una falta de familiaridad con los sistemas de citación específicos de su disciplina, así como con los formatos utilizados por los científicos. Además, como señalan Brownell et al. (2013), la mayoría de los estudiantes en ciencias biológicas no se sienten preparados para la comunicación científica. Esto implica que requieren ser guiados en el proceso de aprendizaje de la comunicación científica, a través de retroalimentación, la revisión continua de la argumentación científica, el dominio de los formatos

utilizados en la ciencia y el uso adecuado de la retórica propia del género académico (Anwar y Susanti, 2019).

Finalmente, los estudiantes expresaron sus expectativas laborales, lo cual resultó relevante dado que una de las principales responsabilidades de un científico es comunicar los resultados de las investigaciones para el avance del conocimiento científico. Los estudiantes indicaron que, para integrarse plenamente a la disciplina académica, es necesario cursar estudios de posgrado, y que realizar estos estudios en el extranjero les brindaría una ventaja competitiva. Además, señalaron que la difusión de la ciencia en español dentro de esta disciplina es limitada. En este sentido, los estudiantes sugirieron que el desarrollo temprano de habilidades de comunicación científica podría mejorar su percepción y disposición para difundir el conocimiento científico (Cartwright et al., 2020).

### **6.3 Diseño de un modelo tecnopedagógico, implementación y evaluación para el desarrollo de la habilidad de la comunicación de la ciencia en los estudiantes de Biomedicina**

En el presente trabajo se diseñó un modelo tecnopedagógico con el objetivo de desarrollar la habilidad de comunicación científica. De acuerdo con el diagnóstico realizado a los estudiantes, se determinó que esta habilidad es una prioridad para los participantes de la investigación, además de estar estrechamente relacionada con otras competencias, tales como la argumentación científica, el diseño de experimentos, la creación e interpretación de gráficos, así como la escritura científica (Evans et al., 2020; Gormally et al., 2012).

Para el diseño del modelo se integraron diversos elementos, enmarcados en un entorno de autogestión, que consideraron aspectos pedagógicos, didácticos, sociales y tecnológicos (Gómez González, 2017). Este modelo se fundamenta en el modelo tecnopedagógico IDEA y en el modelo

LMS. El primero se utiliza para la construcción teórico-metodológica del desarrollo de la autonomía, bajo los enfoques del constructivismo social y el conectivismo, mediante cinco gestiones principales: tecnopedagógica, de información, del conocimiento, de aprendizaje y administrativa, cada una con sus propios componentes.

En cuanto a la ejecución del modelo, se seleccionó la suite de Google como herramienta tecnológica, debido a la preferencia y facilidad manifestada por los estudiantes. La implementación se llevó a cabo en entornos de aprendizaje semiformales, y consistió en la elaboración de un cartel científico, basado en la secuencia de un diseño instruccional fundamentado en el modelo ASSURE. Este enfoque se materializó en el taller denominado "Comunicación de la ciencia para biomedicina". Además, el diseño del modelo se estructura sobre la arquitectura de un sistema de gestión del aprendizaje, que abarca la administración, documentación, seguimiento e información dentro del entorno virtual. La secuencia del diseño instruccional se fusiona con los modelos ASSURE y LMS, este último enfocado en la autorregulación a través del uso de estrategias metacognitivas. La secuencia didáctica se organizó en sesiones y comprendió la definición de objetivos, automonitoreo, autoevaluación, estrategias de tarea, búsqueda de ayuda y gestión del tiempo. Asimismo, se diseñó la fase de previsión, actuación y reflexión sobre la tarea asignada (Bieliukas y Peraza, 2022; Chura-Quispe et al., 2024; Teliz, 2017; Vargas-Murillo, 2020).

Según Teliz (2017), el modelo IDEA, que describe las fases para gestionar un modelo tecnopedagógico orientado al aprendizaje, señala que los docentes no requieren pertenecer a equipos especializados en el diseño de materiales educativos, ya que pueden gestionar propuestas educativas de manera tanto individual como colaborativa. La inclusión de lo tecnopedagógico en

este modelo hace que el proceso sea cílico y recursivo, lo que fortalece los aspectos didácticos, tales como la adaptabilidad de las herramientas, como es el caso de la suite de Google. Esto permite que los estudiantes, posteriormente, sean capaces de buscar y seguir sus propias rutas de aprendizaje.

#### **6.4 Implementación del modelo tecnopedagógico**

En el marco del modelo tecnopedagógico, la secuencia didáctica se adapta a la secuencia instruccional en la sesión de identidad digital, lo que permitió a los estudiantes identificarse como científicos y dar cuenta de su actividad, facilitando así el conocimiento de su propia comunidad académica. Es relevante señalar que algunos estudiantes desconocían las actividades de sus propios asesores, y a través de la plataforma ORCID, pudieron conocer más acerca de las líneas de investigación. Los estudiantes percibieron esta actividad como satisfactoria, ya que les permitió establecer una red de comunicación con otras investigaciones, fomentar futuras colaboraciones y monitorear su actividad como investigadores, así como comunicar sus propias investigaciones en las plataformas adecuadas.

Las redes sociales académicas se emplean a nivel personal con el fin de conectar, compartir y establecer comunicación entre colegas, países, instituciones y disciplinas (González-Pérez, Ramírez-Montoya y García Peñalvo, 2019). Tal como señala Gotz (2020), la identidad digital y las TIC constituyen los principales escenarios de socialización en el ámbito académico, siendo fundamental aprender a utilizar estas herramientas de forma autodidacta. En este sentido, se hace un llamado a que las universidades asuman un compromiso más amplio mediante la implementación de cursos formales o abiertos, mientras que los estudiantes adopten un rol activo

en la generación de contenidos, considerando la identidad digital académica como un factor generador de vínculos sociales y académicos.

En la segunda sesión del taller, se diseñó una secuencia didáctica orientada a abordar la estructura retórica del cartel y el artículo científico, específicamente la organización IMRD (Introducción, Metodología, Resultados y Discusión). En primer lugar, los estudiantes, dentro del marco del modelo tecnopedagógico, expresaron un interés por aplicar dicha estructura, la cual la mayoría conoce a través de la lectura de la literatura primaria. Sin embargo, reconocen que desconocen la estructura retórica subyacente de la ciencia. En este sentido, los estudiantes señalaron que la comprensión de esta estructura es fundamental para cumplir con los lineamientos establecidos por organizaciones y editoriales científicas, así como para adoptar una organización universal en la presentación de investigaciones científicas y garantizar la formalidad del texto. Además, aquellos estudiantes que participaron en la actividad mencionaron que, al identificar las secciones de un artículo científico, pudieron profundizar en su comprensión de la investigación, lo que les permitió desarrollar una mayor capacidad analítica y selectiva al abordar los textos científicos.

En este sentido, se ha observado que los textos producidos por las comunidades científicas a menudo presentan dificultades en la organización de su contenido. Esta situación podría estar relacionada con la falta de revisiones adecuadas, dado que, en general, los investigadores se encuentran inmersos en una corriente comunicativa específica y, en muchos casos, no son plenamente conscientes de que la producción de un texto científico implica la participación en un acto comunicativo formal (Moyano, 2000). Para abordar la comunicación científica Swales (1990) expresa que el artículo científico es una “reconstrucción” del trabajo de investigación y este trabajo

se realiza mediante la difusión de textos escritos en revistas especializadas o congresos como en el caso del cartel científico. Esta estructura se sugiere utilizar en la mayoría de los textos que se refieren a la difusión científica.

Moyano (2017) señala que la enseñanza de la comunicación científica requiere la colaboración entre especialistas en ciencias del lenguaje y de la disciplina, ya que cada docente cumple un rol específico relacionado con el aprendizaje de contenidos y el desarrollo del proceso de investigación.

Swales (1990) recomienda, en primer lugar, que se realice una identificación y un análisis de la estructura retórica de la sección de introducción en los artículos de investigación, enfocándose en la "movida retórica" como la unidad funcional y retórica relevante para llevar a cabo dicho análisis. Esta movida, a su vez, se compone de diferentes pasos, los cuales están vinculados a un objetivo comunicativo particular.

Meza (2016) señala que, en el modelo del nicho de investigación, los componentes epistémicos están estrechamente vinculados con la disciplina, ya que hacen referencia al conocimiento específico de dicha área, teniendo en cuenta sus avances. En segundo lugar, se identifica un componente valorativo relacionado con la identidad social del autor en su contexto académico. Finalmente, se destaca un componente que hace referencia a la articulación entre la información que el autor se atribuye a sí mismo y la que asigna a otros. En este contexto, los estudiantes, en la sección de introducción, integran tanto el conocimiento disciplinario como la identidad social, al incorporar las investigaciones realizadas en los laboratorios en los que participan, así como la información obtenida de otras fuentes académicas relevantes.

En la siguiente sesión que corresponde a la aplicación de la intertextualidad Navarro et al., (2022) se refiere a que las referencias explícitas o implícitas de otros textos se incorporan en esta construcción discursiva. El proceso de búsqueda y selección autónoma de fuentes contribuye significativamente a una mayor apropiación de los textos (Zavala et al., 2004). La integración de la intertextualidad al modelo tecnopedagógico se realizó mediante la secuencia didáctica en la que utilizó un gestor bibliográfico, con la secuencia instruccional los estudiantes desarrollaron actividades orientadas a la argumentación,

De esta manera, los estudiantes pueden identificar la relevancia de sus argumentos, las opiniones o puntos de vista de los autores y cómo se vinculan las ideas de otros autores, así como las funciones de las citas que se realizan. En este sentido, se contribuye a la habilidad de la literacidad de información y la argumentación científica, los estudiantes identifican carencias de los estudios, así como la discriminación de información adecuada para argumentar en la presentación de los resultados, además les permitió observar cómo los autores fundamentan, complementan las citas y expresan la relevancia de las investigaciones.

En la sección de Materiales y Métodos, los estudiantes detallan el diseño experimental de manera minuciosa, proporcionando la información necesaria para que otro investigador pueda replicar los experimentos (Moyano, 2000) La precisión es uno de los aspectos clave de esta sección; no obstante, en el contexto de un cartel científico, esta parte debe ser concisa, siendo las figuras las que desempeñan un papel central en la explicación. A pesar de ello, en la secuencia didáctica se abordaron todos los elementos esenciales de esta sección, lo que contribuye a la creación de figuras que facilitan la comprensión y explicación de los procedimientos descritos.

En la sesión siguiente, correspondiente a los resultados, los estudiantes llevan a cabo una identificación detallada a través de la deconstrucción del texto, es decir, analizando cómo los científicos comunican esta sección en sus investigaciones. Este análisis se realizó mediante una lectura guiada de carteles científicos. Aunque la mayoría de los estudiantes no contaba con resultados propios de sus investigaciones, pudieron identificar diversos elementos que los investigadores expertos emplean habitualmente en las ciencias biológicas, tales como marcadores impersonales, de persona y de actitud. Bonnet y González (2016) demuestran que la construcción del objeto de conocimiento científico en el lenguaje técnico de las ciencias está estrechamente vinculada con los recursos metadiscursivos que utilizan los enunciadores. Estos recursos les permiten incorporar a la información proposicional reflexiones personales, a veces de manera implícita y otras veces destacando su subjetividad, con el fin de persuadir a los lectores acerca de la validez de sus ideas.

En la siguiente sesión que correspondió a la discusión y conclusiones los estudiantes interpretan algunos de sus resultados mediante la deconstrucción de los textos identificados en la literatura primaria. Los estudiantes identifican elementos de la discusión tales como la importancia de los datos o el significado de la investigación y dificultades de las líneas de investigación. Como explica Vieira et al. (2019) escribir por primera vez una sección de discusión es una tarea desafiante, incluso para los autores con experiencia, sin embargo, al igual que ocurre con cualquier otra habilidad, la práctica constante y la retroalimentación son fundamentales para mejorar en la redacción de discusiones. Esto puede realizarse adoptando una lectura crítica para aprender cómo los grupos científicos destacados comunican y discuten sus resultados e intentar revisar manuscritos de colegas. Los científicos deben reflexionar cuidadosamente sobre el tema

investigado, la calidad del trabajo realizado y las posibles modificaciones a considerar en estudios futuros. Aunque dominar la escritura científica no es sencillo, puede resultar una experiencia enriquecedora tanto para autores noveles como experimentados.

En las siguientes sesiones, los estudiantes desarrollaron el cartel científico como producto final de las sesiones previas, en las cuales se abordaron y elaboraron las distintas secciones de este. El proceso resultó en la obtención de tres carteles científicos, cuyos textos fueron sometidos a un análisis detallado, específicamente en las secciones de título, introducción y materiales y métodos. Para la fase de evaluación de los carteles, se empleó la técnica de análisis de contenido, cuyo objetivo consistió en identificar tanto el contenido manifiesto como el latente en los datos analizados, además de establecer relaciones e inferencias sobre el uso del modelo tecnopedagógico en el desarrollo de estos.

El análisis de contenido reveló que la frecuencia de palabras en los carteles permite observar cómo los estudiantes emplean los conceptos científicos. En este sentido, las habilidades más evidentes incluyen la apropiación del contenido científico, la literacidad de la información y la literacidad visual. No obstante, en algunos casos se observa una ausencia en el uso de la intertextualidad y una disminución en la habilidad para manejar el contenido científico de manera adecuada. En particular, la categoría de contenido científico se encuentra estrechamente vinculada con la argumentación científica, lo cual es particularmente evidente en la construcción del nicho de investigación.

