



Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle Florencia, Caquetá, durante el período agosto–diciembre de 2025.

TESIS DE MAESTRÍA

que para obtener el Grado de MSc.

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA DIGITAL

PRESENTA

Rómulo Hernando Arévalo Gutiérrez

ASESOR

Dr. Gustavo Adolfo Cardona Ortiz

México-Diciembre, 2025

La presente Tesis de Maestría debe ser citada como:

Arévalo Gutiérrez, Rómulo Hernando (2025). *Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle Florencia, Caquetá, durante el período agosto–diciembre de 2025* [Tesis de Maestría. Universidad de Investigación e Innovación de México]



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) Se permite la reproducción total o parcial y la comunicación pública de la obra con reconocimiento de la autoría. No se permite el uso comercial ni la creación de obras derivadas.

Resumen.

El presente estudio se sitúa en el campo de la enseñanza de la Biología Molecular en la educación básica secundaria, un ámbito que históricamente ha enfrentado dificultades asociadas a bajos niveles de comprensión conceptual y a la persistencia de prácticas pedagógicas de corte tradicional. En este marco, la investigación se propuso analizar de qué manera una propuesta pedagógica apoyada en un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) incide en la transformación de los procesos de enseñanza y aprendizaje en docentes de ciencias naturales y estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle, ubicada en el municipio de Florencia, Caquetá. Metodológicamente, la investigación se desarrolló desde un enfoque mixto, con predominio del diseño de investigación–acción educativa, lo que implicó la aplicación de instrumentos cuantitativos y cualitativos, entre ellos un pretest y un postest de conocimientos, grupos focales con docentes y el uso sistemático de un diario de campo, garantizando en todo momento el cumplimiento de los principios éticos mediante el consentimiento informado de estudiantes y acudientes. Los hallazgos iniciales evidenciaron falencias relevantes tanto en los conocimientos previos de los estudiantes como en las prácticas pedagógicas centradas en métodos convencionales; no obstante, tras la implementación del EVA, se registraron mejoras significativas en los niveles de aprobación, una disminución de la reprobación y un incremento en la participación estudiantil. Asimismo, los docentes desarrollaron procesos reflexivos que favorecieron ajustes en sus prácticas pedagógicas. En conclusión, la propuesta pedagógica implementada contribuyó de manera significativa a transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular. El estudio resulta relevante para investigaciones académicas en educación científica, al aportar evidencia empírica sobre el uso de entornos virtuales en básica secundaria y ofrecer una experiencia contextualizada aplicable a escenarios educativos similares.

Palabras clave: Biología Molecular, Entorno Virtual de Aprendizaje, educación secundaria, investigación–acción, enseñanza de las ciencias.

Abstract.

The present study is situated within the field of teaching Molecular Biology in lower secondary education, an area that has historically faced challenges related to low levels of conceptual understanding and the persistence of traditional pedagogical practices. Within this context, the research aimed to analyze how a pedagogical proposal supported by a Virtual Learning Environment (VLE) influences the transformation of teaching and learning processes among science teachers and ninth-grade students at Juan Bautista La Salle Educational Institution, located in the municipality of Florencia, Caquetá. Methodologically, the research followed a mixed-methods approach, primarily framed within educational action research. This entailed the use of both quantitative and qualitative instruments, including pre- and post-knowledge tests, focus groups with teachers, and the systematic use of a field diary, ensuring compliance with ethical principles through the informed consent of students and their guardians. The initial findings revealed significant shortcomings both in students' prior knowledge and in pedagogical practices rooted in conventional methods. However, following the implementation of the VLE, there were notable improvements in passing rates, a decrease in academic failure, and a rise in student participation. In addition, teachers engaged in reflective processes that led to meaningful adjustments in their pedagogical practices. In conclusion, the implemented pedagogical proposal significantly contributed to transforming the teaching and learning processes of Molecular Biology. The study holds relevance for academic research in science education, as it provides empirical evidence on the use of virtual learning environments in lower secondary education and offers a contextualized experience applicable to similar educational settings.

Keywords: Molecular Biology, Virtual Learning Environment, secondary education, action research, science education.

Agradecimientos.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que con su contribución y apoyo hicieron posible la culminación de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por sus promesas e inmenso amor que son motivo de ánimo y fortaleza para mí.

Al Dr. Gustavo Adolfo Cardona por su apoyo como asesor de tesis, por su guía constante y aporte al desarrollo de esta propuesta.

A mis compañeros del área de Ciencias Naturales por el ánimo que me han infundido y su apoyo cuando ha sido requerido.

A mis estudiantes quienes son la fuente de permanente inspiración y motivación para capacitarme y mejorar la forma como realizo mi trabajo, ya que me hacen sentir a través de sus aprendizajes que vale la pena el esfuerzo por hacerlo mejor.

A mi familia, que sin duda son el motor de todo lo que hago; les agradezco por su apoyo incondicional, por el amor que me manifiestan y que me hacen sentir, por la paciencia y compañía constante en cada uno de mis proyectos.

Dedicatorias.

Dedico esta tesis primeramente a Dios quien me acompaña siempre, en quien creo y es el centro de existencia; a mis estudiantes que me inspiran a realizar mi trabajo con ahínco, procurando mejorar mis prácticas como docente, para poder ofrecerles una experiencia de aprendizaje que acompañe su formación de conocimientos.

A mi familia, Mi esposa Katherine Torres, mis hijas Luna y Sara, mis padres Rómulo y Elizabeth y a mis hermanos, quienes han estado siempre conmigo ofreciéndome su compañía y amor.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1. Proyección de la investigación.	13
1.1. Línea de investigación y su ámbito de estudio.	13
1.2. Planteamiento del problema.	14
1.3. Formulación del problema (Pregunta de investigación).....	22
1.4. Justificación.	22
1.5. Objeto de estudio.	25
1.6. Campo de acción.	25
1.7. Objetivos.....	26
1.7.1. Objetivo General.....	26
1.7.2. Objetivos específicos.	27
1.8. Hipótesis.	27
1.9. Alcance temático.	28
1.10. Delimitación Espacial y Temporal.	28
CAPÍTULO 2. Fundamentos Teóricos Referenciales.....	30
2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).....	30
2.1.1 <i>Antecedentes internacionales</i>	30
2.1.2 <i>Antecedentes nacionales</i>	33
2.1.3 <i>Antecedentes locales</i>	35
2.2. Marco Teórico.	36
2.2.1 <i>Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)</i>	36
2.2.2 <i>Entornos virtuales de aprendizaje</i>	38

2.2.3 Alfabetización digital y competencias digitales	41
2.2.4 Biología molecular en la educación secundaria	42
2.2.5 La replicación del ADN	43
2.2.6 La transcripción	45
2.2.7 La traducción	46
2.2.8 Los mecanismos de regulación genética.....	47
2.2.9 Didáctica de las ciencias naturales	48
2.2.10 Mediación didáctica.....	49
2.2.11 Estrategias didácticas en ciencias naturales	52
2.2.12 Representaciones y comprensión conceptual en ciencias naturales	53
2.3. Marco Conceptual.....	54
2.3.1 Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)	54
2.3.2 Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA)	55
2.3.3 Alfabetización digital y competencias digitales.....	56
2.3.4 Biología molecular.....	57
2.3.5 Replicación	58
2.3.6 Transcripción	58
2.3.7 Traducción	59
2.3.8 Regulación genética.....	60
2.3.9 Didáctica.....	60
2.3.10 Mediación didáctica.....	61
2.3.11 Estrategias didácticas en ciencias naturales	62
2.4. Marco Contextual.	62
2.5. Marco Legal y Normativo.	64
CAPÍTULO 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.....	69
3.1. Cuadro Operacionalización de variables.	69
3.2. Diseño metodológico.....	73
3.2.1. Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis.	73
3.2.2. Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos.	76
3.2.3. Desarrollo de los instrumentos de obtención de datos.....	79
3.2.4. Determinación de la muestra y su criterio de selección.....	80
3.3. Trabajo de campo (o Presentación de evidencias, si corresponde).	81

3.3.1. Aplicación de los instrumentos.....	82
3.3.2. Procesamiento de la información.....	86
3.4. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.	88
3.4.1 Comparación entre pre-test (estudiantes) y post test.	88
3.4.2 Grupo focal docente (diagnóstico y talleres creativos de diseño).....	94
3.4.3 Implementación: observación participante (diario de campo).....	97
3.5. Redacción de resultados y discusión.	100
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN.....	103
4.1. Fundamentación de la propuesta de transformación.	103
4.2. Estructura de la propuesta de transformación.....	108
4.2.1 Fundamentación teórica de la propuesta.....	108
4.2.2 Objetivos de la propuesta.....	109
4.2.3 Cuerpo operacional instrumental de la propuesta.....	110
4.3. Valoración / evaluación / validación de la propuesta de transformación.	139
CONCLUSIONES	141
RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFÍA.....	148
ANEXOS.....	162
FORMATO VALIDACIÓN INSTRUMENTOS.....	162
PRE-TEST Biología Molecular.....	172
POS-TEST Biología Molecular.....	174
GUIÓN GRUPO FOCAL.....	176
DIARIO DE CAMPO.....	178

Índice de figuras.

Figura 1. Distribución de los niveles de desempeño en ciencias naturales saber 11 JUBASA (2023 vs 2024).....	16
Figura 2. Análisis del promedio de la prueba Saber 11° en Ciencias Naturales (2020–2025)	19
Figura 3. <i>Posibilidades de transformación de las TIC en la educación</i>	38
Figura 4. <i>Diagrama de gestión para el aprendizaje desde las TIC</i>	51
Figura 5. Principales enfoques de estudios mixtos	74
Figura 6. Síntesis diseño metodológico	75
Figura 7. Estructura relacional de fases del estudio e instrumentos para recolectar los datos.....	79
Figura 8. Evidencias fotográficas consentimiento informado y aplicación pre y post test.....	84
Figura 9. Evidencias fotográficas grupo focal	85
Figura 10. Evidencias fotográficas aplicación propuesta transformadora	86
Figura 11. Comparación aprobación pre y post test.....	89
Figura 12. Comparación reprobación pre y post test	91
Figura 13. Representación visual del EVA.....	118

Índice de tablas.

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	70
Tabla 2 Estructura general técnicas e instrumentos para la recolección de datos	78
Tabla 3. <i>Ficha técnicas selección de la muestra</i>	80
Tabla 4. Comparativo final de aprobación y reprobación entre pre y post test.....	93
Tabla 5. Síntesis hallazgos del grupo focal	95
Tabla 6. Comparación de EVA, OVA, OA y RED.....	106
Tabla 7. Estructura general del EVA.....	112
Tabla 8. Guion para el desarrollo del grupo focal.....	176

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como propósito evaluar el impacto pedagógico de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) diseñado específicamente para la enseñanza de la Biología Molecular en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá. Conviene señalar que se parte de la premisa de que los entornos digitales, cuando son diseñados y estructurados adecuadamente bajo principios y fines pedagógicos, pueden convertirse en mediaciones potentes para mejorar la comprensión de contenidos que se caracterizan por ser abstractos y densos desde su conceptualización, como es el caso de la Biología Molecular. En este sentido, la investigación busca superar la instrumentalización del componente tecnológico como un factor de naturaleza complementaria para consolidar un proceso de formación innovador que logre una transformación además de consolidar el uso recurrente y efectivo de nuevas estrategias que configuren un paradigma emergente desde lo didáctico a partir del dinamismo de los recursos digitales para rediseñar el enfoque de enseñanza de las ciencias en contextos escolares particulares.

La elección del tópico deriva de las experiencias de una trayectoria profesional vinculada estrechamente a la enseñanza de las ciencias naturales en contextos escolares, en especial, cuando porque son caracterizadas por condiciones difíciles respecto a materiales, brechas digitales y otros retos globales o particulares que limitan la búsqueda de innovación en la enseñanza. Propiamente, la práctica docente de donde emerge esta iniciativa de investigación se da en la institución educativa Juan Bautista La Salle y que ha venido se ha evidenciado de forma reiterada que los contenidos la categoría Biología Molecular —como la estructura del ADN, la replicación, la transcripción, la traducción y los mecanismos de regulación genética— resultan particularmente difíciles de asimilar para los estudiantes. Sopesando el compromiso pedagógico y las iniciativas de orden didáctico desarrollados, los resultados académicos en pruebas internas y externas muestran dificultades recurrentes en la comprensión de los temas implicando una seria afectación en el rendimiento del área.

Dentro de los análisis necesarios en instancias académicas como las comisiones de evaluación en cada uno de los periodos, se detallan situaciones particulares que invitaron a la imperativa necesidad de incorporar de manera progresiva, estrategias alternativas que se acercaran a un cambio paradigmático de la enseñanza de las ciencias y en particular del tema que evoca el presente estudio, para lo cual, se identificaron las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como una oportunidad de éxito de cara al nivel bajo en los desempeños en ciencias naturales (Mendoza y Cueto, 2022). En complemento, la inclusión de los EVA como posibilidad o alternativa para optimizar los aprendizajes también representa la superación de las prácticas convencionales o tradicionales de enseñanza y la posibilidad de articular con otras áreas como tecnología, además de propiciar un ambiente diferente entre los estudiantes para acercarse a la dinámica que propone el Proyecto Educativo Institucional (PEI) desde la elección del modelo pedagógico: constructivismo social. Por último, se puede afirmar que las reflexiones constantes también fueron nutridas por las experiencias docentes previas y la consulta de estudios similares en otros contextos para tomar referencia como antecedente.

El documento está estructurado en cuatro capítulos. El primer capítulo presenta los elementos generales del estudio como el reconocimiento de la línea de investigación además del ámbito de estudio, planteamiento del problema, pregunta, justificación, objetivos, alcance y delimitación. En el segundo acápite, se desarrollan los fundamentos teóricos y el marco referencial, en el que se revisan los aportes teóricos, antecedentes y estudios previos sobre las categorías y subcategorías de estudio. En la tercera sección se exponen las nociones metodológicas globales y específicas como paradigma, enfoque, diseño, tipo, método, técnicas e instrumentos, población, análisis de datos, además de los criterios éticos usados. Por último, el cuarto epígrafe, se desarrolla la presentación de los resultados además de su respectiva discusión y la consolidación de conclusiones del estudio, recomendaciones para futuras investigaciones o intervenciones pedagógicas.

CAPÍTULO 1. Proyección de la investigación.

1.1. Línea de investigación y su ámbito de estudio.

De entrada, el estudio desarrollado bajo la denominación EVA como mediación didáctica para la enseñanza de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria se fundamenta la perspectiva de la línea de investigación asociada a la Innovación Educativa. Esto obedece en principio a la búsqueda de transformar realidades formativas desde innovar para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en áreas complejas como las ciencias naturales, en especial temáticas vinculadas a la biología molecular, que representa desafíos significativos por su componente abstracto, lo que a su vez configura una dificultad de visualizar sus componentes a nivel microscópico y molecular, algo muy propio de la formación en ciencias (Ruiz et al., 2015; Toulmin, 2007; Tamayo y Sanmartí, 2003).

En consecuencia, desde la línea de investigación se reconoce un ámbito de estudio específico que acoge el uso de entornos virtuales para la interacción de los estudiantes con conceptos complejos para su comprensión y que son abordados normalmente con estrategias convencionales o tradicionales. Este campo de estudio seleccionado hace referencia a la Tecnología Educativa, que considera la integración de herramientas digitales y plataformas para generar ambientes diversos de aprendizaje. Su potencialidad radica propiamente en la posibilidad de generar ambientes representacionales de los procesos biológicos con una disposición diferente que favorece la apropiación del conocimiento reconociendo la particularidad del aprendizaje individual pero también promoviendo la dinámica del trabajo grupal. Las características asincrónicas de este tipo de estrategias despliegan elementos flexibles, escenarios interactivos y estímulos audiovisuales que favorece la interiorización desde diferentes niveles de representación.

1.2. Planteamiento del problema.

La educación desde un panorama global ha venido presentando múltiples desafíos que tienen una relación directa con lo que cada contexto exige en función también del sentido homogéneo que busca el mundo. En este aspecto, la inclusión de los EVA en el sistema educativo representa uno de los pilares sobre los cuales se erige una transformación dinámica y progresiva de la enseñanza, por tanto, también de los aprendizajes, en especial aquellos que configuran una complejidad conceptual o la naturaleza abstracta como la representación a diferentes niveles. Las organizaciones mundiales como el caso de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2016) desde sus diversos postulados ha fomentado enérgicamente que la educación requiere la presencia y uso permanente de tecnologías digitales para dinamizar los modelos pedagógicos actuales en busca de pertinencia que representen estructuralmente una forma de calidad educativa que a la vez implique la democratización al conocimiento científico por todas las poblaciones en el mundo. De esa perspectiva, otros autores como Area (2012) y Hernández (2017) también señalan sobre la formación en competencias digitales, que la escuela de la contemporaneidad debe priorizar transformaciones de fondo en sus prácticas formativas que permitan avanzar a modelos que en realidad centren su operatividad en el estudiante desde el apoyo constante de recursos interactivos para alcanzar y consolidar procesos cognitivos, culturales y sociales complejos en la actualidad.

Particularmente en el campo de la enseñanza de las ciencias, es importante señalar la importancia que ha adquirido los EVA como mediaciones pedagógicas efectivas solventes en el fomento de la comprensión, la experimentación, representación y visualización de algunos fenómenos que escapan a la lógica convencional que ha dominado el aula desde su esencia histórica. Como complemento, Palau et al. (2020) apoyan la potencialidad de dichos entornos digitales por la disposición hacia el aprendizaje científico por la posibilidad de uso de simuladores y otras alternativas que normalmente no son usuales en laboratorios o aulas escolares. Otros estudios recientes con propósitos similares señalan que estos entornos digitales permiten una mejora sustancial en el desempeño académico en el campo de la biología porque las formas de interacción del alumno con representaciones visuales y simbólicas son esenciales para lograr aprendizajes consistentes en los procesos moleculares.

Desde una revisión de fuentes documentales científicas recientes, la experiencia de formación desde laboratorios virtuales, modelos interactivos y simuladores aplicados en la enseñanza-aprendizaje de genética, biología celular y molecular, son cada vez más reiteradas por los niveles de efectividad alcanzado. En efecto, casos como Navarro et al. (2024) documentó que las simulaciones virtuales usadas para la formación en conceptos de biología celular resultaron importantes para la mejora significativa en la comprensión del tema además del proceso motivacional. Del mismo modo, algunas revisiones sistemáticas como Nili & Sahafi (2024), Roslu & Ishak (2024) y Ojetunde (2025) concluyen que la apropiación conceptual en el campo de las ciencias es fuertemente estimulada desde laboratorios virtuales, en especial por favorecer la experimentación y la manipulación de modelos complejos. Ya en campos cercanos como la genética -importante para la biología molecular- otros estudios también indican mejoras significativas en desempeños académicos cuando se abordan plataformas digitales o elementos móviles en el proceso de formación (Ibiyemi & Yara, 2025; Errabo & Ongoco, 2024) Ya en el campo de la didáctica aplicada a la biología molecular, existen estudios recientes que también validan la importancia de articular tecnologías de inmersión además de simulaciones tridimensionales para la comprensión de estructuras que escapan a la lógica tradicional de las aulas. En ese aspecto, también es válido mencionar que otras investigaciones son referentes en demostrar la influencia de las realidades virtuales, el aprendizaje invertido y la presentación de las dinámicas moleculares desde nociones computacionales han sido relevantes en la consecución de competencias asociadas a conceptos de replicación, transcripción, traducción o regulación génica (Ma et al., 2025; Reinoso-Tapia et al., 2024; Lesiak et al., 2024; Reen et al., 2021; Reen et al., 2022). En definitiva, estos estudios apuntan al uso de los EVA para mejorar los rendimientos académicos del campo descrito.

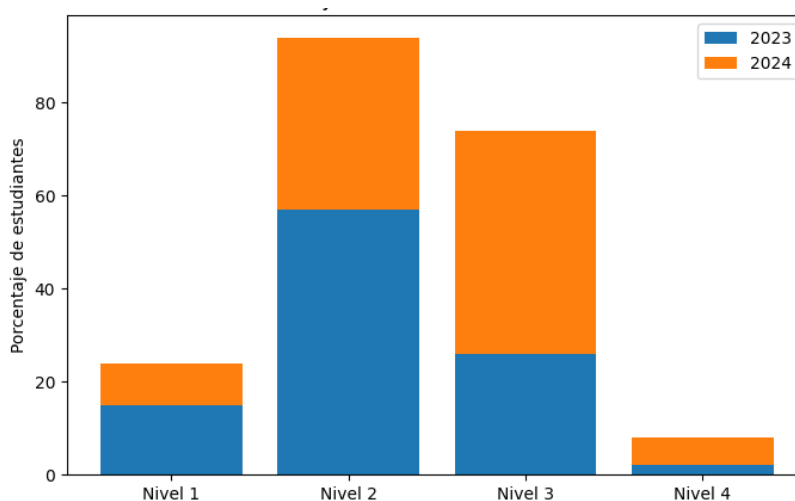
A nivel nacional, múltiples investigaciones en el campo de las ciencias sustentan que existen marcadas falencias en la comprensión y apropiación de contenidos en estudiantes escolares, pero con énfasis especial en instituciones que tienen recursos limitados. Por ejemplo, Mendoza y Cueto (2022) expresaron que, aunque existe un interés evidente en la intención de transformar y renovar las prácticas pedagógicas, la brecha tecnológica afecta directamente el componente innovador y el desarrollo de competencias de carácter científico en los estudiantes de básica

secundaria. De forma complementaria, Parra (2020) permite evidenciar que la enseñanza de las ciencias en instituciones públicas se encuentra sometidas a condiciones poco favorables para el desarrollo didáctico desde la infraestructura, configurando un escenario diluido para la implementación de herramientas de TIC. En definitiva, los diferentes hallazgos tienen en común que las experiencias de formación tienen una relación directa con la estabilidad institucional en cuanto al acceso de recursos, materiales, entornos o ambientes que favorezcan un acercamiento interactivo a la biología molecular.

Ya en el caso puntual de la institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, la situación descrita desde la revisión documental se hace presente por los resultados de pruebas internas y externas en las que si bien existe una mejora en el grado 11^o aun en los otros niveles predomina un rendimiento considerablemente bajo en el área de ciencias naturales teniendo en cuenta los niveles de desempeño: 1 (bajo), 2 (básico), 3 (alto) y 4 (superior) (ver figura 1)

Figura 1.

Distribución de los niveles de desempeño en ciencias naturales saber 11 JUBASA (2023 vs 2024)



Nota: Distribución de los niveles de desempeño en ciencias naturales. *Adaptado de* Informe de resultados Saber 11, por Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [ICFES], 2023.

A partir del análisis de los reportes históricos del examen Saber 11° y del informe nacional de Saber 3°, 5°, 7° y 9°, es posible trazar un panorama descriptivo del desempeño de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle en el área de Ciencias Naturales, entendiendo que se trata de una lectura apoyada en la información disponible para el establecimiento y en las tendencias generales del sistema educativo colombiano. En términos globales, los resultados sugieren que la institución ha logrado avances significativos en la comprensión de las ciencias, especialmente en la educación media, aunque persisten desafíos estructurales que demandan el fortalecimiento de la enseñanza desde los grados de básica secundaria.

En el examen Saber 11°, la información específica de la institución muestra que, en el área de Ciencias Naturales, el puntaje promedio del establecimiento pasó de 50 puntos en la aplicación 2023-4 a 55 puntos en la aplicación 2024-3, en una escala donde el promedio nacional se mantuvo cercano a 50 puntos y la Entidad Territorial Certificada (ETC) se ubicó alrededor de 50–51 puntos. Este incremento de cinco puntos en un solo año lectivo indica una mejora consistente del rendimiento del estudiantado y sugiere que las prácticas pedagógicas implementadas en el área están teniendo impacto en la construcción de competencias científicas. Si se representara esta evolución en una gráfica de líneas, se observaría una pendiente ascendente para el establecimiento educativo, mientras que las curvas correspondientes a Colombia y a la ETC se mantendrían prácticamente estables, lo que refuerza la idea de un avance institucional por encima de la inercia general del sistema.

El análisis por niveles de desempeño en Ciencias Naturales ofrece una imagen aún más clara de esta transformación. En 2023, el establecimiento presentaba el 15 % de sus estudiantes en el nivel 1, el 57 % en el nivel 2, el 26 % en el nivel 3 y apenas el 2 % en el nivel 4. Para 2024, la distribución cambió de manera significativa: el nivel 1 descendió al 9 %, el nivel 2 se redujo al 37 %, mientras que el nivel 3 aumentó al 48 % y el nivel 4 se elevó al 6 %. Es decir, hubo una reducción de estudiantes en los niveles más bajos y un desplazamiento hacia niveles de mayor competencia. Si estos datos se organizaran en un gráfico de barras comparativo por niveles (2023 frente a 2024), se observaría una disminución visible en las barras correspondientes a los niveles 1 y 2, y un incremento notable en las barras de los niveles 3 y 4, lo cual refleja una mejora cualitativa en la comprensión científica más que una simple variación numérica de puntajes.

La comparación con el comportamiento nacional refuerza esta lectura. En el informe de resultados nacionales, para la prueba de Ciencias Naturales y Educación Ambiental en grado 9 se reporta que, en 2024, Colombia presenta alrededor del 21 % de estudiantes en nivel 1, el 47 % en nivel 2, el 29 % en nivel 3 y el 3 % en nivel 4. Frente a estas cifras, el perfil del establecimiento en Saber 11° resulta más favorable: una proporción menor de estudiantes en el nivel más bajo, y una concentración mayor en los niveles 3 y 4. En una gráfica de comparación de niveles entre “Colombia” y “Juan Bautista La Salle” se evidenciaría que la institución tiene una base más reducida en el nivel 1 y un peso mayor en los niveles altos, lo que sugiere que, al finalizar la educación media, una parte importante de sus estudiantes logra desempeños superiores en Ciencias Naturales respecto al promedio nacional.

No obstante, estos avances en la educación media deben leerse en diálogo con el desempeño observado en evaluaciones internas, como el pre-test de Ciencias Naturales aplicado al grupo 9-02, en el que solo el 20 % del estudiantado alcanzó la calificación mínima de aprobación (nota igual o superior a 3.0) y el 80 % restante se ubicó por debajo de ese umbral. Este resultado evidencia que, en los primeros grados de la secundaria alta, aún existe una brecha considerable en la apropiación de conceptos científicos básicos y en el desarrollo de habilidades de interpretación y resolución de problemas. Si se construyera un gráfico circular con estos datos, se apreciaría un sector amplio correspondiente a la reprobación y uno mucho menor asociado a la aprobación, mostrando un punto de partida exigente para el trabajo pedagógico. Esta tensión entre las dificultades iniciales y la mejora observada en Saber 11° puede interpretarse como señal de que, aunque la trayectoria académica comienza con rezagos, la institución logra remontar parcialmente estas dificultades hacia el final del ciclo.

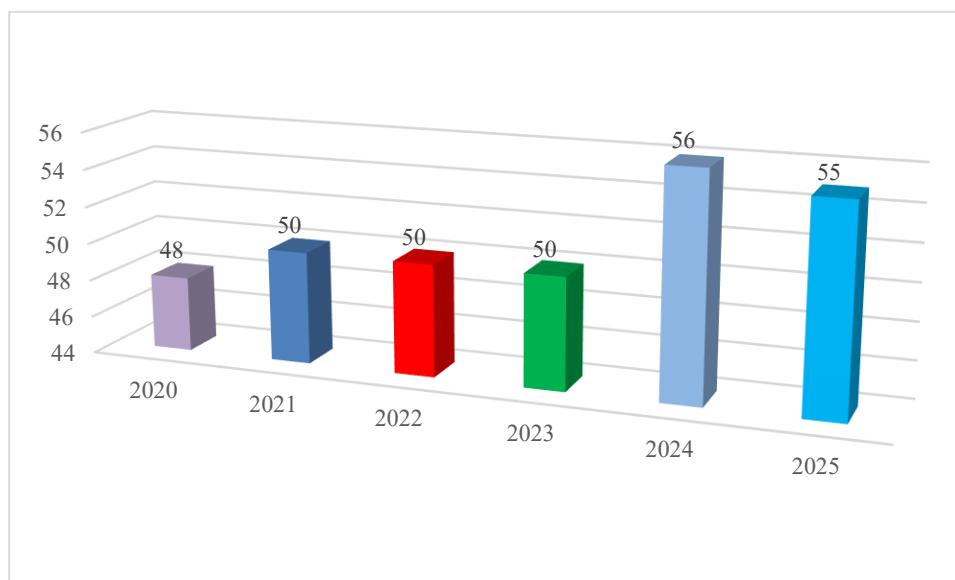
El comportamiento de los promedios de Ciencias Naturales en la prueba Saber 11 entre los años 2020 y 2025 evidencia una tendencia general de mejoramiento progresivo, con algunas variaciones que reflejan cambios contextuales y pedagógicos en la institución. En el año 2020 se registra el promedio más bajo del periodo analizado (48), situación que puede comprenderse a la luz de las dificultades derivadas de la transición abrupta hacia modalidades educativas remotas, así como de las limitaciones estructurales y pedagógicas propias de ese contexto. Para 2021, el promedio asciende a 50, lo que sugiere un primer momento de recuperación asociado a procesos

iniciales de adaptación tanto de los estudiantes como de los docentes a nuevas dinámicas de enseñanza y aprendizaje.

Durante los años 2022 y 2023, el promedio se mantiene en el mismo nivel, lo cual permite identificar un periodo de relativa estabilidad: no se evidencian retrocesos significativos, aunque persisten desafíos relacionados con la profundización conceptual y el fortalecimiento de competencias científicas. El cambio más relevante se observa en 2024, cuando el promedio alcanza 56, representando un incremento sostenido frente a los años anteriores. Este resultado puede vincularse con la implementación de ajustes curriculares, el fortalecimiento de las estrategias didácticas, una mayor alineación con los estándares del ICFES y un uso más intencional de recursos pedagógicos y tecnológicos. Adicionalmente, en 2025 se presenta un leve descenso a 55 que, más que interpretarse como un retroceso, confirma la estabilidad del desempeño en niveles superiores a los promedios históricos del periodo 2020–2023. En conjunto, la evolución reflejada en la gráfica da cuenta de una tendencia positiva en el área de Ciencias Naturales, evidenciando procesos de mejora sostenida y la consolidación de una base sólida para continuar fortaleciendo la formación científica de los estudiantes (ver figura 2).

Figura 2.

Análisis del promedio de la prueba Saber 11° en Ciencias Naturales (2020–2025)



Nota: Elaboración propia a partir de los resultados institucionales de la prueba Saber 11 (2020–2025).

En términos generales, el análisis descriptivo de la información disponible permite afirmar que el área de Ciencias Naturales en la Institución Educativa Juan Bautista La Salle atraviesa un proceso gradual de consolidación. Los resultados de la prueba Saber 11° evidencian una tendencia positiva, tanto en el puntaje promedio como en la distribución por niveles de desempeño, lo que sugiere que las estrategias metodológicas implementadas en la educación media, junto con los procesos de acompañamiento académico, han contribuido al fortalecimiento progresivo de las competencias científicas de los estudiantes. Sin embargo, al contrastar estos resultados con los datos internos de la básica secundaria, se identifican brechas que requieren una atención más decidida, especialmente en los grados noveno y anteriores. En estos niveles, persisten dificultades asociadas a la comprensión conceptual, la lectura de textos científicos y el uso sistemático de mediaciones didácticas, lo que plantea la necesidad de fortalecer estrategias pedagógicas que incluyan, entre otros aspectos, el uso intencionado de entornos virtuales de aprendizaje y recursos interactivos. Este escenario pone de relieve la importancia de articular de manera más coherente las prácticas de aula, los procesos de evaluación formativa y el seguimiento sistemático de los resultados académicos, de modo que la mejora observada en las pruebas estandarizadas no se

limite a cohortes específicas, sino que se consolide como una tendencia sostenida a lo largo de toda la trayectoria escolar. En este sentido, aunque los avances en la educación media son evidentes, el nivel de básica continúa siendo un punto crítico que demanda acciones pedagógicas más focalizadas para elevar de manera consistente los niveles de desempeño.

Desde las comisiones de evaluación de los periodos académicos iniciales, se logró constatar que hay una serie de dificultades para la comprensión de los procesos moleculares. Esta problemática es reiterativa, aunque se insista en la innovación pedagógica distante de herramientas TIC como los EVA. Desde el análisis reflexivo, se recomendó apoyar el propósito de la investigación para que colectivamente el área apoyara la gestión de innovación para solventar unas falencias indiscutibles en los estudiantes.

En complemento, se hizo perentorio implementar nuevas formas y estrategias para la enseñanza que superen la naturaleza expositiva y excesivamente narrativa de las prácticas pedagógicas predominantes en ciencias naturales para avanzar en la incorporación de mediaciones pedagógicas que conecten con las dinámicas de aprendizaje actuales. En ese sentido, los EVA aparecen como la estrategia por excelencia a tanto que superan el uso de un recurso aislado, sino que permite interactuar con una plataforma y otros recursos que garantiza la autonomía del estudiante y a su vez, el acompañamiento del docente en un espacio diferente al aula, pero complementario a la formación que se pretende. Esto conecta con lo dicho por Flórez y Zapata (2020), Venezia (2018) y Castaño (2017) quienes han demostrado que la secuenciación pedagógica y didáctica a través de las TIC son esenciales para la promoción de aprendizajes significativos en especial desde el marco representacional, pero sin perder de vista la dinámica que implica las brechas tecnológicas, reconociendo el rol progresivo que estas estrategias deben cursar en los contextos singulares de cada entorno escolar.

Desde lo expresado previamente, se reconoce un vacío preponderante en el diseño y la operatividad actual de los EVA para la enseñanza de la biología molecular con estudiantes de básica secundaria, en especial, el grado noveno. Aunque queda claro que existen antecedentes que validan su incorporación, la institución educativa no sustenta sus acciones desde preceptos académicos e investigativos actuales, pero si prevalece la necesidad de transformación. En ese aspecto, es prioritario valorar desde este contexto particular, el impacto que dicho ambiente

tendría sobre las competencias específicas del área en relación con la categoría de estudio, en consonancia con el PEI, modelo pedagógico, pruebas internas y externas, fortalecidas desde prácticas docentes innovadoras.

1.3. Formulación del problema (Pregunta de investigación).

Desde esta perspectiva, la formulación del problema queda definida en los siguientes términos:

¿Cómo contribuir a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, durante el período agosto–diciembre de 2025?

1.4. Justificación.

El desarrollo de las investigaciones en el campo educativo normalmente está motivado en la intención de mejorar los procesos de formación en condición de calidad, enfáticamente hacia los cambios globales que el mundo viene presentando en materia de circulación y acceso de información desde una perspectiva de innovación que exhorta a la transformación de las prácticas pedagógicas que atienden las nuevas necesidades de los entornos como en este caso, el escolar.

El presente estudio atiende directamente la carencia actual en el contexto escolar de Florencia (Caquetá) y en particular de la institución educativa Juan Bautista La Salle de acciones formativas desde mediaciones digitales orientada a las ciencias naturales y en particular a la biología molecular en el nivel de básica secundaria. Como se enunciaba previamente, el escenario cambiante que ofrece el panorama globalizado de las tecnologías digitales permite afirmar que las

instituciones y en último, los docentes, deben transitar hacia la construcción de ambientes que normalicen el uso recurrente de recursos digitales para la apropiación activa de conocimiento científico (Aguilar, 2012; Area, 2012; Coll y Monereo, 2010) en periferias distantes de la potencialidad tecnológica de algunos grandes orbes. Ante esos indicios de transformar los ambientes de formación, hay diferentes estudios que respaldan la influencia positiva de los entornos virtuales en el rendimiento académico y la participación activa de los estudiantes cuando dichos recursos los respaldan procesos pedagógicos consistentes (Sezen & Çalik, 2023; Botelho et al., 2022; Ademola, 2021; Palau et al., 2020).

Desde una perspectiva social, investigaciones como la actual contribuye favorablemente a la formación científica de los estudiantes en especial si se hace una mirada retrospectiva a las brechas históricas que regiones como la amazonia ha padecido en términos de infraestructura y conectividad además de acceso a laboratorios especializados lo que ha derivado en la prevalencia de dificultades en la comprensión de conceptos biológicos abstractos por dichas condiciones socioeducativas condicionadas (Mendoza Polo y Cueto Ortiz, 2022; Galván, 2020; Parra Sánchez, 2020). En lo concerniente al desarrollo de las capacidades de los estudiantes en competencias científicas, el tema de biología molecular es un pilar para que se promuevan dichas habilidades orientadas a la cualificación y construcción de proyectos de vida en torno a las ciencias (Icfes, 2016; MEN, 2006).

No obstante, la justificación del estudio no solo se centra en el conglomerado estudiantil sino también en el colectivo docente. Esto tiene asidero en el hecho que la implementación de los procesos de innovación desde el componente tecnológico implica más que infraestructura, una cualidad propositiva y de cualificación en la enseñanza, con el propósito de mejorar las condiciones educativas, el profesorado accede a las nuevas formas de interacción con los estudiantes y recursos didácticos pertinentes al desarrollo de las habilidades que sustentan el currículo constructivista social como el caso de la institución donde tiene lugar y efecto el actual estudio.

En consecuencia, es viable también afirmar que el estudio adquiere justificación teórica porque se sitúa en la intersección entre la didáctica de las ciencias, la mediación digital y el aprendizaje de contenidos altamente abstractos. Aunque existen avances en el diseño de unidades didácticas

mediadas por TIC (Flórez y Zapata, 2020; Castaño, 2017; Orrego et al., 2016;) y en la comprensión de las representaciones de los estudiantes en ciencias (Ruiz et al., 2015; Tamayo, 2014), persiste un vacío en investigaciones que integren estas perspectivas con recursos virtuales específicamente orientados a la enseñanza de la biología molecular en secundaria. A su vez, estudios recientes sobre aprendizaje activo y tecnologías inmersivas en biología reportan resultados promisorios en educación superior (Ma et al., 2025; Reinoso-Tapia et al., 2024; Reen et al., 2022; Reen et al., 2021, Pratiwi et al., 2021; Harris et al., 2020;), pero su aplicación sistemática en niveles escolares es todavía escasa. Por ello, el presente estudio puede aportar elementos teóricos para comprender cómo un EVA contribuye a la construcción de representaciones moleculares y cómo estas mediaciones pueden fortalecer los procesos cognitivos que requieren abstracción, visualización e integración conceptual.