Otra categoría relevante que emergió durante el análisis fue la estructura retórica de la ciencia, que se identificó en el diagnóstico dentro del ámbito de la comunicación científica. Esto hace referencia a la forma en que los estudiantes desarrollan la escritura científica, siendo la

estructura IMRD (Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión) un elemento clave en dicho proceso. Esta estructura, junto con la identificación del territorio del conocimiento, permitió a los estudiantes presentar sus investigaciones conforme a los estándares académicos establecidos. Asimismo, el análisis de las estrategias discursivas empleadas en la sección de discusión reveló cómo los estudiantes construyen argumentos para legitimar sus conclusiones y posicionarse dentro de la comunidad académica, lo que forma parte integral de la habilidad de literacidad de la información.

Este análisis resalta tanto las fortalezas como las áreas de mejora en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, contribuyendo a una comprensión más profunda del uso y la aplicación de las habilidades científicas en la elaboración de carteles científicos. El aprendizaje a través del modelo tecnopedagógico es complejo y se ha demostrado que, al igual que otros modelos como el TPACK, presenta beneficios para el aprendizaje, tales como una mejora en el desarrollo de habilidades. Este tipo de modelos se implementa mediante actividades prácticas que requieren un cambio en el rol de los educadores, quienes deben actuar como facilitadores o mentores, promoviendo un aprendizaje activo en el que los estudiantes participen de manera significativa, ya sea de forma individual o en grupos. Para lograr este enfoque, es necesario un cambio en las estrategias de las políticas educativas, así como en la gestión de las tecnologías, dado que la selección de combinaciones de secuencias didácticas y medios de instrucción no debe ser intuitiva ni estar basada en preferencias personales, sino en principios sólidos de diseño instruccional que favorezcan la construcción de entornos apropiados. En este sentido, se sugiere que las clases en línea que integran estos elementos pueden ser eficaces para el desarrollo de habilidades de

literacidad científica (Corbit et al., 2005; Risniawati et al., 2020; Angraini et al., 2023; Çam y Erdamar Koç, 2021; Fakhriyah et al., 2022; Wong et al., 2015).

La aplicación de modelos tecnopedagógicos demuestra que existe una mejora de las dificultades que presentan los estudiantes a través de actividades individuales y el trabajo colaborativo durante las sesiones síncronas y foros de discusión (Chura-Quispe et al., 2024) por lo que es relevante fomentar la autonomía de los estudiantes, como se realizó en las sesiones del taller mediante la planeación con la herramienta keep y las sesiones de retroalimentación.

Los carteles científicos representan una tarea de escritura cognitiva y retórica compleja. A través de las prácticas de literacidad, se facilita el desarrollo de habilidades esenciales en los estudiantes, como la literacidad de la información, la lectura crítica, la capacidad para realizar afirmaciones fundamentadas, la construcción de textos multimodales y la comunicación con audiencias de la comunidad académica (Pedwell, Hardy y Rowland, 2017). La elaboración de un cartel científico, cuando se lleva a cabo bajo una instrucción adecuada, permite una participación temprana y legítima en las prácticas científicas de la disciplina, lo que empodera a los estudiantes, fortalece la presencia de su voz autoral y contribuye a su mejora como escritores (Van't Hooft, 2013).

En este estudio, tomamos en cuenta las opiniones y la experiencia de los estudiantes en relación con su disciplina. No obstante, se excluyeron aspectos gramaticales, dado que no se consideraron relevantes para el desarrollo de las habilidades de literacidad científica. No obstante, en investigaciones futuras, estos aspectos podrían ser objeto de análisis, al igual que la presentación y la interacción oral que tienen lugar en los congresos académicos. Por otro lado, la enseñanza explícita de textos científicos contribuye significativamente al fomento de las

habilidades de escritura científica, así como a la participación activa de los estudiantes en las prácticas disciplinarias (Navarro et al., 2022).

En la implementación del modelo tecnopedagógico se observa que el aprendizaje en línea prioriza la pedagogía y es impulsado por la tecnología, en las disciplinas específicas, los métodos de entrega y las tácticas de instrucción tendrán un efecto en las habilidades (Ahmed, 2014).

En el marco de la formación universitaria y científica, la escritura se constituye como un eje fundamental para la construcción y difusión del conocimiento. En este sentido, los carteles científicos representan una de las tareas de escritura más relevantes para los estudiantes en formación, ya que los involucra en procesos de literacidad complejos, que combinan la dimensión cognitiva, retórica y multimodal (Pedwell, Hardy & Rowland, 2017). El presente análisis establece un diálogo entre las concepciones de la escritura en ciencias que se desprenden de este género y las reflexiones teóricas y pedagógicas desarrolladas por Federico Navarro, investigador que ha profundizado en la relación entre escritura, disciplinas y comunidades académicas en América Latina (Navarro, 2018; Navarro et al., 2022).

De acuerdo con Pedwell, Hardy y Rowland (2017), los carteles científicos favorecen el desarrollo de habilidades esenciales en los estudiantes, tales como la literacidad de la información, la lectura crítica, la capacidad para realizar afirmaciones fundamentadas y la comunicación con audiencias académicas. Estas habilidades no se limitan a la dimensión formal de la escritura, sino que promueven la inserción de los estudiantes en las prácticas sociales y discursivas propias de la ciencia.

Asimismo, elaborar un cartel científico bajo una instrucción adecuada permite que los estudiantes participen tempranamente en la dinámica de la investigación y la comunicación

científica, legitimando su voz autoral (Van't Hooft, 2013). Desde esta perspectiva, la escritura científica se concibe no solo como un producto final, sino como un proceso formativo que fortalece el aprendizaje disciplinar y el sentido de pertenencia a la comunidad académica.

Los trabajos de Federico Navarro se alinean con esta visión al considerar la escritura en las disciplinas como una práctica situada que articula el aprendizaje académico con la construcción de identidad profesional. Navarro (2018) plantea que la escritura universitaria no puede entenderse de manera aislada ni como un conjunto de normas prescriptivas, sino como una actividad social y epistémica que permite a los estudiantes ingresar y participar en comunidades discursivas específicas.

En este sentido, la escritura de un cartel científico puede interpretarse como un género académico y científico que habilita a los estudiantes a interactuar con los discursos propios de su campo de estudio. Navarro et al. (2022) sostienen que la enseñanza explícita de estos géneros constituye una estrategia clave para fomentar la literacidad académica y promover la participación activa de los estudiantes en prácticas disciplinares. De este modo, el cartel científico se convierte en una herramienta didáctica coherente con el enfoque de Navarro, al permitir que los estudiantes escriban para aprender en su disciplina y no únicamente para aprobar evaluaciones.

Los aportes de Navarro radican en el nivel de énfasis en los aspectos lingüísticos, mientras el texto sobre carteles científicos opta por dejar de lado los aspectos gramaticales. Navarro (2018) reconoce que, si bien no deben ser el centro de la enseñanza, el lenguaje cumple un rol fundamental en la construcción del conocimiento. En sus estudios sobre escritura en disciplinas específicas, Navarro insiste en que el aprendizaje del lenguaje académico está indisolublemente ligado al aprendizaje del contenido disciplinar.

En consecuencia, en este trabajo proponemos la implementación de un modelo tecnopedagógico que articule la enseñanza de la escritura científica con recursos tecnológicos y estrategias digitales. Navarro, por su parte, centra su análisis en la enseñanza situada de la escritura en contextos disciplinares, pero no profundiza en la mediación tecnológica. Esta diferencia evidencia un campo fértil para articular ambas perspectivas: la incorporación de entornos digitales en la didáctica de la escritura, sin perder de vista su anclaje en las prácticas sociales de cada comunidad académica.

La enseñanza de la escritura científica debe ser explícita, situada y disciplinar. El cartel científico, al igual que otros géneros como el artículo de investigación, no puede enseñarse de manera descontextualizada, sino a partir de su función comunicativa y social dentro de la comunidad científica (Riquelme & Quintero, 2017; Reyes et al., 2021). En esta línea, Navarro et al. (2022) subrayan la importancia de articular la enseñanza de la escritura con la práctica investigativa y con la participación activa en eventos académicos.

El reto pedagógico, por tanto, consiste en diseñar propuestas que integren los conocimientos disciplinarios con las prácticas de escritura, considerando tanto las convenciones de los géneros académicos como las necesidades y trayectorias de los estudiantes.

La comparación entre la concepción de los carteles científicos como práctica de literacidad y los aportes de Navarro permiten afirmar que existe una clara convergencia en torno a la idea de que la escritura en ciencias es una práctica social y epistémica. Por lo tanto, la necesidad de una enseñanza explícita, situada y orientada a la participación de los estudiantes en comunidades de conocimiento. En el trabajo hacemos énfasis en el cartel como herramienta multimodal y en la mediación tecnopedagógica, Navarro resalta la dimensión social y disciplinar de la escritura. En

conjunto, estas perspectivas ofrecerían un marco teórico y pedagógico robusto para repensar la enseñanza de la escritura científica en la educación superior.

En cuanto al proceso de enseñanza aprendizaje, donde se conjuntan los diferentes elementos, los estudios futuros deben contener implementaciones en contextos educativos, en la producción de textos académicos de difusión de la ciencia, evaluando las estrategias en un contexto disciplinar, para ello es importante el conocimiento del género académico con base en el contexto, la situación social y la interacción con otros sujetos (Riquelme y Quintero, 2017; Reyes et al., 2021; Londoño, 2015; Montes y López, 2017).

La capacidad de explicar la ciencia es una habilidad para los futuros profesionales, en el artículo y el cartel científico que pertenecen al género académico se presentan y discuten los resultados de estudios empíricos, existen diferencias entre la escritura de las ciencias biológicas y otras disciplinas así que el lenguaje se convierte en un reflejo del proceso científico, por lo que el apoyo de expertos en lenguaje y expertos en la disciplina con un modelo tecnopedagógico adecuado puede marcar una diferencia en el desarrollo de la habilidad de la comunicación científica (Pelger, 2018).

Para concluir, de acuerdo con Roberts y Bybee (2014), la literacidad científica puede comprenderse desde dos perspectivas complementarias que orientan tanto la enseñanza como la práctica educativa. La Visión I se centra en los aspectos internos de la ciencia, es decir, en la comprensión del conocimiento disciplinar, los conceptos fundamentales y los métodos propios de las ciencias naturales. En contraste, la Visión II se dirige hacia los aspectos externos, destacando la relación de la ciencia con la sociedad y la capacidad del individuo para aplicar el conocimiento

científico en contextos reales. Esta segunda perspectiva amplía la noción tradicional de literacidad científica, al considerar la ciencia como una práctica social y culturalmente situada.

Desde esta concepción ampliada, resulta indispensable la incorporación de estrategias de andamiaje cognitivo, tales como el uso de preguntas guía, la selección de recursos didácticos diversos y la integración de tecnologías educativas por ejemplo, simulaciones o plataformas digitales que promuevan el pensamiento crítico y la resolución de problemas. De este modo, los estudiantes dejan de ser receptores pasivos de información para convertirse en analistas activos de fenómenos científicos y sociales. En este contexto, el docente desempeña un papel de facilitador y mediador del aprendizaje, orientando la reflexión y la construcción del conocimiento (Liu, 2024).

En las últimas décadas, la literacidad científica ha experimentado un cambio paradigmático que trasciende las habilidades básicas de lectura y escritura, reconociéndose como una práctica discursiva y social. Esta perspectiva enfatiza la participación activa en los modos de comunicación característicos de la comunidad científica, así como la implementación de evaluaciones formativas que permitan a los estudiantes reflexionar sobre su proceso de aprendizaje, construir conocimiento y comunicar hallazgos de manera efectiva.

En este sentido, la comunicación científica emerge como una competencia clave, pues involucra el uso del lenguaje especializado y la interacción entre pares y expertos, favoreciendo la apropiación del discurso científico. En trabajos posteriores, sería deseable que los docentes reciban apoyo de especialistas en comunicación de la ciencia, a fin de fortalecer el análisis discursivo y promover prácticas comunicativas más auténticas (Burks, 2019; Smith, 2018).

Desde una perspectiva situada, la literacidad científica en la educación superior debe desarrollarse en contextos auténticos de indagación, donde los estudiantes participen en

actividades que respondan a propósitos comunicativos claros y estén alineadas con la construcción de argumentos, la presentación de evidencia y la justificación de conclusiones. Cuando esto ocurre, los estudiantes logran una comprensión más profunda del quehacer científico y de su relevancia para la sociedad contemporánea.

En consecuencia, se vuelve imperativo promover reformas curriculares que integren la enseñanza de la ciencia con prácticas pedagógicas basadas en la indagación, el razonamiento fundamentado en la evidencia y la participación activa del estudiante en la construcción del conocimiento. Dicho enfoque implica también la incorporación de las prácticas discursivas propias de la comunidad científica, donde la escritura desempeña un papel central. La escritura científica no se limita a la descripción de resultados experimentales, sino que constituye un proceso reflexivo mediante el cual los estudiantes interpretan datos, elaboran argumentos y justifican sus conclusiones. En este proceso, el lenguaje se convierte en un instrumento epistémico que transforma la observación en evidencia y la evidencia en conocimiento, a través de decisiones retóricas que buscan persuadir a una audiencia especializada.

De igual forma, los géneros discursivos científicos tales como artículos, informes o carteles académicos funcionan como vehículos de socialización científica, pues conectan el aprendizaje individual con las prácticas colectivas de la comunidad científica. Comprender su estructura y función implica reconocer los mecanismos de comunicación y revisión por pares que legitiman el conocimiento dentro de dicha comunidad. En este sentido, enseñar a escribir ciencia equivale a enseñar a pensar científicamente, lo que incluye formular preguntas, evaluar evidencia, construir argumentos sólidos y comunicar resultados con precisión, claridad y coherencia.

Asimismo, la literacidad científica puede abordarse desde distintas dimensiones formativas. Una de ellas concibe la ciencia como proceso, lo que implica que los estudiantes se involucren activamente en proyectos de investigación, desarrollos escritura científica, reflexionen sobre sus propios procesos cognitivos y adquieran autonomía intelectual. Otra dimensión, de carácter sociopolítico, considera la ciencia como una práctica socialmente situada, influida por valores, intereses y decisiones políticas. Por lo tanto, la enseñanza de la ciencia debe promover una postura crítica y reflexiva frente a la producción y uso del conocimiento científico, así como frente a sus implicaciones éticas y sociales. Este enfoque fomenta la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados, capaces de analizar, cuestionar y participar de manera responsable en los debates públicos sobre ciencia y tecnología (Shaukat, 2019).

El fortalecimiento de la literacidad científica en la educación superior requiere una visión integral que articule la comprensión conceptual con la práctica discursiva, la autorreflexión y la acción social. Solo mediante estrategias pedagógicas auténticas, colaborativas y contextualizadas será posible consolidarla de forma crítica, en la que los estudiantes no solo comprendan la ciencia, sino que también sean capaces de dialogar con ella, cuestionarla y aplicarla éticamente en beneficio de la sociedad.

## 7. Referencias

- Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada.
- Açıkgül Fırat, E., y Köksal, M. S. (2019). Development and validation of the biotechnology literacy test. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(2), 179-188.  
<https://doi.org/10.1002/bmb.21216>.
- Adell, J., y Castañeda Quintero, L. J. (2012). Tecnologías emergentes, ¿pedagogías emergentes?
- Ahmed, S. A. S. (2021). Instruction during COVID-19 pandemic. *Mogadishu Univer. J*, 6, 13-45.
- Aiman, U., y Hasyda, S. (2020). The Influence of Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) Model Assisted by Realia Media to Improve Scientific Literacy and Critical Thinking Skill of Primary School Students. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1635-1647. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.9.4.1635>.
- Álvarez Balandra, A. C. (2014). Métodos en la investigación educativa.
- Anderson, A. E., Justement, L. B., y Bruns, H. A. (2020). Using real-world examples of the COVID-19 pandemic to increase student confidence in their scientific literacy skills. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(6), 678-684.  
<https://doi.org/10.1002/bmb.21474>.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Ángel Valenzuela, M. (2019). ¿Qué hay de nuevo en la metacognición? Revisión del concepto, sus componentes y términos afines. *Educação e Pesquisa*, 45, e187571.  
<https://doi.org/10.1590/s1678-4634201945187571>.

Angraini, L. M., Yolanda, F., y Muhammad, I. (2023). Augmented Reality: The Improvement of Computational Thinking Based on Students' Initial Mathematical Ability. *International Journal of Instruction*, 16(3).

Anwar, Y., y Susanti, R. (2019, February). Analyzing scientific argumentation skills of biology education students in general biology courses. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1166, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1166/1/012001>.

Arfiati Ulfa Utami, U. (2021). The Effectiveness of the Online-based Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS) Assessment to Measure Science Literacy Ability During the Covid Pandemic. In *Proceeding of International Conference in Education Science and Technology* (pp. 322-328). Universitas Ronggowale Tuban.

Auerbach, A. J., y Schussler, E. E. (2017). Curriculum alignment with Vision and Change improves student scientific literacy. *CBE—Life Sciences Education*, 16(2), ar29. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-04-0160>.

Balcázar Nava, P., González Arratia, N. I., Gurrula Peña, G., y Moysén Chimal, A. (2006). *Investigación cualitativa* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Autónoma del Estado de México.

Bangun, W., Degeng, I. N. S., Praherdhiono, H., y Lestari, S. R. (2023). The effect of blended project-based learning for enhancing student's scientific literacy skills: An experimental study in University. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(1), 223-233. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2105414>.

Bardin, L. (1991). *Ánálisis de contenido* (Vol. 89). Ediciones Akal.

- Barreiro, M. P. R., Velásquez, B. I. H., Rivadeneira, L., Barreiro, J. R., Bravo, K. L. M., y Loor, M. D. C. (2020). Breve aproximación teórica al modelo de aula invertida y su posible contribución al desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes universitarios. *Revista Boletín Redipe*, 9(11), 63-69. <https://doi.org/10.36260/rbr.v9i11.1107>.
- Bautista, N. P. (2022). *Proceso de la investigación cualitativa: epistemología, metodología y aplicaciones*. Editorial El Manual Moderno.
- Bazerman, C. (2016). What do sociocultural studies of writing tell us about learning to write. *Handbook of writing research*, 2, 11-23.
- Bazerman, C., Little, J., Bethel, L., Chavkin, T., Fouquette, D., y Garufis, J. (2005). Writing across the curriculum. *Reference guides to rhetoric and composition*. West Lafayette, EEUY: Parlor Press/WAC Clearinghouse.
- Bazerman, C., y Prior, P. (2005). Participating in emergent socio-literate worlds: Genre, disciplinarity, interdisciplinarity. *Multidisciplinary perspectives on literacy research*, 2, 133-178.
- Block, T. J., Marinkovic, M., Gray, J., Dowell, P. E., Anthony, C., Daly, R., ... y Evans, T. M. (2016). "Science Fiesta!" Combining student-led community outreach with local culture. *F1000Research*, 5, 2319. <https://doi.org/10.12688/F1000RESEARCH.9560.1>.
- Bonnet, M., y González, D. S. (2016). La escritura científica en las disciplinas: análisis del metadiscurso interpersonal en artículos científicos de química, biología y filosofía. *Signo y Pensamiento*, 35(69), 16-28. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.syp35-69.ecda>.

- Bortnik, B., Stozhko, N., Pervukhina, I., Tchernysheva, A., y Belysheva, G. (2017). Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices. *Research in Learning Technology*, 25. <https://doi.org/10.25304/rlt.v25.1968>.
- Buteyn, N., Oh, Y. I., Knott, J., Bokach, P., Konyndyk, J., Tenney, J., ... y Koetje, D. (2019). Exploring Nutraceuticals to Enhance Scientific Literacy: Aligning with Vision and Change. *The American Biology Teacher*, 81(3), 176-185. <https://doi.org/10.1525/abt.2019.81.3.176>.
- Branch, R. M., y Kopcha, T. J. (2014). Instructional design models. *Handbook of research on educational communications and technology*, 77-87.
- Brito Rivera, L. F., y Díaz Barriga Arceo, F. (2020). La mediación tecnopedagógica para la formación profesional del psicólogo: una experiencia de diseño educativo. *Praxis educativa*, 24(1), 97-114.
- Brownell, S. E., Price, J. V., y Steinman, L. (2013). Science communication to the general public: why we need to teach undergraduate and graduate students this skill as part of their formal scientific training. *Journal of undergraduate neuroscience education*, 12(1), E6.
- Burcks, S. M. (2019). *Instructor formative assessment practices in virtual learning environments: A posthumanist sociomaterial perspective* [Doctoral dissertation, University of Missouri]. ProQuest Dissertations Publishing.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann, 88 Post Road West, PO Box 5007, Westport, CT 06881.
- Bybee, J. (2015). *Language change*. Cambridge University Press.

- Cáceres, P. (2008). Análisis cualitativo de contenido: una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas. Individuo y sociedad*, 2(1), 53-82.
- Çam, Ş. S., y Erdamar Koç, G. (2021). Technological pedagogical content knowledge practices in higher education: First impressions of preservice teachers. *Technology, Knowledge and Learning*, 26(1), 123-153.
- Calvo, G. (2013). La formación de docentes para la inclusión educativa. *Páginas de educación*, 6(1), 19-35.
- Caro Torres, M. C., Parra Pérez, D. A., Averanga Murillo, A. J., Corredor Plazas, N. J., y Medina Riveros, R. A. (2021). Modelo instruccional Biended-Flipped: personalización, flexibilización y metacognición para la nivelación en inglés en la educación superior. *Folios*, (53), 107-121.  
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RF/article/view/10742>.
- Carlino, P. (2004). El proceso de escritura académica: cuatro dificultades de la enseñanza universitaria. *Educere, revista venezolana de educación*, 8(26), 321-327.
- Carlino, P. (2006). La escritura en la investigación.
- Carlino, P., Iglesia, P., y Laxalt, I. (2013). Concepciones y prácticas declaradas de profesores terciarios en torno al leer y escribir en las asignaturas.
- Cartwright, N. M., Liddle, D. M., Arceneaux, B., Newton, G., y Monk, J. M. (2020). Assessing Scientific Literacy Skill Perceptions and Practical Capabilities in Fourth Year Undergraduate Biological Science Students. *International Journal of Higher Education*, 9(6), 64-76. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n6p64>.

- Carranza, M., Celaya, G., Herrera, J. A., y Carezzano, F. J. (2004). Una forma de procesar la información en los textos científicos y su influencia en la comprensión. *Revista electrónica de investigación educativa*, 6(1), 01-15.
- Casanovas Catalá, M., Capdevila Tomás, Y., y Astrid Ciro, L. (2019). Literacidad digital y académica: contraste preliminar entre dos universidades.
- Cassany, D., y Casstellà, J. (2010). Aproximación a la literacidad crítica literacidad. *Perspectiva*, 28(2), 353-374.
- Castellanos Sánchez, A., Sánchez Romero, C., y Calderero Hernández, J. F. (2017). Nuevos modelos tecnopedagógicos. Competencia digital de los alumnos universitarios. *Revista electrónica de investigación educativa*, 19(1), 1-9.
- Castillo-Montoya, M. (2016). Preparing for interview research: The interview protocol refinement framework. *Qualitative report*, 21(5). <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2016.2337>.
- Chandra, Y., y Shang, L. (2017). An RQDA-based constructivist methodology for qualitative research. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 20(1), 90-112. <https://doi.org/10.1108/QMR-02-2016-0014>.
- Chura-Quispe, G., Castro, R. A. G., Arocutipa, G. P. L., y De La Cruz, B. D. L. (2024). Creación y validación de un diseño tecnopedagógico con aprendizaje invertido y escritura colaborativa. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(2). <https://doi.org/10.5944/ried.27.2.38995>.

- Chois Lenis, P. M., Guerrero Jiménez, H. I., y Brambila Limón, R. (2020). Una mirada analítica a la enseñanza de la escritura en posgrado: Revisión de prácticas documentadas en Latinoamérica. *Íkala, Revista de Lenguaje y Cultura*, 25(2), 535-556.
- Coll, C., y Monereo, C. (2008). Educación y aprendizaje en el siglo XXI: Nuevas herramientas, nuevos escenarios, nuevas finalidades. *Psicología de la educación virtual*, 19-53.
- Colmenares, A. M., y Piñero, M. L. (2008). La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Laurus*, 14(27), 96-114.
- Corbin, J. M., y Strauss, A. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons, and evaluative criteria. *Qualitative sociology*, 13(1), 3-21.
- Corbit, M., Kolodziej, S., y Bernstein, R. (2005, June). SciFair: A multi-user virtual environment for building science literacy. In *Proceedings Beijing PCST Working Symposium*.
- Cresswell, J. (2013). Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches.
- Dabbagh, N., y Kitsantas, A. (2013). Using learning management systems as metacognitive tools to support self-regulation in higher education contexts. In *International handbook of metacognition and learning technologies* (pp. 197-211). New York, NY: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5546-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5546-3_14).
- Dewi, C. A., Khery, Y., y Erna, M. (2019). An ethnoscience study in chemistry learning to develop scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 279-287. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.19261>.

- Dori, Y. J., Allouche, A., Herscu-Kluska, R., Herscovitz, O., Yarden, H., Blinder, Y., y Levenberg, S. (2023). Biomedical engineering students' question posing skill based on reading scientific articles. *Journal of Science Education and Technology*, 32(6), 962-978. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10015-y>.
- Dori, Y. J., Zohar, A., Fischer-Shachor, D., Kohan-Mass, J., y Carmi, M. (2018). Gender-fair assessment of young gifted students' scientific thinking skills. *International Journal of Science Education*, 40(6), 595-620. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1431419>.
- Duncan, F. E., Romar, R., Gadea, J., Kimelman, D., Wallach, H. D., Woodruff, T. K., y Jiménez-Movilla, M. (2018). The use of a virtual journal club to promote cross-cultural learning in the reproductive sciences. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 35, 2141-2147. <https://doi.org/10.1007/s10815-018-1309-z>.
- Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1), 27-36.
- Evans, D. L., Bailey, S. G., Thumser, A. E., Trinder, S. L., Winstone, N. E., y Bailey, I. G. (2020). The Biochemical Literacy Framework: Inviting pedagogical innovation in higher education. *FEBS Open bio*, 10(9), 1720-1736. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.12938>.
- Fakhriyah, F., Masfuah, S., Hilyana, F. S., y Mamat, N. (2022). Analysis of technological pedagogical content knowledge (TPACK) ability based on science literacy for pre-service primary school teachers in learning science concepts. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 399-411.
- Fang, Z., y Coatoam, S. (2013). Disciplinary literacy: What you want to know about it. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 56(8), 627-632.