Por otra parte, la investigación posee utilidad metodológica al ofrecer la posibilidad de diseñar, implementar y valorar un EVA desde un enfoque educativo sistemático y documentado. La literatura metodológica señala la importancia de construir procesos investigativos que permitan comprender, analizar y mejorar las prácticas formativas, generando instrumentos y procedimientos adaptados al contexto escolar (Hernández y Mendoza, 2018; Creswell, 2014; Ñaupas et al., 2014). En concordancia, experiencias recientes de innovación educativa mediada por TIC destacan que estos procesos posibilitan el diseño de recursos replicables, la validación de instrumentos y la consolidación de modelos pedagógicos más coherentes con las dinámicas digitales actuales (Guzmán y Ramírez, 2023; Builes Sepúlveda, 2023; Vargas Jiménez, 2020; Venezia, 2018).

En definitiva, el estudio cuenta con una viabilidad desde diferentes planos que permiten reconocer su potencialidad y posible funcionalidad con miras a la optimización de procesos formativos en ciencias naturales.

1.5. Objeto de estudio.

El objeto de estudio de la presente investigación se orienta a los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular en el grado noveno de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle, ubicada en el municipio de Florencia, Caquetá, con énfasis en la manera como dichos procesos se configuran, se desarrollan y se transforman a partir de la implementación y evaluación de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como mediación pedagógica. Este abordaje permite examinar no solo los cambios asociados a la incorporación del entorno digital, sino también las dinámicas pedagógicas que se generan en el aula de ciencias naturales cuando se integran nuevas formas de mediación didáctica. En consecuencia, el objeto de estudio trasciende el análisis exclusivo del rendimiento académico de los estudiantes e incorpora una comprensión más amplia de las prácticas pedagógicas docentes, de las formas de interacción con los contenidos científicos y de las experiencias formativas que emergen al integrar recursos digitales en los procesos de enseñanza. Desde esta perspectiva, se reconoce que la enseñanza de la Biología Molecular plantea retos específicos vinculados a la abstracción conceptual, al uso de representaciones microscópicas y a la comprensión de procesos complejos, como la estructura y función del ADN y el ARN, lo que demanda mediaciones didácticas innovadoras y contextualizadas. Asimismo, el objeto de estudio incluye el componente reflexivo del docente frente a su propia práctica, entendido como un eje central para la transformación educativa. En este marco, el EVA es analizado no únicamente como un recurso tecnológico, sino como un dispositivo pedagógico que habilita nuevas formas de planificación, interacción, seguimiento y evaluación del aprendizaje, incidiendo en la resignificación de los roles tradicionales de docentes y estudiantes dentro del proceso educativo.

1.6. Campo de acción.

Los campos de acción de la investigación se delimitan a partir de los escenarios, actores y procesos educativos directamente implicados en la implementación del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) para la enseñanza de la Biología Molecular. En este sentido, uno de los ejes

centrales se sitúa en el campo pedagógico-didáctico, particularmente en el área de Ciencias Naturales, donde se analizan y transforman las estrategias de enseñanza empleadas para el abordaje de los contenidos de Biología Molecular en el grado noveno. Este campo de acción permite intervenir de manera directa en la planeación didáctica, la selección y articulación de recursos pedagógicos, así como en la organización de las actividades de aprendizaje mediadas por el EVA. De manera complementaria, la investigación se inscribe en el campo institucional, entendido como el conjunto de dinámicas, orientaciones curriculares, normas y apuestas pedagógicas propias de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle. En este ámbito, el estudio dialoga con el Proyecto Educativo Institucional (PEI), con las prácticas docentes vigentes y con los procesos de incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, aportando a la mejora continua de la gestión pedagógica y al fortalecimiento de la innovación educativa. Otro campo de acción relevante corresponde al ámbito formativo de los estudiantes, en tanto la investigación incide directamente en las experiencias de aprendizaje de los estudiantes de grado noveno, favoreciendo el desarrollo de competencias científicas, la autonomía en el aprendizaje y una comprensión más profunda de los contenidos de Biología Molecular. En este contexto, el EVA se configura como un espacio de interacción, exploración y construcción del conocimiento que amplía las posibilidades del aula tradicional. Conviene señalar, además, que, la investigación se articula con el campo de la reflexión y el desarrollo profesional docente, al promover procesos sistemáticos de análisis crítico sobre la práctica pedagógica. A partir del diseño, la implementación y la evaluación del EVA, los docentes participantes fortalecen sus competencias didácticas y digitales, y producen conocimiento pedagógico situado, susceptible de ser transferido y adaptado a otros escenarios educativos de la institución.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Proponer un Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria

de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, durante el periodo agosto–diciembre de 2025.

1.7.2. Objetivos específicos.

- Determinar los fundamentos teóricos y referenciales del Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.
- Caracterizar el estado actual del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de grado noveno del área de Ciencias Naturales de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.
- Diseñar una propuesta de Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica para la mejora de la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.
- Evaluar la pertinencia de la propuesta de Entorno Virtual de Aprendizaje mediante el seguimiento y la reflexión de las experiencias derivadas de su implementación en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.

1.8. Hipótesis.

En correspondencia con el enfoque metodológico del estudio y el carácter aplicado, se formula la hipótesis de trabajo orientada a valorar los efectos de la implementación de la propuesta pedagógica diseñada:

Un Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica mejora los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, durante el periodo agosto–diciembre de 2025.

1.9. Alcance temático.

En la cuestión temática, la investigación se suscribe en el campo de la enseñanza de las ciencias y en este caso puntual, en la transformación de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular mediante la implementación y evaluación de un EVA. El alcance temático se delimita a los contenidos fundamentales de la biología molecular como lo son: estructura del ADN, replicación, transcripción, traducción y mecanismos básicos de regulación génica.

1.10. Delimitación Espacial y Temporal.

La investigación se desarrolló en la institución educativa Juan Bautista La Salle, ubicada en la ciudad de Florencia (Caquetá, Colombia). Esta institución pública, adscrita a la Secretaría de Educación Municipal, cuenta con cuatro sedes y una matrícula total de 1.262 estudiantes atendidos por un equipo docente de 73 maestros. El estudio se circunscribió a la sede Centro, que alberga 561 estudiantes y 39 docentes, al ser esta la sede donde se identificaron las necesidades pedagógicas asociadas a la comprensión de los contenidos moleculares y donde se implementó el EVA como mediación didáctica.

La población participante corresponde a los estudiantes del grado noveno, distribuidos en dos grupos: noveno 1, con treinta y tres (33) estudiantes veinte (20) mujeres y trece (13) hombres, y noveno 2, con treinta y dos (32) estudiantes veintitrés (23) mujeres y nueve (9) hombres. La selección de este grado obedece a que en este nivel se incorpora formalmente el estudio de la

biología molecular dentro del plan de estudios institucional, y es allí donde se han evidenciado las mayores dificultades de comprensión conceptual.

El proceso investigativo se llevó a cabo entre los meses de agosto y diciembre de 2025, coincidiendo con el desarrollo de las actividades académicas correspondientes a los periodos tres y cuatro del calendario escolar. Durante este tiempo se planificaron, ejecutaron y evaluaron los ciclos propios de la investigación-acción educativa, lo que permitió observar la transformación progresiva de las prácticas pedagógicas y de los aprendizajes producto de la implementación del EVA.

CAPÍTULO 2. Fundamentos Teóricos Referenciales.

En el propósito de dar consistencia a las categorías de estudio abordadas a partir de argumentos teóricos, se realizó un rastreo, identificación, clasificación y selección de fuentes documentales que dieran cuenta de las nociones que han estructurado los campos de estudios. Su organización y disposición favorecen la comprensión holística del fenómeno abordado en función de segregar antecedentes, teorías, conceptos y normas vigentes que validan su tratamiento a nivel investigativo, mucho más cuando se considera en el ámbito educativo. Para dicho ejercicio, fue necesario consultar diferentes repositorios institucionales de orden internacional, nacional y regional a nivel de maestría o doctorado, diferentes bases de datos indexadas, boletines, entre otras que son autoridad en los campos acogidos.

2.1. Estado del arte (Marco Histórico y Actual).

2.1.1 Antecedentes internacionales

Desde la revisión documental de antecedentes internacionales, se destaca el estudio de Luján (2024) que presenta una propuesta educativa basada en métodos de enseñanza activos para el laboratorio de la asignatura “Tópicos selectos en biomedicina (microscopía)” de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Su propósito general estuvo orientado a elaborar una propuesta que favoreciera el aprendizaje significativo mediante la implementación de estrategias activas durante las prácticas de laboratorio. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo descriptivo, inscrito en un paradigma constructivista, utilizando análisis documental y la aplicación de cuestionarios a 63 estudiantes y 6 docentes, también se empleó una encuesta de evaluación docente adaptada de la Universidad de Alcalá.

Los resultados del estudio evidenciaron que, si bien el alumnado manifestó niveles moderados de satisfacción con las prácticas pedagógicas desarrolladas, persistían problemáticas asociadas a la organización de las clases, la interacción entre docentes y estudiantes, y la coherencia de los métodos de evaluación utilizados. De igual manera, se identificó que el profesorado continuaba privilegiando estrategias de enseñanza tradicionales, particularmente la exposición magistral, lo cual limitaba el desarrollo de habilidades prácticas y la participación activa del estudiantado en la construcción del conocimiento. Este antecedente resulta pertinente para la presente investigación, en la medida en que pone de relieve la necesidad de incorporar metodologías activas, innovadoras y centradas en el estudiante, especialmente en áreas científicas y experimentales donde la comprensión de conceptos abstractos exige mediaciones didácticas más dinámicas. En esta misma línea, la investigación desarrollada por Tetzlaff (2019) analizó las estrategias de enseñanza empleadas por docentes de cuatro instituciones de educación secundaria en la provincia de Misiones (Argentina), en el marco de la asignatura Biología Celular y Molecular, incorporada al currículo a partir de la Ley de Educación Nacional.

Se pretendió reconocer y caracterizar estas estrategias, diferenciando aquellas que favorecen el desarrollo de procedimientos científicos y contrastándolas con los lineamientos curriculares nacionales y jurisdiccionales. Su estructura metodológica se centró en un enfoque cualitativo con aportes cuantitativos, inscrito en un paradigma interpretativo-crítico, utilizando instrumentos como análisis documental, encuestas, entrevistas en profundidad, observaciones de clases y revisión de planificaciones y carpetas de estudiantes. Los resultados mostraron que la enseñanza de la Biología Celular y Molecular es predominantemente teórica y basada en modelos tradicionales, con escasa diversidad metodológica y poca atención a los procedimientos científicos. Uno de los hallazgos indica que las TIC se emplean de manera limitada, mientras que los trabajos prácticos y de investigación resultan esporádicos. Las recomendaciones de los documentos curriculares no se reflejan en las prácticas docentes. Sus aportes son esenciales porque evidencia la necesidad de transformar las estrategias de enseñanza de contenidos complejos mediante enfoques más activos, actualizados y orientados a la alfabetización científica.

En esa línea de sentido, es importante mencionar a Cartagena (2019) quien abordó el tema sobre simuladores virtuales sobre el comportamiento de átomos y moléculas para mejorar la comprensión y sistematización de conocimientos en estudiantes de tercer grado de secundaria del

área de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Sustentado en un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi-experimental, utilizó dos grupos equivalentes: uno experimental y uno de control, con 30 estudiantes cada uno. Se aplicaron pre-test y post-test para medir el aprendizaje, además de encuestas a 10 docentes y 31 estudiantes para evaluar la percepción sobre el uso de simuladores y TIC. Los resultados expresaron que el grupo experimental incrementó sus calificaciones en un 30 %, mostrando mejoras significativas en comprensión conceptual y visualización tridimensional de fenómenos atómicos.

Tanto docentes como estudiantes valoraron de manera positiva el uso de simuladores para el abordaje de contenidos abstractos, destacando su aporte a la comprensión de procesos complejos. Estas conclusiones resultan relevantes en la medida en que evidencian que las herramientas digitales pueden favorecer el aprendizaje significativo y fortalecer la formación científica mediante el uso de recursos interactivos, especialmente en áreas donde la visualización y la modelización cumplen un papel central. Desde una perspectiva complementaria, Venezia (2018) desarrolló un estudio orientado a analizar las posibilidades y limitaciones del uso de un entorno tecnológico presencial-virtual en los procesos de enseñanza y aprendizaje del tema “Disoluciones”, en la asignatura Química General y Biológica del primer año del Profesorado de Biología del Instituto Superior Particular Incorporado N.º 9028 “Nuestra Señora del Huerto”, en la ciudad de Rosario, Argentina. La investigación se sustentó en un paradigma de complementariedad metodológica, integrando enfoques cuantitativo e interpretativo, lo que dio lugar a un diseño de carácter mixto. Para la recolección de la información se emplearon cuestionarios aplicados antes y después de la intervención, observación no participante y entrevistas semiestructuradas dirigidas a los estudiantes del curso. Entre los principales hallazgos se identificó un alto nivel de acceso a recursos tecnológicos y una actitud generalmente favorable hacia su uso; no obstante, también se evidenció la persistencia de una preferencia por los materiales impresos y por la clase tradicional, lo que pone de manifiesto tensiones entre la innovación tecnológica y las prácticas pedagógicas arraigadas.

Tras la intervención, los estudiantes reportaron mejoras en comprensión conceptual, motivación, acceso a información y trabajo cooperativo. También valoraron las animaciones, videos y actividades interactivas como estrategias efectivas. Las dificultades principales estuvieron relacionadas con conectividad, organización grupal y edición de videos. Sus resultados y

conclusiones resultan ponderadas y relevantes para el tema en cuestión porque evidencia que la combinación entre presencialidad y virtualidad fortalece los procesos de enseñanza y aprendizaje en Química y permite replantear prácticas docentes mediadas por TIC.

En un plano distinto, el estudio abordado por Eceiza (2018) resultó relevante en el análisis porque acoge el modo en que la formación docente aborda los contenidos actitudinales vinculados con el aprendizaje de las ciencias en estudiantes del Profesorado de Biología del IESVA, en Villa Ángela, Chaco. Desde la intención de reconstruir la trama formativa de los residentes para comprender cómo se enseñan y aplican los contenidos actitudinales durante las prácticas áulicas, se apoyó en un enfoque cualitativo, la investigación trianguló tres fuentes: documentos institucionales, discursos de los actores y un dispositivo de intervención diseñado para observar la incorporación de actitudes específicas relacionadas con el pensamiento crítico. Los resultados muestran un marcado desfase entre las planificaciones y la práctica docente real. Predominan enfoques conductistas centrados en contenidos conceptuales, mientras que las actitudes se reducen a valores transversales como respeto o responsabilidad, dejando de lado aquellas asociadas a la construcción del conocimiento científico. El dispositivo de intervención permitió que los estudiantes reconocieran la importancia del pensamiento crítico, identificaran obstáculos en su desarrollo y visualizaran la posibilidad de integrar actitudes específicas en las clases de ciencias. Sus datos concluyentes son sustanciales en tanto que sitúa las dificultades formativas y su capacidad de reproducir reproducen modelos poco reflexivos y que es necesario revisar las prácticas de Residencia para fortalecer el trabajo pedagógico con contenidos actitudinales.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En un plano distinto, Builes (2023) presenta una revisión bibliográfica exhaustiva de las investigaciones desarrolladas entre 2012 y 2020 en la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, específicamente sobre el concepto de la materia y sus transformaciones, con el propósito de recopilar y analizar producciones académicas que abordaran esta temática, con el fin de visibilizar los aportes del programa y

facilitar el acceso a recursos para la práctica docente. Como ya se puede entender, el estudio responde a una naturaleza cualitativa, se sustentó en una exploración documental sistemática del repositorio institucional, seguida de una organización mediante matrices de clasificación según temática, nivel escolar, sede, modelo pedagógico e instrumentos utilizados. Se identificaron 52 trabajos, predominando aquellos dirigidos a estudiantes de bachillerato y fundamentados en enfoques constructivistas y de aprendizaje significativo. También se resaltó la importancia del aprendizaje experimental y de recursos virtuales para promover la comprensión de los cambios de la materia. Las sedes de Medellín, Manizales y Bogotá concentraron la mayor producción. Este referente es pertinente porque evidencia tendencias, vacíos y buenas prácticas en la enseñanza de la química, aportando referentes clave para el desarrollo de propuestas pedagógicas actuales.

A nivel complementario, Mendoza y Cueto (2022) estudiaron la incidencia de la mediación de las TIC en el desarrollo de competencias en Ciencias Naturales en estudiantes de secundaria y media de la Institución Educativa Francisco de Paula Santander, en San Estanislao de Kostka (Bolívar). Sustentado en el paradigma socio-crítico, enfoque cualitativo y descriptivo, además de un diseño de Investigación-Acción, se trabajó con 144 estudiantes de los grados 9°, 10° y 11°, pertenecientes al estrato socioeconómico uno. La recolección de datos incluyó encuestas, análisis documental e instrumentos de evaluación como rúbricas y registros institucionales. Los resultados muestran una mejora progresiva en los niveles de desempeño, especialmente en la competencia indagar, donde los estudiantes alcanzaron mayor presencia en los niveles alto y superior. Aunque la competencia explicar presentó mayores dificultades, la segunda fase del estudio evidenció una reducción del nivel bajo y un incremento sostenido en los niveles alto y superior en la mayoría de los grados. Asimismo, se identificó una mayor motivación estudiantil hacia el uso de TIC y una preferencia por combinar actividades virtuales con clases presenciales. El estudio concluye que la mediación tecnológica favorece el desarrollo de competencias científicas y dinamiza la participación en el aula y es pertinente a la actual investigación porque además de buscar un análisis en las ciencias naturales, acoge el mismo diseño o método: investigación-acción.

Del mismo modo, Parra (2020) analiza cómo la producción científica, los programas y los proyectos implementados en Colombia han contribuido a una visión crítica de la enseñanza de las ciencias mediante el uso de las TIC en contextos rurales. A partir de una investigación

documental de enfoque cualitativo, sustentada en el análisis de contenido y la triangulación hermenéutica, se revisaron trabajos publicados entre 2009 y 2019. El autor identifica que, aunque las políticas educativas han mejorado la cobertura y acceso a tecnologías en zonas rurales, persiste una baja integración crítica de las TIC en los procesos de enseñanza, predominando enfoques instrumentales y metodologías tradicionales que limitan la contextualización científica. Los hallazgos muestran una escasa producción investigativa centrada en la enseñanza de las ciencias mediada por TIC en áreas rurales, así como poco avance en propuestas que promuevan el pensamiento crítico, la diversidad de estrategias o la interacción social significativa. Si bien algunos programas como Ondas-Colciencias y Escuela Café presentan potencial, su alcance aún es limitado. El estudio destaca la pertinencia de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico como marco para enriquecer las prácticas pedagógicas en territorios rurales y fortalecer la apropiación contextual del conocimiento científico.

En otro contexto, Ariza y Caicedo (2018) desarrollaron un estudio histórico, epistemológico y teórico sobre la constitución de la teoría de la herencia como campo de conocimiento científico, con el propósito de fortalecer su enseñanza en la educación media. Las autoras parten de las dificultades que enfrentan los docentes al abordar conceptos complejos de genética, lo que genera confusiones y bajos niveles de comprensión en el aula. Bajo una metodología cualitativa, realizan un análisis historiográfico y comparativo de tres grandes momentos: la genética mendeliana, la teoría cromosómica y la biología molecular. Para ello recurren a fuentes primarias y secundarias, así como al modelo de dinámica científica de Anna Estany, que les permite construir seis elementos de análisis aplicados a autores como Mendel, Sutton, Morgan, Griffith, Avery, Hershey y Chase, Watson y Crick. El estudio concluye que la teoría de la herencia se ha transformado a través de procesos científicos no lineales, influenciados por contextos sociales y epistemológicos diversos. Las autoras resaltan la importancia de que los docentes comprendan la construcción histórica y conceptual de este campo, de manera que puedan diseñar estrategias pedagógicas más rigurosas y contextualizadas, favoreciendo la comprensión profunda de los fenómenos hereditarios y su relación con problemáticas contemporáneas como la bioética.

2.1.3 Antecedentes locales

Luego de una búsqueda exhaustiva, se logró establecer que no existen estudios similares en la región que abordara las categorías que el presente estudio acoge. No obstante, aunque hay varias intencionalidades desde las TIC ninguna se suscribe al tema de biología molecular y poco al campo de las ciencias naturales. Sin embargo, se encontró uno que es algo cercano y se optó por presentarlo como resultado de la revisión documental en el contexto regional.

En ese sentido, se pudo conocer que la investigación desarrollada por Flórez y Zapata (2020) se acercó a las categorías por tanto que buscó evaluar el uso comprensivo, la explicación y la indagación de conceptos de biología celular asociados a la herencia biológica en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa José Acevedo y Gómez, en Acevedo (Huila). Para ello, se implementó una unidad didáctica fundamentada en el Modelo de Enseñanza para la Comprensión (EpC), buscando superar las limitaciones del enfoque tradicional predominante en la institución. El estudio se desarrolló desde un enfoque cuantitativo, con un diseño preexperimental sin grupo control, en el que se aplicó un cuestionario antes y después de la intervención pedagógica. El análisis de los resultados se realizó mediante la prueba t de Student, lo que permitió identificar cambios estadísticamente significativos en las variables evaluadas. Los hallazgos mostraron mejoras relevantes, reflejadas en un incremento aproximado del 75 % en el uso comprensivo de los contenidos, así como en la capacidad de explicación e indagación científica de los estudiantes. La implementación de la unidad didáctica favoreció el desarrollo de habilidades como la interpretación, el razonamiento, el trabajo colaborativo y la evaluación continua, contribuyendo al fortalecimiento de la comprensión de los mecanismos de herencia biológica. En este contexto, los resultados sugieren que el Modelo de Enseñanza para la Comprensión (EpC) se configura como una alternativa pertinente para promover procesos activos de aprendizaje y la construcción significativa de conceptos científicos en contextos escolares rurales.

2.2. Marco Teórico.

2.2.1 Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

El desarrollo de las TIC ha incidido de manera significativa en las formas de producir, circular y apropiarse del conocimiento, generando tensiones que obligan a repensar los modelos tradicionales de enseñanza. Desde una perspectiva amplia, las TIC no pueden entenderse únicamente como un conjunto de dispositivos o plataformas digitales, sino como un entramado sociotécnico que reconfigura los modos de acceso a la información, las relaciones entre los sujetos y los escenarios en los que se construyen los aprendizajes (Aguilar, 2012; Coll y Monereo, 2010). En el ámbito educativo, estos cambios se expresan en la emergencia de nuevos lenguajes, códigos y soportes que interpelan la práctica docente, cuestionan la centralidad exclusiva del libro de texto y abren paso a entornos de trabajo más flexibles, interactivos y dinámicos (Hernández, 2017; Carneiro, 2012). En paralelo, diversos organismos internacionales han señalado que la incorporación de tecnologías digitales en la educación no debe responder únicamente a criterios de innovación tecnológica, sino orientarse de manera intencionada a la mejora de la calidad educativa y al fortalecimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje. y no simplemente a la incorporación de equipamiento, de modo que la dimensión pedagógica prevalezca sobre la fascinación tecnológica (UNESCO, 2016; MEN, 2016).

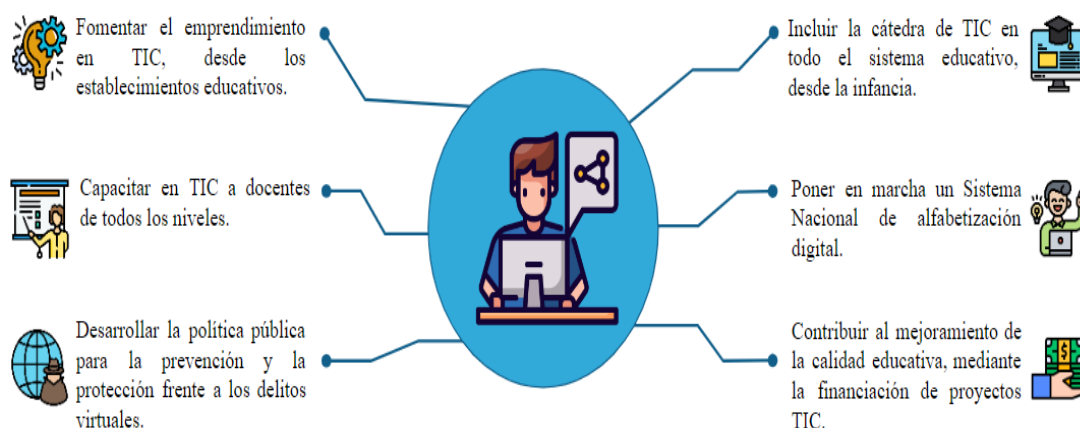
En este marco, las TIC adquieren una relevancia particular cuando se articulan con la enseñanza de las ciencias naturales, un campo en el que la visualización de fenómenos complejos, la simulación de procesos y el uso de representaciones múltiples amplían las posibilidades de comprensión y favorecen el abordaje de contenidos abstractos de manera más accesible para los estudiantes (Mendoza y Cueto, 2022; Díaz-Barriga, 2013). La literatura muestra que la mediación tecnológica puede favorecer procesos de indagación, argumentación y resolución de problemas, siempre que esté acompañada de una intencionalidad didáctica explícita y de la construcción de actividades significativas, en lugar de limitarse al uso esporádico de recursos aislados (Guzmán y Ramírez, 2023; Benítez, 2018). Así, el reto no consiste únicamente en disponer de computadores o conectividad, sino en resignificar el papel de las TIC como herramientas para promover aprendizajes más profundos y críticos, especialmente en contextos donde persisten brechas de

acceso y desigualdades educativas como los territorios rurales latinoamericanos (Galván, 2020; Parra, 2020).

De forma complementaria, Barragán y Sánchez (2020) sostienen que la incorporación de ambientes virtuales en educación básica modifica la dinámica de las clases: los estudiantes dejan de depender exclusivamente del tiempo presencial y pueden interactuar con actividades diversificadas, retroalimentación continua y recursos que fortalecen la autonomía. Para estos autores, la clave no está en la sofisticación tecnológica, sino en la claridad pedagógica que sustenta el diseño del entorno y orienta la secuencia de actividades. En la misma línea, Salinas (2020) afirma que los EVA son más efectivos cuando combinan estructuras flexibles con criterios didácticos que favorecen el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la participación significativa. (Ver figura 3)

Figura 3.

Posibilidades de transformación de las TIC en la educación



Nota: elaboración propia a partir de la Ley 1341 de 2009, artículo 39.

2.2.2 Entornos virtuales de aprendizaje

Dentro del universo de las TIC, los EVA se han consolidado como espacios estructurados que integran recursos, actividades y modos de interacción orientados a sostener procesos formativos en línea o en modalidad mixta. Diversos autores coinciden en que un EVA no se limita a ser un repositorio de materiales, sino que articula componentes comunicativos, evaluativos y colaborativos que permiten organizar secuencias didácticas coherentes con propósitos de aprendizaje específicos (Cavadía et al., 2019; Navarro, 2015; Suárez Guerrero, 2003). En la práctica, plataformas como Moodle, entornos institucionales y otros sistemas de gestión del aprendizaje posibilitan diseñar itinerarios formativos que combinan foros, cuestionarios, recursos multimedia y actividades de trabajo autónomo, reconfigurando el rol del docente como diseñador de experiencias y no solo como transmisor de contenidos (Herrera-Chicaiza et al., 2025; Palau et al., 2020). Esta concepción de los EVA como mediaciones pedagógicas invita a pensar su potencial para atender necesidades concretas de aprendizaje, por ejemplo, la comprensión de procesos moleculares complejos en ciencias naturales.

La literatura reciente ha aportado evidencia consistente sobre la relación entre el uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje y el rendimiento académico, particularmente en el nivel de educación secundaria. Estudios como los de Aguilar y Otuyemi (2020), así como el de Ademola (2021), señalan mejoras significativas en los logros de los estudiantes cuando los entornos virtuales se articulan con actividades pedagógicamente estructuradas, procesos de retroalimentación oportuna y un acompañamiento docente sostenido. De forma complementaria, investigaciones desarrolladas en contextos latinoamericanos muestran que los EVA pueden favorecer una mayor participación estudiantil, fortalecer el trabajo independiente y promover aprendizajes más autónomos, siempre que su implementación esté mediada por una orientación pedagógica clara y por niveles básicos de alfabetización digital en los participantes (Zambrano y Cevallos, 2023; Flores-Rivera, 2023; Zambrano, 2022). En el campo específico de las ciencias naturales, la literatura documenta experiencias en las que los EVA, especialmente aquellos que integran estrategias de gamificación, simulaciones y recursos interactivos, inciden positivamente tanto en la motivación como en el desempeño académico en áreas como biología y física. Estos enfoques

contribuyen a desplazar prácticas centradas en la memorización hacia formas de aprendizaje más activas y comprensivas, acordes con la naturaleza de los contenidos científicos (Caicedo et al., 2024; Botelho et al., 2022).

Ahora bien, la potencialidad de los Entornos Virtuales de Aprendizaje no está exenta de tensiones y limitaciones. Diversos estudios advierten que, cuando estos entornos se utilizan de manera meramente instrumental, sin una articulación clara con el currículo ni con un enfoque didáctico explícito, tienden a reproducir prácticas tradicionales de enseñanza. En estos casos, el espacio digital termina trasladando esquemas centrados en la exposición unidireccional de contenidos y en formas de evaluación predominantemente sumativas, sin generar transformaciones sustantivas en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Venezia, 2018; Hernández, 2017). De ahí que resulte imprescindible asumir el diseño del EVA como un proceso de reflexión pedagógica que considere las características de los estudiantes, los objetivos de aprendizaje, los recursos disponibles y las condiciones contextuales de la institución (Vargas, 2020; Castaño, 2017). En el caso de contenidos altamente abstractos, como la biología molecular, esta reflexión cobra mayor relevancia, pues la estructuración del entorno virtual puede marcar la diferencia entre un conjunto de materiales dispersos y una experiencia de aprendizaje guiada que favorezca la comprensión de conceptos como la replicación, la transcripción y la traducción genética (Reinoso-Tapia et al., 2024; Hidalgo y Castro, 2019;).

La incorporación de los EVA en los procesos educativos transforma significativamente la experiencia de los actores educativos, tanto que quienes enseñan -docentes- como de quienes aprenden -discentes-. En este contexto, la interacción como canal de construcción del conocimiento, se ve influida tanto por el entorno en el que ocurre como por la modalidad en que se desarrolla. Según Muñoz y Fuertes (2024), el entorno donde ocurren las interacciones puede darse de modo presenciales, híbridos o completamente virtuales, ya sea en tiempo real (sincrónico) o de manera diferida (asincrónico). Aunque otros factores como el contexto y el diseño curricular también condicionan la interacción, en los EVA, la experiencia comunicativa está completamente mediada por la tecnología a través de recursos tecnológicos y estrategias didácticas que, a partir del diseño instruccional del entorno virtual, moldean los procesos de interacción de los participantes.

Ahora bien, en un mundo cada vez más digitalizado, los EVA responden a demandas contemporáneas al brindar espacios educativos alojados en la web accesibles para estudiantes y docentes, superando las limitaciones geográficas y temporales (Salinas, 2011). La interacción entre las dimensiones tecnológicas y educativa potencia las dinámicas pedagógicas. Para ello resulta indispensable tener en cuenta criterios de calidad tanto en los procesos comunicacionales como didácticos (García et al., 2020). Sin embargo, como señala Edel (2010), incorporar la virtualidad en la educación requiere una transformación acerca de su concepción, valorando el impacto real de lo virtual en la innovación educativa.

Desde la dimensión tecnológica, los EVA integran herramientas interactivas como plataformas e-learning, foros, redes sociales, blogs y wikis, que fomentan la participación activa de los estudiantes, además de promover un aprendizaje autónomo y colaborativo, pues facilitan el intercambio de ideas, la construcción colectiva del conocimiento y el desarrollo de competencias digitales. Es así que, enseñar a través de entorno virtuales es adaptar el proceso educativo a las expectativas actuales que requieren el desarrollo de competencias digitales contribuyendo a la alfabetización digital y la innovación curricular (Salinas, 2011).

2.2.3 Alfabetización digital y competencias digitales

La apropiación crítica de los EVA requiere que tanto docentes como estudiantes desarrollen un conjunto de competencias digitales que trascienden el manejo instrumental de dispositivos. En esa línea de sentido, Área (2012) plantea que la alfabetización digital supone dominar lenguajes, códigos y prácticas socioculturales vinculadas al uso de tecnologías, lo que implica comprender cómo se produce la información, cómo se evalúa su fiabilidad y de qué manera se comunica en entornos hipertextuales e interactivos. Del mismo modo, Moreira et al. (2008) proponen pensar en alfabetizaciones múltiples, que integran dimensiones informacionales, mediáticas y tecnológicas, y que resultan esenciales para participar de manera activa y responsable en la sociedad del conocimiento. Desde una perspectiva más aplicada al sistema escolar, se ha argumentado que el desarrollo de competencias tecnológicas no puede desligarse de la formación

pedagógica, pues el sentido educativo de las TIC depende de la capacidad docente para diseñar experiencias que articulen lo digital con metas de aprendizaje concretas (González Campos et al., 2017; Hernández, 2017).

Las orientaciones de organismos internacionales han reforzado esta visión al establecer marcos de competencias TIC para docentes, en los que se combinan dimensiones técnicas, pedagógicas, éticas y organizacionales (UNESCO, 2016; UNESCO, 2016/2019). Estos referentes subrayan que el uso de tecnologías en educación debe contribuir al desarrollo de competencias cognitivas superiores, al trabajo colaborativo y a la resolución de problemas auténticos, lo cual se alinea con los principios de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación y la comprensión conceptual (Flores et al., 2021; MEN, 2006). En el contexto colombiano, además, los estándares básicos de competencias y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) en ciencias naturales incorporan la necesidad de que los estudiantes interpreten información en múltiples formatos, argumenten con base en evidencia y se familiaricen con prácticas científicas apoyadas en herramientas digitales (Icfes, 2016; MEN, 2006). Por tanto, la alfabetización digital no constituye un componente accesorio, sino una condición para que los EVA realmente funcionen como mediaciones que potencian la comprensión de fenómenos complejos, como los procesos moleculares abordados en biología.

2.2.4 Biología molecular en la educación secundaria

Este campo de estudio se ocupa del estudio de los procesos que permiten la conservación, expresión y regulación de la información genética, y se sitúa en un nivel de análisis que vincula moléculas, células y organismos. Desde el punto de vista escolar, este campo se introduce generalmente en la educación secundaria a través de contenidos asociados a la estructura del ADN, la organización del material genético y los mecanismos de expresión génica, los cuales suelen representar un reto cognitivo para los estudiantes debido a su alto grado de abstracción y a la necesidad de trabajar con representaciones que no son directamente observables (Álvarez, 2016; Talero, 2015). Investigaciones sobre enseñanza de la genética y de la biología molecular

han mostrado que los estudiantes arrastran concepciones alternativas persistentes acerca de la herencia, la relación entre genes y características, o la función de los cromosomas, lo que dificulta la integración coherente de los diferentes niveles de organización biológica (Ariza y Caicedo, 2018; Iñiguez, 2006;). A ello se suma que, en muchos contextos, los recursos disponibles en las escuelas no permiten acceder a laboratorios especializados, por lo que la enseñanza se limita con frecuencia a explicaciones teóricas apoyadas en esquemas estáticos.

Frente a estas limitaciones, la literatura reciente ha explorado el uso de estrategias didácticas que integran simulaciones, laboratorios virtuales, visualizaciones interactivas y experiencias de aprendizaje activo para facilitar la comprensión de los procesos moleculares. Estudios desarrollados en cursos de biología celular y molecular reportan que el trabajo con actividades basadas en indagación, apoyadas en recursos digitales, contribuye a que los estudiantes articulen mejor los niveles moleculares, celular y macroscópico, y a que construyan modelos más consistentes sobre cómo se transmite y expresa la información genética (Reinoso-Tapia et al., 2024; Hidalgo y Castro, 2019; Tetzlaff, 2019;). Del mismo modo, revisiones sistemáticas sobre la enseñanza de biotecnología y genética en secundaria destacan la importancia de combinar experiencias prácticas, aunque sean simuladas, con discusiones conceptuales guiadas, de manera que los estudiantes puedan vincular las aplicaciones tecnológicas con fundamentos de biología molecular (Ibiyemi & Yara, 2025; Lesiak et al., 2024; Hin et al., 2019;). En este sentido, los Entornos Virtuales de Aprendizaje, junto con herramientas como la realidad virtual y los laboratorios remotos, se configuran como recursos especialmente valiosos en contextos educativos que presentan limitaciones en la infraestructura física de laboratorio, al ampliar las posibilidades de experimentación, simulación y acceso a experiencias científicas mediadas por la tecnología (Ojetunde, 2025; Navarro et al., 2024; Rosli & Ishak, 2024).

2.2.5 La replicación del ADN

La replicación del ADN constituye uno de los procesos centrales de la biología molecular, en la medida en que garantiza la conservación y transmisión de la información genética de una generación celular a otra. No obstante, aunque su descripción formal suele abordarse en la educación secundaria desde representaciones esquemáticas, diversos estudios han señalado que los estudiantes presentan dificultades persistentes para comprender aspectos clave del proceso, como la direccionalidad de la síntesis, el carácter complementario de las cadenas y la función específica de las enzimas implicadas. Estas dificultades suelen derivar en interpretaciones lineales y estáticas, que reducen la complejidad dinámica del fenómeno biológico (Álvarez, 2016; Talero, 2015).

Desde el campo de la didáctica de las ciencias, se ha advertido que la enseñanza de la replicación del ADN exige una articulación coherente entre las nociones de estructura molecular, emparejamiento de bases y ciclo celular. Presentar estos contenidos de manera fragmentada o como una secuencia mecánica de pasos desvinculados de situaciones biológicas concretas limita la comprensión profunda del proceso (Flores et al., 2021; Hidalgo y Castro, 2019). En este sentido, las dificultades identificadas no solo revelan obstáculos de aprendizaje, sino que también abren un campo de oportunidad para el diseño de mediaciones didácticas que permitan visualizar la replicación de forma dinámica y ofrecer múltiples posibilidades de exploración y reconstrucción de modelos explicativos.

En esta línea, experiencias apoyadas en simuladores y laboratorios virtuales han mostrado resultados promisorios en la mejora de la comprensión de la replicación del ADN y de otros procesos moleculares asociados. Estos recursos permiten a los estudiantes manipular variables, observar cambios a distintas escalas y articular representaciones simbólicas, gráficas y animadas, favoreciendo una comprensión más integrada del fenómeno (Nili y Sahafi, 2024; Rosli y Ishak, 2024; Cartagena Condori, 2019). De manera complementaria, el uso de entornos de realidad virtual inmersiva y de dinámicas moleculares interactivas ha sido explorado principalmente en educación superior como estrategia para visualizar moléculas y complejos tridimensionales; sin embargo, la literatura sugiere que estas experiencias podrían adaptarse progresivamente a niveles de secundaria, siempre que se realicen los ajustes pedagógicos necesarios (Ma et al., 2025; Reen et al., 2022). Si bien este tipo de recursos no reemplaza la reflexión guiada ni la discusión conceptual en el aula, sí constituye un andamiaje valioso para transitar de la memorización de

pasos aislados hacia una comprensión relacional del proceso, aspecto clave para la formación posterior en genética y biotecnología (Situmorang et al., 2024; Sezen y Çalik, 2023).

2.2.6 La transcripción

La transcripción establece el vínculo entre la información almacenada en el ADN y la síntesis de ARN, constituyéndose en un proceso fundamental para la comprensión de la expresión génica. Sin embargo, en los contextos escolares este contenido suele introducirse de manera altamente condensada, lo que deja escaso margen para que los estudiantes distingan entre los diferentes tipos de ARN, las fases del proceso o la relación existente entre la secuencia de bases y el producto resultante (Hidalgo y Castro, 2019; Talero, 2015). Como resultado, el aprendizaje de la transcripción tiende a reducirse a una descripción superficial que dificulta la apropiación de sus implicaciones biológicas. Diversas investigaciones en didáctica de la genética han evidenciado que una proporción significativa de estudiantes concibe la transcripción como una simple copia del ADN, sin reconocer el cambio de lenguaje químico ni el papel que cumplen las regiones reguladoras. Estas concepciones limitadas generan obstáculos posteriores para comprender fenómenos más complejos, como la regulación génica o la aparición de mutaciones (Ariza y Caicedo, 2018; Iñiguez, 2006). Tales dificultades se intensifican cuando el tratamiento escolar del tema se apoya exclusivamente en esquemas bidimensionales y analogías poco precisas, sin ofrecer oportunidades para modelar explícitamente el proceso ni para explorar su dinámica molecular.

Frente a este panorama, distintos trabajos han propuesto la integración de actividades de modelización, simulación y trabajo colaborativo en entornos digitales como estrategia para fortalecer la comprensión de la transcripción. En cursos de biología molecular se han desarrollado recursos que permiten visualizar el desplazamiento de la ARN polimerasa, la apertura local de la doble hélice y la síntesis direccional del ARN, los cuales han mostrado

efectos positivos tanto en el rendimiento académico como en las actitudes de los estudiantes hacia la asignatura (Reinoso-Tapia et al., 2024; Reen et al., 2021). De manera complementaria, revisiones sobre entornos web para el aprendizaje de la biología sugieren que la combinación de explicaciones multimedia, cuestionarios interactivos y tareas de reconstrucción de secuencias contribuye a reducir concepciones erróneas y a favorecer una comprensión más integrada del flujo de la información genética (Sezen y Çalik, 2023; Botelho et al., 2022). En este sentido, un Entorno Virtual de Aprendizaje diseñado específicamente para abordar la transcripción ofrece el potencial de articular recursos visuales, ejercicios de aplicación y espacios de retroalimentación que apoyen a los estudiantes de secundaria en la construcción de significados más sólidos y funcionales en torno a este concepto.

2.2.7 La traducción

Es el proceso mediante el cual la información codificada en el ARN mensajero se convierte en la secuencia de aminoácidos de una proteína, y representa un nivel adicional de complejidad en la enseñanza de la biología molecular. Estudios sobre aprendizaje de la genética han documentado que los estudiantes suelen confundir el papel de los ribosomas, del ARN de transferencia y del código genético, e incluso tienden a mezclar etapas de transcripción y traducción en sus explicaciones (Hin et al., 2019; Talero, 2015). Estas dificultades se relacionan, entre otros factores, con la cantidad de símbolos involucrados, la necesidad de coordinar varias macromoléculas a la vez y la abstracción inherente al trabajo con “códigos” y “lecturas” secuenciales (Lesiak et al., 2024; Flores et al., 2021;). Por ello, distintos autores sugieren que la enseñanza de la traducción debe apoyarse en actividades que integren tableros de código genético, ejercicios de decodificación y análisis de mutaciones, acompañados de esquemas y modelos que permitan visualizar la interacción entre los componentes del sistema de síntesis proteica (Hidalgo y Castro, 2019; Tetzlaff, 2019).

La incorporación de herramientas digitales amplía de manera significativa las posibilidades para abordar el proceso de traducción desde enfoques más comprensivos y contextualizados. Revisiones sobre el uso de laboratorios virtuales y simulaciones en educación científica señalan que, cuando estas herramientas se integran en diseños didácticos cuidadosamente planificados, pueden favorecer la comprensión de procesos complejos y mejorar el desempeño de los estudiantes en evaluaciones de carácter conceptual (Ojetunde, 2025; Rosli y Ishak, 2024; Nili y Sahafi, 2024). De forma complementaria, algunas experiencias apoyadas en dinámicas moleculares interactivas y en entornos de realidad virtual inmersiva indican que la representación tridimensional de ribosomas y cadenas polipeptídicas contribuye a que los estudiantes conciban la traducción como un proceso dinámico y espacialmente organizado, y no únicamente como una secuencia lineal de pasos (Ma et al., 2025; Reen et al., 2022). En el nivel de educación secundaria, este tipo de aproximaciones requiere adaptaciones acordes con las características cognitivas de los estudiantes; no obstante, ofrecen insumos pedagógicos valiosos para el diseño de actividades en Entornos Virtuales de Aprendizaje que integren simulaciones, tareas de predicción y ejercicios de interpretación de diagramas, orientados a consolidar una comprensión más profunda del proceso de traducción.

2.2.8 Los mecanismos de regulación genética

Estos procesos permiten explicar cómo, cuándo y en qué medida se expresan los genes en distintos tipos celulares y bajo diversas condiciones ambientales, constituyéndose en una dimensión clave para la comprensión de fenómenos como la diferenciación celular, la respuesta al ambiente y el desarrollo de enfermedades. No obstante, la literatura coincide en señalar que la regulación génica es uno de los contenidos menos abordados en profundidad en la educación secundaria, tanto por su complejidad intrínseca como por la percepción de que excede los requerimientos curriculares mínimos establecidos para este nivel educativo (Hin et al., 2019; Talero, 2015). Cuando se introduce, suele hacerse de manera muy general, sin distinguir entre niveles de regulación ni presentar ejemplos contextualizados, lo cual deja a los estudiantes con

una imagen muy simplificada del control de la expresión génica (Reinoso-Tapia et al., 2024; Hidalgo y Castro, 2019;). Esta brecha conceptual puede limitar la comprensión de discusiones contemporáneas en biotecnología, medicina o genética de poblaciones, que exigen articular nociones de regulación con procesos moleculares básicos.

En este escenario, algunos trabajos han propuesto estrategias de enseñanza que vinculan la regulación génica con contextos significativos para los estudiantes, como enfermedades multifactoriales, interacciones gen-ambiente o procesos de adaptación (Ma et al., 2025; Lesiak et al., 2024;). La integración de estudios de caso, simulaciones de expresión génica y actividades de análisis de datos experimentales permite que los estudiantes exploren cómo pequeñas variaciones en la regulación pueden tener efectos fenotípicos importantes, aun cuando la secuencia de ADN no cambie (Sezen y Çalik, 2023; Reen et al., 2022;). En paralelo, los laboratorios virtuales y los entornos de aprendizaje basados en la web han sido utilizados para aproximar a los estudiantes a herramientas de visualización y modelización de redes de regulación génica. Si bien este tipo de experiencias aún es poco frecuente en la educación secundaria, la literatura sugiere que constituyen una línea prometedora para el diseño de Entornos Virtuales de Aprendizaje que integren estos componentes de manera gradual y pedagógicamente orientada (Navarro et al., 2024; Rosli y Ishak, 2024). En este sentido, la enseñanza de los mecanismos de regulación genética puede dejar de ocupar un lugar marginal dentro del currículo y convertirse en un eje articulador que conecte la biología molecular con problemáticas científicas, ambientales y sociales contemporáneas, otorgándole mayor sentido formativo a estos contenidos en el nivel escolar.

2.2.9 Didáctica de las ciencias naturales

La didáctica se concibe como un campo de estudio que analiza de manera sistemática las relaciones que se establecen entre el docente, el estudiante y el conocimiento, con el propósito de comprender cómo dichas interacciones se configuran para favorecer aprendizajes significativos en contextos educativos específicos. Desde una perspectiva clásica, este campo trasciende la

mera descripción de métodos de enseñanza y se orienta a comprender los procesos implicados en la selección, organización y representación del saber escolar, así como las condiciones pedagógicas que posibilitan que dicho conocimiento sea accesible y comprensible para los estudiantes (Coll y Monereo, 2010; Mallart, 2001). En el ámbito de las ciencias naturales, estas reflexiones adquieren una relevancia particular debido a la complejidad inherente a la actividad científica y a la necesidad de mediar contenidos que, en muchos casos, no son observables de manera directa. En este sentido, autores como Tamayo (2014) señalan que enseñar ciencias supone traducir modelos, lenguajes y prácticas propias del quehacer científico a formas de representación que puedan ser progresivamente apropiadas por los estudiantes, lo cual exige un análisis cuidadoso tanto de las representaciones utilizadas como de las dificultades conceptuales que emergen en los procesos de aprendizaje.

Por otra parte, la didáctica contemporánea reconoce que la enseñanza no constituye un proceso neutral, sino que está mediada por decisiones pedagógicas, epistemológicas y metodológicas que inciden directamente en la forma como los estudiantes construyen comprensión y otorgan sentido a los saberes escolares. Flores et al. (2021) destacan que aprender ciencias supone interactuar con múltiples niveles de representación —molecular, celular, fenotípico—, lo que demanda estrategias didácticas que permitan transitar de un plano explicativo a otro sin fragmentar el significado. En este contexto, la biología molecular plantea desafíos adicionales, pues la naturaleza abstracta de sus procesos requiere apoyos visuales, modelizaciones y mediaciones que permitan comprender fenómenos que ocurren a escalas no perceptibles directamente. Es aquí donde la didáctica incorpora de manera creciente herramientas tecnológicas —como simuladores, laboratorios virtuales y entornos digitales—, siempre que su uso responda a propósitos formativos y a una planificación coherente del aprendizaje (Castaño, 2017; Orrego et al., 2016). De esta forma, la didáctica de las ciencias se configura como un espacio donde confluyen teoría, experiencia docente y decisiones metodológicas orientadas a favorecer una comprensión profunda y contextualizada del conocimiento científico.

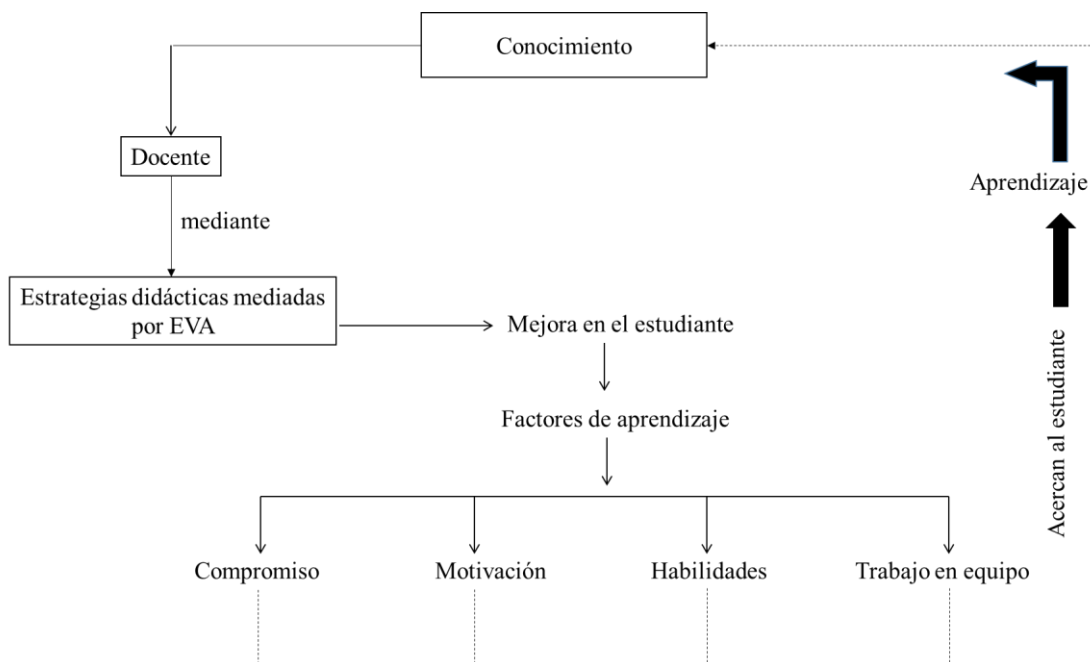
2.2.10 Mediación didáctica

La mediación didáctica se entiende como el conjunto de acciones, recursos e interacciones mediante las cuales el docente transforma el conocimiento científico en experiencias de aprendizaje que resultan accesibles y significativas para los estudiantes. Esta mediación no se reduce al uso de determinados materiales o herramientas, sino que implica la articulación intencionada de objetivos, contenidos, actividades, formas de representación y criterios de evaluación, con el fin de orientar el proceso de enseñanza de manera coherente y contextualizada (Coll y Monereo, 2010; Mallart, 2001). En el ámbito de las ciencias naturales, esta función adquiere una relevancia particular debido a la complejidad conceptual de los contenidos y a la necesidad de que el docente actúe como un puente pedagógico entre los modelos científicos y las concepciones previas de los estudiantes. Los aportes de Tamayo y Sanmartí (2003) muestran que, en temas como los procesos celulares o moleculares, la mediación debe recuperar estrategias que permitan conectar distintos niveles de representación y favorecer la construcción de explicaciones integradas.

Asimismo, la mediación didáctica se transforma cuando se incorporan las TIC y los entornos virtuales como parte de las prácticas pedagógicas (ver figura 4). Aunque estas herramientas pueden fomentar la exploración, la visualización y la manipulación de datos, su potencial solo se concreta cuando se integran en una planificación didáctica que regule la progresión conceptual y promueva el aprendizaje activo (Cavadía et al., 2019; Díaz-Barriga, 2013). Investigaciones como las de Guzmán y Ramírez (2023) evidencian que la mediación apoyada en TIC puede mejorar la participación, la motivación y la interacción entre los estudiantes, siempre que exista un acompañamiento docente que guíe el uso de los recursos y conecte las actividades digitales con los objetivos del área. Del mismo modo, experiencias como las de Castaño (2017) y Venezia (2018) indican que unidades didácticas mediadas por tecnología logran consolidar aprendizajes más profundos al combinar actividades en línea con espacios de reflexión y retroalimentación continua.

Figura 4.

Diagrama de gestión para el aprendizaje desde las TIC



Nota: Elaboración propia.

Como cierre, en el ámbito de la biología molecular, la mediación didáctica implica tomar decisiones sobre cómo representar fenómenos complejos y cómo orientar al estudiante en la construcción de modelos explicativos. Autores como Ruiz et al. (2015) muestran que el trabajo con múltiples representaciones es clave para comprender procesos como replicación, transcripción y traducción, por lo que las mediaciones deben integrar recursos visuales, actividades de modelización y escenarios interactivos que permitan explorar la dinámica molecular. Simuladores, laboratorios virtuales y otros entornos digitales ofrecen oportunidades valiosas para la visualización de procesos abstractos, siempre que su incorporación esté orientada por una intencionalidad pedagógica clara y coherente con los propósitos de aprendizaje (Nili y Sahafi, 2024; Cartagena, 2019). En este sentido, la mediación didáctica se configura como un elemento articulador entre el conocimiento disciplinar, el diseño de las actividades y las

oportunidades de aprendizaje que posibilitan los entornos virtuales, otorgando sentido pedagógico al uso de las tecnologías en el aula de ciencias.

2.2.11 Estrategias didácticas en ciencias naturales

Las estrategias didácticas en ciencias naturales pueden entenderse como configuraciones pedagógicas que orientan la enseñanza hacia la indagación, la modelización, la representación y la comunicación científica. En este sentido, Arteaga et al. (2015) señalan que dichas estrategias suponen una articulación intencional de actividades, recursos y formas de interacción orientadas a promover aprendizajes significativos y coherentes con la naturaleza del conocimiento científico. En la enseñanza de la biología, estas estrategias adquieren una relevancia particular debido a la complejidad conceptual de los contenidos y a la necesidad de vincularlos con experiencias de exploración, análisis y reflexión que permitan superar aproximaciones meramente descriptivas (Flores et al., 2021). El diseño de unidades didácticas, secuencias de indagación o proyectos integradores constituye una vía para concretar estas estrategias, al propiciar que los estudiantes participen en prácticas análogas a las propias de la actividad científica, tales como la formulación de preguntas, la interpretación de modelos y la construcción de explicaciones (Flórez y Zapata, 2020; Orrego et al., 2016).

En los últimos años, diversas investigaciones han evidenciado que la incorporación de Tecnologías de la Información y la Comunicación y de entornos virtuales de aprendizaje puede potenciar el impacto de las estrategias didácticas cuando estas se integran de manera coherente con los objetivos formativos del área. Estudios como los de Cartagena (2019) muestran que el uso de simuladores favorece la comprensión de procesos moleculares al facilitar la visualización de interacciones que no son observables directamente. De forma complementaria, revisiones recientes destacan que estrategias apoyadas en laboratorios virtuales, modalidades de aprendizaje combinado y enfoques de aprendizaje basado en juegos contribuyen a mejorar tanto el rendimiento académico como la participación de los estudiantes en ciencias naturales (Botelho et al., 2022; Situmorang et al., 2024; Rosli y Ishak, 2024). En el campo de la biología molecular,

este tipo de recursos resulta especialmente pertinente para explorar procesos como la replicación, la transcripción, la traducción y la regulación genética, generando espacios de experimentación virtual que complementan y enriquecen la enseñanza presencial.

Desde esta perspectiva, estrategias didácticas como el aprendizaje activo, el aula invertida y los proyectos interdisciplinarios han demostrado ser eficaces para promover una comprensión más amplia, aplicada y funcional de los contenidos científicos. Pratiwi et al. (2021) sostienen que estas metodologías favorecen el desarrollo de procesos de razonamiento, argumentación y transferencia, considerados aspectos clave en la enseñanza de la biología molecular. Asimismo, investigaciones que articulan recursos digitales con prácticas colaborativas indican que los estudiantes logran elaborar explicaciones más completas cuando combinan simulaciones, análisis de información y actividades de construcción de modelos (Ma et al., 2025; Reen et al., 2021). Integradas en un Entorno Virtual de Aprendizaje, estas estrategias permiten al docente organizar rutas de exploración conceptual que vinculen teoría, representación y práctica, consolidando un enfoque didáctico integral para la enseñanza de procesos moleculares complejos.

2.2.12 Representaciones y comprensión conceptual en ciencias naturales

La comprensión de conceptos científicos complejos, como los que intervienen en la biología molecular, se encuentra estrechamente vinculada al tipo de representaciones que se movilizan en el aula y a la manera en que los estudiantes las interpretan y articulan. La investigación en didáctica de las ciencias ha evidenciado que los estudiantes utilizan de forma simultánea representaciones mentales, verbales, gráficas, simbólicas y matemáticas; sin embargo, el tránsito entre estos distintos registros no se produce de manera espontánea, sino que requiere ser enseñado y acompañado pedagógicamente (Flores et al., 2021; Ruiz et al., 2015). En este sentido, diversos estudios advierten que los docentes suelen asumir que las imágenes, esquemas y diagramas presentes en los textos escolares son autoexplicativos, lo que limita la generación de espacios para que los estudiantes expliciten sus interpretaciones y contrasten significados. Esta situación favorece lecturas superficiales de las representaciones y la consolidación de ideas

parciales o poco coherentes sobre los fenómenos estudiados (Builes Sepúlveda, 2023; Tamayo, 2014). Desde una perspectiva más amplia, autores como Toulmin (2007) han problematizado la relación entre argumentación, modelos y representaciones, destacando que aprender ciencias implica no solo comprender conceptos, sino también desarrollar la capacidad de utilizar, transformar y justificar representaciones de manera crítica en distintos contextos.

En el ámbito específico de la genética y la biología molecular, la literatura resalta la centralidad de las representaciones como un medio para articular los niveles macroscópico, microscópico y simbólico del conocimiento biológico. Investigaciones centradas en las dificultades de aprendizaje de la genética y en propuestas didácticas orientadas a la comprensión de la herencia han evidenciado que numerosos estudiantes construyen esquemas fragmentados sobre conceptos como genes, cromosomas y rasgos hereditarios. Estas concepciones parciales dificultan la elaboración de explicaciones coherentes y consistentes acerca de procesos fundamentales como la replicación, la transcripción y la traducción, afectando la comprensión integrada del flujo de la información genética (Ariza y Caicedo, 2018; Talero, 2015; Iñiguez, 2006). Frente a ello, se han desarrollado unidades didácticas y modelos de enseñanza para la comprensión que incorporan actividades específicas de interpretación, construcción y comparación de representaciones, en las que los estudiantes deben justificar por qué un esquema es más adecuado que otro para explicar determinado fenómeno (Flórez y Zapata, 2020; Orrego et al., 2016). La integración de recursos digitales y EVA en este campo abre la posibilidad de trabajar con animaciones, simulaciones y herramientas interactivas que faciliten el paso entre diferentes niveles de representación, siempre que estas herramientas se inserten en secuencias didácticas que promuevan la reflexión y la argumentación, y no solo la contemplación pasiva (Navarro et al., 2024; Reinoso-Tapia et al., 2024; Sezen y Çalik, 2023).

2.3. Marco Conceptual.

2.3.1 Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

Desde una perspectiva educativa, las TIC se conciben como un conjunto de herramientas, sistemas y recursos digitales orientados a potenciar la interacción, la gestión de la información y la creación de experiencias pedagógicas mediadas por la tecnología. En este sentido, no se reducen al uso de dispositivos o plataformas específicas, sino que adquieren sentido formativo a partir de la manera en que se integran en actividades pedagógicas diseñadas para favorecer el aprendizaje. Su incorporación en el ámbito escolar ha transformado las relaciones entre los actores educativos, ampliando las posibilidades de acceso a los contenidos, diversificando las estrategias didácticas y promoviendo la construcción de saberes a partir de múltiples lenguajes digitales.

En el marco de este estudio, las TIC se asumen como mediaciones pedagógicas que amplían las oportunidades para la comprensión de fenómenos científicos de alta abstracción, especialmente cuando se articulan con modelos de enseñanza centrados en el estudiante. La literatura especializada señala que su impacto se potencia cuando se orientan hacia procesos de exploración, modelización y resolución de problemas, evitando usos de carácter meramente instrumental o complementario (Caicedo et al., 2024; Guzmán Acuña y Ramírez Caro, 2023; Hernández, 2017). Desde esta perspectiva, las TIC se conciben como un soporte para el fortalecimiento de la alfabetización científica, mediante la integración de materiales visuales, simuladores y recursos interactivos que contribuyen a una comprensión más profunda y funcional de los contenidos propios de la biología molecular.

2.3.2 Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA)

Un Entorno Virtual de Aprendizaje se define como un espacio digital estructurado para la organización de contenidos, actividades, recursos visuales e instrumentos de comunicación, orientado a facilitar procesos formativos mediados pedagógicamente. Su diseño supone la toma de decisiones de carácter pedagógico, tecnológico y comunicativo, que permiten articular

estrategias didácticas dinámicas con procesos de interacción, seguimiento y acompañamiento docente. En este sentido, los EVA no se conciben únicamente como repositorios de información, sino como ambientes que promueven la autonomía, la participación activa de los estudiantes y el acceso a representaciones que favorecen la comprensión de fenómenos difíciles de observar en el aula tradicional.

La literatura especializada señala que los EVA contribuyen al aprendizaje de las ciencias al ofrecer experiencias interactivas, rutas de trabajo diferenciadas y procesos de retroalimentación continua, elementos que inciden positivamente en la comprensión conceptual y en la motivación de los estudiantes (Jardón, 2024; Caicedo et al., 2024; Zambrano y Cevallos, 2023). En el campo específico de la biología molecular, su valor radica en la posibilidad de integrar simuladores, modelos tridimensionales, videos explicativos y actividades gamificadas que facilitan la visualización de procesos submicroscópicos. Por ello, en el marco de este estudio, el EVA se concibe como un ambiente didáctico integral que articula la mediación docente, el uso de recursos especializados y el diseño de actividades orientadas a fortalecer la comprensión de los mecanismos implicados en la expresión génica.

2.3.3 Alfabetización digital y competencias digitales

La alfabetización digital comprende el desarrollo de habilidades para acceder, evaluar, interpretar y producir información en entornos digitales, implicando tanto el dominio técnico como la capacidad crítica para interactuar con distintos lenguajes tecnológicos. Este concepto integra dimensiones cognitivas, comunicativas y socioemocionales que posibilitan tanto al estudiante como al docente participar de manera significativa en espacios formativos mediados por la tecnología. En este sentido, no se reduce al dominio técnico de plataformas o herramientas digitales, sino que implica comprender su potencial educativo y pedagógico, así como las formas en que dichas mediaciones pueden favorecer la interacción, la construcción de sentido y el aprendizaje situado.

Desde esta perspectiva, el uso pedagógico del Entorno Virtual de Aprendizaje demanda el desarrollo de competencias que permitan a estudiantes y docentes desenvolverse en entornos digitales complejos, interpretar representaciones científicas y gestionar información propia del campo de la biología molecular (González et al., 2017; Area, 2012; Moreira et al., 2008). Estas competencias incluyen habilidades para analizar simulaciones, contrastar modelos explicativos, integrar fuentes de información confiables y participar de manera colaborativa en espacios de interacción asincrónicos y sincrónicos, favoreciendo procesos de construcción colectiva del conocimiento.

Por ello, las competencias digitales son un componente clave en este estudio, ya que determinan el grado de apropiación funcional y pedagógica del EVA durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.3.4 Biología molecular

La biología molecular se define como el campo científico que estudia los mecanismos mediante los cuales la información genética se almacena, expresa y regula, articulando moléculas como ADN, ARN y proteínas. Este dominio integra modelos estructurales, dinámicos y funcionales que permiten explicar cómo las células gestionan la información hereditaria y cómo esta se transforma en actividad biológica. Debido a la complejidad de sus procesos, su aprendizaje exige comprender fenómenos que ocurren a escalas invisibles y con dinámicas que no se aprecian directamente.

La literatura en didáctica de las ciencias ha señalado que la enseñanza de la biología molecular presenta dificultades asociadas a la abstracción de sus conceptos, a la simultaneidad de los eventos que describe y a la multiplicidad de niveles de representación que involucra (Reinoso-Tapia et al., 2024; Riera, 2022; Hidalgo y Castro, 2019). En este contexto, los Entornos Virtuales de Aprendizaje se configuran como espacios particularmente pertinentes para integrar recursos visuales, simuladores y secuencias interactivas que apoyen la construcción de modelos

explicativos más coherentes y comprensibles para los estudiantes. En el marco de este estudio, esta categoría orienta tanto la selección de los contenidos abordados como la definición de las actividades propuestas dentro del entorno virtual, en coherencia con los propósitos formativos de la investigación.

2.3.5 Replicación

La replicación constituye el proceso mediante el cual una célula duplica su ADN con el fin de asegurar la transmisión fiel de la información genética durante la división celular. Se trata de un mecanismo complejo que implica la separación de las hebras de ADN, la acción coordinada de diversas enzimas y la síntesis de nuevas cadenas complementarias. Su comprensión requiere distinguir el papel específico de moléculas como la helicasa y la ADN polimerasa, así como reconocer la direccionalidad propia de la síntesis del ADN.

En el nivel de educación básica secundaria, este concepto suele representar un desafío para los estudiantes debido a la simultaneidad de los procesos involucrados y a la necesidad de articular representaciones simbólicas con modelos tridimensionales. La evidencia disponible sugiere que el uso de simuladores y actividades de modelización favorece la comprensión de la replicación, al permitir hacer visibles las interacciones moleculares y el orden secuencial de los eventos que la componen (Riera, 2022; Cartagena, 2019). En el marco de este estudio, la replicación se establece como un contenido central para analizar el impacto conceptual del Entorno Virtual de Aprendizaje en la comprensión de procesos fundamentales de la biología molecular.

2.3.6 Transcripción

La transcripción corresponde al proceso mediante el cual la información contenida en una secuencia de ADN se transcribe en una molécula de ARN, principalmente ARN mensajero,

constituyéndose en un paso fundamental para la expresión génica. Este proceso supone el reconocimiento de la complementariedad de bases, la acción específica de la ARN polimerasa y el desarrollo de las etapas de inicio, elongación y terminación. Para los estudiantes, la comprensión de estas dinámicas exige diferenciar claramente la estructura y función del ADN y del ARN, así como visualizar de qué manera determinadas señales celulares intervienen en la regulación de la expresión de los genes.

La investigación en didáctica sugiere que la transcripción es uno de los conceptos más susceptibles de confusiones, especialmente por la similitud gráfica entre las moléculas involucradas y por la existencia de múltiples etapas interdependientes (Riera, 2022; Hidalgo y Castro, 2019). Por ello, el EVA incorporará secuencias animadas y actividades de interpretación que permitan analizar el proceso en forma gradual y compararlo con los demás mecanismos de la expresión génica.

2.3.7 Traducción

La traducción corresponde al proceso en el cual la información contenida en el ARN mensajero se convierte en una secuencia de aminoácidos que conformará una proteína. Involucra el reconocimiento de codones, la participación del ARN de transferencia y la acción secuencial de los ribosomas. Su comprensión educativa exige relacionar estructuras moleculares con funciones, así como visualizar el desplazamiento del ribosoma y la formación del polipéptido.

La literatura señala que este proceso suele ser difícil de comprender debido a la multiplicidad de elementos que intervienen simultáneamente (Reinoso-Tapia et al., 2024; Hin et al., 2019). Para este estudio, la traducción se incorpora como un concepto operacional que permite medir la efectividad del EVA en la interpretación de mecanismos moleculares, especialmente a través de actividades interactivas que representen la lectura del ARN y la síntesis proteica.

2.3.8 Regulación genética

La regulación genética se refiere al conjunto de mecanismos que permiten a las células controlar la expresión de los genes según condiciones internas o externas. Incluye procesos como la activación o inhibición de promotores, las modificaciones químicas del ADN, la regulación por factores transcripcionales y el control pos-transcripcional. Su complejidad deriva de la interacción entre múltiples niveles y de la influencia del ambiente en la dinámica genética.

En educación, la regulación genética suele abordarse superficialmente por su alto nivel de abstracción, por lo cual es necesario recurrir a modelos dinámicos que permitan comprender la lógica regulatoria. Investigaciones recientes sugieren la conveniencia de integrar estudios de caso, recursos visuales y simuladores como estrategias didácticas para facilitar el análisis de los patrones de regulación génica y su impacto en el funcionamiento celular (Riera, 2022; Hidalgo y Castro, 2019; Tamayo, 2014). En el marco de este estudio, esta aproximación se asume como una categoría analítica que permite vincular de manera directa los mecanismos moleculares con su aplicabilidad en la comprensión de los fenómenos biológicos, favoreciendo una lectura más integrada y funcional de los contenidos abordados.

2.3.9 Didáctica

La didáctica se entiende como un campo de estudio orientado al análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje, que aporta principios, enfoques y estrategias para guiar la relación entre el docente, los estudiantes y el conocimiento escolar. Desde esta perspectiva, enseñar implica tomar decisiones conscientes sobre la selección de representaciones, la secuenciación de actividades y la organización de las formas de interacción, con el propósito de favorecer la construcción de significado. Asimismo, la didáctica ofrece marcos conceptuales para comprender

cómo los estudiantes interpretan los fenómenos científicos y cómo transforman sus concepciones iniciales en explicaciones progresivamente más fundamentadas.

En el contexto de este estudio, la didáctica sustenta las decisiones asociadas al diseño del Entorno Virtual de Aprendizaje, en la medida en que orienta las formas de mediación pedagógica, las actividades de exploración propuestas y los mecanismos de retroalimentación incorporados. Los aportes de Flores et al. (2021), Arteaga et al. (2015) y Mallart (2001) coinciden en señalar que una enseñanza eficaz de las ciencias debe promover procesos de modelización, razonamiento científico y análisis crítico de representaciones, dimensiones que resultan esenciales para la comprensión de procesos moleculares de alta complejidad en la educación secundaria.

2.3.10 Mediación didáctica

La mediación didáctica se concibe como el conjunto de acciones mediante las cuales se organiza la experiencia de aprendizaje para que el conocimiento disciplinar resulte accesible y significativo para los estudiantes. Esta mediación implica transformar conceptos especializados en actividades, representaciones y recursos que faciliten su comprensión, así como orientar los procesos de interacción, acompañamiento y seguimiento durante el aprendizaje. Desde esta perspectiva, el docente asume un rol activo como mediador pedagógico, al seleccionar, adaptar y contextualizar el conocimiento en función de las características del contenido y de las necesidades formativas de los estudiantes.

En el marco de este estudio, la mediación didáctica se articula con el uso del Entorno Virtual de Aprendizaje como un puente entre los modelos científicos propios de la biología molecular y las ideas previas de los estudiantes. La investigación en educación científica ha evidenciado que la mediación digital favorece la apropiación conceptual cuando integra recursos visuales, secuencias graduales y actividades de análisis orientadas a la construcción progresiva del conocimiento (Castaño, 2017; Cavadía et al., 2019; Díaz-Barriga, 2013). En este sentido, dicha mediación posibilita que procesos como la replicación o la traducción sean representados mediante

dinámicas interactivas que apoyen el desarrollo de modelos explicativos más consistentes y funcionales.

2.3.11 Estrategias didácticas en ciencias naturales

Las estrategias didácticas en ciencias naturales se conciben como acciones pedagógicas planificadas que orientan la enseñanza hacia propósitos formativos definidos, permitiendo organizar experiencias de indagación, modelización, experimentación y análisis de fenómenos científicos. Estas estrategias no se reducen a la aplicación de métodos aislados, sino que suponen la articulación intencional de actividades de exploración, discusión y aplicación, orientadas a favorecer la construcción progresiva de explicaciones científicas por parte de los estudiantes.

En esta línea, la literatura reciente propone la integración de recursos digitales, laboratorios virtuales, secuencias orientadas a la comprensión, modalidades de aprendizaje combinado y actividades basadas en simulaciones como alternativas para fortalecer la comprensión de contenidos moleculares, siempre que su uso responda a criterios pedagógicos claros y coherentes con los objetivos del área (Situmorang et al., 2024; Botelho et al., 2022; Orrego et al., 2016).

2.4. Marco Contextual.

La presente investigación se desarrolla en la Institución Educativa Juan Bautista La Salle, establecimiento oficial ubicado en el municipio de Florencia, departamento del Caquetá, en zona urbana, con oferta educativa desde el nivel preescolar hasta la educación media académica. La institución, fundada en 1948 y reconocida oficialmente mediante la Resolución No. 643 del 10 de noviembre de 2005, se ha consolidado históricamente como un referente educativo en la región amazónica, orientando su quehacer pedagógico bajo el lema institucional “Ciencia y virtud”, el cual articula la formación académica con el desarrollo ético y humano de los estudiantes

Desde su PEI, la institución asume un enfoque de formación integral, sustentado en un modelo pedagógico de carácter constructivista dialéctico o social, con énfasis en el desarrollo de competencias, el aprendizaje por proyectos y el trabajo cooperativo. Este enfoque reconoce al estudiante como sujeto activo del aprendizaje y al docente como mediador pedagógico, principios que se alinean de manera directa con propuestas educativas mediadas por tecnologías digitales y entornos virtuales de aprendizaje

En coherencia con su misión y visión institucional, la Institución Educativa Juan Bautista La Salle ha venido fortaleciendo procesos de innovación pedagógica, integración de TIC y desarrollo de proyectos transversales orientados a la transformación social, ambiental y cultural del contexto amazónico. La visión institucional proyecta a la comunidad educativa como líder en procesos educativos innovadores en tecnología, emprendimiento y educación ambiental, lo que justifica la incorporación de propuestas didácticas digitales que potencien el aprendizaje en áreas estratégicas como las ciencias naturales

En este contexto, el área de ciencias naturales, y particularmente la enseñanza de la Biología Molecular en el grado noveno, enfrenta desafíos asociados a la abstracción conceptual de los contenidos, la comprensión de procesos microscópicos y el uso limitado de representaciones dinámicas que faciliten el aprendizaje significativo. Estas dificultades no se circunscriben de manera exclusiva al contexto institucional, sino que se inscriben en problemáticas ampliamente documentadas en la enseñanza de la biología escolar. Diversos estudios señalan que contenidos como el ADN, el ARN y la síntesis de proteínas suelen abordarse desde enfoques tradicionales centrados en la memorización de conceptos y secuencias, con escasas oportunidades para la visualización de procesos, la simulación de fenómenos y la experimentación conceptual. Este tipo de tratamiento limita la comprensión profunda de los mecanismos moleculares y dificulta que los estudiantes establezcan relaciones significativas entre los distintos niveles de organización biológica.