- Firat, E. A., y Köksal, M. S. (2019). Effects of instruction supported by web 2.0 tools on prospective teachers' biotechnology literacy. *Computers & Education*, 135, 61-74.
- Firdausy, B. A., y Prasetyo, Z. K. (2020). Improving scientific literacy through an interactive e-book: A literature review. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1440, No. 1, p. 012080). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012080>.
- Fitriana, E., y Permatasari, F. (2024). Assessing Scientific Literacy of College Students with TOSLS (Test of Scientific Literacy Skills). *Scaffolding: Jurnal Pendidikan Islam dan Multikulturalisme*, 6(1), 310-330.
- Geithner, C. A., y Pollastro, A. N. (2016). Doing peer review and receiving feedback: impact on scientific literacy and writing skills. *Advances in Physiology Education*, 40(1), 38-46. <https://doi.org/10.1152/advan.00071.2015>.
- George Reyes, C. E. (2019). Estrategia metodológica para elaborar el estado del arte como un producto de investigación educativa. *Praxis educativa*, 23(3), 29-32.
- Giraldo, E. P. L. (2011). El diseño instruccional en la educación virtual: más allá de la presentación de contenidos. *Educación y desarrollo social*, 5(2), 112-127.
- Gómez, B. R. (2002). Una variante pedagógica de la investigación-acción educativa. *Revista Iberoamericana de educación*, 29(1), 1-10.
- Gómez González, J. D. (2017). A model for the strategic use of metacognitive reading comprehension strategies. *Profile Issues in TeachersProfessional Development*, 19(2), 187-201. <https://doi.org/10.15446/profile.v19n2.58826>.

- González, B. M., Navarro, R. E., y Aguilar, G. A. (2015). Metacognición y tecnologías de la información y la comunicación: coincidencias e inconsistencias en la investigación. *Sinéctica*, (45).
- González-Pérez, L. I., Ramírez-Montoya, M. S., y García-Peñalvo, F. J. (2019). *Modelo de evaluación de experiencia de usuario para Repositorios Institucionales*. Grupo GRIAL.
- Gormally, C., Brickman, P., y Lutz, M. (2012). Developing a test of scientific literacy skills (TOSLS): Measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments. *CBE—Life Sciences Education*, 11(4), 364-377.
- Grotz, S. (2020). Identidad digital y redes sociales académicas. *Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano*, 3(2), 88-105.
- Hamza, H. M., y Ismail, O. J. (2021). The Effect of Using The ASSURE Model in The Complex Thinking Skills of Intermediate Stage students in mathematics. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 12(6).
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., y Smaldino, S. E. (2002). *Instructional media and technologies for learning* (7th ed.). Merrill Prentice Hall.
- Helawati, L., Rubini, B., y Firmayanto, R. (2020). The effectiveness of content and language integrated learning-based teaching material in the topic of the nature of matter on scientific literacy. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(3), 1061-1070.  
<https://doi.org/10.17478/JEGYS.736654>.
- Henao Salazar, J. I., y Londoño-Vásquez, D. A. (2017). Relación literacidad, contexto sociocultural y rendimiento académico: la experiencia de la Facultad de Ciencias

- Empresariales de la Institución Universitaria de Envigado. *Encuentros*, 15(1), 29-46.  
[https://doi.org/10.15665/re.v15i1.847.](https://doi.org/10.15665/re.v15i1.847)
- Hernández-Bielukas, Y. C., y Aranguren Peraza, G. N. (2022). Modelo tecnopedagógico de virtualización de entornos educativos. *Paradigma*, 43.  
<https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.p219-241.id1186>.
- Hernández-Zamora, G. (2016). Literacidad académica. *Universidad Autónoma Metropolitana*.
- Hubbard, K. E., Dunbar, S. D., Peasland, E. L., Poon, J., y Solly, J. E. (2022). How do readers at different career stages approach reading a scientific research paper? A case study in the biological sciences. *International Journal of Science Education, Part B*, 12(4), 328-344.  
<https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2078010>.
- Hussa, E. A. (2018). Can I still eat it? Using problem-based learning to test the 5-second rule and promote scientific literacy. *FEMS microbiology letters*, 365(21), fny246.  
<https://doi.org/10.1093/femsle/fny246>.
- Hyland, K. (2004). *Genre and second language writing*. University of Michigan Press.
- Janssen, C. H. C. (2020). El aula invertida en tiempos del COVID-19. *Educación química*, 31(5), 173-178. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.5.77288>.
- Juarez-Hernández, L. G., y Tobón, S. (2018). Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación. *Revista espacios*, 39(53).
- Jufrida, J., Basuki, F. R., Kurniawan, W., Pangestu, M. D., y Fitaloka, O. (2019). Scientific literacy and science learning achievement at junior high school. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 8(4), 630-636.

- Jusino, S. L. (2019). *Exploring aspects of science literacy demonstrated by early undergraduate STEM majors through a manuscript-style writing assignment* [Doctoral dissertation, West Virginia University]. West Virginia University Institutional Repository.
- Kawamoto, S., Nakayama, M., y Saijo, M. (2013). A survey of scientific literacy to provide a foundation for designing science communication in Japan. *Public Understanding of Science*, 22(6), 674-690. <https://doi.org/10.1177/0963662511418893>.
- Kemmis, S. (2021). Improving education through action research. In *Action research for change and development* (pp. 57-75). Routledge.
- Kemp, J. E., Morrison, G. R., y Ross, S. M. (2012). *Designing effective instruction* (7th ed.). Wiley.
- Khaldi, M., Anoir, L., Waladi, C., y Khaldi, M. (2024, February). From The Cooperative Approach To The Collaborative Approach: The Choice Of Technological Tools For A Learning Task. In *E-Learning and Smart Engineering Systems (ELSES 2023)* (pp. 113-120). Atlantis Press.
- Killpack, T. L., y Popolizio, T. R. (2023). An equity-focused redesign of an introductory organismal biology lab course to develop foundational scientific practices. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(1), e00213-22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00213-22>.
- Kirby, C. K., Fleming-Davies, A., y White, P. J. (2019). The figure of the day: A classroom activity to improve Students' figure creation skills in biology. *The American Biology Teacher*, 81(5), 317-325. <https://doi.org/10.1525/abt.2019.81.5.317>.

- Krauskopf, K., Foulger, T. S., y Williams, M. K. (2018). Prompting teachers' reflection of their professional knowledge. A proof-of-concept study of the Graphic Assessment of TPACK Instrument. *Teacher Development*, 22(2), 153-174.
- Lara, M. A. B., Mansilla, M. P., de Agüero Servín, M., Mendiola, M. S., y Cazales, V. J. R. (2022). Los grupos focales como estrategia de investigación en educación: algunas lecciones desde su diseño, puesta en marcha, transcripción y moderación. *Revista CPU-e*, (34), 163-197.
- Laugksch, R. C. (2000). The Differential Role of Physical Science and Biology in Achieving Scientific Literacy in South Africa--A Possible Explanation.
- Lederman, L. (2018). The ever more pressing problem of science literacy. In *Learning to Live Together: Promoting Social Harmony* (pp. 139-147). Cham: Springer International Publishing.
- Lee, S., Foster, C., Zhong, M., Bruce-Opris, H., Duenas, M., Parente, V., ... y McCartney, M. (2023). Annotations serve as an on ramp for introductory biology students learning to read primary scientific literature. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(1), e00214-22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00214-22>.
- Londoño Vásquez, D. A. (2015). De la lectura y la escritura a la literacidad: Una revisión del estado del arte. *Anagramas-Rumbos y sentidos de la comunicación-*, 13(26), 197-220. <https://doi.org/10.22395/angr.v13n26a10>.
- Liu, C. (2024). *Fostering undergraduates' socioscientific reasoning skills through media analysis* [Doctoral dissertation, Indiana University]. Indiana University Institutional Repository.

- Martin, J., Maton, K., y Matruglio, E. (2010). Historical cosmologies: Epistemology and axiology in Australian secondary school history discourse. *Revista signos*, 43(74), 433-463.
- May, M., Hall, M., y Crossgrove Fry, V. (2020). Idaho Literacy Intervention Program Evaluation 2020.
- Mayer, R. E. (2017). *Using multimedia for e-learning*. Journal of Computer Assisted Learning, 33(5), 403–423. <https://doi.org/10.1111/jcal.12197>.
- Mayring, P. (2000) Qualitative content analysis. *Forum qualitative social research*, 3 (2), 38-50.
- Méndez Ochaita, M. F., y Remedi Allione, E. (2016). Los orígenes de un grupo de investigación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP): configuración de una "cabeza de playa". *Revista de la educación superior*, 45(180), 89-107.
- Merchán Basabe, C. A. (2018). Modelamiento pedagógico de ambientes virtuales de aprendizaje (AVA). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (44), 51-70.
- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public understanding of science*, 7(3), 203.
- Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Moisander, P. H. (2021). Practicing critical thinking in undergraduate microbiology classes by presenting news stories with data evidence. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 22(3), e00171-21. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00171-21>.

- Molas Castells, N., y Rosselló, M. (2010). Revolución en las aulas: llegan los profesores del siglo. La introducción de las TIC en las aulas y el nuevo rol docente. *Didáctica, innovación y multimedia*, (19), 0001-9.
- Molero, N. M. C. (2012). Estrategias metacognitivas aplicadas en la escritura y comprensión lectora en el desarrollo de los trabajos de grado. *Zona próxima*, (17), 142-153.
- Momsen, J. L., Long, T. M., Wyse, S. A., y Ebert-May, D. (2010). Just the facts? Introductory undergraduate biology courses focus on low-level cognitive skills. *CBE—Life Sciences Education*, 9(4), 435-440. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-01-0001>.
- Montes Silva, M. E., y López Bonilla, G. (2017). Literacidad y alfabetización disciplinar: enfoques teóricos y propuestas pedagógicas. *Perfiles educativos*, 39(155), 162-178. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2017.155.58062>.
- Montoya Acosta, L. A., Parra Castellanos, M. D. R., Lescay Arias, M., Cabello Alcivar, O. A., y Coloma Ronquillo, G. M. (2019). Teorías pedagógicas que sustentan el aprendizaje con el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. *Revista información científica*, 98(2), 241-255.
- Moreno Mosquera, E., Bernal Ramírez, G. E., y Zárate Aranda, L. L. (2024). Círculos de escritura y estrategias de regulación en tesistas de la Maestría en Educación de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia). *Zona próxima*, (40), 10-42.
- Moyano, E. (2007). Enseñanza de habilidades discursivas en español en contexto pre-universitario: Una aproximación desde la LSF. *Revista signos*, 40(65), 573-608. <https://doi.org/10.4067/S0718-09342007000300009>.

- Moyano, E. I. (2000). Comunicar ciencia: El artículo científico y las presentaciones a congresos. *Buenos Aires: Secretaría de Investigaciones: Universidad Nacional de Lomas de Zamora.*
- Moyano, E. I. (2017). Diseño e implementación de programas de lectura y escritura en el nivel universitario: principios y estrategias. *Lenguas Modernas*, (50), ág-47.
- Münchow, H., Richter, T., von der Mühlen, S., y Schmid, S. (2019). The ability to evaluate arguments in scientific texts: Measurement, cognitive processes, nomological network, and relevance for academic success at the university. *British Journal of Educational Psychology*, 89(3), 501-523. <https://doi.org/10.1111/bjep.12298>.
- Münchow, H., Tiffin-Richards, S. P., Fleischmann, L., Pieschl, S., y Richter, T. (2023). Promoting students' argument comprehension and evaluation skills: Implementation of two training interventions in higher education. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 26(3), 703-725. <https://doi.org/10.1007/s11618-023-01147-x>.
- Muñiz, J., Elosua, P., y Hambleton, R. K. (2013). Directrices para la traducción y adaptación de los tests: segunda edición. *Psicothema*, 25(2), 151-157.
- Naranjo, L. M. J., y Gallardo, V. P. S. (2014). La metacognición y su aplicación en herramientas virtuales desde la práctica docente. *Sophia*, (16), 300-313. <https://doi.org/10.17163/soph.n16.2014.13>.
- Navarro, F. (2017). Piensa globalmente, actúa localmente: cómo diseñar un curso de escritura académica para estudiantes que ingresan a la universidad. *El desarrollo de las competencias básicas en los Estudios Generales*. Lima: EEGGLL-PUCP.

- Navarro, F. (2021). Escritura e inclusión en la universidad. Herramientas para docentes, Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Navarro, F. (2021). Más allá de la alfabetización académica: las funciones de la escritura en educación superior. *Revista Electrónica Leer, Escribir y Descubrir*, 1(9), 4.
- Navarro, F., Ávila Reyes, N., Tapia-Ladino, M., Cristovão, V. L., Moritz, M. E. W., Narváez Cardona, E., y Bazerman, C. (2016). Panorama histórico y contrastivo de los estudios sobre lectura y escritura en educación superior publicados en América Latina. *Revista signos*, 49, 78-99. <https://doi.org/10.4067/S0718-09342016000400006>.
- Navarro, F., Montes, S., y Álvarez, M. (2022). How do students write in engineering and the humanities? Intertextuality and metadiscourse in undergraduate dissertations written in Spanish. *Círculo de Lingüística Aplicada a la Comunicación*, 90, 35.
- Navarro, F., Orlando, J., Vega-Retter, C., y Roth, A. D. (2022). Science writing in higher education: Effects of teaching self-assessment of scientific poster construction on writing quality and academic achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10137-y>.
- Nelms, A. A., y Segura-Totten, M. (2019). Expert–novice comparison reveals pedagogical implications for students’ analysis of primary literature. *CBE—Life Sciences Education*, 18(4), ar56. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-05-0077>.
- Norris, S. P., y Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science education*, 87(2), 224-240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>.

O'Toole, J. M., McKoy, K., Freestone, M., y Osborn, J. A. (2020). 'Scientific Literacy': An Exercise in Model Building. *Education Sciences*, 10(8), 204.

<https://doi.org/10.3390/educsci10080204>.

Oberbauer, A. M., Lai, E., Kinsey, N. A., y Famula, T. R. (2021). Enhancing student scientific literacy through participation in citizen science focused on companion animal behavior. *Translational Animal Science*, 5(3), txab131. <https://doi.org/10.1093/tas/txab131>.

Oliveira, L. M. A., Bonatelli, M. L., y Pinto, T. C. A. (2019). DivulgaMicro: A Brazilian initiative to empower early-career scientists with science communication skills. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 20(1), 10-1128.

<https://doi.org/10.1128/jmbe.v20i1.1616>.

Olvera, W., Gámez, I. E., y Martínez-Castillo, J. (2014). Aula invertida o modelo invertido de aprendizaje: Origen, sustento e implicaciones. *Los modelos tecno-educativos, revolucionando aprendizaje del siglo*, 21, 143-160.

Ordóñez, P. C., y Gamboa, L. A. G. (2016). Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(1), 148-158.

Pabón, L. C. O. (2014). Las Competencias en la Era Digital. *Revista CONVICCIONES*, 1(2), 55-57.

Páramo Morales, D. (2015). La teoría fundamentada (Grounded Theory), metodología cualitativa de investigación científica. *Pensamiento & gestión*, (39), 1-7.

- Pedwell, R. K., Hardy, J. A., y Rowland, S. L. (2017). Effective visual design and communication practices for research posters: Exemplars based on the theory and practice of multimedia learning and rhetoric. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45(3), 249-261.
- Pelger, S. (2018). Popular science writing bringing new perspectives into science students' theses. *International Journal of Science Education, Part B*, 8(1), 1-13.  
<https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1371355>.
- Prastiwi, M., Kartowagiran, B., & Susantini, E. (2020). Assessing using technology: Is electronic portfolio effective to assess the scientific literacy on evolution theory. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(12), 230-243.  
<https://doi.org/10.3991/ijet.v15i12.12227>.
- R (Versión 4.1.1). (2021). [R].
- Rauschenbach, I., Keddis, R., y Davis, D. (2018). Poster development and presentation to improve scientific inquiry and broaden effective scientific communication skills. *Journal of microbiology & biology education*, 19(1), 10-1128.  
<https://doi.org/10.1128/jmbe.v19i1.1511>.
- Rawle, F., Thuna, M., Zhao, T., y Kaler, M. (2018). Audio Feedback: Student and Teaching Assistant Perspectives on an Alternative Mode of Feedback for Written Assignments. *Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 9(2), n2.  
<https://doi.org/10.5206/cjsotl-rcacea.2018.2.2>.

- Reyes, N. Á., Figueroa, J., Calle-Arango, L., y Morales, S. (2021). Experiencias con la escritura académica: un estudio longitudinal con estudiantes diversos. *Education Policy Analysis Archives*, 29 (August-December), 159-159. <https://doi.org/10.14507/epaa.29.6091>.
- Risniawati, M., Serevina, V., y Delina, M. (2020, March). The development of E-learning media to improve students' science literacy skill in Senior High School. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1481, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.
- Riquelme Arredondo, A., y Quintero Corzo, J. (2017). La literacidad, conceptualizaciones y perspectivas: hacia un estado del arte.
- Rodriguez, A. D. C. M. (2009). El diseño instruccional en la educación a distancia. Un acercamiento a los Modelos. *Apertura*, 9(10), 104-119.
- Román, F., Forés, A., Calandri, I., Gautreaux, R., Antúnez, A., Ordehi, D., ... y Allegri, R. (2020). Resiliencia de docentes en distanciamiento social preventivo obligatorio durante la pandemia de COVID-19. *Journal of Neuroeducation*, 1(1), 76-87.
- Romero Chaves, C., Rosero Sosa, M. M., y Jiménez Toledo, J. (2017). La metacognición y la teoría de la actividad en la enseñanza de la programación. <https://doi.org/DOI:10.15658/CESMAGxxxxxx>.
- Roviati, E., Sahrir, D. C., y Umami, M. (2022, December). Argumentative peer review as an effort to improve scientific writing skills on laboratory reports from home during the pandemic time of Covid-19. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2468, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0113999>.

- Rusilowati, A., Kurniawati, L., Nugroho, S. E., y Widiyatmoko, A. (2016). Developing an Instrument of Scientific Literacy Assessment on the Cycle Theme. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(12), 5718-5727.
- Scott, G., y Ahmed, S. A. (2020). A writing-to-learn approach for improving students' evaluation of science web sources. *The American Biology Teacher*, 82(9), 638-640.  
<https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.9.638>.
- Segarra, V. A., Hughes, N. M., Ackerman, K. M., Grider, M. H., Lyda, T., y Vigueira, P. A. (2018). Student performance on the Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS) does not change with assignment of a low-stakes grade. *BMC research notes*, 11, 1-5.  
<https://doi.org/10.1186/s13104-018-3545-9>.
- Semilarski, H., y Laius, A. (2021). Exploring Biological Literacy: A Systematic Literature Review of Biological Literacy. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1181-1197.
- Semin, G. R. (2012). The linguistic category model. *Handbook of theories of social psychology*, 1, 309-326.
- Serrano, G. P. (1994). *Investigación cualitativa: retos e interrogantes*. Madrid: La muralla.
- Shaffer, J. F., Ferguson, J., y Denaro, K. (2019). Use of the test of scientific literacy skills reveals that fundamental literacy is an important contributor to scientific literacy. *CBE—Life Sciences Education*, 18(3), ar31. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-12-0238>.
- Shaukat, F. (2021). *The relationship between scientific literacy and science self-efficacy of undergraduates enrolled in select biology classes* [Doctoral dissertation, University of Houston–Clear Lake]. University of Houston–Clear Lake Institutional Repository.

- Schulze, S. (2014). Finding the academic self: Identity development of academics as doctoral students. *Koers: Bulletin for Christian Scholarship = Koers: Bulletin vir Christelike Wetenskap*, 79(1), 1-8.
- Shyr, W. J., y Chen, C. H. (2018). Designing a technology-enhanced flipped learning system to facilitate students' self-regulation and performance. *Journal of Computer assisted learning*, 34(1), 53-62. <https://doi.org/10.1111/jcal.12213>.
- Sibley, E., Theodorakakis, M., Walsh, M. E., Foley, C., Petrie, J., y Raczek, A. (2017). The impact of comprehensive student support on teachers: Knowledge of the whole child, classroom practice, and teacher support. *Teaching and Teacher Education*, 65, 145-156.
- Siemens, G. (2004). Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital.
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., y Russell, J. D. (2008). *Instructional technology and media for learning* (9th ed.). Pearson Education.
- Smith, S. C. (2018). *Attaining scientific literacy through a rhetoric of science composition pedagogy* [Doctoral dissertation, The University of Memphis]. ProQuest Dissertations Publishing.
- Sobrino Morrás, Á. (2014). Aportaciones del conectivismo como modelo pedagógico post-constructivista. *Propuesta educativa*, (42), 39-48.
- Solano, A. D., y Aarón, M. A. (2020). Enseñanza en ingeniería de manera colaborativa a partir de un diseño tecnopedagógico, usando SMILE. *Formación universitaria*, 13(4), 201-210.
- Stockwell, S. B. (2016). A Progressive Reading, Writing, and Artistic Module to Support Scientific Literacy. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 93-97. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.990>.

- Street, B. V. (2014). *Social literacies: Critical approaches to literacy in development, ethnography and education*. Routledge.
- Suárez Pazos, M. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación.
- Suwono, H., Saefi, M., y Susilo, H. (2019, March). Challenge based learning to improve scientific literacy of undergraduate biology students. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2081, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.5094018>.
- Swales, J. M. (1990). *Genre analysis*. Cambridge university press.
- Taylor, A. T. (2020). Integrating scientific literacy skills into a biochemistry course for nonscience majors. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(1), 54-60. <https://doi.org/10.1002/bmb.21313>.
- Teddlie, C., y Yu, F. (2007). Mixed methods sampling: A typology with examples. *Journal of mixed methods research*, 1(1), 77-100. <https://doi.org/10.1177/1558689806292430>.
- Teliz, E. G. (2017). Idea: transformaciones de un modelo para la gestión tecnopedagógica. *Revista panamericana de pedagogía*, (24). <https://doi.org/10.2155/rpp.v0i24.1701>.
- Tenorio, V. Á., y Balandra, A. C. Á. (2014). Métodos en la investigación educativa.
- Thakur, N. (2015). A study on implementation of techno-pedagogical skills, its challenges and role to release at higher level of education. *American International Journal of Research in Humanities, Arts and Social Sciences*, 9(2), 182-186.
- Upogui, A. A. S. (2011). *Manual de redacción académica e investigativa: cómo escribir, evaluar y publicar artículos*. Católica del Norte Fundación Universitaria.

- Utami, A. U. (2021, July). The effectiveness of the online-based test of scientific literacy skills (tosls) assessment to measure science literacy ability during the covid pandemic. In *Proceeding of International Conference in Education, Science and Technology* (pp. 322-328).
- Van't Hooft, A. (2013). Cómo elaborar un cartel científico. *Revista de El Colegio de San Luis*, 3(5), 134-145.
- Vargas-Murillo, G. (2020). Virtualización de contenidos académicos en entornos a distancia de aprendizaje. *Cuadernos Hospital de Clínicas*, 61(2), 65-72.
- Vasilachis, I. (2006). Estrategias de investigación cualitativa.
- Vieira, R. F., Lima, R. C. D., y Mizubuti, E. S. G. (2019). How to write the discussion section of a scientific article. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 41, e42621.
- Vogelzang, J., Admiraal, W. F., y van Driel, J. H. (2020). Effects of Scrum methodology on students' critical scientific literacy: the case of Green Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 940-952. <https://doi.org/10.1039/D0RP00066C>.
- Washburn, M. E., Shanks, R. A., McCartney, M., Robertson, C. L., y Segura-Totten, M. (2023). Discussion of annotated research articles results in increases in scientific literacy within a cell biology course. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 24(1), e00154-22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.00154-22>.
- Wensing, M., y Grol, R. (2019). Knowledge translation in health: how implementation science could contribute more. *BMC medicine*, 17, 1-6.
- Wong, S. S. H. (2015). Mobile digital devices and preschoolers' home multiliteracy practices. *Language and Literacy*, 17(2), 75-90.

Wong, L. H., Chai, C. S., Zhang, X., y King, R. B. (2014). Employing the TPACK framework for researcher-teacher co-design of a mobile-assisted seamless language learning environment. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(1), 31-42.

<https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2354038>.

Woodham, H., Marbach-Ad, G., Downey, G., Tomei, E., y Thompson, K. (2016). Enhancing scientific literacy in the undergraduate cell biology laboratory classroom. *Journal of microbiology & biology education*, 17(3), 458-465.

<https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i3.1162>.

Yepes, J. L. (2019). El desarrollo de habilidades informativas y de creación de nuevo conocimiento: los conceptos de literacidad informativa (alfabetización informacional) y literacidad crítica. *Ibersid: revista de sistemas de información y documentación*, 13(1), 29-36.

Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (46).

Zavala, V., Niño-Murcia, M., y Ames, P. (Eds.). (2004). *Escritura y sociedad: nuevas perspectivas teóricas y etnográficas*. Universidad del Pacífico.

Zubaidah, S., Angraini, E., & Susanto, H. (2023). TPACK-based active learning to promote digital and scientific literacy in genetics. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(2), 50-61. <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.07>.