En este escenario, la Institución Educativa Juan Bautista La Salle se caracteriza por una población estudiantil diversa y heterogénea, que incluye estudiantes en procesos de inclusión educativa, población con discapacidad y jóvenes vinculados al Sistema de Responsabilidad Penal Adolescente (SRPA). Esta diversidad plantea retos pedagógicos particulares y demanda

propuestas educativas flexibles, accesibles y contextualizadas, capaces de atender distintos ritmos, estilos y trayectorias de aprendizaje. En consecuencia, se hace necesario diseñar mediaciones didácticas que reconozcan dicha heterogeneidad y amplíen las oportunidades de participación y comprensión para todos los estudiantes. En este sentido, los Entornos Virtuales de Aprendizaje se constituyen en una alternativa pertinente para ampliar las oportunidades educativas, favorecer la autonomía del estudiante y diversificar las estrategias didácticas en el aula y fuera de ella

Adicionalmente, la institución ha demostrado apertura hacia el uso pedagógico de plataformas digitales, proyectos STEM y estrategias mediadas por TIC, como se evidencia en la incorporación de centros de interés y proyectos institucionales orientados a la ciencia, la tecnología y la innovación. Estas condiciones institucionales facilitan la implementación de un EVA como mediación didáctica para la enseñanza de la Biología Molecular, no como un recurso aislado, sino como parte de una apuesta pedagógica coherente con el direccionamiento estratégico del PEI y con las demandas educativas del siglo XXI

En consecuencia, el contexto institucional de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle ofrece un escenario propicio para el desarrollo de la presente investigación, al conjugar una identidad pedagógica clara, una apertura a la innovación educativa y una necesidad real de fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en ciencias naturales. La implementación y evaluación de un Entorno Virtual de Aprendizaje para Biología Molecular se inscribe así en una lógica de mejora pedagógica contextualizada, orientada a transformar las prácticas docentes y a favorecer aprendizajes más significativos, pertinentes y acordes con las realidades del contexto amazónico.

2.5. Marco Legal y Normativo.

El presente proyecto se inscribe en un marco normativo que articula compromisos globales, mandatos constitucionales, disposiciones legales nacionales y políticas educativas orientadas a

respaldar la incorporación de la tecnología en los procesos formativos. En el plano internacional, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4) de la Agenda 2030 plantea el reto de “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad” para todas las personas, reconociendo la educación como un eje central del desarrollo sostenible. En este contexto, la UNESCO ha señalado que las innovaciones digitales pueden contribuir a acelerar el avance hacia el cumplimiento del ODS 4, al ampliar el acceso al aprendizaje y fortalecer la calidad y la pertinencia de las propuestas educativas. De manera particular, el Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo (GEM) 2023, centrado en tecnología educativa, destaca que el uso estratégico de tecnologías digitales tiene el potencial de reducir brechas educativas que afectan a los estudiantes más desfavorecidos y de facilitar que un mayor volumen de conocimientos llegue a más personas mediante formatos accesibles, atractivos y de menor costo.

No obstante, la UNESCO advierte que la incorporación de tecnologías en educación no constituye un fin en sí mismo, sino que debe orientarse a fortalecer la interacción humana en los procesos de enseñanza y aprendizaje, situando los intereses, necesidades y contextos del estudiantado en el centro de las decisiones pedagógicas. En conjunto, estos lineamientos internacionales justifican la prioridad global de la transformación digital en la educación y la urgencia de eliminar la brecha digital como forma de desigualdad educativa. De este modo, la necesidad de adoptar herramientas digitales en la enseñanza –tal como se propone en este proyecto– está respaldada por el mandato internacional de modernizar la educación al ritmo de la tecnología y de cerrar las brechas de acceso.

En Colombia, la Constitución Política de 1991 consagra la educación como un derecho fundamental y servicio público de función social. El artículo 67 establece que *“la educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura”*. Estas disposiciones constitucionales resaltan que la educación debe conducir al ciudadano al conocimiento científico y tecnológico. Así, al incorporar herramientas digitales en la enseñanza de la biología molecular, el proyecto se alinea con ese fin constitucional de impulsar el acceso a la ciencia y la técnica. Asimismo, la Ley General de Educación (Ley 115 de 1994) complementa este mandato. En su artículo 2º define el servicio educativo como un conjunto articulado de

normas, programas y recursos (incluidos “*recursos humanos, tecnológicos, metodológicos, materiales*”) que apuntan al logro de los objetivos educativos.

Lo anterior implica que la infraestructura y los medios tecnológicos se reconocen legalmente como parte integral del sistema educativo. Por otro lado, el artículo 4º de la misma ley asigna al Estado la responsabilidad de velar por la calidad de la educación, destacando “*la cualificación y formación de los educadores*”, así como la innovación e investigación educativa. En consecuencia, la ley no sólo faculta el uso de tecnología en el aula, sino que obliga al Estado a capacitar a los docentes en nuevos métodos pedagógicos. Estas normas nacionales sostienen que la incorporación de TIC es un mandato legal y que la profesionalización docente –en competencias digitales incluidas– es un deber institucional.

En el ámbito de la política educativa nacional, el Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026 (PNDE) señala explícitamente la integración tecnológica como un reto estratégico. El Sexto Desafío Estratégico del Plan Nacional Decenal de Educación (PNDE) plantea la necesidad de impulsar un uso pertinente, pedagógico y generalizado de las nuevas y diversas tecnologías como soporte para la enseñanza, el aprendizaje, la investigación y la innovación en el sistema educativo. Si bien el texto del plan no se cita de manera literal en este apartado, dicha orientación se ve reflejada en las estrategias sectoriales que promueven el fortalecimiento de la formación docente en el uso pedagógico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. En este marco, se enfatiza la importancia de orientar a los maestros para que integren de manera significativa estas herramientas en los procesos de aprendizaje continuo y para que fomenten su uso en las áreas básicas, con el propósito de desarrollar competencias acordes con las demandas del siglo XXI. Diversos autores y organismos coinciden en señalar que la capacitación docente en TIC no solo optimiza el uso de recursos tecnológicos, sino que también transforma las formas de enseñanza, reconfigura las prácticas pedagógicas y redefine las competencias necesarias para el ejercicio profesional docente en contextos educativos contemporáneos.

Esta orientación es coherente con el énfasis del Plan Nacional Decenal de Educación en la preparación de los docentes para los desafíos del mundo digital. En este marco, el desarrollo de competencias digitales en el profesorado se asocia con la capacidad de diseñar entornos de aprendizaje más dinámicos e interactivos, favoreciendo prácticas de enseñanza más efectivas y

acordes con las demandas educativas del siglo XXI. Además, el Gobierno nacional con políticas complementarias (p. ej. el CONPES “Tecnologías para Aprender”) reconoce que la forma de enseñar debe adaptarse a los cambios sociales y tecnológicos; como apunta la ministra TIC, las tecnologías deben ser *“un elemento disruptivo que transforme las metodologías para enseñar y aprender en nuestro sistema educativo”*. En este sentido, la metodología propuesta por el proyecto –uso de herramientas digitales para la evaluación formativa– responde de lleno a las metas nacionales de digitalización educativa y capacitación docente.

Además, este trabajo se inscribe en el campo de las Ciencias Naturales, concretamente la biología molecular, cuyo currículo en Colombia está organizado por competencias. Los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y los Estándares Básicos de Competencias definen los aprendizajes esperados en cada nivel educativo, enfatizando el dominio conceptual y procedimental. Si bien estos documentos no se citan textualmente aquí, constituyen la base del diseño curricular nacional. En ellos se busca que el estudiante no solo acumule conocimientos, sino que desarrolle habilidades para saber hacer ciencia –por ejemplo, formular hipótesis, resolver problemas y aplicar conceptos en contextos reales. La incorporación de tecnologías digitales en este marco curricular aporta medios innovadores (simuladores, laboratorios virtuales, visualizadores de estructuras moleculares) para fortalecer el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias científicas.

En este sentido, el uso de herramientas digitales para la evaluación del aprendizaje en biología molecular se configura como un complemento pertinente a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para el área de Ciencias Naturales, en la medida en que amplía las posibilidades de seguimiento, retroalimentación y comprensión de los procesos de aprendizaje. Estas herramientas permiten diversificar las formas de evaluar, incorporando representaciones, simulaciones y actividades interactivas que favorecen una lectura más integral del desempeño estudiantil.

De manera coherente con lo anterior, las políticas de TIC del MEN se orientan tanto a docentes como a estudiantes, promoviendo el desarrollo de competencias digitales como un componente esencial de la formación educativa. El MEN ha enfatizado la alfabetización tecnológica como un eje transversal, particularmente en la formación docente, destacando que la integración de la

tecnología en las prácticas pedagógicas no puede limitarse al dominio de habilidades técnicas aisladas. En documentos como *Competencias TIC para el Desarrollo Profesional Docente*, se subraya que el docente contemporáneo requiere competencias pedagógicas en TIC que le permitan diseñar, implementar y evaluar experiencias de aprendizaje mediadas por tecnología, en coherencia con los propósitos formativos del currículo.

De hecho, se afirma que las TIC permiten a los estudiantes crear “*nuevas estrategias para investigar, colaborar y resolver problemas de manera creativa*”. De manera análoga, los maestros con alta competencia digital pueden guiar a sus alumnos hacia una sociedad del conocimiento: fomentan la comunicación, la colaboración y el pensamiento crítico, aprovechando los recursos digitales. En síntesis, la política educativa colombiana impulsa que los profesores utilicen las TIC para fortalecer las competencias del siglo XXI en los estudiantes, lo cual legitima la formación docente continua en tecnologías y el diseño de metodologías que integren dichos recursos.

CAPÍTULO 3. Fundamentos metodológicos y resultados de investigación.

En este apartado se especifican los elementos configurativos de la metodología investigativa que concuerda a su vez con el despliegue de los objetivos del estudio. Entre sus aspectos más relevantes están la selección de un paradigma, enfoque y diseño. De otra manera, se abordan métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, población, muestra, entre otros. Anexo a la presentación de estos componentes, es vital señalar que el presente acápite acoge también la presentación de los resultados de la investigación. Su condensado permite asumir la consecución de los hallazgos en función de la selección metodológica.

3.1. Cuadro Operacionalización de variables.

Tabla 1.*Operacionalización de variables*

Operacionalización de Variables						
Tema:						
Pregunta de investigación	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis	Variables estudiadas	Dimensiones	Indicadores
¿Cómo contribuir a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, durante el periodo agosto–diciembre de 2025?	Proponer un Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, durante el periodo agosto–	Determinar los fundamentos teóricos y referenciales del Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.	La implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica favorecerá la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, durante el periodo agosto–diciembre de 2025.	Variable independiente: Uso pedagógico del EVA	Diseño pedagógico del EVA	Coherencia entre contenidos del EVA y los objetivos de Biología Molecular del grado noveno
						Pertinencia de las actividades propuestas en el EVA para el abordaje de conceptos de Biología Molecular
						Integración de recursos digitales (videos, simulaciones, actividades interactivas) acordes con los contenidos de Biología Molecular
					Implementación didáctica del EVA	Frecuencia de uso del EVA durante las sesiones de Biología Molecular

	diciembre de 2025.	<p>Caracterizar el estado actual del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de grado noveno del área de Ciencias Naturales de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.</p>			Nivel de participación de los estudiantes en las actividades del EVA
					Grado de interacción estudiante–contenido–docente mediada por el EVA
				Acompañamiento pedagógico	Estrategias de orientación y retroalimentación docente durante el uso del EVA
					Ajustes pedagógicos realizados por el docente durante la implementación del EVA
				Reflexión pedagógica sobre el EVA	Valoración docente sobre el potencial del EVA para la enseñanza de la Biología Molecular
					Identificación de fortalezas y limitaciones del EVA como mediación didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
		Diseñar una propuesta de Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación	Variable(s) dependiente(s): enseñanza-aprendizaje en Biología Molecular.	Comprensión conceptual inicial	Nivel de reconocimiento de conceptos básicos de Biología Molecular (ADN, ARN, genes)
					Identificación de errores conceptuales frecuentes en Biología Molecular
				Comprensión conceptual posterior	Incremento en el puntaje obtenido en el post-test respecto al pre-test
					Mejora en la comprensión de

	<p>didáctica para la mejora de la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.</p>			<p>procesos básicos (replicación, transcripción, traducción)</p>
			<p>Aplicación de conceptos de Biología Molecular</p>	<p>Capacidad para relacionar conceptos de Biología Molecular con situaciones explicativas simples</p>
	<p>Evaluar la pertinencia de la propuesta de Entorno Virtual de Aprendizaje mediante el seguimiento y la reflexión de las experiencias derivadas de su implementación en estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.</p>		<p>Desempeño académico en Biología Molecular</p>	<p>Variación del nivel de desempeño (bajo, básico, alto, superior) antes y después del EVA</p>
			<p>Participación y apropiación del aprendizaje</p>	<p>Evidencias de interés y compromiso de los estudiantes frente al aprendizaje de la Biología Molecular durante el desarrollo de las actividades mediadas por el EVA.</p>
				<p>Actitudes frente al aprendizaje de la Biología Molecular mediado por el EVA</p>

Nota: Elaboración propia.

3.2. Diseño metodológico.

3.2.1. *Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis.*

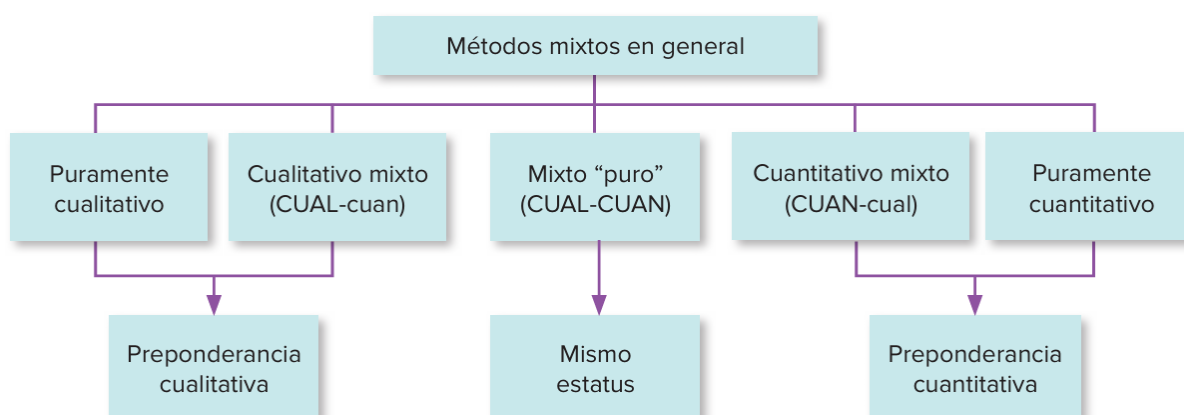
El presente estudio se enmarca en el paradigma socio-crítico, también conocido como paradigma de la teoría crítica, por su énfasis en la transformación social y educativa a través de la reflexión colectiva. Este enfoque parte del reconocimiento de que el proceso de enseñanza y aprendizaje constituye una práctica situada, con una profunda dimensión social, susceptible de ser problematizada para generar transformaciones significativas en los contextos educativos (Loza Ticona et al., 2020). Desde la perspectiva socio-crítica, la investigación no se limita a la observación de la realidad escolar, sino que asume al investigador como un sujeto implicado que participa activamente en los procesos de cambio, actuando como mediador de transformaciones pedagógicas en su contexto inmediato (Maldonado, 2018, citado en Loza Ticona et al., 2020). En consecuencia, la elección de este paradigma resulta pertinente para un estudio orientado a la transformación de las prácticas pedagógicas de docentes y estudiantes, en tanto no se propone únicamente describir la dinámica del aula, sino intervenir en ella con una intencionalidad explícita de mejora.

Desde esta postura epistemológica crítica, se adoptó un enfoque mixto de investigación, integrando de manera complementaria métodos cualitativos y cuantitativos. El estudio presenta una predominancia cualitativa centrada en la comprensión de las experiencias, percepciones y significados construidos en torno al proceso educativo; no obstante, se incorporaron herramientas cuantitativas con el propósito de valorar los cambios en el aprendizaje de los estudiantes a lo largo de la intervención. Esta integración metodológica responde a recomendaciones contemporáneas en investigación educativa y posibilita una comprensión más amplia del fenómeno estudiado (Hernández y Mendoza, 2018), en coherencia con el principio socio-crítico según el cual conocer implica simultáneamente interpretar la realidad y contribuir a su transformación. En este marco, se diseñó una propuesta pedagógica centrada en un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como mediación didáctica, concebido no como un recurso externo

aislado, sino como parte del ecosistema pedagógico orientado a dinamizar la enseñanza de la Biología Molecular y favorecer un aprendizaje más activo y contextualizado por parte de los estudiantes. Si bien el estudio integra datos cualitativos y cuantitativos, es necesario precisar que presenta una predominancia cualitativa, de acuerdo con su orientación metodológica y con lo expuesto por Hernández y Mendoza (2018) (ver figura 5).

Figura 5.

Principales enfoques de estudios mixtos



Nota: Tomado de Hernández y Mendoza (2018, p. 613.).

Desde el enfoque cuantitativo, el estudio adopta un diseño cuasi experimental, específicamente de tipo pretest–postest con un solo grupo, mediante la aplicación de pruebas diagnósticas y finales orientadas a medir los cambios en el nivel de comprensión de los contenidos de Biología Molecular antes y después de la implementación del EVA. Este diseño permitió identificar variaciones en el desempeño académico atribuibles a la intervención pedagógica desarrollada.

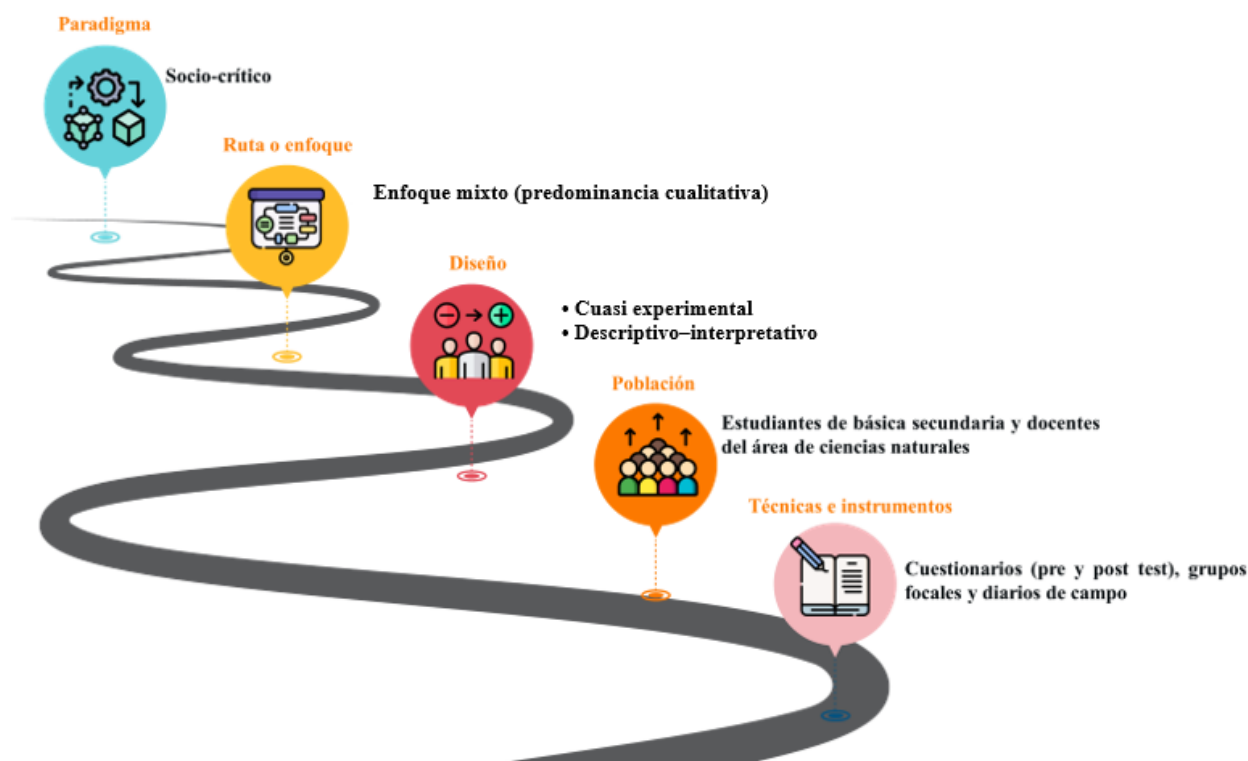
De manera complementaria, desde el enfoque cualitativo, se asumió un diseño descriptivo–interpretativo, orientado al análisis de las percepciones, experiencias y valoraciones de los docentes y estudiantes frente al uso del Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica. La información cualitativa recabada permitió contextualizar e interpretar los resultados cuantitativos, favoreciendo una comprensión más profunda de los procesos pedagógicos desarrollados durante la intervención.

En cuanto a su alcance, la investigación es de tipo descriptivo–explicativo, en tanto no solo caracteriza el comportamiento de las variables involucradas, sino que busca explicar la relación existente entre la implementación del Entorno Virtual de Aprendizaje y el fortalecimiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje en Biología Molecular.

Finalmente, el estudio se desarrolló en un contexto educativo específico y durante un periodo académico determinado, lo que permitió analizar los efectos de la intervención didáctica en condiciones reales de aula. En este sentido, aunque la investigación no se define metodológicamente como un diseño de investigación-acción, sí incorpora una lógica pedagógica reflexiva, caracterizada por procesos de diagnóstico, implementación, observación y ajuste continuo de la práctica docente, en coherencia con los principios del paradigma socio-crítico que orienta el estudio.

Figura 6.

Síntesis diseño metodológico



Nota: Elaboración propia.

3.2.2. Definición de métodos, técnicas e instrumentos de obtención de datos.

En coherencia con el enfoque mixto que orienta el estudio, la construcción metodológica articuló métodos del nivel teórico y del nivel empírico. En el nivel teórico, la investigación se apoyó en el método analítico-sintético, el cual permitió examinar de manera sistemática los referentes conceptuales relacionados con la enseñanza de la Biología Molecular, los Entornos Virtuales de Aprendizaje y la mediación didáctica. De forma complementaria, se recurrió al método histórico-lógico para analizar la evolución de los enfoques pedagógicos y tecnológicos asociados al uso de entornos virtuales en la enseñanza de las ciencias identificando tendencias relevantes para el contexto educativo en el que se desarrolló el estudio.

En el nivel empírico, el proceso investigativo se desarrolló mediante la aplicación de pruebas pretest y posttest, la técnica de grupo focal y la observación directa con el propósito de obtener información tanto cuantitativa como cualitativa sobre el proceso y los resultados de la intervención pedagógica. Las pruebas permitieron valorar los cambios en la comprensión de los contenidos de Biología Molecular antes y después de la implementación del EVA. Por su parte, los grupos focales posibilitaron recoger información cualitativa sobre las prácticas pedagógicas, percepciones y valoraciones de los docentes frente a la enseñanza de la Biología Molecular y el uso del EVA como mediación didáctica. Complementariamente, la observación directa, sistematizada a través del diario de campo, permitió registrar de manera reflexiva el desarrollo de las sesiones, las interacciones en el aula y los resultados pedagógicos derivados de la implementación del entorno virtual.

Cabe señalar que los instrumentos utilizados en la investigación (pretest, posttest, guías de grupo focal y diario de campo) fueron sometidos a un proceso de validación por juicio de expertos, con el fin de garantizar su claridad, pertinencia y coherencia con los objetivos del estudio (ver anexos). Los expertos evaluaron los instrumentos a partir de criterios previamente definidos y emitieron concepto favorable para su aplicación. Los formatos diligenciados y firmados se presentan en los anexos de la investigación.

Esta relación se sintetiza en la tabla 3 a partir de la cual se especifican otros elementos metodológicos relevantes que guardan un vínculo con las nociones de los instrumentos y la información que se recabó.

Tabla 2*Estructura general técnicas e instrumentos para la recolección de datos*

Técnica de recolección	Instrumento específico	Propósito en el estudio	Momento de aplicación dentro de la investigación-acción	Tipo de dato	Participantes
Cuestionario diagnóstico de conocimientos (pretest)	Prueba escrita tipo pretest sobre Biología Molecular	Establecer el nivel inicial de comprensión de conceptos básicos de Biología Molecular antes de la implementación del EVA.	Fase diagnóstica (antes del uso del EVA)	Cuantitativo	Estudiantes de grado noveno
Grupo focal	Guía de grupo focal con docentes ciencias naturales	Explorar prácticas y concepciones de enseñanza-aprendizaje de los docentes sobre biología molecular.		Cualitativo	Docentes
Grupo focal	Guion de grupo focal con docentes ciencias naturales y tecnología	Realizar procesos reflexivos y de carácter propositivos para el diseño e implementación de un EVA orientado al desarrollo de la Biología Molecular para el grado noveno	Planeación	Cualitativo	Docentes
Observación directa	Diario de campo		Implementación EVA	Cualitativo	Docentes y estudiantes
Cuestionario de logro de aprendizaje (post test)	Prueba escrita tipo postest sobre Biología Molecular	Valorar los cambios en el desempeño y la comprensión de contenidos de Biología Molecular tras la implementación del EVA.	Fase de evaluación de resultados (después del uso del EVA)	Cuantitativo	Estudiantes de grado noveno

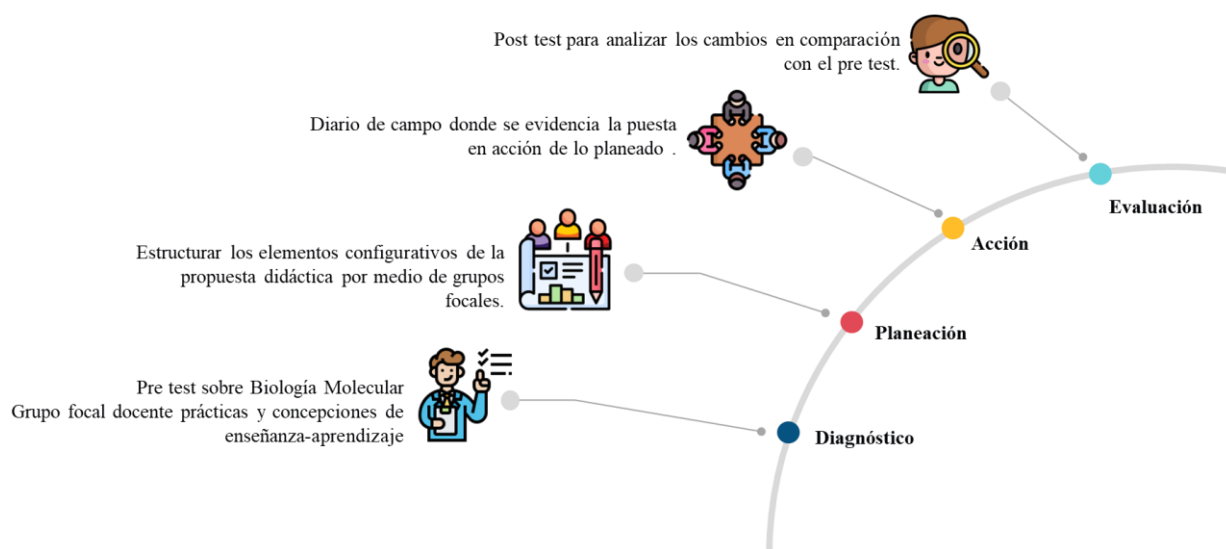
Nota: Elaboración propia.

3.2.3. Desarrollo de los instrumentos de obtención de datos.

Para este caso, fue necesario pensar en los momentos o etapas de la investigación para que, de esa manera, se definiera el protocolo jerarquizado de obtención de la información. En la figura 1 se expone a detalles que el desarrollo de los instrumentos está vinculado con las fases o momentos del estudio y este a su vez, guardan equilibrio con el enfoque, diseño y paradigma seleccionado que fue expuesto previamente.

Figura 7.

Estructura relacional de fases del estudio e instrumentos para recolectar los datos



Nota: Elaboración propia.

3.2.4. Determinación de la muestra y su criterio de selección.

La población objeto del presente estudio estuvo conformada por los estudiantes del grado noveno y los docentes que orientan el área de Ciencias Naturales en la Institución Educativa Juan Bautista La Salle, ubicada en la ciudad de Florencia, Caquetá. En particular, la población estudiantil estuvo integrada por 65 estudiantes de grado noveno, mientras que el componente docente correspondió a 4 docentes del área.

Dadas las características del contexto y el tamaño reducido y accesible de la población, se optó por trabajar con una muestra censal, la cual, de acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), corresponde a un tipo de muestreo probabilístico de selección completa, en el que se incluye la totalidad de los elementos que conforman la población de estudio. En este sentido, no se realizó un proceso de selección muestral, puesto que todos los integrantes de la población participaron en la investigación.

La elección de una muestra censal permitió asegurar la representación total del grupo objeto de estudio y reducir posibles sesgos derivados de la exclusión de participantes permitiendo observar el impacto de la intervención (EVA) sobre el conjunto completo de estudiantes de grado noveno.

Tabla 3.

Ficha técnicas selección de la muestra

Criterio	Descripción
Universo	Estudiantes de básica secundaria de ambos géneros del área de Ciencias Naturales.

Ámbito geográfico	Institución Educativa Juan Bautista La Salle, Florencia, Caquetá (Colombia).
Población accesible	Estudiantes de grado noveno matriculados en la institución.
Tipo de selección de la muestra	Muestra censal (se incluye la totalidad de la población accesible).
Tamaño de la muestra	65 estudiantes (aplicación de pretest, uso del EVA, encuestas y postest).

Nota: Elaboración propia.

Respecto a los docentes, participan en total cuatro docentes que integran el área como parte de una propuesta que se construye colectivamente como lo sugiere el diseño metodológico de la investigación-acción dispuesta en el segmento anterior.

3.3. Trabajo de campo (o Presentación de evidencias, si corresponde).

El trabajo de campo se desarrolló de manera articulada con las fases propias de la investigación-acción educativa, integrando técnicas e instrumentos de carácter cuantitativo y cualitativo que permitieron comprender el proceso formativo desde una perspectiva amplia y complementaria. La aplicación de los instrumentos respondió a momentos diferenciados del estudio, asegurando coherencia entre los propósitos de la investigación y la información recolectada.

En la fase diagnóstica, se aplicó un cuestionario de conocimientos en modalidad pretest, diseñado como una prueba escrita orientada a identificar el nivel inicial de comprensión de los estudiantes frente a conceptos básicos de Biología Molecular. Este instrumento permitió establecer un punto de partida respecto a las nociones previas del grupo de estudiantes, constituyéndose en un insumo fundamental para orientar las decisiones pedagógicas posteriores. Su aplicación se realizó antes de la implementación de la propuesta mediada por recursos digitales y se dirigió exclusivamente

a los estudiantes de grado noveno, generando información de carácter cuantitativo que sirvió como línea base para el análisis del aprendizaje.

De manera complementaria, se desarrollaron dos espacios de grupo focal con docentes del área de ciencias naturales y con docentes de ciencias naturales y tecnología. El primer grupo focal tuvo como propósito explorar las prácticas pedagógicas y las concepciones de enseñanza y aprendizaje asociadas a la Biología Molecular, lo que permitió identificar enfoques predominantes, dificultades recurrentes y necesidades formativas del profesorado. El segundo grupo focal se llevó a cabo durante la fase de planeación y estuvo orientado a promover procesos reflexivos y propositivos para el diseño e implementación de la experiencia pedagógica, favoreciendo la construcción colectiva de estrategias didácticas acordes con el contexto institucional. Ambos espacios aportaron información cualitativa relevante para comprender la dimensión pedagógica y organizativa del estudio.

Durante la fase de implementación de la propuesta, se recurrió a la observación directa como técnica de recolección de información, utilizando el diario de campo como instrumento principal. A través de este registro se documentaron las dinámicas de aula, las interacciones entre docentes y estudiantes, las reacciones frente a las actividades propuestas y las dificultades emergentes durante el desarrollo de las sesiones. El diario de campo permitió recopilar evidencias cualitativas del proceso formativo, ofreciendo una mirada situada sobre la experiencia vivida por los actores involucrados.

Finalmente, en la fase de evaluación de resultados, se aplicó un cuestionario de logro de aprendizaje en modalidad postest, estructurado como una prueba escrita con características equivalentes al pretest. Este instrumento tuvo como finalidad valorar los cambios en el desempeño académico y en la comprensión de los contenidos de Biología Molecular una vez concluida la intervención. Al igual que el pretest, el postest se aplicó a los estudiantes de grado noveno y produjo información de carácter cuantitativo, lo que permitió establecer comparaciones entre ambos momentos y analizar la evolución del aprendizaje de manera sistemática.

3.3.1. Aplicación de los instrumentos.

La aplicación de los instrumentos de recolección de información se desarrolló de manera progresiva y organizada, en correspondencia con las fases diagnóstica, de planeación, implementación y evaluación del proceso investigativo. Previo al inicio del trabajo de campo, se garantizó el cumplimiento de los principios éticos que orientan la investigación educativa, asegurando la participación voluntaria, informada y responsable de todos los actores involucrados.

En una primera etapa, se socializó el propósito del estudio con los estudiantes de grado noveno y con sus padres o acudientes, explicando de forma clara los objetivos de la investigación, las actividades previstas, los instrumentos a aplicar y el uso académico de la información recolectada. Este proceso permitió resolver inquietudes y generar un ambiente de confianza, tras lo cual se obtuvo el consentimiento informado por parte de los padres de familia y el asentimiento de los estudiantes, garantizando la participación bajo criterios de confidencialidad, anonimato y respeto por la integridad de los participantes.

Una vez cumplidos estos requisitos éticos, se procedió a la aplicación del cuestionario diagnóstico de conocimientos (pretest), correspondiente a la fase inicial de la investigación. Esta prueba escrita permitió identificar el nivel de comprensión previa de los estudiantes frente a conceptos básicos de Biología Molecular. La aplicación se realizó de manera individual, en un ambiente controlado y con acompañamiento del docente investigador, quien brindó las orientaciones necesarias y aclaró que los resultados no tendrían incidencia directa en la calificación académica regular, dado su carácter exclusivamente diagnóstico e investigativo.

De manera paralela, se desarrollaron los espacios de grupo focal con docentes del área de ciencias naturales y con docentes de ciencias naturales y tecnología. Estos encuentros se llevaron a cabo en un clima de diálogo abierto y reflexión colectiva, orientados a explorar las prácticas pedagógicas existentes, las concepciones sobre la enseñanza de la Biología Molecular y las posibilidades de mejora desde una perspectiva propositiva. La información obtenida contribuyó a enriquecer la planeación de la experiencia pedagógica y a fortalecer el carácter participativo propio del enfoque de investigación–acción.

Durante la fase de implementación de la propuesta, se aplicó la técnica de observación directa mediante el uso del diario de campo como instrumento principal. A través de este registro se documentaron de forma sistemática las dinámicas de aula, las interacciones entre estudiantes y docente, las reacciones frente a las actividades propuestas y las dificultades conceptuales evidenciadas a lo largo del proceso. El seguimiento continuo permitió construir una comprensión situada del desarrollo de la experiencia y aportó insumos relevantes para la reflexión pedagógica permanente.

En definitiva, una vez concluida la intervención, se aplicó el cuestionario de logro de aprendizaje (posttest), bajo condiciones equivalentes a las del pretest, con el propósito de valorar los cambios en el desempeño académico y en la comprensión de los contenidos abordados. Al igual que en la prueba inicial, se reiteró a los estudiantes el carácter formativo e investigativo del instrumento, garantizando nuevamente la confidencialidad de los resultados individuales.

Figura 8.

Evidencias fotográficas consentimiento informado y aplicación pre y post test



Nota: Collage fotográfico de elaboración propia.

Figura 9.

Evidencias fotográficas grupo focal



Nota: Collage fotográfico de elaboración propia.

Figura 10.

Evidencias fotográficas aplicación propuesta transformadora



Nota: Collage fotográfico de elaboración propia.

3.3.2. Procesamiento de la información.

Con el propósito de garantizar rigor en los resultados y coherencia metodológica con el enfoque mixto y el diseño de investigación–acción educativa, el tratamiento de los datos seguirá un proceso estructurado orientado tanto a la interpretación pedagógica como a la valoración cualitativa y cuantitativa de los avances observados. Dado que se trabajará con información obtenida mediante pretest y postest, observaciones de aula y registros derivados del uso del EVA, el análisis combinará enfoques descriptivos, comparativos e interpretativos.

La primera fase consistirá en la organización y clasificación de la información recogida. Para los datos cuantitativos —principalmente puntuaciones de desempeño académico antes y después de la implementación del EVA— se realizará un análisis descriptivo que permita identificar variaciones en los niveles de aprendizaje de Biología Molecular. Este proceso permitirá observar tendencias generales, detectar posibles mejoras en la comprensión de contenidos y contrastar el desempeño de los estudiantes entre el momento inicial y final de la intervención.

De manera paralela, se desarrolló un análisis cualitativo sustentado en la revisión sistemática de las observaciones de aula, los registros del diario de campo, los grupos focales y las percepciones expresadas por los estudiantes. Esta fase se orientó a identificar patrones de interacción con el Entorno Virtual de Aprendizaje, actitudes frente al aprendizaje, indicios de apropiación conceptual y transformaciones en los niveles de participación académica. El análisis de esta información se realizó a partir de categorías relacionadas con el uso del entorno, la motivación, la comprensión conceptual y la experiencia de aprendizaje mediada por recursos digitales, lo que permitió aproximarse a dimensiones formativas que no pueden ser comprendidas únicamente a partir de los resultados cuantitativos de desempeño.

La integración de datos cuantitativos y cualitativos permitió construir inferencias trianguladas, coherentes con el carácter crítico-reflexivo de la investigación-acción. Desde esta perspectiva, el valor de los resultados no se limita a la medición numérica de los aprendizajes, sino que se amplía hacia la comprensión de los procesos educativos y al análisis de su potencial para transformar la práctica pedagógica. Esta articulación metodológica posibilitó una lectura más completa del fenómeno estudiado, al considerar tanto los cambios observables en el desempeño académico como las dinámicas formativas que emergieron durante la intervención.