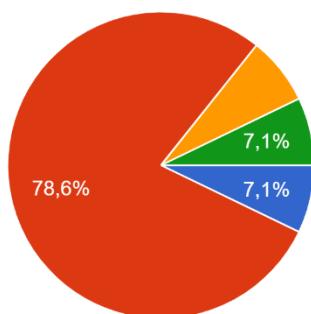
## 8. Anexos

### Resultados de la prueba de literacidad científica

La respuesta correcta a la pregunta 1 es la opción “b”. Un 78.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

#### 1. ¿Cuál de los siguientes enunciados es un argumento científico válido?

14 respuestas

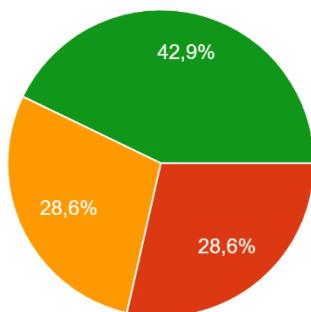


- a. Las mediciones del nivel del mar en la costa del Golfo realizadas en este año son más bajas de lo normal; el pr...
- b. Una cepa de ratones fue modificada genéticamente para que careciera de un determinado gen, y los ratones fueron...
- c. Una encuesta reveló que el 34% de los estadounidenses cree que los dino...
- d. Este invierno, el noreste de EE. UU. recibió cantidades récord de nieve, y l...

La respuesta correcta a la pregunta 2 es la opción “d”. Un 42.9% de los estudiantes respondió de manera correcta.

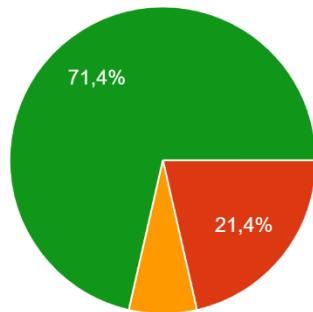
#### 2. Los creadores de la Shake Weight, una mancuerna móvil, afirman que su producto puede producir “una fuerza increíble!”. ¿Cuál de la información del Shake Weight para aumentar la fuerza muscular?

14 respuestas



- a. Los datos de una encuesta indican que en promedio los usuarios de Shake Weight reportan que se ejercitan con...
- b. En comparación con el estado de reposo, los usuarios del Shake Weight han incrementado 300% el flujo sangu...
- c. La información de una encuesta indicó que los usuarios de Shake Wei...
- d. En comparación con los usuarios de mancuernas comunes, los usuarios d...

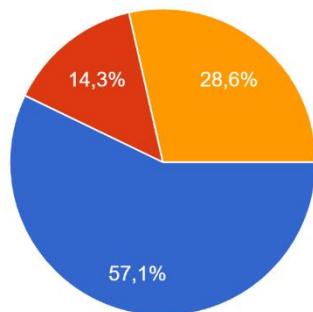
3. Los resultados de esta investigación sugieren que consumir refrescos dietéticos podrían incrementar el riesgo de ataques cardíacos o derrames cerebrales. ¿Qué tipo de evidencia adicional que soporte esta afirmación:  
14 respuestas



- a. Los resultados de un estudio epidemiológico sugieren que los neoyorquinos tienen 6.8 veces más pr...
- b. Los resultados de un estudio experimental demostraron que los individuos elegidos aleatoriamente pa...
- c. Los estudios en animales sugieren una relación entre las enfermedades v...
- d. Los resultados de una encuesta indican que las personas que consum...

La respuesta correcta a la pregunta 4 es la opción “c”. Un 28.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

4. Del extracto anterior ¿de qué tipo de información se obtiene?  
14 respuestas

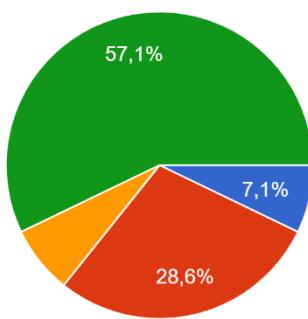


- a. Primaria (Estudios de investigación sometidos a revisión por pares en una revista científica).
- b. Secundaria (Revisiones de varios estudios de investigación redactadas como resumen de artículos con refere...
- c. Terciaria (Informes de los medios de comunicación, entradas de enciclopedia o documentos publicados por organiz...
- d. Ninguna de las anteriores .

La respuesta correcta a la pregunta 5 es la opción “d”. Un 57.1% de los estudiantes respondió de manera correcta.

5. El investigador principal dijo: "Creo que los consumidores de refrescos dietéticos deben estar atentos, pero no creo que nadie deba cambiar sus c...ejara de beber refrescos dietéticos de inmediato?

14 respuestas

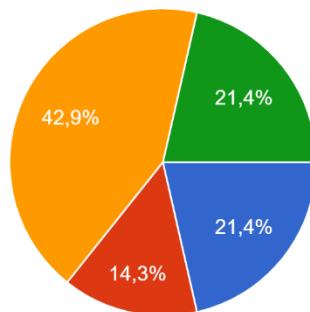


- a. Los resultados deberían repetirse con una muestra más representativa de la población estadounidense.
- b. Puede haber factores de confusión significativos (explicaciones alternativas para la relación entre los refrescos die...)
- c. Los sujetos no fueron asignados al azar a los grupos de tratamiento y control.
- d. Todas las anteriores.

La respuesta correcta a la pregunta 6 es la opción “c”. Un 42.9% de los estudiantes respondió de manera correcta.

6. ¿Cuál de los siguientes atributos no es un punto fuerte del diseño de investigación del estudio?

14 respuestas

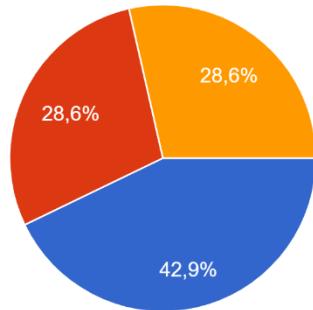


- a. Obtener datos de una muestra de gran tamaño.
- b. Tomar una muestra aleatoria de los residentes de la ciudad de Nueva York.
- c. Asignar aleatoriamente a los participantes a los grupos de control y experimental.
- d. Todas las anteriores.

La respuesta correcta a la pregunta 7 es la opción “b”. Un 28.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

7. Para esta página (Eros Fundation), ¿Cuál de las siguientes características es la más importante para distinguir si la fuente es precisa?

14 respuestas

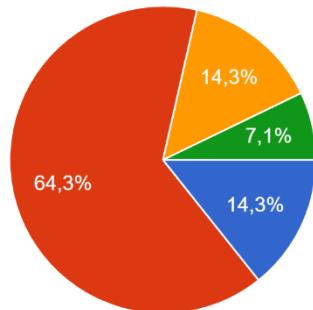


- a. Es posible que la fuente no sea precisa, porque no se proporcionan las referencias adecuadas.
- b. Es posible que la fuente no sea precisa, porque el propósito del sitio es anunciar un producto.
- c. Es posible que la fuente sea precisa, porque se proporcionan referencias a...
- d. Es posible que la fuente sea precisa, porque el autor de la página web es r...

La respuesta correcta a la pregunta 8 es la opción “b”. Un 64.3% de los estudiantes respondió de manera correcta.

8. El factor más importante que influye al calificar un artículo de investigación como ciencia confiable es:

14 respuestas

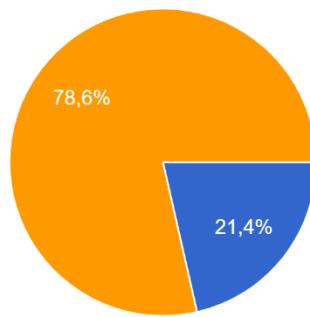


- a. La presencia de datos o gráficos.
- b. El artículo fue evaluado por expertos imparciales independientes.
- c. La reputación de los investigadores.
- d. El editor del artículo.

La respuesta correcta a la pregunta 9 es la opción “c”. Un 78.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

9. Su doctor le prescribió un medicamento de una nueva marca. El medicamento tiene efectos secundarios importantes, entonces usted realiza a... fuentes le proporcionan información más precisa?

14 respuestas

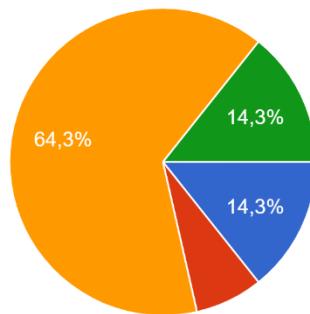


- a. El folleto/página web del fabricante del medicamento.
- b. Un reportaje especial sobre el medicamento en las noticias de la noche.
- c. Un estudio realizado por investigadores externos.
- d. Información de un amigo de confianza que ha estado tomando el medicamento durante seis meses.

La respuesta correcta a la pregunta 10 es la opción “c”. Un 64.3% de los estudiantes respondió de manera correcta.

10. Elige la mejor respuesta que le ayudará a decidir sobre la credibilidad de la Revista Eurasian Journal of Bone and Joint Medicine:

14 respuestas

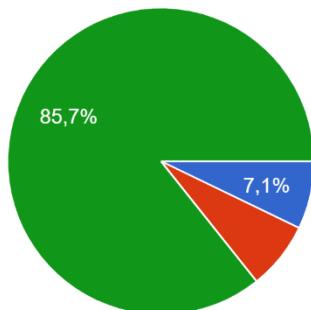


- a. No es una fuente creíble de investigación científica porque había anuncios dentro de la revista.
- b. Es una fuente creíble de investigación científica porque la publicación incluye revisores con credenciales adecuadas...
- c. No es una fuente creíble de investigación científica porque sólo m...
- d. Es una fuente creíble de investigación científica porque los estudios publicad...

La respuesta correcta a la pregunta 11 es la opción “d”. Un 85.7% de los estudiantes respondió de manera correcta.

11. ¿Cuál de las siguientes acciones es una línea válida de actuación científica?

14 respuestas

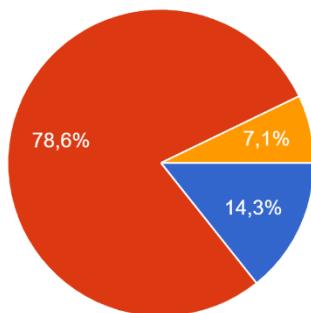


- a. Un organismo gubernamental se basa en gran medida en dos estudios financiados por la industria, para decl...
- b. Los periodistas dieron igual credibilidad a ambos lados de la historia científica, a pesar de que una versión...
- c. Un organismo gubernamental decide modificar los mensajes de salud públi...
- d. Muchos estudios de investigación han encontrado un nuevo medicamento q...

La respuesta correcta a la pregunta 12 es la opción “b”. Un 78.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

12. ¿Cuál de los siguientes enunciados no es un ejemplo para el uso apropiado de la ciencia?

14 respuestas

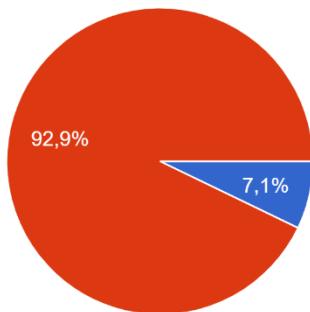


- a. Un grupo de científicos encargado de revisar las propuestas de subvención basó sus recomendaciones de financi...
- b. Los científicos son seleccionados para ayudar a realizar un estudio de investigación patrocinado por el gobie...
- c. El Servicio de Pesca y Vida Silvestre revisa su lista de especies protegidas...
- d. El Senado deja de financiar un programa de educación sexual amplia...

La respuesta correcta a la pregunta 13 es la opción “b”. Un 92.9% de los estudiantes respondió de manera correcta.

13. ¿Cuál de las siguientes acciones es una acción científica válida?

14 respuestas

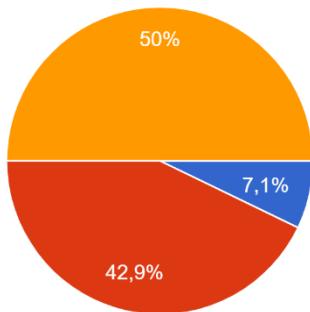


- a. Una revista científica rechaza un estudio porque los resultados aportan pruebas en contra de un modelo ampl...
- b. La revista científica Science se retracta de un artículo publicado tras descubrir que el investigador tergivers...
- c. Una investigadora distribuye muestras gratuitas de un nuevo medic...
- d. Un científico de alto nivel anima a su estudiante de posgrado a publicar un...

La respuesta correcta a la pregunta 14 es la opción “c”. Un 50% de los estudiantes respondió de manera correcta.

14. ¿Cuál de los siguientes estudios de investigación tiene menos probabilidad de contener un factor de confusión (variable que proporciona una e...ión alternativa para los resultados) en su diseño?

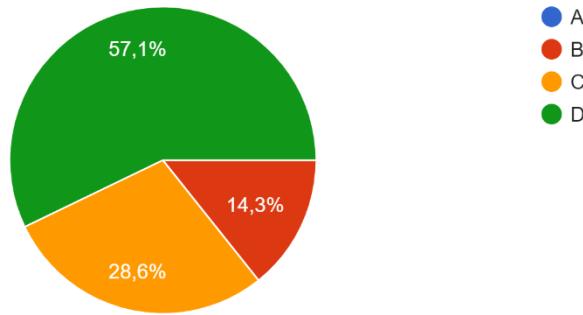
14 respuestas



- a. Los investigadores asignan aleatoriamente a los participantes a los grupos de control o experimental. Las...
- b. Para explorar las tendencias de las creencias espirituales/religiosas de los estudiantes que acuden a las universi...
- c. Para evaluar el efecto de un nuevo programa de dieta, los investigadores...
- d. Los investigadores evaluaron la efectividad de un nuevo fertilizador de...