En relación con las consideraciones éticas, el estudio se desarrolló bajo principios orientados a garantizar el respeto, la transparencia y la protección de los participantes, en coherencia con las orientaciones vigentes para la investigación educativa y con la normativa aplicable al contexto escolar. La participación de los estudiantes fue de carácter voluntario y estuvo mediada por la autorización de sus padres o acudientes, quienes recibieron información clara sobre los propósitos de la investigación y los alcances de la participación. Asimismo, se garantizó la confidencialidad

de la identidad de los participantes, de modo que los datos recolectados fueron anonimizados y utilizados exclusivamente con fines académicos y científicos propios del estudio.

El tratamiento responsable de la información incluyó la protección de los registros generados en el Entorno Virtual de Aprendizaje y la reserva sobre el desempeño individual de los estudiantes, salvaguardando su derecho a la intimidad y evitando cualquier uso que pudiera derivar en etiquetamientos o juicios de carácter personal. En consonancia con el principio de beneficencia, se procuró que los hallazgos contribuyeran al fortalecimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, generando aportes significativos para el desarrollo educativo de la comunidad escolar. Del mismo modo, se atendió al principio de equidad, garantizando que todos los estudiantes contaran con iguales oportunidades de participación, independientemente de su nivel de rendimiento académico, competencia digital u otras condiciones particulares.

3.4. Análisis de los resultados en los datos obtenidos.

3.4.1 Comparación entre pre-test (estudiantes) y post test.

El análisis comparativo de los niveles de aprobación entre el pretest y el posttest muestra una mejora generalizada en el desempeño de los estudiantes, lo que permite inferir un impacto favorable del proceso pedagógico desarrollado entre ambos momentos de medición. En todas las preguntas se observa un incremento porcentual en la aprobación, aunque con magnitudes diferenciadas, lo que permite identificar tanto avances significativos como progresos más moderados según el tipo de contenido evaluado.

De manera destacada, las preguntas 3, 6 y 8 presentan los incrementos más notorios en los niveles de aprobación, con aumentos cercanos o superiores al 30 %. En el caso de la pregunta 3, la aprobación pasa de 30,6 % en el pre-test a 61,1 % en el post-test, lo que indica que más de la mitad del grupo logró consolidar el aprendizaje esperado tras la intervención. Un comportamiento similar se observa en la pregunta 6, donde la aprobación se incrementa de 19,4 % a 50 %, reflejando un avance sustancial en un contenido que inicialmente presentaba alta dificultad.

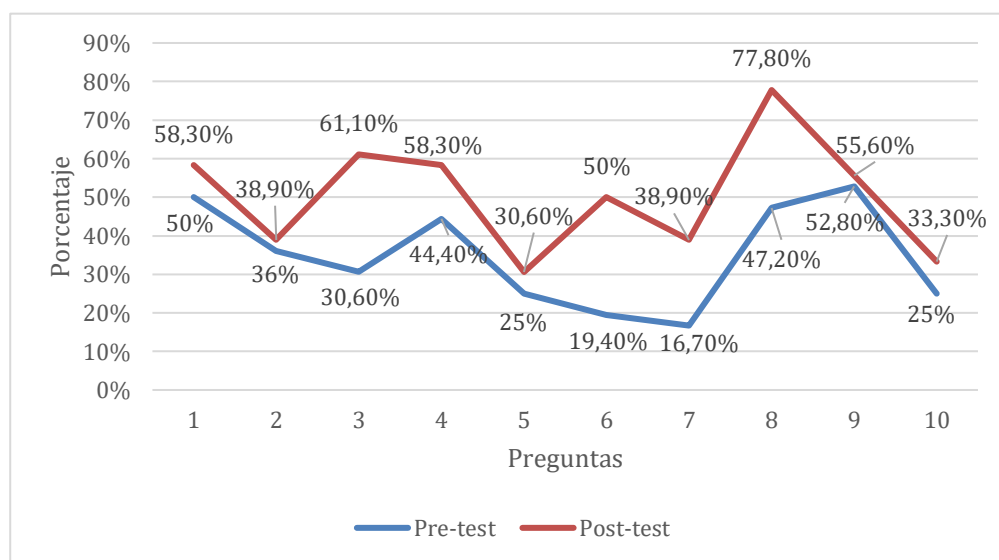
En contraste, preguntas como la 2 y la 9 muestran incrementos más discretos en la aprobación (alrededor del 2,8 % a 2,9 %), lo cual sugiere que estos contenidos ya presentaban una base

conceptual relativamente estable desde el pre-test o, alternativamente, que requieren estrategias didácticas adicionales para lograr mejoras más contundentes.

En términos globales, la comparación entre el pre-test y el post-test permite afirmar que el proceso de enseñanza favoreció una reconfiguración progresiva del conocimiento, con especial impacto en aquellos contenidos que inicialmente presentaban mayores vacíos conceptuales, lo que es consistente con los principios de una enseñanza centrada en la comprensión y no únicamente en la memorización

Figura 11.

Comparación aprobación pre y post test



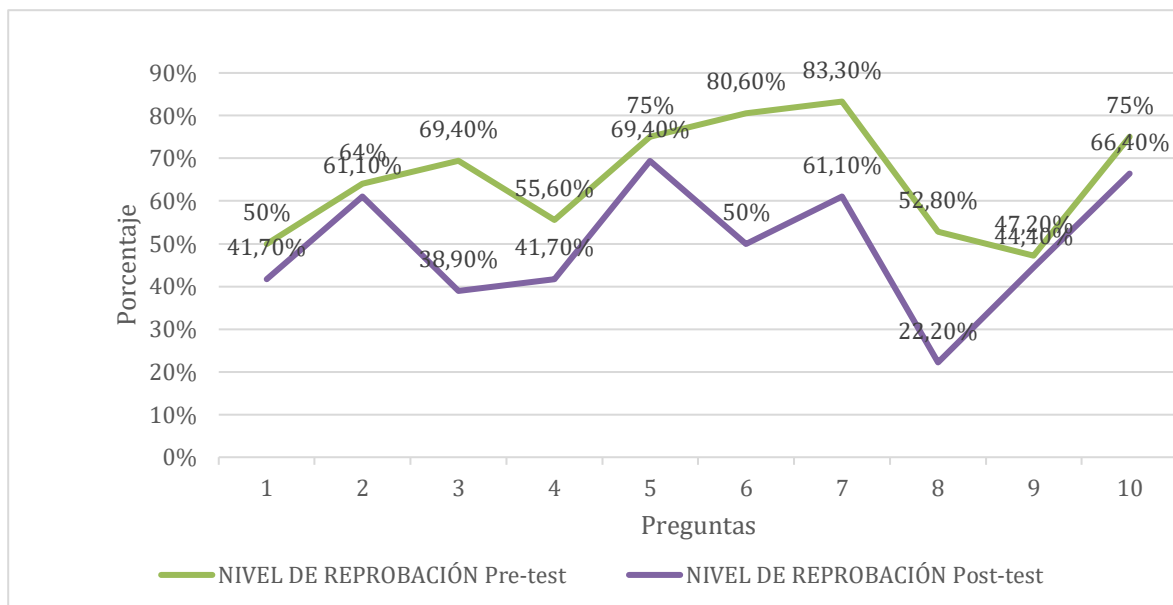
Nota: Elaboración propia con base en los resultados del pretest y postest aplicados a estudiantes de grado noveno durante la implementación del Entorno Virtual de Aprendizaje.

El comportamiento de la reprobación refuerza los hallazgos identificados en los niveles de aprobación, en tanto se observa una disminución sistemática en los porcentajes de estudiantes que no alcanzan los desempeños esperados en el postest. Esta reducción no se presenta de manera aleatoria, sino que guarda coherencia con los incrementos registrados en los niveles de aprobación por pregunta, lo que sugiere una tendencia consistente en la mejora del desempeño.

En particular, las preguntas 3, 6 y 8, que evidenciaron los mayores aumentos en los porcentajes de aprobación, presentan también las reducciones más significativas en los niveles de reprobación, con descensos cercanos al 30 %. A modo de ejemplo, en la pregunta 6 la reprobación se reduce de 80,6 % a 50 %, lo que indica que una proporción considerable de estudiantes logró superar las dificultades iniciales asociadas a este contenido. Este comportamiento permite inferir que la intervención pedagógica contribuyó de manera relevante a la comprensión de conceptos que, por su nivel de abstracción o complejidad, representaban mayores obstáculos en el momento diagnóstico.

En otras preguntas, como la 1, 4 y 10, la reducción de la reprobación oscila entre el 8 % y el 14 %, lo que, aunque menos pronunciado, sigue representando un avance relevante desde una perspectiva educativa, especialmente si se considera que la mejora se da de manera consistente y no aislada.

En general, la disminución de la reprobación confirma que el proceso de enseñanza-aprendizaje no solo benefició a los estudiantes con desempeños medios, sino que también permitió movilizar a aquellos que inicialmente se ubicaban en los niveles más bajos, reduciendo las brechas internas del grupo y favoreciendo una mayor equidad en los resultados académicos

Figura 12.*Comparación reprobación pre y post test*

Nota: Elaboración propia con base en los resultados del pretest y postest aplicados a estudiantes de grado noveno durante la implementación del Entorno Virtual de Aprendizaje.

El análisis de la tabla correspondiente al pretest presenta un panorama caracterizado por altos niveles de reprobación global, con un promedio general de aprobación del 34 % frente a un 66 % de reprobación. Este resultado inicial pone de manifiesto dificultades significativas en la comprensión de los contenidos evaluados, particularmente en las preguntas 3, 6 y 9, en las que la reprobación supera el 80 %. Dicho comportamiento permite identificar vacíos conceptuales relevantes y una comprensión fragmentada de los temas abordados al inicio del proceso.

No obstante, al contrastar este punto de partida con los resultados obtenidos en el postest, se evidencia una tendencia clara de mejora, tanto en el análisis individual por pregunta como en el comportamiento general del grupo. La redistribución de los porcentajes hacia mayores niveles de aprobación sugiere que, tras la intervención, los estudiantes lograron avanzar en la comprensión de los contenidos, mostrando una reorganización más funcional de sus conocimientos.

Desde una perspectiva pedagógica, el contraste entre los resultados iniciales y finales permite interpretar que la estrategia implementada favoreció un proceso de aprendizaje progresivo, reflejado en la disminución de la reprobación estructural y en el fortalecimiento del desempeño académico en contenidos que, en el momento diagnóstico, presentaban un mayor nivel de dificultad. En consecuencia, los resultados respaldan la pertinencia del proceso formativo desarrollado y ofrecen evidencia empírica de su impacto en el aprendizaje de los estudiantes

Tabla 4.*Comparativo final de aprobación y reprobación entre pre y post test*

PREGUNTAS	NIVEL DE APROBACIÓN			PREGUNTAS	NIVEL DE REPROBACIÓN			REDUCCIÓN EN LA REPROBACIÓN
	Pre-test	Post-test	Porcentaje		Pre-test	Post-test	Porcentaje	
1	50%	58,30%	8,30%	1	50%	41,70%	8,30%	
2	36%	38,90%	2,90%	2	64%	61,10%	2,90%	
3	30.6%	61,10%	30,50%	3	69,40%	38,90%	30,50%	
4	44.4%	58,30%	13,90%	4	55,60%	41,70%	13,90%	
5	25%	30,60%	5,60%	5	75%	69,40%	5,60%	
6	19.4%	50%	30,60%	6	80,60%	50%	30,60%	
7	16.7%	38,90%	22,20%	7	83,30%	61,10%	22,20%	
8	47.2%	77,80%	30,60%	8	52,80%	22,20%	30,60%	
9	52.8%	55,60%	2,80%	9	47,20%	44,40%	2,80%	
10	25%	33,30%	8,30%	10	75%	66,40%	8,6	

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del pre-test y post-test. Los porcentajes reflejan el cambio en los niveles de aprobación y la reducción correspondiente en la reprobación por pregunta.

3.4.2 Grupo focal docente (diagnóstico y talleres creativos de diseño)

El grupo focal de diagnóstico se constituyó como un espacio de diálogo reflexivo con docentes del área de ciencias naturales de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle, con el propósito de comprender las prácticas pedagógicas, concepciones disciplinares, dificultades de aprendizaje y expectativas frente al uso de EVA para la enseñanza de la Biología Molecular en el grado noveno. A partir del análisis de las intervenciones docentes, emergieron cinco categorías centrales que permiten caracterizar el estado inicial del proceso de enseñanza-aprendizaje en este campo.

Tabla 5.*Síntesis hallazgos del grupo focal*

Categoría	Ideas principales derivadas del grupo focal
Prácticas pedagógicas en ciencias naturales	<p>En relación con las prácticas pedagógicas habituales, los docentes coincidieron en señalar que la enseñanza de la Biología Molecular constituye un reto significativo, principalmente debido al carácter abstracto de los contenidos y a las limitaciones institucionales asociadas a la disponibilidad de infraestructura especializada. La ausencia de laboratorios equipados para el trabajo experimental a nivel molecular ha llevado a que las estrategias de enseñanza se apoyen, de manera predominante, en representaciones visuales convencionales, tales como dibujos en el tablero, esquemas elaborados en carteleras y láminas impresas, recursos tradicionalmente utilizados para facilitar la explicación de estructuras como el ADN y el ARN.</p>
Concepciones sobre la enseñanza de la Biología Molecular	<p>Los participantes reconocieron que, si bien estas estrategias resultan funcionales para introducir los contenidos, son insuficientes para promover una comprensión profunda de los procesos moleculares, en la medida en que dependen en gran parte de la capacidad de abstracción del estudiante. Asimismo, señalaron que la planeación de las clases se concentra mayoritariamente en actividades presenciales desarrolladas dentro del aula, debido a las dificultades que implica el trabajo académico fuera de la institución cuando se intenta mediar a través de las TIC. En este sentido, aspectos como la conectividad irregular, la disponibilidad limitada de dispositivos en los hogares y el acompañamiento familiar fueron identificados como factores que restringen la posibilidad de extender el aprendizaje más allá del espacio escolar.</p>
Pertinencia curricular y aspectos relegados en la enseñanza	<p>Aunque los docentes reconocen la pertinencia curricular de los contenidos de Biología Molecular, señalaron que en la práctica pedagógica cotidiana algunos componentes tienden a quedar relegados o abordados de manera superficial. Entre estos, destacaron la insuficiente incorporación de recursos de representación visual avanzada, como simulaciones, animaciones o modelos interactivos, que permitan a los estudiantes observar dinámicamente procesos como la replicación, transcripción y traducción del material genético.</p> <p>Asimismo, se identificó la necesidad de un cambio de paradigma didáctico, en el que las clases no dependan exclusivamente de lo que ocurre en el aula física, sino que integren otros entornos de aprendizaje que amplíen las posibilidades de interacción con el conocimiento. Los docentes expresaron que, aunque existe interés por innovar,</p>

Dificultades de aprendizaje en los estudiantes	<p>las condiciones institucionales y contextuales han limitado la implementación sostenida de estrategias mediadas por TIC.</p> <p>En relación con las dificultades de aprendizaje, los docentes coincidieron en que los estudiantes presentan mayores obstáculos al enfrentarse a representaciones moleculares abstractas. Conceptos como la estructura del ADN y del ARN, la función de las bases nitrogenadas y los procesos de transcripción resultan especialmente complejos, ya que requieren comprender fenómenos que no son observables directamente y que demandan el manejo de un lenguaje científico específico.</p> <p>componente bioquímico asociado a la Biología Molecular fue identificado como uno de los principales focos de dificultad, dado que implica la comprensión de interacciones y procesos que ocurren a escala microscópica y que los estudiantes no siempre logran vincular con situaciones concretas de su vida cotidiana. Esta dificultad favorece la aparición de errores conceptuales persistentes, los cuales, según los docentes, suelen mantenerse incluso después de haber sido tratados en clase</p>
Retos y expectativas frente al uso de TIC y EVA	<p>Asimismo, los participantes reconocieron que la institución ha desarrollado algunas experiencias previas de integración tecnológica en el área de ciencias naturales; no obstante, dichas iniciativas han sido limitadas y han mostrado resultados variables, sin consolidarse como estrategias sistemáticas de enseñanza. Esta situación ha restringido el aprovechamiento sostenido de recursos digitales para abordar contenidos de alta complejidad conceptual, como los propios de la Biología Molecular.</p> <p>A pesar de estas limitaciones, la expectativa frente a la implementación de un EVA fue ampliamente favorable. En este contexto, los docentes manifestaron que cualquier iniciativa orientada a transformar el paradigma tradicional de enseñanza de las ciencias naturales puede contribuir no solo a mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes, sino también a fortalecer su desempeño en pruebas internas y externas. De igual manera, consideraron que el uso de entornos virtuales de aprendizaje puede preparar mejor a los estudiantes para su trayectoria académica y profesional, al familiarizarlos con formas de aprendizaje más autónomas, reflexivas y acordes con las demandas actuales del conocimiento científico.</p>

Nota: Elaboración propia a partir del análisis cualitativo del grupo focal con docentes del área de Ciencias Naturales.

3.4.3 Implementación: observación participante (diario de campo)

El diario de campo recoge de manera organizada y reflexiva el desarrollo de la experiencia pedagógica implementada en el grado noveno, dando cuenta del tránsito progresivo por los contenidos centrales de la Biología Molecular. Su estructura sigue un orden secuencial que responde a la lógica de complejidad conceptual de los temas abordados, iniciando con una experiencia introductoria orientada a despertar el interés y recuperar saberes previos, para luego profundizar en el estudio de los ácidos nucleicos, los procesos de replicación del ADN, la síntesis de ARN mensajero y, finalmente, la síntesis de proteínas. Cada apartado integra descripciones de las sesiones, observaciones sobre las interacciones en el aula y reflexiones pedagógicas derivadas de la práctica, lo que permite comprender cómo los estudiantes se aproximan gradualmente a conceptos abstractos y cómo se transforman las dinámicas de aprendizaje a lo largo del proceso (Ver anexo). De este modo, el diario de campo se configura como un registro cualitativo que articula el orden de los contenidos con las experiencias vividas durante la implementación de la propuesta. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

La implementación del EVA se inició con una experiencia introductoria orientada a activar el interés de los estudiantes y a establecer un primer acercamiento a la Biología Molecular desde una mediación didáctica diferente a la tradicional. A partir de una pregunta generadora, se desarrolló un experimento de extracción de ADN con materiales de uso cotidiano apoyado por un recurso audiovisual alojado en el EVA. Esta estrategia permitió hacer visible un proceso habitualmente abstracto, lo que se tradujo en altos niveles de curiosidad, asombro y participación. Como resultado pedagógico relevante, se evidenció una comprensión inicial más concreta del concepto de ADN y una mayor disposición de los estudiantes hacia el uso del entorno virtual como espacio de aprendizaje. No obstante, se identificaron dificultades asociadas al manejo inicial de la plataforma por parte de algunos estudiantes, lo que evidenció la necesidad de fortalecer la autonomía digital mediante orientaciones más claras y accesibles.

En una segunda fase, el trabajo se orientó a la diferenciación entre ADN y ARN centrándose en la estructura, función y localización celular. El uso de recursos digitales progresivos y actividades interactivas permitió que los estudiantes avanzaran desde la comprensión básica del nucleótido hacia la comparación sistemática de ambos ácidos nucleicos. Como resultado, se observó una

mejora en la organización conceptual de la información y en la capacidad para establecer relaciones entre los distintos componentes estructurales. La elaboración de una tabla comparativa digital favoreció la síntesis del contenido y evidenció avances en la comprensión relacional. Sin embargo, se detectaron diferencias en los ritmos de trabajo, especialmente en la gestión simultánea de recursos digitales y físicos, lo que puso de manifiesto la necesidad de estructurar el EVA de manera más secuencial para optimizar el proceso de aprendizaje.

Posteriormente, la implementación se centró en el proceso de replicación del ADN, uno de los contenidos de mayor complejidad conceptual. La mediación del EVA, a través de animaciones y actividades interactivas, facilitó la comprensión general de la secuencia del proceso y de su carácter semiconservativo. Los resultados mostraron que los estudiantes lograron identificar las etapas principales de la replicación y reconocer el sentido global del proceso. No obstante, persistieron dificultades en la diferenciación precisa de las funciones enzimáticas y en la comprensión de la síntesis de la cadena rezagada. Estas observaciones evidenciaron la necesidad de reforzar el contenido mediante esquemas simplificados, analogías visuales y actividades de verificación intermedia que permitan consolidar los aprendizajes antes de la evaluación final.

La implementación continuó con el abordaje del proceso de transcripción, con el propósito de que los estudiantes comprendieran cómo la información contenida en el ADN se transfiere al ARN mensajero y reconocieran los actores y etapas implicadas. A través del EVA se emplearon recursos audiovisuales e interactivos que permitieron explicar el rol de la ARN polimerasa y las fases de iniciación, elongación y terminación. Como resultado, los estudiantes lograron identificar los elementos estructurales del proceso y representar gráficamente la dirección de la síntesis, así como establecer diferencias entre la transcripción en organismos procariotas y eucariotas. El uso de diagramas y actividades de refuerzo favoreció una comprensión más profunda del proceso, superando enfoques centrados en la memorización. No obstante, se evidenciaron dificultades en algunos estudiantes para diferenciar la cadena molde de la no molde, lo que señaló la necesidad de incorporar actividades de verificación inmediata que permitan consolidar estos conceptos clave antes de avanzar.

Posteriormente, la secuencia se orientó a la comprensión del proceso de traducción, integrando los aprendizajes previos sobre replicación y transcripción. Mediante el uso del EVA, los

estudiantes exploraron el funcionamiento de los ribosomas, el papel del ARN de transferencia y la relación entre codones y anticodones. La actividad central consistió en la construcción de un diagrama de traducción a partir de un fragmento de ARN mensajero, utilizando la tabla del código genético. Los resultados evidenciaron que los estudiantes lograron reconocer la lógica de la síntesis proteica y la correspondencia entre la secuencia nucleotídica y la formación de aminoácidos. La inclusión de una pregunta problematizadora sobre las consecuencias de la modificación de un solo codón permitió fortalecer el pensamiento crítico al analizar el impacto de las mutaciones y la relevancia biológica de la correcta secuencia proteica. Como cierre del módulo, la elaboración de una tabla resumen facilitó la integración de los procesos de expresión genética de manera articulada.

Ahora bien, la fase final de la implementación se desarrolló a partir de un debate ético orientado a resignificar los aprendizajes científicos mediante el análisis de una problemática real de la biología contemporánea. El estudio del caso de edición genética mediante la tecnología CRISPR permitió a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos y contrastarlos con principios bioéticos como el consentimiento informado, la proporcionalidad entre riesgos y beneficios y la justicia social. Como resultado, se evidenció un nivel significativo de argumentación, sustentado en razones científicas y éticas, que condujo a la mayoría de los estudiantes a concluir que la intervención analizada no podía considerarse ética, dada la existencia de alternativas de prevención y los riesgos asociados a la manipulación genética. Asimismo, emergieron reflexiones críticas en torno a la posibilidad de profundizar desigualdades sociales a partir del acceso diferencial a estas tecnologías.

De manera global, el análisis del diario de campo permite concluir que la implementación del Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica favoreció una comprensión integrada del flujo de la información genética, desde la estructura del ADN hasta la síntesis de proteínas. Asimismo, el entorno virtual contribuyó al fortalecimiento de la autonomía y la autorregulación del aprendizaje al respetar los distintos ritmos de los estudiantes y facilitar el acceso permanente a los recursos. Finalmente, la experiencia evidenció que la enseñanza de la Biología Molecular puede trascender el abordaje técnico de los contenidos para incorporar reflexiones éticas y sociales promoviendo un pensamiento crítico fundamentado en conocimientos científicos sólidos.

3.5. Redacción de resultados y discusión.

Los resultados comparativos entre pretest y postest muestran una tendencia consistente de mejora en el desempeño del grupo, con incrementos de aprobación y disminuciones de reprobación en la mayoría de los ítems. En el diagnóstico inicial, el grupo se ubicaba en un escenario de alto rezago conceptual, con un comportamiento global de 34 % de aprobación y 66 % de reprobación, lo cual es coherente con lo que la literatura reporta sobre la enseñanza de contenidos moleculares en secundaria: alta abstracción, representaciones mentales frágiles y errores conceptuales persistentes (Riera, 2022; Hidalgo y Castro, 2019; Talero, 2015;). En este marco, el avance observado después de la intervención sugiere que la experiencia de aprendizaje organizada en un entorno digital no operó como un “acompañante decorativo” de la clase, sino como un andamiaje para reconstruir significados, algo esperable cuando se favorece el aprendizaje significativo y se reduce la memorización desconectada (Ausubel, 2000).

Un hallazgo especialmente relevante es que los mayores incrementos se concentran en ítems que, por su naturaleza, suelen demandar visualización de procesos no observables y articulación secuencial de eventos (por ejemplo, ítems 3, 6 y 8, con aumentos aproximados de 30 puntos porcentuales en aprobación). Este patrón resulta consistente con la evidencia reportada en la literatura, la cual atribuye a los entornos virtuales, las simulaciones y los recursos interactivos un papel relevante en la enseñanza de contenidos que demandan la articulación de múltiples niveles de representación (Ruiz et al., 2015; Toulmin, 2007). Estudios centrados en experiencias digitales en ciencias reportan que la interacción con recursos multimedia y actividades guiadas tiende a mejorar la comprensión y el rendimiento académico en secundaria, especialmente cuando el aprendizaje se apoya en visualizaciones, retroalimentación y secuencias didácticas coherentes (Jardón, 2024; Ademola, 2021; Aguilar y Otuyemi, 2020). En esa misma línea, meta-análisis recientes sobre entornos web en biología han encontrado efectos positivos en el desempeño

cuando el diseño pedagógico privilegia la actividad cognitiva del estudiante y no solo la transmisión de información (Sezen & Çalik, 2023).

La reducción de reprobación refuerza esta lectura. En los ítems 6 y 8, por ejemplo, la reprobación cae alrededor de 30 puntos porcentuales, lo que sugiere que la intervención no benefició únicamente a quienes ya tenían una base sólida, sino que movilizó a estudiantes ubicados en los niveles más bajos. Este comportamiento ha sido descrito en investigaciones sobre plataformas y módulos interactivos en genética y biología, donde la mediación digital, cuando incluye práctica frecuente y seguimiento, tiende a disminuir las brechas internas del grupo (Ibiyemi y Yara, 2025; Errabo y Ongoco, 2024). De forma complementaria, revisiones sobre aprendizaje combinado en educación científica resaltan que la mejora suele ser más marcada cuando se integran actividades activas, resolución de problemas y recursos digitales con propósitos claros, en lugar de sustituir la clase por “tareas en pantalla” (Rosli & Ishak, 2024; Botelho et al., 2022).

Ahora bien, no todos los ítems mejoran con la misma intensidad. En preguntas como la 2 y la 9, el incremento de aprobación es leve (cerca de 3 puntos porcentuales), lo cual invita a una interpretación más fina: puede tratarse de contenidos que ya estaban relativamente estabilizados desde el inicio o, por el contrario, de núcleos conceptuales que requieren un trabajo didáctico diferente (más modelización, más explicación con representaciones múltiples o más práctica guiada). Esta variabilidad entre ítems también es frecuente en estudios sobre entornos virtuales, donde el impacto no depende solo de la “presencia de tecnología”, sino de la calidad del diseño didáctico, la retroalimentación y la alineación entre actividades y evaluación (García et al., 2020; Edel, 2010; Díaz-Barriga, 2013). En otras palabras, el resultado sugiere que la mediación digital fue eficaz para ciertos aprendizajes clave, pero que algunos contenidos podrían necesitar ajustes: secuencias más explícitas, apoyos semióticos adicionales o tareas de indagación mejor escalonadas (Hidalgo y Castro, 2019; Hin et al., 2019).

En síntesis, final, estos hallazgos son coherentes con marcos que entienden la tecnología como parte de un cambio más amplio en la cultura del aprendizaje. La literatura advierte que el valor de los entornos virtuales no reside únicamente en el acceso a recursos, sino en cómo reconfiguran la interacción, la autonomía y el seguimiento del aprendizaje (Cavadía et al., 2019; Area, 2012; Coll y Monereo, 2010;). Desde esta perspectiva, el incremento general de desempeño y la reducción

de reprobación observados en el grupo constituyen un indicador de que el proceso favoreció mayor estructuración del conocimiento, práctica sostenida y mejor relación entre explicación, ejercicio y retroalimentación, aspectos reiteradamente asociados a mejores logros en ambientes virtuales (Zambrano y Cevallos, 2023; Flores-Rivera, 2023; Aguilar y Otuyemi, 2020;). En síntesis, la evidencia del estudio sugiere que el enfoque implementado contribuyó a mejorar el aprendizaje de contenidos de alta abstracción en secundaria, en línea con los hallazgos internacionales que destacan la eficacia de estrategias digitales cuando promueven actividad cognitiva, representaciones múltiples y evaluación formativa (Navarro et al., 2024; Nili & Sahafi, 2024; UNESCO, 2023).

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN

La propuesta de transformación que se expone a continuación se construye a partir del análisis de los resultados obtenidos durante el proceso investigativo y responde a las necesidades de mejora evidenciadas en el aprendizaje de los contenidos abordados. Su desarrollo se organiza a través de una secuencia pedagógica estructurada que articula actividades de exploración, profundización y cierre, apoyadas en recursos digitales y orientadas a fortalecer de manera progresiva la comprensión de los conceptos abordados. La propuesta delimita con claridad los momentos de intervención, los recursos didácticos a emplear y las formas de acompañamiento pedagógico, con el propósito de generar condiciones más favorables para el aprendizaje y de consolidar los avances evidenciados a lo largo de la experiencia formativa.

4.1. Fundamentación de la propuesta de transformación.

La incorporación de los EVA en los procesos educativos ha adquirido una relevancia creciente como respuesta a las transformaciones asociadas a la digitalización y a la expansión de dinámicas educativas globales. Estos entornos han modificado la forma en que se organiza y gestiona el aprendizaje, al ampliar las posibilidades de interacción, colaboración y acceso a recursos educativos más allá de las limitaciones espaciales y temporales del aula tradicional. En este proceso, la emergencia sanitaria derivada de la pandemia por COVID-19 aceleró la adopción de herramientas digitales en los sistemas educativos, evidenciando la necesidad de contar con plataformas que permitieran garantizar la continuidad de los procesos formativos de manera flexible y segura, y posicionando a los EVA como mediaciones pedagógicas estratégicas.

En este contexto, el EVA se configura como un espacio integral para la organización y gestión del aprendizaje en línea, en el que se articulan contenidos, recursos y actividades interactivas orientadas a promover la participación activa de los estudiantes y a favorecer procesos de aprendizaje más personalizados. Edel (2010) señala que la virtualidad educativa, cuando se sustenta en criterios pedagógicos claros, constituye una oportunidad para innovar y fortalecer los

procesos de enseñanza y aprendizaje. De manera complementaria, García et al. (2020) subrayan la importancia de considerar criterios de calidad en la didáctica y en la comunicación educativa, de modo que los entornos digitales puedan responder de forma pertinente a las demandas y características de los contextos educativos contemporáneos.

La presente propuesta pedagógica se deriva directamente de los hallazgos obtenidos en la fase diagnóstica y del proceso reflexivo desarrollado en el marco de la investigación–acción educativa. Su diseño responde a la necesidad de fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá, mediante una mediación didáctica digital estructurada en un Entorno Virtual de Aprendizaje.

Desde esta perspectiva, el EVA se concibe como una mediación pedagógica intencional y planificada, y no como un simple repositorio de contenidos. Su estructura integra momentos de aprendizaje claramente definidos, recursos digitales especializados, actividades de interacción, espacios de reflexión y procesos de evaluación formativa, orientados a facilitar la comprensión de conceptos abstractos propios de la Biología Molecular, tales como la estructura y función del ADN y el ARN, el flujo de la información genética y la relación entre genotipo y fenotipo.

La propuesta se implementa a través de la plataforma Google Classroom, seleccionada por su accesibilidad institucional y por su uso previo tanto por parte de los docentes como de los estudiantes. No obstante, Classroom se asume únicamente como el soporte tecnológico del EVA, mientras que el diseño pedagógico del entorno se fundamenta en principios del constructivismo, el aprendizaje activo y la reflexión crítica sobre la práctica científica escolar.

Asimismo, se incorpora un cuadro comparativo que permite diferenciar y comprender los componentes y características de diversos recursos educativos digitales, tales como los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), los Objetos de Aprendizaje (OA) y los Recursos Educativos Digitales (RED). Estos elementos cumplen funciones diferenciadas pero complementarias dentro del ecosistema digital educativo, contribuyendo de manera articulada a la gestión del aprendizaje y al fortalecimiento de las experiencias formativas mediadas por tecnología.

El cuadro comparativo a continuación, contiene las definiciones, características, diferencias y sus usos con el fin de ampliar la comprensión de los términos respecto de su aplicación en el ámbito educativo (*véase tabla 1*).

Tabla 6.*Comparación de EVA, OVA, OA y RED*

Aspecto	Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA)	Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA)	Objetos de Aprendizaje (OA)	Recursos Educativos Digitales (RED)
Concepto	Son plataformas educativas que organizan y gestionan el aprendizaje en línea a través de recursos y actividades interactivas.	Son contenidos digitales estructurados y diseñados para facilitar el aprendizaje de un tema específico.	Son recursos digitales reutilizables que se utilizan para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje basados en un tema específico.	Son materiales educativos digitales amplios que aportan al aprendizaje sin estar estructurados para el alcance de logros específicos.
Características	<p>Interacción y colaboración entre estudiantes y docentes.</p> <p>Integra herramientas como foros, blogs, redes sociales.</p> <p>Contiene diversos formatos multimedia.</p> <p>Favorece el seguimiento del aprendizaje.</p>	<p>Contenidos multimediales e interactivos (videos, animaciones, simulaciones).</p> <p>Autoaprendizaje e interactividad.</p> <p>Responde a objetivos específicos de aprendizaje.</p>	<p>Pueden ser utilizados en cualquier momento o lugar.</p> <p>Son reutilizables en diferentes contextos educativos.</p> <p>Se adaptan a diferentes ordenadores y sistemas operativos.</p> <p>Perdurables en el tiempo</p>	<p>Acceso abierto y flexible.</p> <p>Complementan procesos educativos existentes.</p> <p>Adaptables a diversos contextos educativos.</p>
Diferencias	No depende de interacciones simultáneas, por lo que el	Diseñados para el aprendizaje autónomo y específico como apoyo dentro de un EVA.	Son más específicos y reutilizables.	Son más amplios y generales.

	estudiante puede avanzar en su proceso de forma independiente.		Se enfocan en objetivos educativos específicos.	No tienen la estructura ni propósito de un EVA, OVA o OA.
Usos	Permite la gestión de cursos online. Contiene espacios colaborativos de discusión y evaluación.	Permite la capacitación en línea. Favorece el refuerzo de temas específicos.	Pueden ser integrados a los EVA. Favorecen el diseño de recursos educativos personalizados.	Complementan los materiales didácticos. Incluyen recursos adicionales para el aprendizaje autónomo.

Nota: Elaboración propia a partir de la revisión conceptual sobre entornos y recursos digitales para el aprendizaje.

4.2. Estructura de la propuesta de transformación.

Cabe destacar que la propuesta de Entorno Virtual de Aprendizaje surge de una lectura atenta del contexto escolar y de los resultados del diagnóstico en los que se evidencian bajos niveles de comprensión conceptual en Biología Molecular, especialmente frente a contenidos cuya naturaleza abstracta dificulta la apropiación por parte de los estudiantes. De esta manera, procesos como la replicación, la transcripción y la traducción, al no ser observables de manera directa, suelen abordarse desde explicaciones excesivamente teóricas apoyadas en prácticas pedagógicas tradicionales.

Este escenario puso en tensión la necesidad de replantear las mediaciones didácticas empleadas en el aula y de explorar alternativas que permitieran acercar estos contenidos a los estudiantes de forma más comprensible, visual y participativa, en coherencia con los postulados del enfoque socio-crítico y del constructivismo social que sustentan la investigación. En este marco, el Entorno Virtual de Aprendizaje se concibe como una respuesta pedagógica situada, orientada a transformar la experiencia de aprendizaje mediante el uso de recursos digitales, actividades interactivas y espacios de acompañamiento docente que favorecen la comprensión progresiva de los conceptos y promueven una mayor implicación del estudiante en el proceso formativo.

4.2.1 Fundamentación teórica de la propuesta

La propuesta se fundamenta en el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como una mediación didáctica intencional que supera la simple transmisión de información para constituirse en un puente pedagógico entre los modelos científicos y las concepciones de los estudiantes. Desde los principios del constructivismo social, el aprendizaje se entiende como un proceso mediado, colaborativo y situado, en el cual el conocimiento se construye a través de la interacción social y el uso de herramientas tecnológicas que apoyan la actividad cognitiva. Esta perspectiva resulta pertinente en la educación básica secundaria, en tanto posibilita la reconfiguración del rol

docente hacia el diseño de experiencias de aprendizaje y posiciona al estudiante como un sujeto activo en la construcción de explicaciones científicas dentro de un entorno orientado a la indagación y la reflexión.

La incorporación de recursos digitales como simuladores, visualizaciones y actividades interactivas se justifica por la naturaleza abstracta de la Biología Molecular, cuyos procesos se desarrollan en escalas submicroscópicas que no son accesibles a la observación directa. Estos recursos operan como andamiajes pedagógicos que facilitan la representación y comprensión de fenómenos complejos —como la replicación del ADN o la síntesis de proteínas— al permitir la manipulación de modelos y la observación de dinámicas moleculares. De este modo, la propuesta mantiene coherencia didáctica al ofrecer múltiples formas de representación que contribuyen a superar enfoques centrados en la memorización, favoreciendo una comprensión funcional de los contenidos y el desarrollo de competencias científicas.

4.2.2 Objetivos de la propuesta

4.2.2.1 Objetivo general

Contribuir a la mejora en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria a través de entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica en la Institución Educativa Juan Bautista La Salle de Florencia, Caquetá.

4.2.2.2 Objetivos específicos de la propuesta

- Diseñar un Entorno Virtual de Aprendizaje orientado a la enseñanza de los fundamentos de la Biología Molecular para estudiantes de grado noveno.
- Implementar estrategias didácticas mediadas por recursos digitales dentro del EVA para favorecer la comprensión de los procesos de replicación, transcripción y traducción.

- Valorar el uso del Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular.

4.2.3 Cuerpo operacional instrumental de la propuesta

La propuesta de transformación se operacionaliza en cinco momentos pedagógicos secuenciales: exploración, estructuración, práctica-ejecución, transferencia y valoración. Cada uno de estos momentos articula fases, actividades y recursos coherentes con los principios del constructivismo social y con la mediación didáctica del Entorno Virtual de Aprendizaje (Ver Tabla 8).

Al detalle, la operacionalización del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) está mediado por la plataforma Google Classroom que se articula como una respuesta pedagógica transformadora frente a la naturaleza abstracta de la Biología Molecular y las limitaciones de la enseñanza tradicional. Fundamentada en el constructivismo social, la propuesta organiza el saber científico como una construcción progresiva que permite a los estudiantes de básica secundaria transitar desde la observación de modelos hasta la comprensión de procesos submicroscópicos.

El itinerario pedagógico comienza con la fase de Exploración, cuyo sentido principal es la activación de saberes previos y la generación de un motivante. En esta etapa, el EVA utiliza narrativas problematizadoras y actividades experimentales sencillas, como la extracción casera de ADN, para conectar contenidos densos con la realidad cotidiana del estudiante. Este momento resulta relevante para abordar los bajos niveles de comprensión conceptual permitiendo identificar ideas previas erróneas y despertar un interés genuino que rompa con la apatía propia de los modelos expositivos convencionales.

Una vez establecida la base motivacional, se transita hacia la Estructuración, donde el EVA actúa como un organizador conceptual que dota de orden a la complejidad molecular. A través de Google Classroom, se disponen recursos multimodales como videos especializados de Khan Academy, esquemas y lecturas guiadas que modelan de forma explícita procesos como la replicación, la transcripción y la traducción. El aporte pedagógico de esta fase reside en

proporcionar un andamiaje estructurado que facilita la visualización de estructuras que no son directamente observables.

A continuación, la fase de Práctica constituye el núcleo dinámico de la propuesta, donde el estudiante pasa del saber al hacer mediante la interacción directa con herramientas digitales. El uso de simuladores interactivos -como PhET- y juegos educativos permite a los estudiantes manipular variables y observar en tiempo real la dinámica de la expresión génica. Seguidamente, la coherencia del cuerpo operacional se consolida en la fase de Transferencia, donde el conocimiento científico trasciende el aula para convertirse en un criterio ético y social a través del análisis de dilemas contemporáneos como la edición genética. Finalmente, la fase de valoración integra procesos de evaluación formativa que permiten recoger evidencias de aprendizaje, retroalimentar de manera sistemática a los estudiantes y consolidar los aprendizajes alcanzados.

Tabla 7.*Estructura general del EVA*

Autor (es)	Rómulo Hernando Arévalo Gutiérrez; Edwin Rivera; Oscar Espinosa; Robinson Rubiano		
Institución Educativa	Institución Educativa Juan Bautista La Salle, Florencia, Caquetá.	Nivel educativo y grado	Básica secundaria, grado noveno.
Materia o asignatura	Ciencias Naturales.	Nombre del curso a crear en el EVA	Biología Molecular.
Contenido temático.	<p>Unidad principal: Fundamentos de Biología Molecular</p> <p>Subtemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la Biología Molecular • Ácidos nucleicos (ADN y ARN) • Replicación del ADN • Transcripción • Traducción • Regulación genética (opcional) 		
Modelo pedagógico institucional	Constructivismo social: el aprendizaje se concibe como un proceso colectivo en el que estudiantes y docente construyen significados mediante actividades colaborativas, análisis de representaciones científicas y uso de recursos digitales que favorecen la comprensión de fenómenos no observables directamente.		
Competencias relacionadas u objetivos.	DBA		

- DBA 7: explica cómo la información genética se expresa a través de los procesos de replicación, transcripción y traducción.
- DBA 8: analiza relaciones entre las estructuras del ADN, ARN y proteínas, y su función en los procesos celulares.
- DBA 9: interpreta modelos y representaciones de procesos biológicos a nivel molecular.

Competencias (derivadas de los Estándares de Ciencias Naturales del MEN):

- Competencia cognitiva: comprende y explica procesos biológicos asociados al flujo de información genética.
- Competencia científica: interpreta modelos, representaciones y simulaciones de procesos moleculares.
- Competencia investigativa: formula explicaciones basadas en evidencia a partir de la observación de modelos y simuladores.
- Competencia comunicativa científica: expresa ideas científicas mediante gráficos, esquemas y lenguaje especializado.

Propósito del EVA

Diseñar un entorno de aprendizaje dinámico que facilite la comprensión de los procesos fundamentales de la Biología Molecular mediante actividades interactivas, recursos visuales, simuladores y espacios colaborativos, promoviendo que los estudiantes construyan explicaciones científicas sólidas y desarrollen competencias propias del pensamiento científico.

Plataforma tecnológica del EVA

Classroom de Google.

Momentos de enseñanza y aprendizaje

Momentos de enseñanza y aprendizaje

1. Momento de exploración

Propósito: activar saberes previos, generar motivación y contextualizar el aprendizaje.

El docente inicia cada módulo con narrativas problematizadoras (por ejemplo, la “batalla microscópica” dentro del cuerpo humano) y preguntas orientadoras que conectan el contenido con la vida cotidiana del estudiante. Se introducen los conceptos iniciales de ADN, ARN y nucleótidos mediante videos cortos y preguntas abiertas que permiten identificar ideas previas.

Recursos Digitales

- a) Presentación introductoria visual.
- b) Videos explicativos iniciales.
- c) Preguntas orientadoras para cuaderno.

2. Momento de estructuración

Propósito: enseñanza explícita, organización conceptual y modelación. En este momento el docente presenta de forma guiada los contenidos centrales: estructura del ADN y ARN, nucleótidos, replicación, transcripción y traducción. Se establecen claramente los objetivos, los conceptos clave y el paso a paso de cada proceso biológico. La enseñanza se apoya en videos especializados, esquemas, lecturas guiadas y consignas claras.

Se modela cómo analizar estructuras moleculares, cómo identificar partes de un proceso y cómo relacionar funciones con estructuras.

3. Momento de práctica-ejecución

Propósito: aplicar el aprendizaje con acompañamiento docente. Los estudiantes desarrollan actividades prácticas donde ponen en acción lo aprendido: construcción de tablas comparativas ADN vs ARN, diagramas de replicación, esquemas de transcripción y traducción, y actividades interactivas como el simulador PhET para construir moléculas.

Este momento consolida el paso del saber al hacer, con orientación constante del docente y retroalimentación formativa.

4. Momento de transferencia

Propósito: aplicar el aprendizaje en nuevos contextos y promover pensamiento crítico.

El EVA culmina con la transferencia del conocimiento científico al análisis ético, a través del dilema de la edición genética. Los estudiantes relacionan lo aprendido sobre ADN y genética con casos reales, como el de He Jiankui,

d) Actividad experimental de extracción casera de ADN como detonante cognitivo.

a) Videos educativos (YouTube y Khan Academy).

b) Documentos de apoyo en Google Drive.

c) Lecturas complementarias.

d) Esquemas y diagramas explicativos.

a) Actividades interactivas (PhET).

b) Tablas comparativas.

c) Diagramas para completar.

d) Dibujos etiquetados subidos a Classroom.

e) Juegos educativos (Educaplay).

a) Video sobre edición genética.

b) Guía de preguntas de análisis ético.

c) Debate argumentativo escrito.

d) Reflexión individual.

argumentando posiciones y reflexionando sobre consecuencias sociales, éticas y humanas.

Aquí el conocimiento deja de ser solo científico y se convierte en criterio para la toma de decisiones.

5. Momento de valoración

Propósito: evaluación formativa, cierre y consolidación.

Durante todo el EVA se implementa evaluación formativa mediante actividades, pero este momento concreta la verificación del aprendizaje a través de evaluaciones por módulo, entrega de productos, socialización de resultados y retroalimentación docente.

Se recogen apreciaciones finales, se aclaran conceptos y se consolidan conclusiones.

- a) Evaluaciones modulares.
- b) Productos subidos a Google Classroom.
- c) Retroalimentación escrita del docente.
- d) Instrumentos de evaluación coherentes con las actividades

Enlaces de interés

YouTube

- <https://www.youtube.com/watch?v=EIkeOZZ8myA>
- <https://www.youtube.com/watch?v=LAFIV747j4c>
- <https://www.youtube.com/watch?v=VmMJtSC35Vw>

Khan Academy

- <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure/v/introduction-to-nucleic-acids-and-nucleotides>
 - <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/dna-and-rna-structure/v/molecular-structure-of-dna>
 - <https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/stages-of-transcription>
-

-
- <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/translation/a/the-genetic-code-discovery-and-properties>
 - <https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/translation-polypeptides/a/the-stages-of-translation>
 - <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/translation/a/translation-overview>

Google Drive / Documentos

- <https://drive.google.com/file/d/1RMX0QUS4OqW50tOIM3-tlgS9Q7Q9JtIw/view>
- https://docs.google.com/document/d/1qEQmRA_OgkaoPJxFIWixPFnZb1npYE0NqrT4-amSbNc/edit

Educaplay

- https://es.educaplay.com/recursos-educativos/24401592-juego_de_trivia_transcripcion_del_adn.html

Áreas del EVA

Área de formación

- Documentos ilustrativos sobre ADN, ARN y procesos moleculares.
- Videos explicativos y animaciones 3D.
- Simuladores de procesos biológicos.
- Actividades interactivas en línea.

Área de gestión y administración

- Seguimiento al avance en Classroom.
- Registro de entregas y participación.
- Retroalimentación individual y grupal

Área de servicios e información

- Glosarios, tutoriales y enlaces externos.
- Banco de videos y simulaciones recomendadas.
- Plantillas de estudio y guías descargables.

Área de comunicación

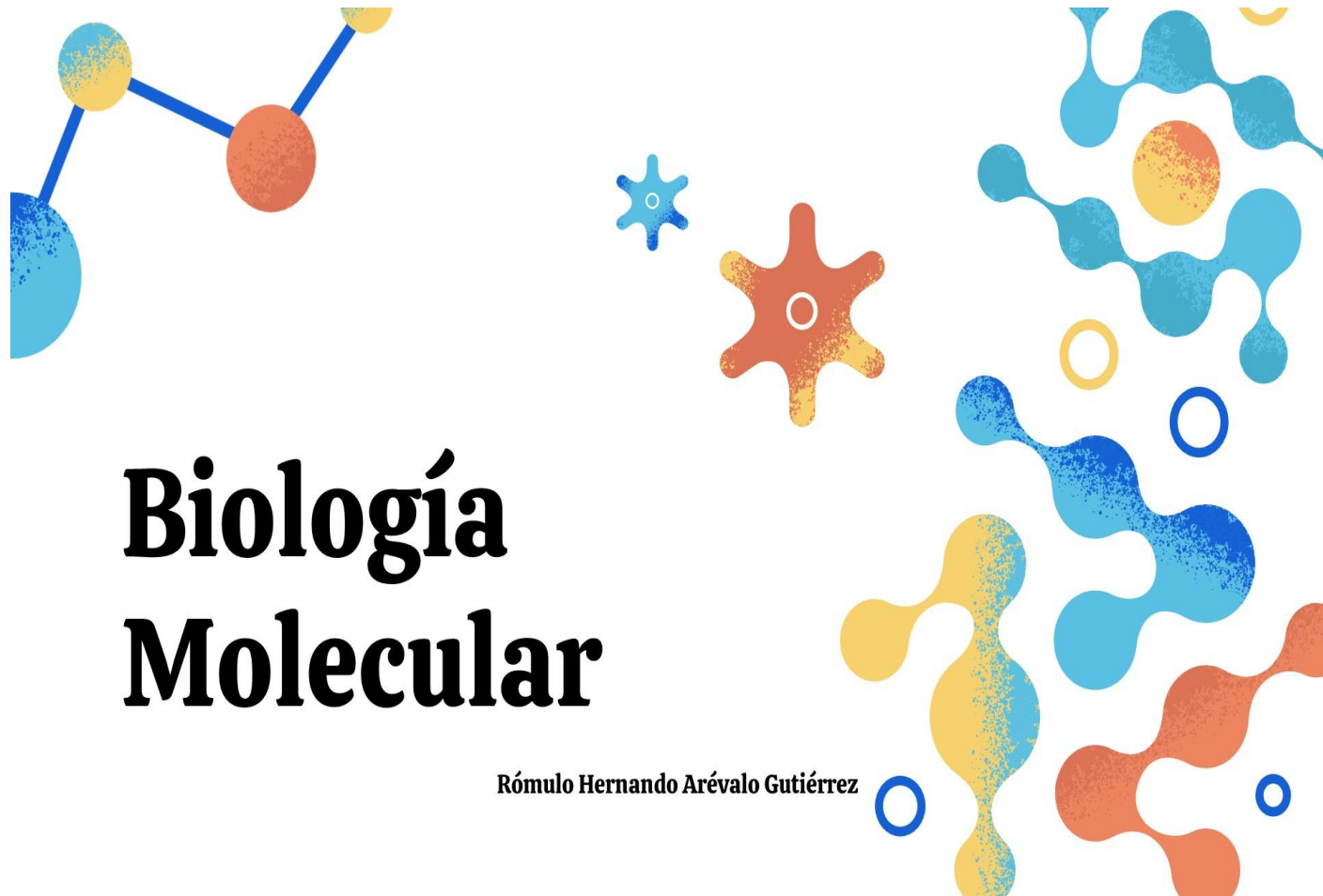
- Mensajes directos en Classroom.
 - Foros de discusión académica.
 - Anuncios del docente.
-

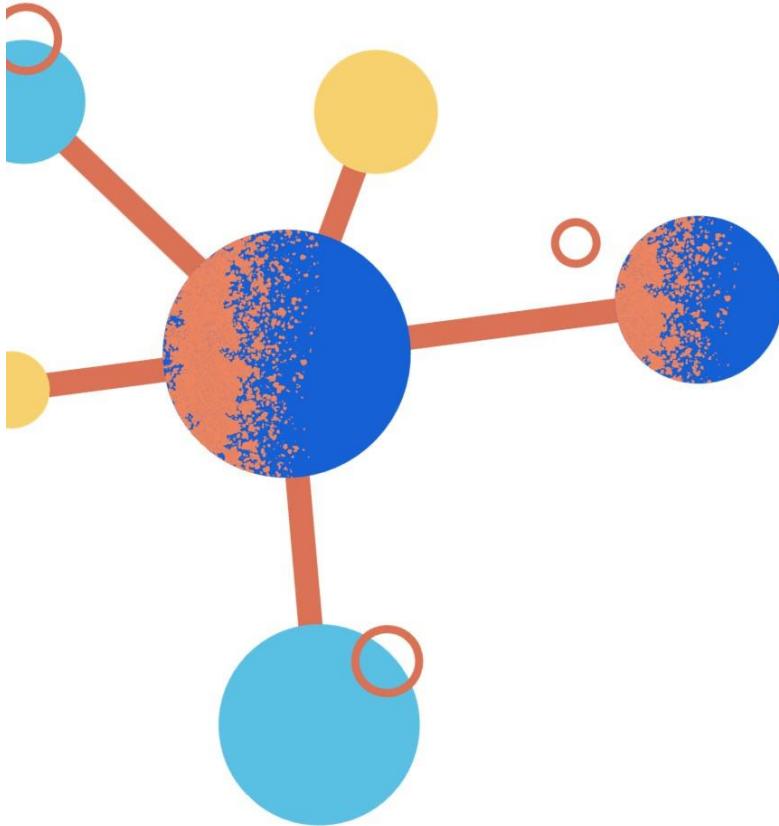
-
- Espacios de resolución de dudas
-

Nota: Elaboración propia.

Figura 13.

Representación visual del EVA





Contenidos.

- 1. Introducción a la biología molecular**
- 2. ¿Que son los ácidos nucleótidos? ADN Y ARN**
- 3. Estructura del ADN y ARN**
- 4. Tabla Comparativa ADN vs ARN**
- 5. Replicación del ADN**
- 6. Proceso de síntesis de ARN mensajero, actores y etapas**
- 7. Síntesis de proteínas - Ribosomas, ARNt, codón y anticodón**
- 8. ¿Curación o diseño? El dilema ético de editar nuestros genes**
- 9. Debate**

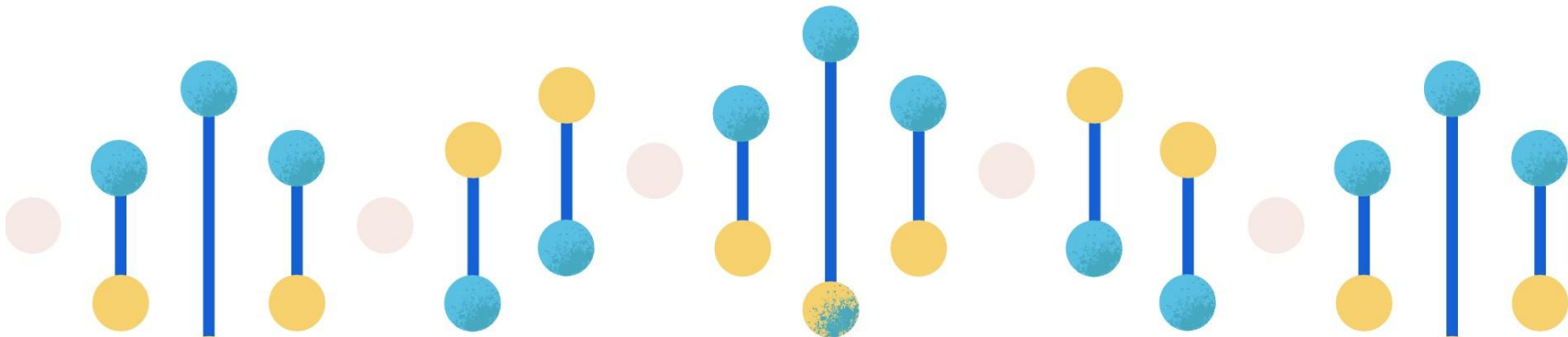
Introducción a la Biología Molecular

¿Sabías que en este momento hay una batalla microscópica en tus células?








En este preciso segundo, mientras te sientas en tu silla, hay una 'máquina molecular' dentro de ti que está...

Copiando tu manual de instrucciones, leyendo ese manual, construyendo proteínas basándose en lo que lee, algunas proteínas te están defendiendo de virus y otras están reparando tus células dañadas

⚠ Todo esto ocurre AHORA SIN QUE TÚ LO SEPAS

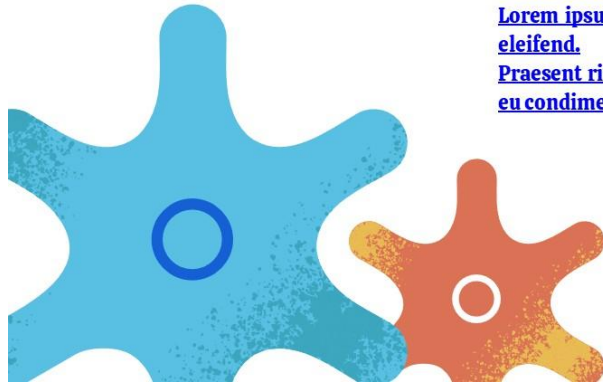


EXPERIMENTO: EXTRACCIÓN DE ADN CASERA

-  **Materiales**
 -  **Fresa o tomate**
 -  **Detergente de platos (1 cucharada)**
 -  **Agua**
 -  **Alcohol (puede ser medicinal)**
 -  **Vaso transparente**
-  **Cuchara**

Procedimiento paso a paso:

- **Machaca la fresa en el vaso**
- **Añade una cucharada de detergente + 2 de agua**
- **Vierte alcohol lentamente**
 ✦ ¡ESA NUBE BLANCA ES ADN REAL! ✦



[Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut a enim nec nisl ullamcorper eleifend.](#)
[Praesent risus leo, fringilla et nulla at, egestas euismod orci. Suspendisse porttitor diam eu condimentum aliquam.](#)



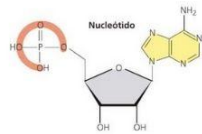


¡Práctica lo aprendido!



Actividad 1

Observa el nucleótido e indica cuáles son sus componentes.



El ácido ortofosfórico, una molécula de ribosa y como base nitrogenada, la guanina.

✓ El ácido ortofosfórico, una molécula de ribosa y como base nitrogenada, la adenina.

Actividad 2

¿Cuántos nucleótidos diferentes se pueden formar?

Se podrían formar nucleótidos.

Ocultar

Quedan intentos

nitrogenadas forman parte de las moléculas de ARN?

man parte la adenina, la guanina, la citosina y la timina.

man parte la adenina, la guanina, la citosina y el uracilo.

man parte la timina, la guanina, la citosina y el uracilo.

Actividad 4

Analiza estas dos secuencias de bases nitrogenadas de dos polinucleótidos ácido nucleico pertenece cada una:

a) AAGTCCAGTACC

ADN porque presenta timina.

ARN porque tiene timinas.

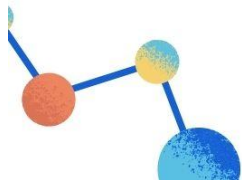
ADN porque tiene adeninas.

b) AUUGCACCCAGG

ARN porque tiene adeninas.

ADN porque tiene uracilos.

ARN porque tiene uracilos.



Actividad 5

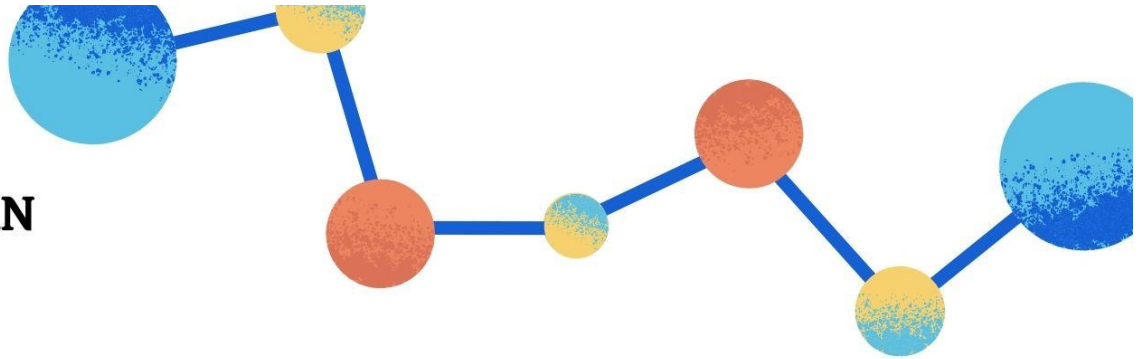
¿Recuerdas qué teoría se ha apoyado en la existencia de ADN en la cloroplastos?

La teoría endosimbionte.

La teoría celular.

La teoría de la selección natural.

Estructura del ADN y ARN



01

OBJETIVO

- Conocer la estructura del ADN (doble hélice)
- Conocer la estructura del ARN (cadena simple)
- Comparar diferencias entre ambos

• Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut a enim nec nisl ullamcorper eleifend. Praesent risus leo, fringilla et ipsum.



02

MIRA ESTOS VIDEOS

- Estructura molecular del ADN
- Estructura molecular del ARN

03

ANOTA EN TU CIADERNO

- Partes de un nucleótido
- Bases del ADN y ARN
- ¿Por qué ADN es doble y ARN es simple?





• Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut a enim nec nisl ullamcorper eleifend. Praesent risus leo, fringilla et ipsum.



Evaluación módulo 1

¡Es momento de demostrar lo que aprendiste!

Consejos finales:

-  **Lee bien cada pregunta**
-  **Piensa antes de responder**
-  **Confía en lo que aprendiste**
-  **Tómate tu tiempo**

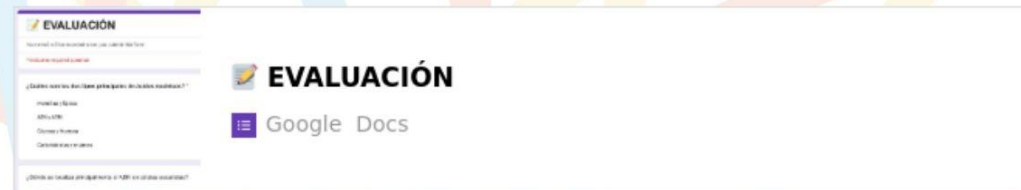


Tabla Comparativa ADN vs ARN

Realiza: Completa todas las celdas vacías

Características a comparar:

- Número de cadenas
- Azúcar
- Bases nitrogenadas
- Localización
- Función principal
- Tipos



ACTIVIDAD EN CLASE Tabla comparativa básica luisa martinez

Instrucciones:

Completa la siguiente tabla comparativa entre ADN y ARN basándote en los videos y lecturas:

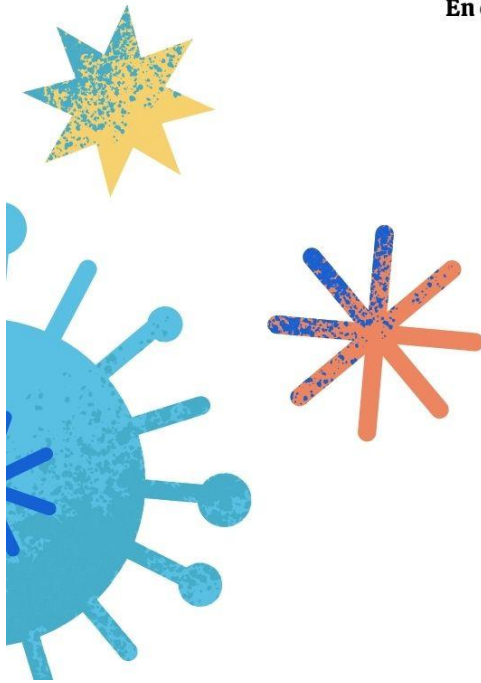
Característica	ADN	ARN
Significado del nombre	ácido desoxirribonucleico	ácido ribonucleico
Localización principal	núcleo celular	citoplasma
Número de cadenas	2	1
Función principal	contener la información genética	dirige la síntesis de proteína

Actividad interactiva

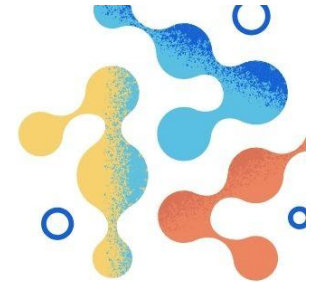
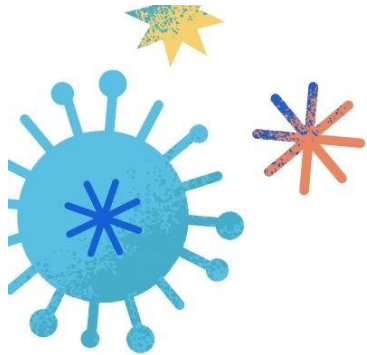
El Laboratorio Molecular te espera 🧪🔬

Imagina que y puedes jugar con ellos como si fueran piezas de LEGO.
 Conecta Carbono con Oxígeno. Agrega Hidrógeno. De repente... 🧊
 No es magia. Es ciencia que puedes tocar.

En el simulador PhET, puedes construir moléculas. Explora en el enlace adjunto.



The screenshot displays the PhET 'Build a Molecule' simulation. The central workspace shows two molecular models: 'carbon monoxide' (CO) and 'molecular nitrogen' (N₂). Below the workspace is a tray containing three pieces: 'Carbon', 'Oxygen', and 'Nitrogen'. On the right side, a panel titled 'Your Molecules' lists several molecules with their corresponding ball-and-stick models: H₂O (water), O₂ (molecular oxygen), H₂ (molecular hydrogen), CO₂ (carbon dioxide), and N₂ (molecular nitrogen). The bottom of the interface features a navigation bar with icons for 'Build a Molecule', 'Single', 'Multiple', and 'Playground', along with the PhET logo and the URL 'colorado.edu'.



Replicación del ADN

MIRA ESTOS VIDEOS

- ¿Cómo ocurre el proceso de replicación del ADN? - YouTube
- Replicación semiconservadora - Khan Academy
- Cadenas líder y rezagada en la replicación del ADN - Khan Academy

LECTURA COMPLEMENTARIA

- <https://es.khanacademy.org/science/4-secundaria-cyt/x62b6e7ecb2cc51e2:sintesis-de-proteinas/x62b6e7ecb2cc51e2:estructura-y-replicacion-de-adn/a/hs-dna-structure-and-replication-review?authuser=0>

OBJETIVO

- Entender cómo se copia el ADN
- Conocer las enzimas clave
- Aprender el proceso paso a paso

APUNTA EN TU CUADRENO

- ¿Qué es replicación semiconservativa?
- ¿Cuáles son las enzimas principales?
- ¿Qué diferencia hay entre cadena líder y rezagada?
- ¿Qué son fragmentos de Okazaki?

EVALUACIÓN



A Andres Felipe Escobar Artunduaga 20 nov

1. Si pudieras elegir, ¿editarías tus propios genes? ¿Por qué sí o no?

Si editaría mis genes si fuera para prevenir o curar una enfermedad genética grave, como una predisposición hereditaria a cáncer, una distrofia muscular o una enfermedad metabólica.

No lo haría para mejorar rasgos como inteligencia, fuerza, estatura o apariencia, porque ahí entran problemas éticos fuertes: desigualdad, presión social, pérdida de diversidad genética y consecuencias desconocidas.

[← Responder](#)

A Angela ximena Ducuara escue 18 nov

No, por cuatro razones:

Poco beneficio: El VIH se puede prevenir sin editar genes.

Sin consentimiento real: Las niñas no podían decidir y el cambio es irreversible.

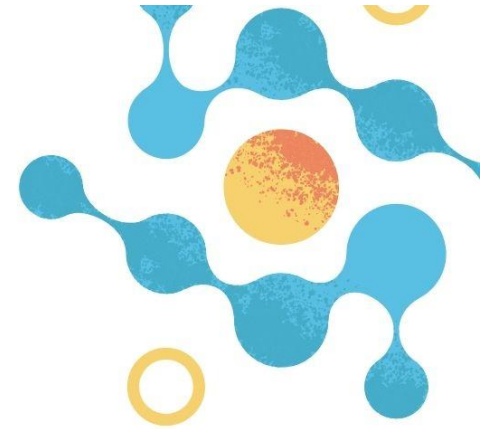
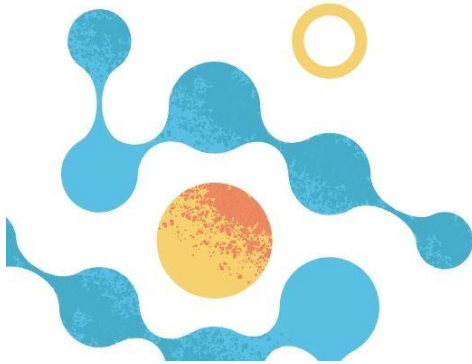
Riesgos para futuras generaciones: No se conocían los efectos.

Había alternativas seguras: No era necesario modificar su ADN.

Reflexión

¿Editar genes propios? Solo para curar enfermedades graves y con tecnología segura.

¿Élite genética? Sí, si solo los ricos pueden pagar, aumentaría la desigualdad.



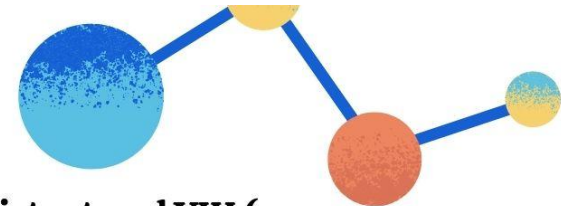
Danna Marin 19 nov

En mi opinión, la edición realizada por He Jiankui fue éticamente incorrecta. Aunque la intención de prevenir el VIH es comprensible, la intervención presentó riesgos desconocidos y cambiaba el genoma de forma heredable, afectando a generaciones futuras sin su consentimiento. Además existían métodos seguros para prevenir la transmisión del VIH, por lo que no era necesario asumir riesgos experimentales. La decisión demanda evidencia científica sólida, supervisión ética y consenso social, cosas que faltaron en este caso.

[← Responder](#)

David Díaz Camelo 18 nov

Si pudiera editar mis genes, solo lo haría para evitar una enfermedad grave. Me daría miedo cambiar algo sin saber qué efectos podría tener después y si solo los ricos pueden pagar esto, si se formaría una "élite genética", lo cual sería muy injusto. Esta tecnología debería usarse con responsabilidad y ser accesible para todos, no solo para unos pocos.



✦ ANALIZA

En el caso de He Jiankui, las gemelas fueron editadas para ser resistentes al VIH (no para curar una enfermedad que ya tenían, sino para PREVENIR una posible infección futura). ¿Fue esto ético? Argumenta tu respuesta considerando:

El beneficio: ¿Valía la pena el riesgo para prevenir algo que PODRÍA no ocurrir?

El consentimiento: Las niñas no podían decidir. ¿Es justo que los padres tomen esta decisión por ellas?

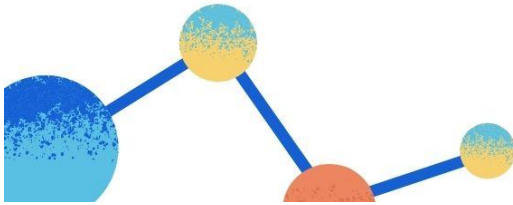
Las consecuencias: Si la edición tiene efectos secundarios, afectará a sus futuros hijos. ¿Tenía derecho He Jiankui a tomar esa decisión?

Las alternativas: Existían otras formas de prevenir el VIH (precauciones). ¿Era necesario editar sus genes?

🔵 PREGUNTAS ADICIONALES PARA REFLEXIONAR

Profundiza, piensa en: Si pudieras elegir, ¿editarías tus propios genes? ¿Por qué sí o no? Si solo los ricos pueden pagar esta tecnología, ¿crearía una "élite genética"?

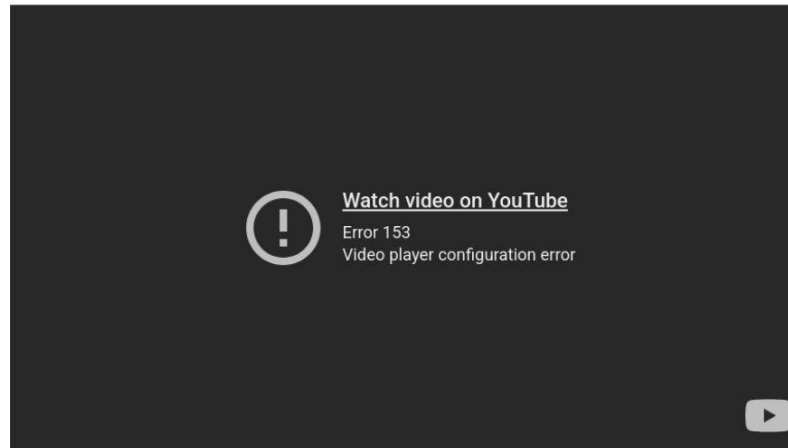
✦ Recuerda: No hay una única respuesta correcta en bioética. Lo importante es pensar críticamente, argumentar bien y respetar otras perspectivas.



¿Curación o diseño? El dilema ético de editar nuestros genes

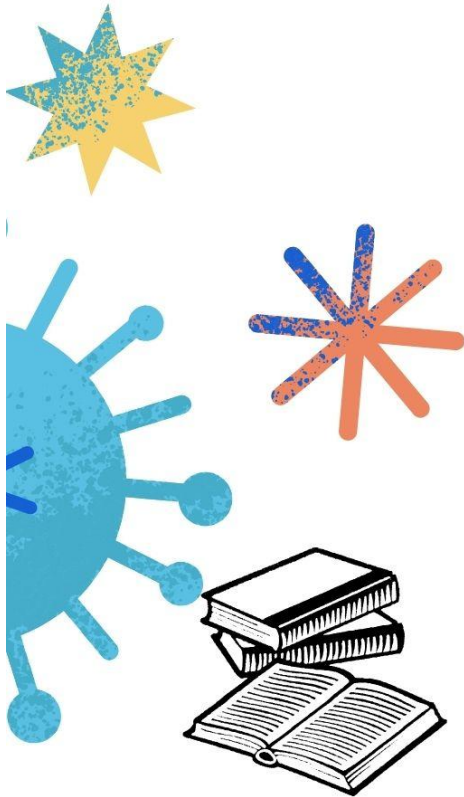
Ahora que ya conoces cómo funcionan los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y cómo se almacena la información genética en nuestras células, es momento de explorar una de las preguntas más importantes y controvertidas de la biología moderna.

Observa el video compartido sobre Edición Genética.



ACTIVIDAD EN CLASE: Diagrama de proceso

- Crea una tabla de 5 codones con sus aminoácidos correspondientes
- Usa la tabla de código genético proporcionada
- Un fragmento de ARNm con 6 codones
- 3 ARNt con sus anticodones
- Un ribosoma en posición sobre el ARNm
- Etiqueta todos los componentes
- ¿Qué pasaría si se cambiara un codón?
- ¿Cuál sería la consecuencia para la proteína?