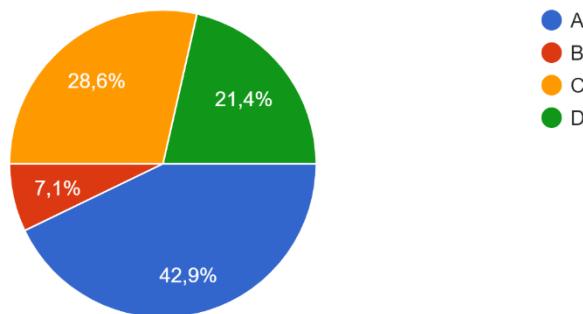
La respuesta correcta a la pregunta 15 es la opción “d”. Un 57.1% de los estudiantes respondió de manera correcta.

15. Los investigadores descubrieron que los individuos con estrés crónico tienen una presión arterial significativamente más alta en comparación con individuos con estrés disminuido? (Ver imagen abajo)  
14 respuestas



La respuesta correcta a la pregunta 16 es la opción “c”. Un 28.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

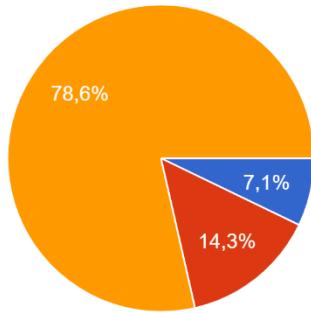
16. Mientras cultivas vegetales en tu jardín, te has dado cuenta de que un tipo específico de insecto se está comiendo tus plantas. Realizaste un conteo de tiempo. ¿Qué gráfico representa mejor sus datos?  
14 respuestas



La respuesta correcta a la pregunta 17 es la opción “c”. Un 78.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

17. Cuando se introdujeron escarabajos como depredadores de los renacuajos de la rana leopardo y se añadió el pesticida Malatión los resultados fu...hipótesis plausible para explicar estos resultados?

14 respuestas

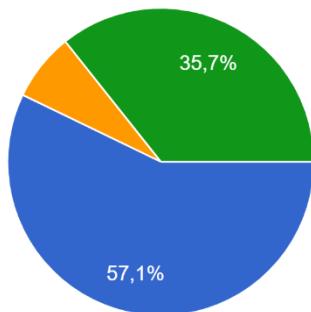


- a. El Malatión mató a los renacuajos, lo que provocó que los escarabajos estuvieran más hambrientos y comier...
- b. El Malatión mató a los renacuajos, así los escarabajos tenían más alimento y su población aumentó.
- c. El Malatión mató a los escarabajos, lo que provocó que se comieran menos...
- d. El Malatión mató a los escarabajos, lo que provocó que la población de rena...

La respuesta correcta a la pregunta 18 es la opción “a”. Un 57.1% de los estudiantes respondió de manera correcta.

18. ¿Cuál de los siguientes enunciados es la mejor interpretación de la gráfica que se muestra a continuación?

14 respuestas

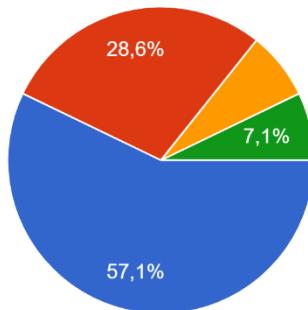


- a. Los ratones de tipo "A" con linfoma fueron más frecuentes que los de tipo "A" sin tumores.
- b. Los ratones de tipo "B" fueron más propensos a tener tumores que los de tipo "A".
- c. El linfoma fue igualmente frecuente entre los ratones de tipo "A" y de tipo...
- d. El carcinoma fue menos frecuente que el linfoma sólo en los ratones de t...

La respuesta correcta a la pregunta 19 es la opción “a”. Un 57.1% de los estudiantes respondió de manera correcta.

19. ¿Cuál de los siguientes enunciados es la conclusión más acertada que puedes sacar de los datos de este gráfico?

14 respuestas

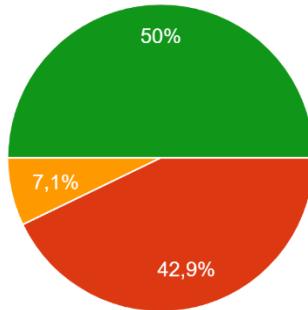


- a. El mayor aumento de consumo de carne se ha producido en los últimos 20 años.
- b. El consumo de carne ha aumentado a un ritmo constante en los últimos 40 años.
- c. El consumo de carne se duplica en los países en desarrollo cada 20 años.
- d. El consumo de carne aumenta un 50% cada 10 años.

La respuesta correcta a la pregunta 20 es la opción “b”. Un 42.9% de los estudiantes respondió de manera correcta.

20. ¿Cuál es la proporción de las casas que fueron construidas con una base de piedra y techo de tejas?

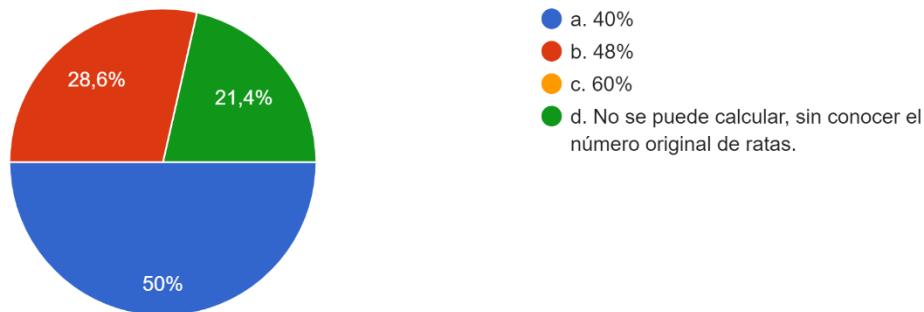
14 respuestas



- a. 25%
- b. 36%
- c. 48%
- d. No puede ser calculado sin saber los números originales de los participantes de la encuesta.

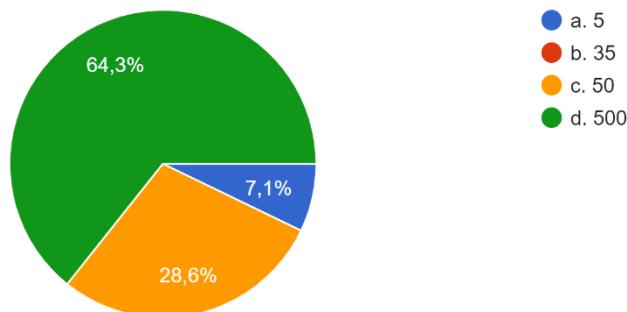
La respuesta correcta a la pregunta 21 es la opción “b”. Un 28.6% de los estudiantes respondió de manera correcta.

21. Un huracán acabó con el 40% de las ratas salvajes de una ciudad costera. Luego, una enfermedad se propagó a través del agua estancada...al de ratas queda después de estos dos sucesos?  
14 respuestas



La respuesta correcta a la pregunta 22 es la opción “d”. Un 64.3% de los estudiantes respondió de manera correcta.

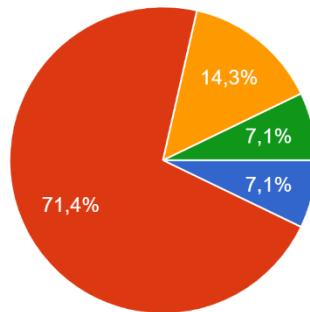
22. Una prueba de genes muestra resultados prometedores para la detección de cáncer de colon. Es decir, el 5% de los resultados falsos positivos i...un falso positivo y se alarmarían innecesariamente?  
14 respuestas



La respuesta correcta a la pregunta 23 es la opción “b”. Un 71.4% de los estudiantes respondió de manera correcta.

23. Se realizó un estudio sobre la esperanza de vida utilizando una muestra aleatoria de 1,000 participantes de Estados Unidos. En esta muestra,...mbres en la población general de Estados Unidos?

14 respuestas

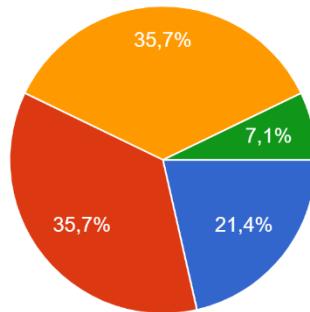


- a. Resta la esperanza de vida promedio de los hombres a la esperanza de vida promedio de las mujeres. Si el valor e...
- b. Realiza un análisis estadístico para determinar si las mujeres significativamente viven más que los...
- c. Representa gráficamente los valores promedio de la esperanza de vida de l...
- d. No hay forma de aumentar la certeza de que existe una diferencia entre los...

La respuesta correcta a la pregunta 24 es la opción “c”. Un 35.7% de los estudiantes respondió de manera correcta.

24. Dos estudios estiman la media del contenido de cafeína en una bebida energética. Cada estudio utiliza la misma prueba en una muestra aleatoria de...iliza 100 botellas. ¿Cuál afirmación es verdadera?

14 respuestas

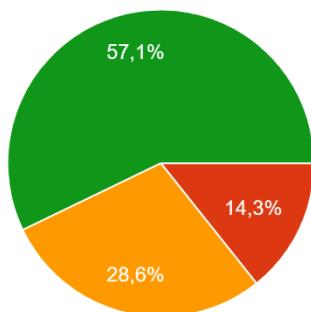


- a. La estimación del promedio actual del contenido de cafeína de cada estudio será igualmente incierta.
- b. La incertidumbre en la estimación del promedio actual de cafeína será menor en el estudio 1 que en el estudio 2
- c. La incertidumbre en la estimación de la media actual de cafeína será mayor en el estudio 1 que en el estudio 2.
- d. Ninguna de las anteriores.

La respuesta correcta a la pregunta 25 es la opción “d”. Un 57.1% de los estudiantes respondió de manera correcta.

25. ¿Por qué los investigadores usan la estadística para obtener conclusiones acerca de los datos?

14 respuestas

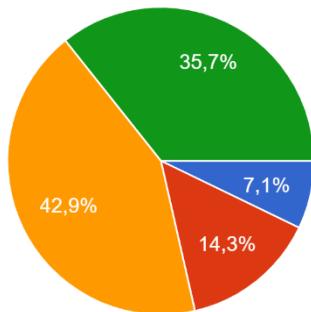


- a. Los investigadores usualmente recogen los datos (información) acerca de todo/todas las personas de la población.
- b. Es fácil persuadir al público con números y estadísticas.
- c. Las respuestas verdaderas a las preguntas de los investigadores sólo pueden revelarse mediante análisis estadísticos.
- d. Los investigadores hacen inferencias acerca de la población usando estimaciones.

La respuesta correcta a la pregunta 26 es la opción “c”. Un 42.9% de los estudiantes respondió de manera correcta.

26. Considerando la información presentada en la gráfica, ¿Cuál es el punto más crítico de la argumentación del bloguero?

14 respuestas

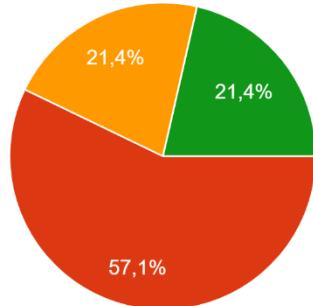


- a. Los índices de los crímenes violentos parecen aumentar ligeramente tras la introducción de los sistemas de juego...
- b. La gráfica no muestra los índices de delincuencia violenta en niños mayores de 12 años, entonces los resultados son irrelevantes.
- c. La disminución de los índices de delincuencia violenta podría ser causada por la introducción de los sistemas de juego...
- d. La gráfica solo muestra datos de hasta el 2003. Se necesitan más datos para llegar a una conclusión.

La respuesta correcta a la pregunta 27 es la opción “b”. Un 57.1% de los estudiantes respondió de manera correcta.

27. Un investigador plantea la hipótesis de que las vacunas que contienen trazas de mercurio no causan autismo en niños. ¿Cuál de los siguientes...oporciona la prueba más sólida de esta hipótesis?

14 respuestas

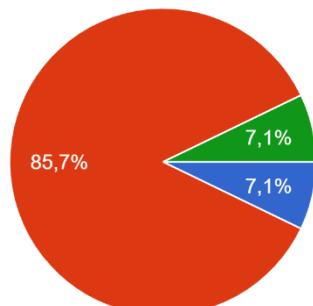


- a. Un conteo del número de niños que fueron inmunizados tienen autismo.
- b. Datos anuales de detección de síntomas de autismo para niños inmunizados y no inmunizados desde...
- c. Tasa media (promedio) de autismo en niños nacidos en Estados Unidos.
- d. Concentración media (promedio) de mercurio en sangre en niños con autismo.