LECTURAS COMPLEMENTARIAS

https://docs.google.com/document/d/1qEQmRA_OgkaoPJxFlWixPFnZb1npYE0NqrT4-amSbNc/edit?usp=classroom_web&authuser=0



<https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/translation/a/translation-overview?authuser=0>



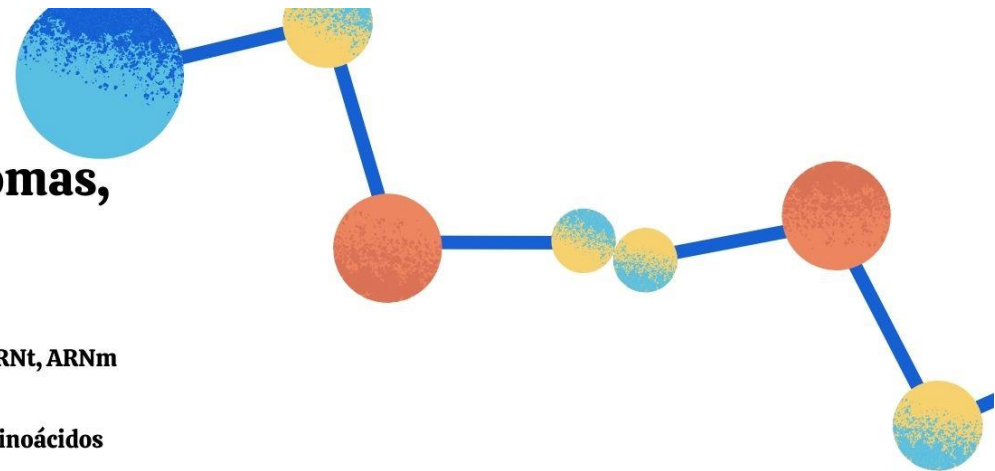
Síntesis de proteínas - Ribosomas, ARNt, codón y anticodón

- Entender qué es la traducción y su importancia
- Identificar los actores principales: ribosomas, ARNt, ARNm
- Comprender el código genético y los codones
- Explicar cómo el ARNt reconoce y transporta aminoácidos
- Entender la estructura del ribosoma y sus sitios

<https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/translation/a/the-genetic-code-discovery-and-properties?authuser=0>



<https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/translation-polypeptides/a/the-stages-of-translation?authuser=0>



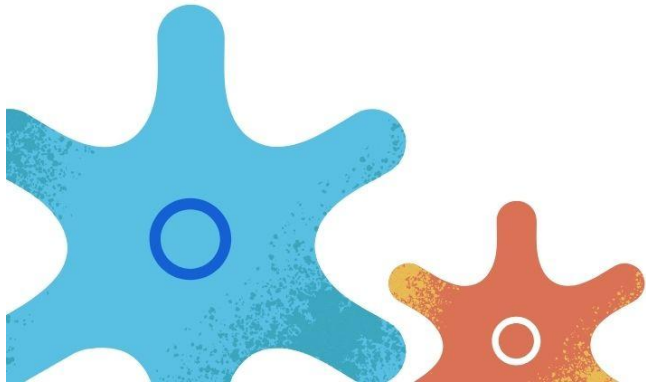
<https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/translation-polypeptides/a/the-stages-of-translation?authuser=0>



ACTIVIDAD EN CLASE: Completa el diagrama

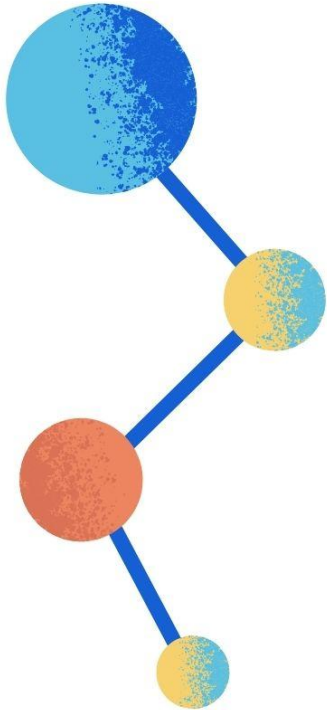
**Dibuja y etiqueta las tres etapas de transcripción: Unión de ARN polimerasa al promotor
Síntesis de ARN complementario Liberación de ARN mensajero**

- Promotor y terminador
- ARN polimerasa
- Cadena molde y cadena no molde
- Dirección de síntesis ($5' \rightarrow 3'$)
- ARN mensajero formado



Refuerza tus conocimientos

Por medio del siguiente enlace encontraras un test sobre LA
TRASCIPCIÓN DEL ADN



Juego de Trivia: Transcripción del ADN PUNTOS 0

Pregunta: 1 / 10

¿Qué es un promotor?

A Un tipo de intrón.

B Una proteína que regula la transcripción.

C Una secuencia de ADN que inicia la transcripción.

D Una secuencia de ARN.

00:02

Proceso de síntesis de ARN mensajero, actores y etapas

Al finalizar esta clase, los estudiantes serán capaces de:

- Entender qué es la transcripción y por qué es importante
- Identificar la ARN polimerasa como enzima clave
- Comprender las etapas: iniciación, elongación y terminación
- Reconocer los elementos reguladores (promotor, terminador)
- Explicar la diferencia entre procariotas y eucariotas en transcripción

<https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/transcription-of-dna-into-rna/a/stages-of-transcription?authuser=0>

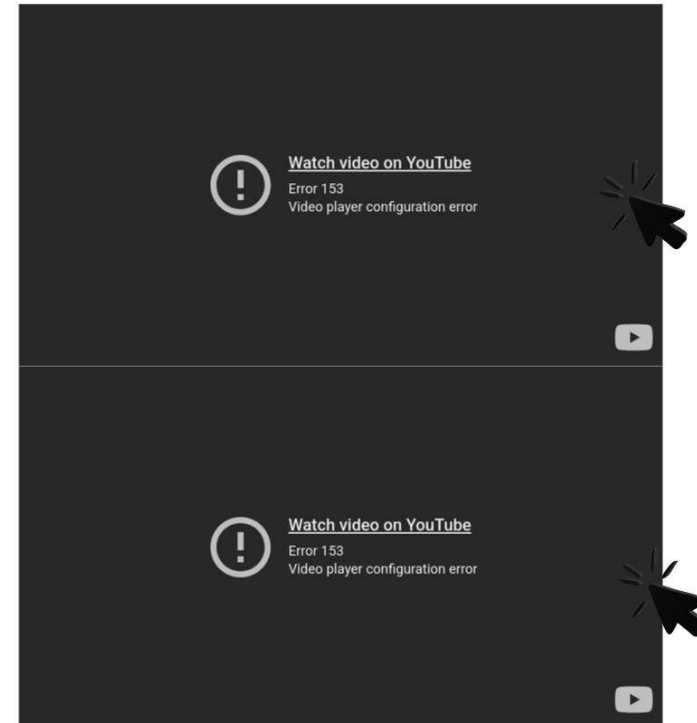
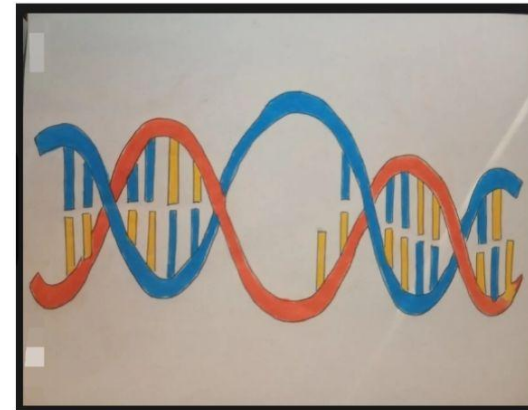
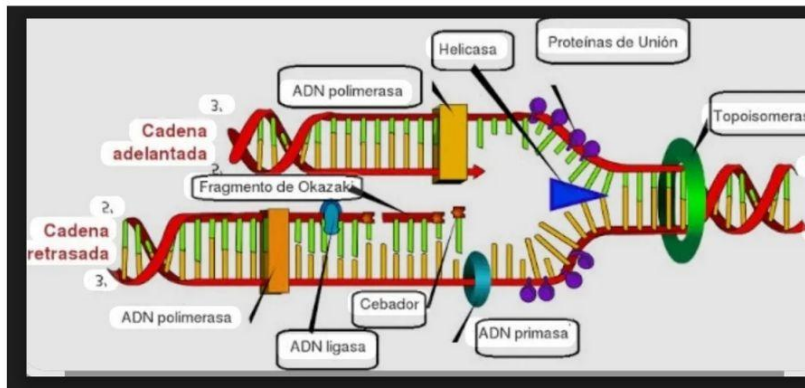
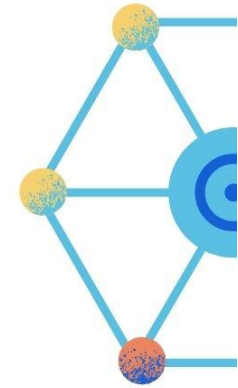
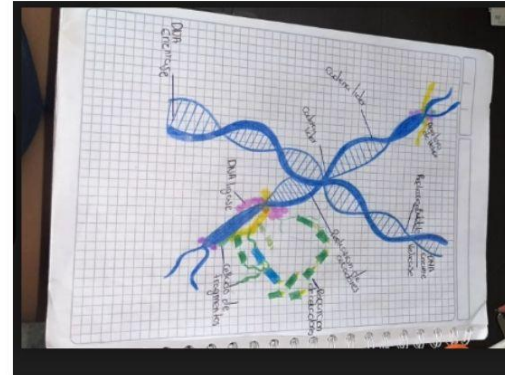


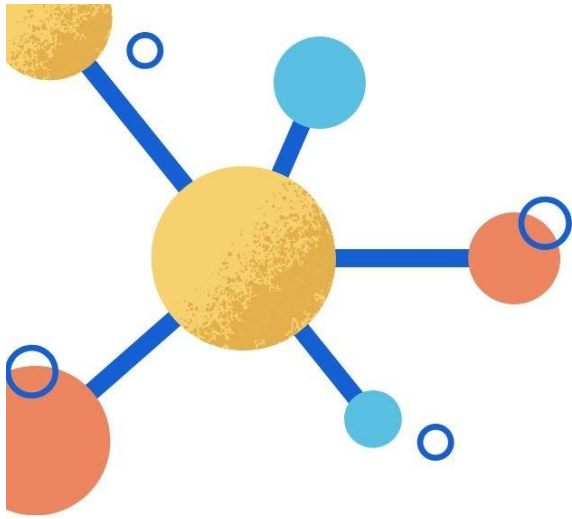
Grafico de la replicación de ADN

DIBUJA Y ETIQUETA LOS 5 PASOS

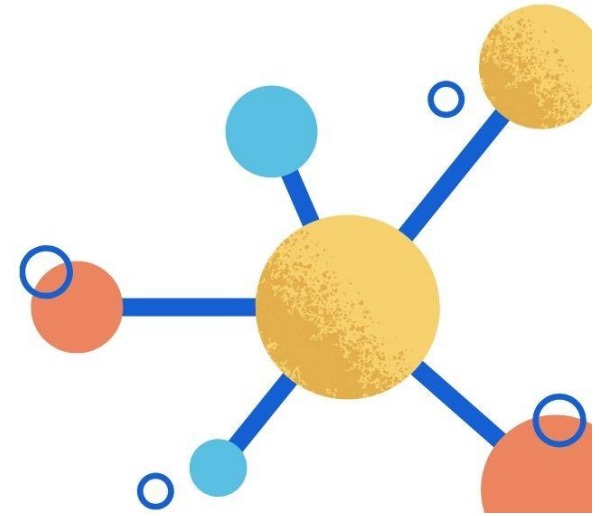
- Apertura de la hélice
- Cadena líder
- Cadena rezagada
- Reparación de cebadores
- Sellado de fragmentos

📌 Sube: Foto/archivo en Google Classroom





Gracias



4.3. Valoración / evaluación / validación de la propuesta de transformación.

La propuesta de transformación pedagógica basada en la implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje fue objeto de un proceso sistemático de valoración y validación, orientado a analizar su pertinencia, coherencia interna y potencial formativo en relación con las necesidades identificadas durante la fase diagnóstica del estudio. Este proceso se desarrolló posterior al diseño del EVA y de manera complementaria a su implementación, con el propósito de contrastar la propuesta con los objetivos planteados y con las condiciones reales del contexto educativo en el que se desarrolló, atendiendo a las particularidades institucionales y a las dinámicas propias del grado noveno.

La valoración de la propuesta se apoyó en criterios pedagógicos previamente definidos, orientados a examinar la coherencia entre los objetivos de la propuesta, la estructura del Entorno Virtual de Aprendizaje y los componentes operativos que la conforman, tales como las fases, las actividades y las mediaciones didácticas. En particular, se analizó la correspondencia entre los contenidos seleccionados, las actividades diseñadas, los recursos digitales incorporados y los propósitos de aprendizaje definidos para la enseñanza de la Biología Molecular, en función de superar las dificultades conceptuales y metodológicas evidenciadas en el diagnóstico inicial.

De manera complementaria, se desarrolló un proceso de validación formal mediante la aplicación de un formato específico de validación, consignado en los anexos del presente trabajo. Dicho instrumento permitió recoger apreciaciones sistemáticas sobre la claridad y coherencia de los objetivos, la organización de la secuencia pedagógica, la adecuación de los recursos digitales empleados, la pertinencia de las actividades propuestas y la viabilidad de su implementación en el contexto institucional, constituyéndose en un insumo para valorar la consistencia interna del diseño del EVA.

Los resultados de este proceso de validación evidenciaron una valoración positiva de la propuesta en términos generales, destacándose su carácter estructurado, su orientación hacia el aprendizaje

activo y su potencial para favorecer la comprensión progresiva de contenidos complejos de Biología Molecular. Asimismo, el ejercicio permitió reconocer la importancia de mantener un diseño flexible y adaptable, capaz de ajustarse a las particularidades de los estudiantes y a las condiciones cambiantes del entorno escolar, especialmente en lo relacionado con el acceso a recursos tecnológicos y la conectividad.

Desde una perspectiva evaluativa integral, la propuesta fue analizada también a la luz de los resultados obtenidos durante su implementación, considerando tanto los cambios observados en el desempeño académico de los estudiantes como las transformaciones en las dinámicas de aula y en las prácticas docentes. Este análisis permitió valorar la propuesta no solo como un recurso digital apoyado en herramientas como Google Classroom, simuladores y actividades interactivas, sino como una mediación pedagógica que incidió en la forma de enseñar y aprender Biología Molecular, favoreciendo procesos de reflexión, participación y apropiación conceptual.

En síntesis, la valoración, evaluación y validación de la propuesta de transformación permiten afirmar que el Entorno Virtual de Aprendizaje diseñado cumple con criterios de pertinencia, validez, factibilidad y aplicabilidad, al responder a necesidades reales del contexto educativo y ofrecer una estructura susceptible de ser implementada y adaptada en escenarios similares. Asimismo, la propuesta presenta un carácter generalizable y aporta elementos de novedad al integrar de manera sistemática recursos digitales y mediaciones pedagógicas para la enseñanza de contenidos abstractos. De este modo, se evidencia un cambio en el estado inicial del problema, reflejado en la resignificación de las prácticas pedagógicas y en el fortalecimiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular en la muestra seleccionada, sin que ello implique el cierre del proceso, sino una proyección hacia la mejora continua.

CONCLUSIONES

Para el desarrollo de las conclusiones del estudio, fue necesario acogerlas desde los objetivos proyectados inicialmente. En ese caso, su narrativa inicia con los objetivos específicos para cerrar con el general. Es necesario precisar que los hallazgos son consecuentes y sólidos en función del paradigma y el diseño metodológico toda vez que su naturaleza cíclica antepone la transformación de la realidad observada como el requisito para concretar la construcción de conocimiento desde contextos tan singulares como el expuesto. A continuación, se exponen entonces, los detalles de cada objetivo desde su logro.

Objetivo específico 1:

El análisis de las fuentes teóricas y referenciales permitió establecer que el Entorno Virtual de Aprendizaje constituye una mediación didáctica pertinente para la enseñanza de la Biología Molecular, en la medida en que las Tecnologías de la Información y la Comunicación no operan como recursos aislados, sino como un entramado sociotécnico que reconfigura las formas de acceso y construcción del conocimiento escolar. De hecho, la literatura revisada coincide en que los EVA, cuando integran componentes comunicativos, evaluativos y colaborativos, posibilitan la organización intencional de secuencias didácticas orientadas a favorecer aprendizajes activos y comprensivos superando enfoques centrados en la memorización de contenidos.

De igual forma, los referentes de la didáctica de las Ciencias Naturales evidencian que la enseñanza de la Biología Molecular demanda mediaciones específicas que permitan traducir modelos científicos abstractos a representaciones accesibles para los estudiantes. La alta complejidad conceptual y el carácter no observable de procesos como la replicación del ADN, la transcripción y la traducción justifican el uso de simuladores, visualizaciones y laboratorios virtuales como apoyos pedagógicos que facilitan el tránsito entre distintos niveles de representación y favorecen la comprensión integrada de los fenómenos biológicos.

Complementariamente, estos fundamentos se articulan con el modelo pedagógico institucional de la Institución Educativa Juan Bautista La Salle sustentado en el constructivismo social, el cual

concibe el aprendizaje como un proceso colectivo mediado por la interacción, el acompañamiento docente y el uso de herramientas culturales. Asimismo, se suma el respaldo del marco legal y normativo, tanto nacional como internacional, que legitima la incorporación de recursos tecnológicos y entornos virtuales como parte del sistema educativo orientados a garantizar una educación de calidad, inclusiva y pertinente.

Objetivo específico 2:

La caracterización del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular permitió evidenciar un escenario inicial marcado por bajos niveles de desempeño académico y debilidades conceptuales generalizadas entre los estudiantes de grado noveno. Los resultados del diagnóstico mostraron que una proporción mayoritaria del grupo no alcanzaba el nivel mínimo de aprobación, lo que reflejó dificultades significativas en la comprensión de conceptos fundamentales como la estructura y función del ADN, la expresión génica y la replicación celular. Estas falencias se acentuaron especialmente en aquellas situaciones que exigían interpretar modelos moleculares o explicar procesos no observables directamente, confirmando las limitaciones de abstracción propias de este campo del conocimiento.

De manera paralela, el análisis de las prácticas pedagógicas docentes puso en evidencia un predominio de enfoques tradicionales, centrados en la exposición oral y el uso del texto guía como principal recurso didáctico. La ausencia de laboratorios especializados y la limitada disponibilidad de materiales experimentales condujeron al uso recurrente de representaciones estáticas —dibujos en el tablero, láminas o carteleras— que, si bien cumplían una función explicativa básica, resultaban insuficientes para favorecer una comprensión profunda de los procesos moleculares. Aunque se reconoció interés por parte de los docentes en incorporar tecnologías digitales, su uso se mantenía de forma incipiente y sin una integración sistemática en la enseñanza de contenidos complejos.

Asimismo, tanto estudiantes como docentes compartían la percepción de la Biología Molecular como un área densa y altamente abstracta, lo cual incidía directamente en las estrategias de aprendizaje empleadas. Esta concepción tendía a reforzar prácticas centradas en la memorización de términos y secuencias, en detrimento de la comprensión funcional, el razonamiento científico y la aplicación del conocimiento a situaciones contextualizadas.

Objetivo específico 3:

El diseño de la propuesta se concretó en la construcción de un Entorno Virtual de Aprendizaje concebido como una mediación didáctica orientada a transformar la enseñanza tradicional de la Biología Molecular en el grado noveno. Este proceso se abordó como una experiencia reflexiva y colaborativa en la que participaron el docente-investigador y docentes del área de Ciencias Naturales lo que permitió asegurar la coherencia entre la propuesta, las necesidades identificadas en el diagnóstico y las dinámicas reales del contexto institucional.

Consecuentemente, la selección de Google Classroom como plataforma tecnológica respondió tanto a criterios de accesibilidad como a su uso previo por parte de docentes y estudiantes, lo que facilitó la apropiación del entorno y la viabilidad de la propuesta. Desde el punto de vista pedagógico, el diseño se sustentó en los principios del constructivismo social, entendiendo el aprendizaje como un proceso mediado, interactivo y colectivo, en el que el docente asume el rol de orientador y diseñador de experiencias, mientras el estudiante participa activamente en la construcción del conocimiento científico. A partir de lo anterior, el diseño del EVA integró de manera intencional recursos digitales especializados, tales como simuladores interactivos, animaciones tridimensionales, videos explicativos y espacios de comunicación asincrónica.

De forma transversal se incorporaron momentos de evaluación formativa y retroalimentación, con el propósito de que los estudiantes identificaran avances y dificultades a medida que desarrollaban las tareas. La implementación se organizó por fases, incluyendo un periodo inicial de familiarización con la plataforma, el desarrollo progresivo de actividades y un cierre con valoración reflexiva. Además, el diseño se asumió como flexible: se realizaron ajustes durante el proceso a partir de la retroalimentación recogida y de las evidencias disponibles en cada módulo. En conjunto, se configuró un EVA pertinente para el grado noveno, contextualizado y alineado con el propósito de atender las dificultades detectadas.

Objetivo específico 4:

La fase de seguimiento permitió identificar cambios en el aprendizaje estudiantil y, de manera paralela, transformaciones en la reflexión pedagógica docente. En el componente cuantitativo, al comparar el pretest con el posttest se registró un aumento del porcentaje de aprobación del 34 % al

66 %, lo cual indica una mejora global del desempeño del grupo. De igual forma, en varias preguntas se observaron incrementos relevantes en la proporción de respuestas correctas, con variaciones aproximadas entre 20 y 30 puntos porcentuales, lo que sugiere un avance en contenidos que inicialmente presentaban mayores dificultades.

Desde el componente cualitativo, durante la implementación se observaron señales de mayor participación e implicación del estudiantado en las actividades: se incrementó el interés por resolver tareas, se evidenciaron intercambios entre pares en espacios de discusión y, en algunos momentos, los estudiantes lograron trasladar conceptos a situaciones nuevas. Un ejemplo representativo fue una discusión grupal sobre un dilema asociado a la edición genética, en la que se identificaron intentos por sustentar posturas con argumentos de base científica. Este tipo de evidencias sugiere que la intervención no solo impactó el desempeño evaluado, sino también ciertas dinámicas de participación y argumentación.

En paralelo, los docentes reportaron un proceso de aprendizaje profesional asociado al seguimiento del EVA. A partir de reuniones, grupos focales y registros en diario de campo, señalaron que la reflexión colectiva facilitó la identificación de aciertos y aspectos por ajustar, al comparar prácticas previas con las estrategias introducidas. Además, se evidenció un fortalecimiento en el uso pedagógico de herramientas digitales y una mayor disposición a diseñar actividades centradas en la participación estudiantil. En conjunto, el seguimiento mostró un impacto doble: avances en el aprendizaje estudiantil y ajustes en la práctica docente en dirección a propuestas más interactivas y mediadas tecnológicamente.

En coherencia con lo anterior, la propuesta pedagógica basada en el EVA se relaciona con transformaciones observables en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular en la Institución Educativa Juan Bautista La Salle. Los resultados cuantitativos muestran una mejora en el desempeño entre el momento diagnóstico y el momento final, mientras que los hallazgos cualitativos aportan evidencias sobre cambios en la participación, el interés y la forma de aproximarse a contenidos abstractos. En el plano docente, el proceso favoreció reflexión sobre la práctica e incorporación de estrategias más activas y mediadas por tecnología.

RECOMENDACIONES

Desde el punto de vista metodológico

Desde el plano metodológico, los resultados del estudio respaldan la pertinencia de continuar empleando enfoques de investigación que articulen métodos cuantitativos y cualitativos. La complementariedad entre ambos permitió no solo identificar variaciones en el desempeño académico, sino también comprender las dinámicas pedagógicas y formativas que explican dichos cambios. La aplicación de instrumentos en distintos momentos del proceso investigativo se constituyó en una fortaleza, al ofrecer una visión longitudinal del aprendizaje; en este sentido, futuras investigaciones podrían ampliar el periodo de seguimiento para analizar la estabilidad y sostenibilidad de los avances alcanzados en el mediano y largo plazo.

De igual manera, se considera necesario profundizar en los procesos de validación de los instrumentos de evaluación, en especial aquellos orientados a medir aprendizajes complejos y abstractos propios de la Biología Molecular. La incorporación de pruebas piloto, análisis de confiabilidad o ajustes iterativos de los ítems podría fortalecer la robustez metodológica de estudios posteriores. Asimismo, la replicación de la experiencia en otros cursos o instituciones con características contextuales similares permitiría contrastar resultados, enriquecer el diseño metodológico y aumentar la transferibilidad de la propuesta.

En conclusión, se recomienda continuar explorando el enfoque de investigación–acción como una estrategia pertinente para la mejora continua de las prácticas pedagógicas. La implementación de ciclos sucesivos de planeación, acción, observación y reflexión favorece ajustes progresivos en las propuestas educativas y permite que los hallazgos investigativos se traduzcan en transformaciones reales y contextualizadas en el aula.

Desde el punto de vista académico

Desde una perspectiva académica, los hallazgos del estudio evidencian la necesidad de fortalecer la enseñanza de la Biología Molecular en la educación básica secundaria mediante secuencias

pedagógicas coherentes con la complejidad conceptual del área y con el nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes. Los resultados sugieren que el abordaje gradual de los contenidos, priorizando la comprensión conceptual antes de avanzar hacia niveles más abstractos, resulta clave para favorecer aprendizajes significativos y duraderos.

En este sentido, se considera pertinente promover espacios sistemáticos de formación y actualización docente en el área de las ciencias naturales, orientados no solo al fortalecimiento del dominio conceptual, sino también al diseño de estrategias didácticas innovadoras y contextualizadas. Este tipo de espacios puede contribuir a disminuir la distancia entre las orientaciones curriculares oficiales y las prácticas efectivas que se desarrollan en el aula, favoreciendo una enseñanza más coherente y reflexiva.

Asimismo, se recomienda articular de manera más explícita los procesos de evaluación con los objetivos de aprendizaje, de modo que las evaluaciones diagnósticas y finales trasciendan una función meramente certificadora y se consoliden como herramientas formativas. Una evaluación concebida desde esta perspectiva puede orientar la toma de decisiones pedagógicas, facilitar el acompañamiento académico y apoyar el desarrollo progresivo de competencias científicas en los estudiantes.

Recomendaciones prácticas

Desde un enfoque práctico, se sugiere avanzar hacia la institucionalización del uso de entornos digitales como apoyo permanente a la enseñanza de la Biología Molecular, asegurando que su implementación responda a una planificación pedagógica clara, cuente con recursos adecuados y disponga de acompañamiento docente continuo. En este proceso, resulta fundamental que las instituciones educativas gestionen condiciones mínimas de acceso a dispositivos y conectividad, especialmente en contextos donde estas limitaciones afectan la continuidad del aprendizaje.

Se recomienda, además, diseñar actividades que integren trabajo individual y colaborativo, promoviendo la participación activa de los estudiantes y el intercambio de ideas. La incorporación de recursos visuales, simulaciones y materiales interactivos puede facilitar la comprensión de procesos complejos y favorecer una aproximación más dinámica a los contenidos moleculares. De igual forma, es pertinente establecer espacios sistemáticos de retroalimentación,

tanto presenciales como virtuales, que permitan a los estudiantes reconocer sus avances, identificar dificultades y ajustar sus estrategias de aprendizaje.

Finalmente, se considera valioso documentar y sistematizar las experiencias pedagógicas desarrolladas, con el propósito de socializar buenas prácticas entre los docentes del área de ciencias naturales. Esta sistematización puede contribuir a la construcción colectiva de estrategias didácticas y al fortalecimiento de comunidades de práctica orientadas a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la educación básica secundaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Ademola, R. (2021). The Impact of Virtual Learning Environments on Student Achievement. *Journal of Education Review Provision*, 1(3), 110–121.
<https://doi.org/10.55885/jerp.v1i3.195>
- Afanador, C. H., y Pineda, A. C. (2016). Evaluación del OVA “concepto de célula y reproducción celular”. *Horizontes Pedagógicos*, 18(1), 8-25.
<https://revistas.iberu.edu.co/index.php/rhpedagogicos/article/view/18101>
- Aguilar Vargas, N., y Otuyemi, A. (2020). *Entornos virtuales de aprendizaje y logros académicos en estudiantes de educación secundaria*. *International Journal of Educational Technology and Learning*, 8(2), 87–96.
<https://doi.org/10.20448/2003.82.87.96>
- Aguilar, M. (2012). Aprendizaje y Tecnologías de Información y Comunicación: Hacia nuevos escenarios educativos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 10 (2), 801- 811. <https://revistaumanizales.cinde.org.co/rlesnj/index.php/Revista-Latinoamericana/article/view/727/372>
- Alfaro-Rodríguez, M. y Aguirre-Chaves, M. (2012). La investigación como una oportunidad para valorar la práctica profesional docente. *Ensayos Pedagógicos*, VI (2), 85-94.
<http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ensayospedagogicos/article/view/5822/5690>
- Alvarez, M. O. (2016). El origen de la vida. La teoría celular y la organización de los seres vivos. *Publicaciones Didácticas*, vol. 72, no 1, p. 157-161. <https://core.ac.uk/reader/235859470>
- Area, M. (2012). *La alfabetización digital y el desarrollo de competencias digitales*. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 32, 1–14.

- Ariza Traslaviña, L. B. & Caicedo Pineda, V. (2018). *La herencia: de la cuestión de lo evidente al modelo para su comprensión* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional].
URI. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/9668>
- Arteaga, I., Meneses, E. y Luna, J. (2015) La estrategia didáctica: una competencia docente en la formación para el mundo laboral. *Revista de Estudios Educativos* 1(11),73-94
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Kluwer Academic.
- Benítez, J. (2018). Una comunidad de prácticas para resignificar la enseñanza de las Ciencias Naturales Inclusión de recursos TIC móviles. *In Memorias de las Jornadas Nacionales y Congreso Internacional en Enseñanza de la Biología Vol 1 No Extraordinario*.
<http://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/397>
- Botelho, T. da S. G., Jardim, M. I. de A., & Mano, A. de M. P. (2022). International panorama of blended learning in science education: A systematic review. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 17(2), 27–58.
<https://doi.org/10.54343/reiec.v17i2.350>
- Builes Sepúlveda, Y. B. (2023). *Contribuciones acerca de la enseñanza de los conceptos de la materia y sus transformaciones en un programa de Maestría entre el 2012 y 2020* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84791>
- Caicedo, C., Erazo, C., y Guerrero, M. (2024). Entornos virtuales gamificados y aprendizaje de ciencias naturales en educación básica. *Revista Boletín Redipe*, 13(1), 45–63.
<https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/2241>
- Carneiro, R. (2012). Las TIC y los nuevos paradigmas educativos: la transformación de la escuela en una sociedad que se transforma. En Carneiro, R., Toscano, J. y Díaz, T. *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo* (pp. 15-27). Madrid: OEI & Fundación Santillana

- Cartagena Condori, A. (2019). *Aplicación de simuladores virtuales sobre el comportamiento de átomos y moléculas, para mejorar el nivel de comprensión y sistematización de conocimientos, en alumnos del tercer grado de educación secundaria en el área de Ciencia, Tecnología y Ambiente de la Institución Educativa Almirante Miguel Grau Seminario de la provincia de Ilo. Año 2009* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/7775>
- Castaño, Q. A. (2017). *Unidad didáctica para fortalecer la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales mediada por las TIC a través del aprendizaje significativo* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/64208>
- Cavadía, C., Payares, F., Herrera, K., Jaramillo, J., y Meza, L. (2019). Los entornos virtuales de aprendizaje como estrategias de mediación pedagógica. *Aglala*, 10(2), 212–220. <https://revistas.curn.edu.co/index.php/aglala/article/view/1392>
- Coll, C. y Monereo, C. (2010). *Educación y aprendizaje en la sociedad de la información*. Ediciones ICE – Universitat de Barcelona
- Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 115 de 1994. Ley General de Educación*. Diario Oficial No. 41.214. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Constitución Política de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. Corte Constitucional de Colombia. <https://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>
- Creswell, J. (2014). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* Fourth Edition. California: SAGE Publications
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). *CONPES 3988: Tecnologías para aprender*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3988.pdf>

- Díaz-Barriga, F. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 4(10), 3-21.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007287213719218>
- Díaz, F. [Resúmenes Entelekia]. (2016, Julio 20). Qué es un paradigma-Thomas Kuhn. [Archivo de vídeo]. <https://www.youtube.com/watch?v=dGW70habqX0>
- Eceiza, M. F. (2018). *Los contenidos actitudinales en la trama formativa de los residentes del Profesorado de Biología y su implementación en las prácticas áulicas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Litoral]. <http://hdl.handle.net/11185/1211>
- Edel, R. (2010). Entornos virtuales de aprendizaje: la contribución de "lo virtual" en la educación. *Revista mexicana de investigación educativa*, 15(44), 7-15.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v15n44/v15n44a2.pdf>
- Elliot, J. (2005). *La investigación acción en educación*. Morata.
- Errabo, D. D., & Ongoco, A. A. (2024). Effects of interactive-mobile learning modules in students' engagement and understanding in genetics. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 17(2), 327–351. <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2024-0023>
- Escalante-Barrios, E. L., y Herrón, M. (2020). Métodos mixtos en la investigación socioeducativa. En F. J. Pozo (Ed.), *Intervención educativa en contextos sociales* (pp. 133–149).
<https://repositorio.uninorte.edu.co/handle/10584/9802>
- Fernández, E. [Educación a distancia]. (2019, Abril 19). Video 04. ¿Qué es un paradigma? [Archivo de vídeo]. https://www.youtube.com/watch?v=xm4p_MyBkVM
- Fernández, M. y Johnson M. (2015). Investigación-acción en formación de profesores: Desarrollo histórico, supuestos epistemológicos y diversidad metodológica. *Psicoperspectivas*, 14(3), 93-105.

- Flores-Rivera, M. V. (2023). *Gestión de entorno virtual de aprendizaje y resultados académicos* [Tesis de maestría, Universidad Enrique Guzmán y Valle].
<https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/7802>
- Flórez Delgado, L. L. y Zapata Lizcano, M. A. (2020). *Evaluación del uso comprensivo, explicación e indagación de conceptos de biología celular asociados a herencia biológica a partir de una unidad didáctica basada en el Modelo de Enseñanza para la Comprensión* [Tesis de maestría, Universidad de la Amazonia].
<https://chaira.uniamazonia.edu.co/Files/Biblioteca/Tesis/1075235286X482.pdf>
- Flores, F. García, B. y Gallegos, L. (2021). *Representaciones y aprendizaje de las ciencias*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
<https://elibro.net/es/ereader/umecit/187445?>
- Forni, P., y De Grande, P. (2020). Triangulación y métodos mixtos. *Revista Mexicana de Sociología*, 82(1), 159–189.
<https://rms.colmex.mx/index.php/rms/article/view/1452>
- Galván, L. (2020). Educación rural en América Latina: escenarios, tendencias y horizontes de investigación. *Márgenes: revista de Educación de la Universidad de Málaga*, 1 (2), pp. 48-69.
- García, V., García, E., Zambrano, M.E. y López, C. (2020). Criterios de calidad para entornos virtuales de aprendizaje. Una revisión documental. *Suplemento CICA Multidisciplinario*, 4(09), 90-103.
- González Campos, D., Olarte Dussán, F., y Corredor Aristizabal, J. (2017). La alfabetización tecnológica. *Estudios Pedagógicos*, 43(1), 193–212.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07052017000100012>
- Guba, E., y Lincoln, Y. (2002). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. En C. Derman, y J. Haro. *Por los rincones. Antología de métodos cualitativos en la investigación social*. (pp. 113-145). La Sonora: El Colegio Sonora

- Guzmán Acuña, F. L. y Ramírez Caro, N. F. (2023). *Estrategia didáctica mediada por las TIC para mejorar el clima escolar de los estudiantes de sexto y séptimo de la básica secundaria* [Tesis de Maestría, Universidad de la Amazonia].
<https://chaira.uniamazonia.edu.co/Files/Biblioteca/Tesis/1710081623X602.pdf>
- Harris, B. N., McCarthy, P. C., Wright, A. M., Schutz, H., Boersma, K. S., Shepherd, S. L., Manning, L. A., Malisch, J. L., & Ellington, R. M. (2020). From panic to pedagogy: Using online active learning to promote inclusive instruction in ecology and evolutionary biology courses and beyond. *Ecology and Evolution*, 10(22), 12581–12612.
<https://doi.org/10.1002/ece3.6915>
- Herrera-Chicaiza, C. S., Huaca-Itas, A. M., Solórzano-Vargas, C. F., & González-Hernández, W. (2025). The use of the Moodle platform in the teaching-learning process of high school students. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 9(2), 1–35.
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.2.2025.e657>
- Hernández, S. R., y Mendoza, T. C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *McGraw-Hill Interamericana*. <https://www.ebooks7-24.com:443/?il=6443>.
- Hernández, R. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. Propósitos y Representaciones. Vol. 5, N° 1: pp. 325 – 347.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5904762>
- Hidalgo, J., y Castro, R. (2019). La enseñanza de la biología molecular en educación secundaria: Diseño de secuencias didácticas basadas en indagación. *Revista Eureka*, 16(2), 2202–2218.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2202
- Hin, K. K., Yasin, R. M., & Amin, L. (2019). Systematic Review of Secondary School Biotechnology Teaching. *International Research Journal of Education and Sciences*, 3(2), 39–46.

https://www.researchgate.net/publication/338969307_Systematic_Review_of_Secondary_School_Biotechnology_Teaching

Ibiyemi, D. J., & Yara, P. O. (2025). Effects of Digital Learning Platforms on Academic Achievement of Secondary School Students in Genetics in Ibadan-North LGA, Oyo State. *Journal of Capital Development in Behavioural Sciences*, 13(2), 76–92.

<https://journals.lcu.edu.ng/index.php/JCDBS>

Icfes. (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje C Naturales V.1. 22.

<http://aprende.colombiaaprende.edu.co/es/node/89841>

Iñiguez Porras, F. J. (2006). *La enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista* [Tesis doctoral, Universitat de Barcelona].

<https://www.tesisenred.net/handle/10803/889>

Jara, O. (2018). *La SE: práctica y teoría para otros mundos políticos*. Bogotá. Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano – CINDE

Jardón Gallegos, M. (2024). Eficacia de los entornos virtuales de aprendizaje en la educación básica superior. *Revista Científica UISRAEL*, 11(1), 57–74.