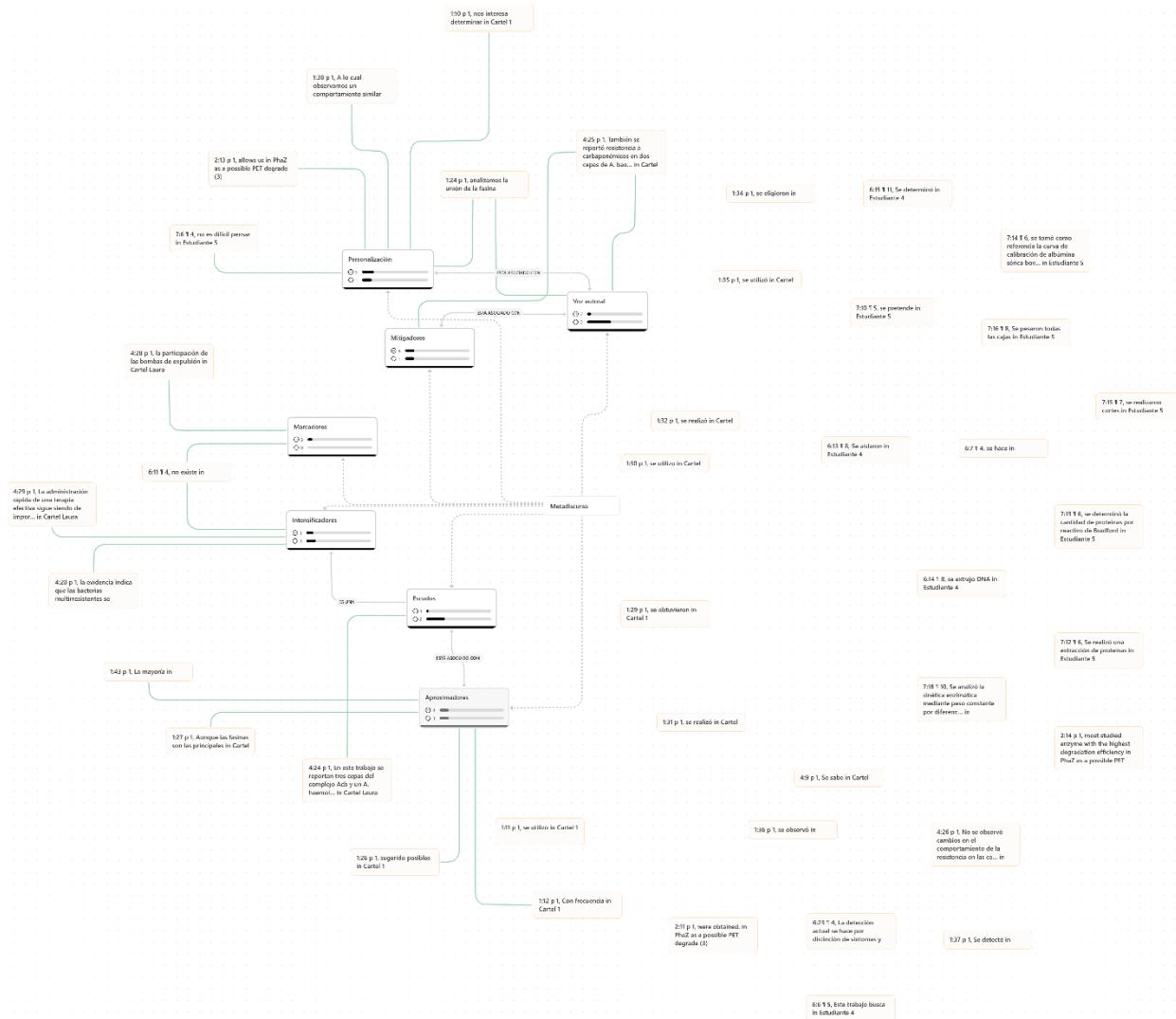
La respuesta correcta a la pregunta 28 es la opción “b”. Un 85.7% de los estudiantes respondió de manera correcta.

28. ¿Cuál de las siguientes es una hipótesis plausible para explicar los resultados presentados en el gráfico?

14 respuestas



- a. Hay más estanques de agua en elevaciones por encima de los 340 metros porque llueve con más frecuen...
- b. Los camarones de río son más abundantes en las elevaciones más bajas porque los estanques en estos...
- c. Este gráfico no puede ser interpretado debido a un punto que es...
- d. Tal y como la elevación se incrementa, la abundancia de camaro...



## Consideraciones éticas

### 1. Cuestiones éticas.

Creswell & Creswell, (2018) menciona respecto a la ética en la investigación que existen cuestiones que el investigador debe considerar para realizar un estudio.

Israel y Hay (2006) citados en Creswell & Creswell, (2018) argumentan que los investigadores necesitan:

- a. Proteger a sus participantes en la investigación.
- b. Desarrollar una confianza con los participantes.
- c. Promover la integridad de la investigación.
- d. Protegerse de la mala conducta y la incorrección que podría reflejarse en las instituciones.

Por lo que las cuestiones éticas son necesarias para la autenticidad y la credibilidad del informe de investigación y la privacidad personal en formularios de recopilación de datos.

Actualmente no existe un comité de ética por parte de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, sin embargo, se manejan formatos de consentimiento informado en las investigaciones que permiten asegurar la integridad y el manejo de los datos para proteger a los participantes.

### Protocolo de investigación

1. Antes del estudio	Protocolo	Acción
	1. Consultar el código de ética para los profesionales asociados en el área de investigación.	Realizado
	2. Someter la propuesta a un comité institucional.	Realizado
	3. Seleccionar los sitios de investigación que no generen problemas a los investigadores.	Realizado
	4. Buscar las aprobaciones locales.	Realizado (Entrevista previa)
2. Empezando el estudio	1. Realizar una evaluación de necesidades o una conversación	Realizado

	informal con los participantes sobre sus necesidades.	
	2. Contactar con los participantes e informar del propósito general del estudio.	Realizado
	3. Obtener el consentimiento adecuado de los participantes en el estudio.	Realizado
	4. Decir a los participantes que no tienen que firmar nada si no desean participar en el estudio.	Realizado
	5. Informarse sobre diferencias culturales, religiosas o de género que deben ser respetadas.	No necesario
	6. Obtener el consentimiento adecuado.	Realizado
3. Recolección de los datos	1. Generar confianza con los participantes.	Realizado
	2. Discutir el propósito del estudio y cómo se usarán los datos.	Realizado
	3. Evitar las preguntas capciosas. Evitar compartir impresiones personales y divulgar información confidencial. Evitar involucrar a los participantes como colaboradores.	Realizado
	4. Proporcionar recompensas por participar si es posible.	Realizado
	5. Limitarse a las preguntas establecidas en un protocolo de entrevista si la investigación así lo requiere.	Realizado
4. Análisis de los datos.	1. Reportar múltiples perspectivas.	Realizado
	2. Asignar nombres o alias ficticios.	Realizado
	3. Reportar hallazgos contrarios.	Realizado
5. Reportar, compartir y almacenamiento de datos.	1. Informar honestamente.	Realizado
	2. Consultar las pautas de APA actual.	Realizado
	3. Usar historias compuestas para que los individuos no puedan ser identificados.	Realizado
	4. Usar un lenguaje imparcial apropiado para el público de la investigación.	Realizado
	5. Proporcionar copias del informe a los participantes y partes interesadas. (Considerar los resultados con otros	Realizado

	investigadores y la posibilidad de publicar en diferentes idiomas).	
	5. Almacenar los datos durante 5 años.	A realizar
	6. Abstenerse de utilizar el mismo material para más de una publicación.	Realizado
	7. Divulgar los financiadores de la investigación.	Realizado
	8. Dar crédito por la propiedad a investigador, participantes y asesores.	Realizado

La ética es un valor fundamental en las investigaciones científicas, así como las de carácter educativo. De acuerdo con Espinoza & Calva, (2020) que recolectaron a partir de una revisión de la literatura los principios y valores éticos que deben regir una investigación son los siguientes:

a. Principio de respeto: Se refiere a la voluntariedad de las personas a participar en un estudio, en el que cada uno de los participantes debe conocer los propósitos y posibles riesgos en la investigación.

b. Principio de beneficencia. Se refiere a la obligación de brindar protección a los participantes contra cualquier perjuicio en el cumplimiento de dos normas:

1. No causar ningún tipo de daño.
2. Maximizar los beneficios minimizando los posibles daños.

c. Principio de justicia. Se refiere a la distribución equitativa entre la carga y los beneficios.

Por su parte las asociaciones American Educational Research Association en 2011 estableció los siguientes principios básicos: competencia profesional, responsabilidad profesional científica y académica, respeto por los derechos, la dignidad y la diversidad e integridad investigativa.

La British Educational Research Association en 2011 considera que deben cumplir con una ética de respeto a las personas, al conocimiento, a los valores democráticos, a la calidad del proceso

investigativo y a la libertad académica (*Guía Ética Para La Investigación Educativa, Cuarta Edición (2018)*, s. f.)

### **Consideraciones éticas para la presente investigación.**

Aspectos éticos para considerar en el documento de disertación que se titula: “Modelo tecnopedagógico para el desarrollo de la comunicación de la ciencia: Literacidad científica en estudiantes de Biomedicina”.

Antes de la investigación:

- a. Se revisó el código de ética que se refiere a las investigaciones educativas. Este documento se puede obtener del Código de la Asociación Británica de Investigación Educativa (BERA).
- b. La propuesta de investigación se sometió a revisión a un comité tutorial que pertenece al Doctorado en Sistemas y Ambientes Educativos.
- c. Se obtuvo el permiso necesario con la autoridad correspondiente mediante entrevista, para comenzar la investigación.

Al comienzo de la investigación:

En esta investigación se identifican los probables beneficios para los participantes en la investigación, es decir, el uso de un modelo tecnopedagógico para que contribuya al desarrollo de la habilidad de la comunicación de la ciencia.

El propósito de esta investigación es contribuir al desarrollo de la habilidad de la literacidad científica: comunicación de la ciencia escrita mediante un modelo tecnopedagógico que permita a los estudiantes comunicar los resultados de las investigaciones en la disciplina de las ciencias biológicas.

Recolección de los datos.

En esta investigación se mantuvo un ambiente de respeto, así como se interrumpirá lo menos posible a los participantes respetando el tiempo que proporcionen para la recolección de los datos por parte del investigador.

Se aseguró que todos los participantes reciban los beneficios que aporta la investigación.

No se engañó a los participantes en ningún momento de la investigación para asegurar su participación en la misma, sino que conocerán en todo momento su rol de participación en el estudio, reiterando el propósito de la investigación.

Durante las entrevistas con los participantes se evitó causar estrés para los participantes y opinaron para la interpretación de sus respuestas, así como el investigador tiene la responsabilidad de interpretar los resultados de manera crítica sin herir ninguna susceptibilidad en los participantes del estudio.

En esta investigación se evitará la divulgación de los datos de los participantes que contengan información íntima o que pueda dañar a los mismos.

Se reconoce el derecho de todos los participantes a retirarse de la investigación por cualquier motivo o sin motivo alguno y, en cualquier momento, y se debe informar a los participantes de este derecho.

En contextos de investigación en línea, si los autores de las publicaciones u otros materiales retiran o eliminan datos, entonces esos datos no deben ser utilizados en la investigación.

Análisis de los datos.

Durante el análisis de los datos se evitó tomar partido por alguno de los participantes, así como se presentarán y se discutirán los resultados favorables y no favorables para la investigación.

Se respetó la privacidad de los participantes, no se presentará en la investigación los nombres de ninguno de los participantes, sino que se elaboró un código para cada uno, que protegió la identidad de los participantes.

**Carta de consentimiento informado.**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA  
DOCTORADO EN SISTEMAS Y AMBIENTES EDUCATIVOS**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo \_\_\_\_\_ Profesor-Investigador de Biomedicina en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, de manera voluntaria acepto colaborar en el proyecto de investigación denominado: Diseño de un modelo tecno pedagógico para el desarrollo de habilidades de la literacidad científica en Biomedicina, luego de haber conocido y comprendido en su totalidad la información sobre dicho proyecto, riesgos si los hubiera y beneficios directos e indirectos de su participación en el estudio, y en el entendido de que:

- En todo momento: antes, durante y después de la entrevista se mantendrá un ambiente de amplio respeto por la participación y forma de expresión entre la interacción del investigador con el participante
- La finalidad de la entrevista es identificar las habilidades de la literacidad de los estudiantes de literacidad de Biomedicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, así como las técnicas didácticas principales que se han utilizado en la Licenciatura.
- El beneficio de la investigación es proporcionar un modelo tecno pedagógico para el desarrollo de la literacidad científica en los estudiantes de biomedicina, para aumentar las habilidades de comunicación científica, pensamiento crítico, literacidad visual o la literacidad de la información.

- La entrevista será grabada con el consentimiento de los participantes, para uso exclusivo de la investigación, incluyendo en todo momento la privacidad y la confidencialidad de las respuestas, así mismo los nombres serán omitidos en los resultados de la investigación.
- Puedo solicitar, en el transcurso del estudio, información actualizada sobre el mismo al investigador responsable.
- También tengo acceso a los datos del director de tesis del proyecto de investigación, en caso de que tenga una duda sobre mi participación en el estudio en los siguientes teléfonos y correo electrónico.

Dr. Daniel Mocencahua Mora

Cubículo FCE2-219, Facultad de Ciencias de la  
Electrónica. Tel: 01 (222) 2295500 ext. 7416  
[daniel.mocencahuamora@viep.com.mx](mailto:daniel.mocencahuamora@viep.com.mx)

Lugar y fecha:

Firma del Participante: \_\_\_\_\_