<https://revistauisrael.com/index.php/RCUIS/article/view/647>

Lesiak, A., Griswold, J. C., Moylan, A., & Starks, H. (2024). Development and Evaluation of Integrated Diabetes Curricula for Teaching Gene by Environment Concepts to High School Health and Biology Students. *Journal of STEM Outreach*, 7(1), 1–15.

<https://www.jstemoutreach.org/article/115429-development-and-evaluation-of-integrated-diabetes-curricula-for-teaching-gene-by-environment-concepts-to-high-school-health-and-biology-students>

Luján García, N. J. (2024). *Propuesta educativa con métodos de enseñanza activos en el laboratorio de una materia optativa de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma de Zacatecas*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Zacatecas].

<http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/handle/20.500.11845/3685>

- Ma, J., Cao, H., Nie, D., & Chen, D. (2025). Interactive Molecular Dynamics in Virtual Reality for Multidisciplinary Education: Theory and Higher Education Applications. *Frontiers in Digital Education*, 2(4), 36. <https://doi.org/10.1007/s44366-025-0073-8>
- Mallart, J. (2001). Didáctica: concepto, objeto y finalidades. En En Sepúlveda, F. y Rajadell, N. (coordinadores) *Didáctica general para psicopedagogos*. Madrid: UNED, pp. 23-57.
- Martínez, M. C. (2014). Reflexiones en torno a la Investigación-Acción educativa. CPU-e, *Revista de Investigación Educativa*, 18, 58-86.
<https://www.redalyc.org/pdf/2831/283129394004.pdf>
- Medios Educativos CVUDES. (2024, 14 de agosto). Diapositivas en video criterios para la selección de un entorno virtual de aprendizaje. [Video]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=9b2f8Hb7JDo&t=1s>
- Mendoza Polo, C. A., y Cueto Ortiz, J. C. (2022). *Incidencia del proceso de formación mediado por las TIC en el desarrollo de las competencias en ciencias naturales de los estudiantes de básica secundaria y media* [Tesis de maestría, Universidad de Cartagena].
<https://hdl.handle.net/11227/16115>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). *Lineamientos de transformación digital educativa en Colombia*. MinTIC.
<https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Transformacion-Digital-Educativa/>
- Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Plan Nacional Decenal de Educación 2016–2026*.
<https://www.mineduccion.gov.co/1780/w3-article-367244.html>
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). Análisis y estrategias para el mejoramiento de los aprendizajes. Todos Aprender; Siempre Día E.
- Ministerio de Educación Nacional. (2013). *Competencias TIC para el desarrollo profesional docente*. https://www.mineduccion.gov.co/1759/articles-339097_recurso_1.pdf

- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Formar en ciencias: ¡El desafío! lo que necesitamos saber y saber hacer. *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. <http://aprende.colombiaaprende.edu.co/es/siempreidae/89841>
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. MEN.
<https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-81048.html>
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos curriculares: Ciencias Naturales*.
<https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-89869.html>
- Moreira, M. A., Begoña, G. S., y Marzal, M. Á. (2008). *Alfabetizaciones y TIC*. Síntesis.
- Muñoz, J. y Fuertes, M. (2024). Interacción en entornos virtuales de aprendizaje. En Muñoz, J., Fuertes, M. y Cerezo, L. (Eds.). *La enseñanza del español mediada por tecnología: de la justicia social a la Inteligencia Artificial (IA)* (pp. 186-217). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781003146391>
- Navarro, C., Arias-Calderón, M., Henríquez, C. A., & Riquelme, P. (2024). Assessment of Student and Teacher Perceptions on the Use of Virtual Simulation in Cell Biology Laboratory Education. *Education Sciences*, 14(243), 1–13.
<https://doi.org/10.3390/educsci14030243>
- Navarro, R. E. (2015). Entornos virtuales de aprendizaje 2002–2011: Revisión y perspectivas. En R. Navarro (Ed.), *Entornos virtuales de aprendizaje* (pp. 15–40).
<https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/2651.pdf>
- Nili Ahmadabadi, M. R., & Sahafi, B. (2024). The Potential of Virtual Laboratories in Enhancing Biology Learning. *International Journal of Learning Spaces Studies*, 2(4), 66–83.
<https://doi.org/10.22034/iss.2024.474281.1019>
- Ñaupas, H., Mejías, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación. Cuantitativa – Cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá, Colombia. Ediciones de la U.

- Obando Rojas, M. (2022). *Comportamiento de la fotosíntesis en chontaduro (Bactris gasipaes K.) bajo diferentes periodos climáticos en la Amazonia occidental colombiana* [Tesis de maestría, Universidad de la Amazonia].
<https://chaira.uniamazonia.edu.co/Files/Biblioteca/Tesis/98394243X723.pdf>
- Obez, R. M., Ávalos, L. I., Steier, M. S., y Balbi, M. M. (2018). Técnicas mixtas de recolección de datos en investigación cualitativa.
<https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/27656>
- Ojetunde, S. M. (2025). A Systematic Review of Effectiveness and Factors Affecting the Usage of Virtual Science Laboratories in High Schools. *Journal of Education and Learning Technology*, 6(9), 696–713. <https://doi.org/10.38159/jelt.2025691>
- Orrego, M.; Tamayo, O. E. y Ruiz, F.J. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias*. Colección. Estudios Sociales y Empresariales de la Universidad Autónoma de Manizales, Colombia
- Palau, R., Mogas-Recalde, J., y Domínguez-García, S. (2020). El proyecto Go-Lab como entorno virtual de aprendizaje: análisis y futuro. *Educar*, 56(2), 407–421.
<https://doi.org/10.5565/rev/educar.1068>
- Papalia, D.; Feldman, R.; Martorell, G.; Berber M, y Vázquez, M. (2012). *Desarrollo humano*. McGraw-Hill Interamericana
- Parra Sánchez, F. A. (2020). *Enseñanza de las Ciencias en la Escuela Rural con las TIC: una mirada frente a los aportes para asumir este reto en zonas rurales de Colombia* [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. <https://hdl.handle.net/10495/17131>
- Perdomo Rojas, A. (2020). *Estructura y composición de la comunidad de aves para el desarrollo de turismo de naturaleza en zonas de posacuerdo en el departamento de Caquetá* [Tesis de maestría, Universidad de la Amazonia].
<https://chaira.uniamazonia.edu.co/Files/Biblioteca/Tesis/176493271X724.pdf>

- Pérez-Van-Leenden, M. (2019). La investigación acción en la práctica docente. Un análisis bibliométrico (2003-2017). *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 12 (24), 177-192
- Pratiwi, E. D., Masykuri, M., & Ramli, M. (2021). Active Learning Strategy on Higher Education Biology Learning: A Systematic Review. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 6(1), 75–86. <https://doi.org/10.24042/tadris.v6i1.7345>
- Ramos, C. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Av.psicol.* 23(1), pp.09-17.
- Reen, F. J., Jump, O., McEvoy, G., McSharry, B. P., Morgan, J., Murphy, D., O’Leary, N., O’Mahony, B., Scallan, M., Walsh, C., & Supple, B. (2022). Developing student codesigned immersive virtual reality simulations for teaching of challenging concepts in molecular and cellular biology. *FEMS Microbiology Letters*, 369, fnac051. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnac051>
- Reen, F. J., Jump, O., McSharry, B. P., Morgan, J., Murphy, D., O’Leary, N., O’Mahony, B., Scallan, M., & Supple, B. (2021). The Use of Virtual Reality in the Teaching of Challenging Concepts in Virology, Cell Culture and Molecular Biology. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 670909. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.670909>
- Reinoso-Tapia, R., Galindo, S., Delgado-Iglesias, J., & Bobo-Pinilla, J. (2024). Flipped learning in a molecular biology course: pre-service teachers' performance and perceptions. *Journal of Turkish Science Education*, 21(2), 232–253. <https://doi.org/10.36681/tused.2024.013>
- Riera, C. (2022). Enseñanza de la biología molecular en secundaria: Dificultades y oportunidades en el uso de recursos digitales. *Bio-grafía*, 15(2), 145–166. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/biografia/article/view/20517>
- Rosli, R., & Ishak, N. A. (2024). Integration of Virtual Labs in Science Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 14(1), 81–103. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.8.2024>

- Ruiz, F., Tamayo, O. y Márquez, C. (2015). Los niveles de representación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educ. Pesqui., São Paulo*, 41(3) p. 629-646
- Salinas, M. I. (2011). Entornos virtuales de aprendizaje en la escuela: tipos, modelo didáctico y rol del docente. *Universidad Católica de Argentina*, 12, 1-12.
https://cdn.goconqr.com/uploads/media/pdf_media/19450985/a6069975-0a82-4fe9-ae15-3f76cfef8f71.pdf
- Sezen Vekli, G., & Çalik, M. (2023). The Effect of Web-Based Biology Learning Environment on Academic Performance: A Meta-analysis Study. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 365–378. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10033-4>
- Siemens, G. (2004). Connectivism: A learning theory for the digital age.
<https://jotlt.org/article/view/1738>
- Situmorang, R. P., Suwono, H., Munzil, H., Susanto, H., Chang, C.-Y., & Liu, S.-Y. (2024). Learn Biology Using Digital Game-Based Learning: A Systematic Literature Review. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(6), em2459.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/14658>
- Suárez Guerrero, C. (2003). *Los entornos virtuales de aprendizaje como instrumentos de mediación para la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación superior* [Tesis doctoral, Universidad de Salamanca].
<https://gredos.usal.es/handle/10366/56808>
- Talero, N. A. M. (2015). Dificultades en el aprendizaje de la genética: Revisión de investigaciones y propuestas didácticas. *Bio-grafía*, 8(15), 109–125.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/biografia/article/view/10046>
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio específico en la didáctica de las ciencias. *Tecné, Episteme, Didaxis TED* (36) pp. 25-46

- Tamayo, O. y Sanmartí, N. (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista latinoamericana ciencias sociales de la niñez y la juventud*, vol.1 no.1 pp- 1-16
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de los niveles de representación* (Trad. de María Morrás y Victoria Pineda). Península
- Tetzlaff, A. (2019). *Estrategias de enseñanza y procedimientos científicos en Biología Celular y Molecular del Ciclo Orientado en Ciencias Naturales de cuatro escuelas secundarias de la Provincia de Misiones (Argentina)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Comahue] <https://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncoma/16666>
- UNESCO. (2023). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo 2023: Tecnología en la educación*. UNESCO-GEM Report.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388894>
- UNESCO. (2016). *Tecnologías digitales al servicio de la calidad educativa. Una propuesta de cambio centrada en el aprendizaje para todos*.
<http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/4566>
- UNESCO. (2015). *Educación 2030: Declaración de Incheon y Marco de acción para la implementación del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656>
- Vargas Jiménez, D. A. (2020). *Implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje para el desarrollo de la habilidad comunicativa del inglés como lengua extranjera de los guías turísticos en el corregimiento El Caraño* [Tesis de maestría, Universidad de la Amazonia]
<https://chaira.uniamazonia.edu.co/Files/Biblioteca/Tesis/TESISX37948.pdf>
- Venezia, M. R. (2018). *Incidencia del uso de un entorno tecnológico presencial-virtual en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Desarrollo de una experiencia en el Profesorado de Biología* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Litoral].
<https://hdl.handle.net/11185/5475>

Watson, J. D., & Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171(4356), 737–738.

<https://doi.org/10.1038/171737a0>

Zambrano, M. R. S., y Cevallos, E. (2023). Entornos virtuales de aprendizaje y gestión del trabajo independiente en estudiantes de bachillerato. *ReHuSo*, 8(2), 119–133.

<https://revistas.ug.edu.ec/index.php/revrehuso/article/view/4270>

Zambrano, M. R. S. (2022). El trabajo independiente en entornos virtuales de aprendizaje. *Observatorio de la Profesión Docente*, 8(1), 45–63.

<https://revistas.unae.edu.ec/index.php/observatorio/article/view/428>

Zambrano, A. (2013). *Pedagogía, educabilidad y formación de docentes*. Santiago de Cali, Grupo Editorial Nueva Biblioteca Pedagógica.

ANEXOS


FORMATO VALIDACIÓN INSTRUMENTOS

PRE-TEST BIOLOGIA MOLECULAR

NOVENO

En este documento, encontrará una serie de elementos que facilitarán su concepto ante la validación sugerida para el cuestionario en mención. De antemano, agradecemos su disposición para dicho proceso.

1. Identificación del experto

Nombre y apellidos	Gustavo Adolfo Tenorio Rodríguez
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Docente de aula Biólogo con énfasis en biorrecursos, Esp. En Educación Mag. Ciencias Biológicas I.E Juan Bautista La Salle
e-mail	
Teléfono o celular	+57 320 8091708
Fecha de la validación (día, mes y año):	Mayo de 2025
Firma	

2. En las siguientes páginas usted evalúa el cuestionario para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

1 = muy en desacuerdo

2 = en desacuerdo

3 = en desacuerdo más que en acuerdo

4 = de acuerdo más que en desacuerdo

5 = de acuerdo

6 = muy de acuerdo

Pregunta 1						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar): <ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) • Las opciones de respuesta son adecuadas • Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 					X	
				x		
					X	
					x	
Pregunta 2						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar): <ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) • Las opciones de respuesta son adecuadas • Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 					X	
				X		
				X		
					X	
Pregunta 3						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo;	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6

4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)						
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
<ul style="list-style-type: none"> La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) 					X	
<ul style="list-style-type: none"> Las opciones de respuesta son adecuadas 					X	
<ul style="list-style-type: none"> Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico 					X	
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 					X	
Pregunta 4						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
<ul style="list-style-type: none"> La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) 						X
<ul style="list-style-type: none"> Las opciones de respuesta son adecuadas 						X
<ul style="list-style-type: none"> Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico 						X
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 						X
Pregunta 5						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
<ul style="list-style-type: none"> La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) 						X
<ul style="list-style-type: none"> Las opciones de respuesta son adecuadas 					X	
<ul style="list-style-type: none"> Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico 						X

<ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 						X
Pregunta 6						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
<ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) 						X
<ul style="list-style-type: none"> • Las opciones de respuesta son adecuadas 					X	
<ul style="list-style-type: none"> • Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico 						X
<ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 						X
Pregunta 7						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						
<ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) 						X
<ul style="list-style-type: none"> • Las opciones de respuesta son adecuadas 			X			
<ul style="list-style-type: none"> • Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico 					X	
<ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 			X			
Pregunta 8						
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo					
	1	2	3	4	5	6
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):						

<ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) • Las opciones de respuesta son adecuadas • Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr> </table>					X						X						X						X	
				X																					
				X																					
				X																					
				X																					
Pregunta 9																									
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Grado de acuerdo</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> </table>	Grado de acuerdo						1	2	3	4	5	6												
Grado de acuerdo																									
1	2	3	4	5	6																				
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar): <ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) • Las opciones de respuesta son adecuadas • Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> </table>						X						X						X						X
					X																				
					X																				
					X																				
					X																				
Pregunta 10																									
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = muy en desacuerdo; 2 = en desacuerdo; 3 = en desacuerdo más que en acuerdo; 4 = de acuerdo más que en desacuerdo; 5 = de acuerdo; 6 = muy de acuerdo)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Grado de acuerdo</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> </table>	Grado de acuerdo						1	2	3	4	5	6												
Grado de acuerdo																									
1	2	3	4	5	6																				
ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar): <ul style="list-style-type: none"> • La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado) • Las opciones de respuesta son adecuadas • Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico • Es pertinente para lograr el objetivo descrito en el instrumento 	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> </table>						X						X						X						X
					X																				
					X																				
					X																				
					X																				

VALORACIÓN GENERAL DEL CUESTIONARIO

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente		
El número de preguntas del cuestionario es excesivo		
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado (en el supuesto de contestar SÍ, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	En la pregunta 7, falta incluir la responsabilidad social de la comunidad y el estado
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Agregar una respuesta de incidencia de la comunidad y otra del estado

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

FORMATO VALIDACIÓN
PRE-TEST BIOLOGIA MOLECULAR
NOVENO

3. Identificación del experto

Nombre y apellidos	Erika Jasbleidy Laguna Castillo
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Docente catedrático Químico, especialista en pedagogía y Magister en ciencias biológicas Universidad de la Amazonia
e-mail	
Teléfono o celular	+57 316 4345334
Fecha de la validación (día, mes y año):	Mayo de 2025
Firma	<i>Erika J. Laguna C.</i>

VALORACIÓN GENERAL DEL CUESTIONARIO

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El número de preguntas del cuestionario es excesivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(en el supuesto de contestar SÍ, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		
--	--	--

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	En la pregunta 7, falta incluir la responsabilidad social de la comunidad y el estado
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Agregar una respuesta de incidencia de la comunidad y otra del estado

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

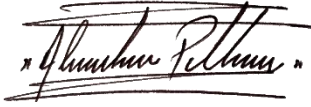
Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

FORMATO VALIDACIÓN
PRE-TEST BIOLOGIA MOLECULAR
NOVENO

En este documento, encontrará una serie de elementos que facilitarán su concepto ante la validación sugerida para el cuestionario en mención. De antemano, agradecemos su disposición para dicho proceso.

4. Identificación del experto

Nombre y apellidos	Alexander Pillimue Plaza
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Docente de aula Biologo Instituto técnico Industrial
e-mail	
Teléfono o celular	+57 313 4292435
Fecha de la validación (día, mes y año):	Mayo de 2025
Firma	

VALORACIÓN GENERAL DEL CUESTIONARIO

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El número de preguntas del cuestionario es excesivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado (en el supuesto de contestar SÍ, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	En la pregunta 7, falta incluir la responsabilidad social de la comunidad y el estado
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	Agregar una respuesta de incidencia de la comunidad y otra del estado

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

PRE-TEST Biología Molecular

1. En los seres vivos, la información necesaria para producir proteínas se encuentra almacenada en los genes. ¿Qué es lo que realmente determina qué tipo de proteína produce un gen?

- A. Su localización dentro del cromosoma
- B. El cromosoma al que pertenece
- C. La forma helicoidal del ADN
- D. La secuencia de nucleótidos que posee

2. Los ácidos nucleicos están presentes en todas las células y cumplen funciones fundamentales para la vida. ¿De qué componentes está formado un nucleótido, unidad básica del ADN y del ARN?

- A. Azúcar, proteína y base nitrogenada
- B. Azúcar, grupo fosfato y base nitrogenada
- C. Aminoácido, azúcar y fosfato
- D. Base nitrogenada, lípido y azúcar

3. Aunque el ADN y el ARN son ácidos nucleicos, presentan diferencias estructurales importantes. Una diferencia correcta entre el ADN y el ARN es que:

- A. El ARN es de doble cadena y el ADN de una sola
- B. Ambos contienen las mismas bases nitrogenadas
- C. El ARN contiene uracilo y el ADN contiene timina
- D. El ADN no contiene azúcar en su estructura

4. Para identificar si una molécula corresponde a ADN o ARN, es necesario observar ciertas características químicas. ¿Cuál de los siguientes criterios permite diferenciarlos con mayor precisión?

- A. El número de carbonos del azúcar
- B. El tipo de bases nitrogenadas presentes
- C. La presencia del grupo fosfato
- D. El tamaño de la molécula

5. Durante la expresión genética, la información del ADN se copia en una molécula intermediaria. Si la secuencia de ADN es AATTGGCC, la secuencia correspondiente de ARN será:

- A. TTAACCGG
- B. AAGGTTGG
- C. TTGGCCAA
- D. UUAACCGG

6. El color de las plumas en algunas aves depende de la acción de proteínas que actúan como enzimas. ¿Cuál es la mejor explicación para que una mutación genética genere cambios en el color de las plumas?

- A. Una alteración del sistema digestivo del ave
- B. Cambios en la alimentación
- C. Una mutación produce una enzima diferente que modifica el pigmento
- D. Combinación del ADN entre aves distintas

7. Las células contienen distintas moléculas, pero no todas almacenan información hereditaria. ¿Cuál de las siguientes moléculas contiene la información genética que se transmite de generación en generación?

- A. Proteínas
- B. ARN
- C. Aminoácidos
- D. ADN

8. No todas las mutaciones genéticas se heredan. ¿En qué tipo de células debe ocurrir una mutación para afectar a la descendencia?

- A. Neuronas
- B. Células musculares
- C. Células del sistema inmune
- D. Células reproductoras (óvulos o espermatozoides)

9. El ADN, el ARN y las proteínas están relacionados dentro de la célula. ¿Cuál es la relación correcta entre estas tres moléculas?

- A. Las proteínas producen ADN
- B. El ARN produce ADN
- C. El ADN contiene la información para producir proteínas
- D. El ADN se forma a partir de proteínas

10. La información genética cumple un papel central en los seres vivos. ¿Cuál es la función principal del ADN y del ARN en la célula?

- A. Facilitar la respiración celular
- B. Transportar oxígeno
- C. Almacenar y expresar la información genética
- D. Regular la temperatura celular

POS-TEST Biología Molecular

1. Antes de dividirse, las células deben copiar su ADN para asegurar que la información genética se conserve. ¿Qué característica hace que la replicación del ADN sea semiconservativa?

- A. Se forman dos moléculas completamente nuevas
- B. Ambas cadenas originales se destruyen
- C. Cada nueva molécula conserva una cadena original y una nueva
- D. La replicación ocurre en una sola dirección

2. Durante la replicación del ADN intervienen varias enzimas con funciones específicas. ¿Cuál es la función principal de la enzima helicasa?

- A. Unir fragmentos de ADN
- B. Sintetizar nuevas cadenas
- C. Separar las dos cadenas del ADN rompiendo los enlaces de hidrógeno
- D. Corregir errores genéticos

3. Una vez separadas las cadenas de ADN, se inicia la síntesis de nuevas cadenas. ¿Qué enzima se encarga de sintetizar la nueva cadena de ADN?

- A. Helicasa
- B. Ligasa
- C. Primasa
- D. ADN polimerasa

4. La transcripción es un proceso clave para la expresión genética. Si ocurre un error durante la transcripción del ADN a ARN mensajero, es más probable que:

- A. Se forme ADN doble
- B. El ribosoma no funcione
- C. Se produzca una proteína con estructura incorrecta
- D. No se formen aminoácidos

5. En la expresión genética, la información del ADN debe copiarse antes de producir proteínas. ¿Qué proceso permite la síntesis de ARN mensajero a partir del ADN?

- A. Replicación
- B. Traducción
- C. Transcripción
- D. Mutación

6. Durante la síntesis de proteínas intervienen distintas moléculas. ¿Cuál es la función principal del ARN de transferencia (ARNt)?

- A. Copiar el ADN

- B. Formar el ribosoma
- C. Transportar aminoácidos según el anticodón
- D. Romper el ARN mensajero

7. El código genético organiza la información necesaria para formar proteínas. ¿Cuántos nucleótidos conforman un codón?

- A. Dos
- B. Cuatro
- C. Tres
- D. Uno

8. Durante la traducción existen señales que indican cuándo iniciar y finalizar el proceso. Los codones de inicio y terminación indican:

- A. Dónde se replica el ADN
- B. Cuándo comienza y termina la síntesis de proteínas
- C. Qué enzimas se activan
- D. Dónde ocurre la transcripción

9. Las mutaciones pueden afectar la estructura y función de las proteínas. Si se altera un solo nucleótido del ADN, es posible que:

- A. No ocurra ningún cambio
- B. Siempre se produzca una proteína funcional
- C. Cambie un aminoácido y se altere la proteína
- D. El ARN desaparezca

10. Un estudiante diseña un simulador que convierte ADN en proteínas, pero el programa falla. ¿Cuál es la causa más probable del error?

- A. Replica dos veces el ADN
- B. No realiza la transcripción del ADN a ARN antes de la traducción
- C. Usa demasiadas enzimas
- D. Omite el código genético

GUION GRUPO FOCAL

Tabla 8.

Guion para el desarrollo del grupo focal

Categoría	Preguntas orientadoras
Prácticas pedagógicas en Ciencias Naturales	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo describiría las estrategias pedagógicas que utiliza habitualmente para enseñar contenidos de Biología Molecular en el grado noveno? 2. ¿Qué criterios tiene en cuenta al momento de planear una clase de Biología Molecular y seleccionar las actividades de aprendizaje? 3. ¿De qué manera evalúa normalmente el aprendizaje de los estudiantes en temas relacionados con Biología Molecular?
Concepciones sobre la enseñanza de la Biología Molecular	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué significado tiene para usted la Biología Molecular dentro de la formación científica de los estudiantes de educación básica secundaria? 2. ¿Considera que los contenidos de Biología Molecular son pertinentes y comprensibles para los estudiantes de grado noveno? ¿Por qué? 3. ¿Qué aspectos de la Biología Molecular considera más relevantes priorizar en el aula y cuáles suelen quedar relegados?
Dificultades y falencias de los estudiantes en Biología Molecular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desde su experiencia, ¿cuáles son las principales dificultades que presentan los estudiantes al aprender Biología Molecular? 2. ¿Qué conceptos o procesos de Biología Molecular le resultan más complejos de explicar y de comprender por parte de los estudiantes? 3. ¿Ha identificado errores conceptuales frecuentes o ideas previas persistentes en los estudiantes sobre temas de Biología Molecular?
Retos en el uso de TIC y recursos digitales	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué experiencias previas ha tenido utilizando TIC o recursos digitales para la enseñanza de la Biología Molecular? 2. ¿Cuáles considera que son los principales retos o limitaciones para integrar TIC en sus clases de Ciencias Naturales? 3. ¿Qué condiciones institucionales o pedagógicas facilitarían un mejor uso de las TIC en la enseñanza de la Biología Molecular?
Percepción sobre el uso de un EVA en Biología Molecular	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué expectativas tiene frente al uso de un Entorno Virtual de Aprendizaje para apoyar la enseñanza de la Biología Molecular?

Reflexión pedagógica y mejora de la práctica docente

2. ¿De qué manera cree que un EVA podría contribuir a mejorar la comprensión de conceptos abstractos de Biología Molecular?

3. ¿Qué riesgos o dificultades anticipa en la implementación de un EVA con estudiantes de grado noveno?

1. ¿En qué aspectos considera que su práctica pedagógica podría transformarse o fortalecerse mediante el uso de un EVA?

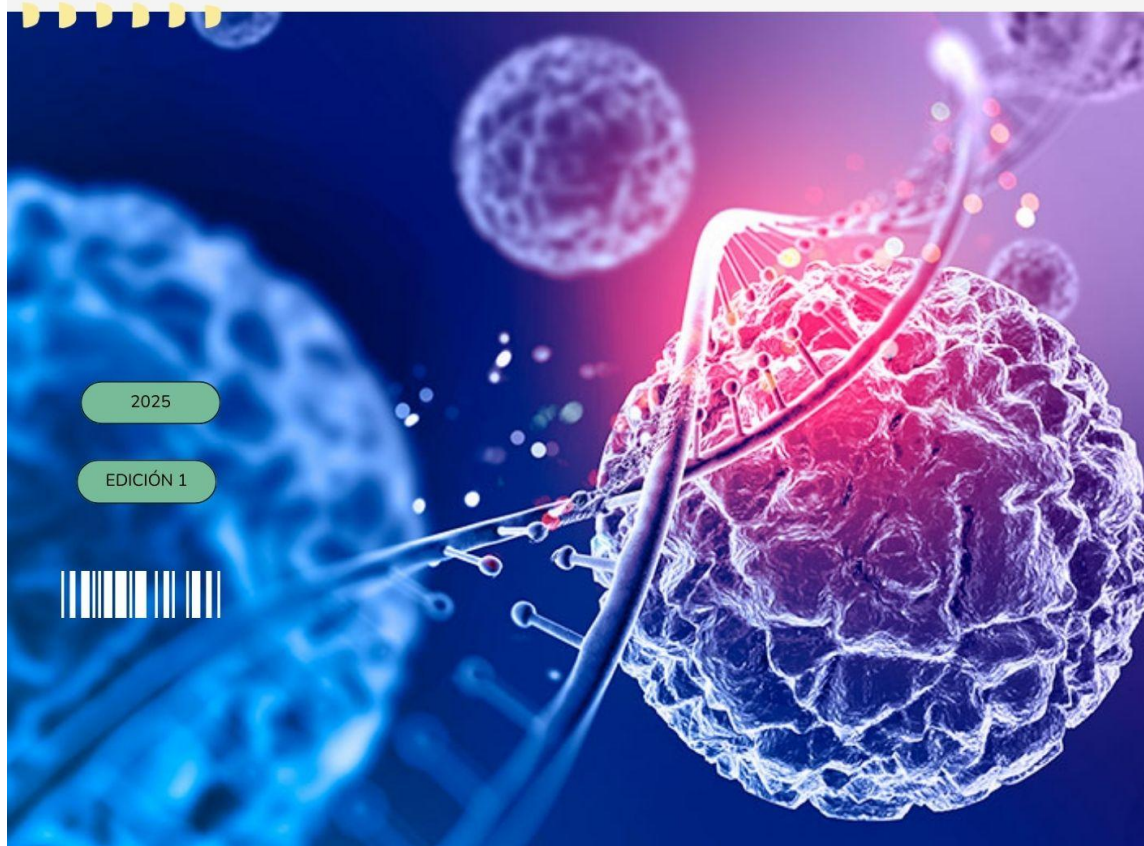
2. ¿Qué aprendizajes espera obtener usted, como docente, a partir de la implementación de una propuesta pedagógica mediada por un EVA?

3. ¿Cómo valora la reflexión colectiva entre docentes como estrategia para mejorar la enseñanza de la Biología Molecular?

DIARIO DE CAMPO

DIARIO DE CAMPO

ENTORNO VIRTUAL DE APRENDIZAJE
COMO MEDIACIÓN DIDÁCTICA PARA LA
ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA
MOLECULAR EN ESTUDIANTES DE
BÁSICA SECUNDARIA



2025

EDICIÓN 1

TABLA DE CONTENIDO

EXPERIMENTO INICIAL –
LA BATALLA MICROSCÓPICA



¿QUÉ SON LOS ÁCIDOS
NUCLÉICOS? ADN Y ARN



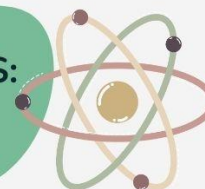
REPLICACIÓN DEL ADN



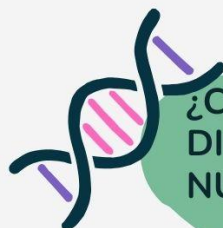
PROCESO DE SÍNTESIS DE
ARN MENSAJERO: ACTORES Y
ETAPAS CUATRO



SÍNTESIS DE PROTEÍNAS:
RIBOSOMAS, ARNT,
CODÓN Y ANTICODÓN



¿CURACIÓN O DISEÑO? EL
DILEMA ÉTICO DE EDITAR
NUESTROS GENES



Carta del editor

Es un gusto darles la bienvenida a este espacio concebido como un diario de campo en formato revista, donde se recogen las experiencias, hallazgos y reflexiones surgidas a partir de la implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como mediación didáctica para la enseñanza de la Biología Molecular en estudiantes de básica secundaria. Estas páginas no narran una experiencia idealizada, sino un proceso vivo, con preguntas, ajustes y aprendizajes compartidos en el aula y más allá de ella.

A lo largo de este recorrido pedagógico, el EVA se convirtió en un escenario de exploración científica y construcción colectiva del conocimiento. Cada actividad virtual, cada simulación, cada foro y cada recurso digital abrió la posibilidad de traducir conceptos abstractos de la Biología Molecular en experiencias de aprendizaje comprensibles, cercanas y significativas para los estudiantes. La tecnología dejó de ser un simple apoyo y pasó a ser un puente entre la curiosidad juvenil y el rigor del saber científico.

Las sesiones de trabajo evidenciaron que enseñar Biología Molecular no se limita a la transmisión de contenidos, sino que implica diseñar experiencias que promuevan la indagación, el pensamiento crítico y la reflexión sobre la vida misma, desde lo microscópico hasta su impacto en la cotidianidad. El EVA permitió diversificar las formas de aprender, respetar los ritmos individuales y favorecer una participación más activa y autónoma de los estudiantes.

Este diario de campo invita al lector a asomarse a una práctica pedagógica en transformación, donde el aula virtual dialoga con el aula presencial, y donde el error, la pregunta y la experimentación ocupan un lugar tan valioso como la respuesta correcta. Ojalá estas páginas inspiren nuevas miradas sobre la enseñanza de las ciencias y animen a seguir explorando mediaciones didácticas innovadoras que conecten el conocimiento científico con la realidad escolar.

Sean bienvenidos a este recorrido por una Biología Molecular aprendida, pensada y vivida desde un Entorno Virtual de Aprendizaje. Aquí, la ciencia también se escribe en primera persona.

*Rómulo Hernando
Arévalo Gutiérrez*

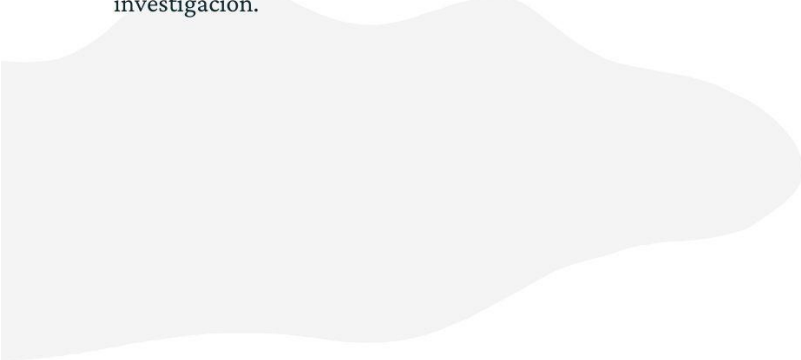
Institución Educativa Juan Bautista La Salle

La experiencia pedagógica objeto de este diario de campo se desarrolla en la Institución Educativa Juan Bautista La Salle, establecimiento oficial de carácter académico ubicado en el municipio de Florencia, capital del departamento del Caquetá. La institución atiende los niveles de básica primaria, básica secundaria y media académica, consolidándose históricamente como uno de los referentes educativos del sector urbano del municipio por su trayectoria, cobertura y proyección formativa.

En los últimos años, la institución ha fortalecido procesos de innovación educativa y uso pedagógico de las tecnologías de la información y la comunicación, promoviendo estrategias didácticas orientadas a mejorar la calidad de los aprendizajes y a responder a las demandas contemporáneas de la educación. En este marco, se han impulsado iniciativas institucionales que fomentan la integración de recursos digitales, el trabajo colaborativo docente y la diversificación de metodologías de enseñanza, creando condiciones favorables para la implementación de experiencias mediadas por entornos virtuales de aprendizaje.

En el área de Ciencias Naturales, y particularmente en la enseñanza de la Biología, la institución reconoce la necesidad de superar enfoques tradicionales centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos, para avanzar hacia propuestas que promuevan la comprensión profunda de los fenómenos científicos, el desarrollo del pensamiento crítico y la relación del conocimiento con la vida cotidiana. Esta orientación pedagógica convierte a la institución en un escenario pertinente para la implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica en la enseñanza de la Biología Molecular, dado que permite explorar nuevas formas de aproximación a contenidos abstractos y de alta complejidad conceptual.

Así, la Institución Educativa Juan Bautista La Salle no solo ofrece el contexto físico y administrativo para el desarrollo de la experiencia, sino que constituye un espacio pedagógico dinámico, en el que convergen la diversidad estudiantil, la apertura a la innovación y el interés por fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje desde enfoques didácticos contemporáneos. Estas condiciones institucionales resultan determinantes para comprender el alcance, las posibilidades y los retos de la experiencia educativa documentada en este trabajo de investigación.





La sesión se inició con la presentación del propósito general del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), explicando a los estudiantes que este espacio digital sería el medio principal para explorar contenidos de Biología Molecular a través de experiencias prácticas, reflexivas y participativas. Se enfatizó que el EVA no funcionaría únicamente como repositorio de información, sino como un escenario interactivo para observar, experimentar, dialogar y construir conocimiento científico de manera progresiva.

Como actividad introductoria, se planteó el experimento inicial denominado La batalla microscópica, el cual partió de una pregunta generadora: ¿Sabías que en este momento hay una batalla microscópica en tus células?. A partir de esta provocación, se presentó un recurso audiovisual y textual alojado en el EVA, en el que se explicaba, de forma sencilla y contextualizada, cómo en cada instante ocurren procesos fundamentales como la copia del ADN, la lectura del código genético, la síntesis de proteínas, la defensa contra virus y la reparación celular.

Esta estrategia permitió captar la atención del grupo y conectar los contenidos de Biología Molecular con la vida cotidiana de los estudiantes.

Posteriormente, a través del EVA, se orientó el experimento de extracción de ADN casero, utilizando materiales de fácil acceso como fresa o tomate, detergente, agua, alcohol y un vaso transparente. Los estudiantes accedieron a un video explicativo alojado en la plataforma, en el cual se detallaba paso a paso el procedimiento y se explicaba el fundamento científico de cada acción. El recurso audiovisual facilitó la comprensión del proceso y permitió que los estudiantes observaran cómo, al machacar la fruta y mezclarla con detergente y agua, se rompían las células, y cómo al añadir alcohol frío el ADN se hacía visible en forma de una nube o hebras blancas.

A través del espacio de comentarios del EVA, los estudiantes compartieron sus apreciaciones sobre el experimento observado. Varias intervenciones evidenciaron una comprensión clara del procedimiento y de los procesos celulares implicados,

destacando que el ADN podía hacerse visible mediante un experimento sencillo realizado con materiales caseros. Algunas reflexiones resaltaron el impacto de poder observar a simple vista algo que normalmente se percibe como abstracto y microscópico, lo cual generó sorpresa, curiosidad y mayor interés por el tema.

Como actividad complementaria, los estudiantes realizaron el experimento en casa siguiendo las instrucciones proporcionadas en el EVA. Posteriormente, registraron sus experiencias y reflexiones en la plataforma. En sus apreciaciones, manifestaron que el procedimiento fue claro y fácil de seguir, que lograron observar el ADN tal como se esperaba y que el experimento les permitió comprender mejor conceptos relacionados con las moléculas, los nucleótidos, las bases nitrogenadas y las diferencias entre ADN y ARN. Asimismo, expresaron que el aprendizaje resultó más significativo al combinar la explicación teórica con la experimentación práctica, destacando que la experiencia fue divertida, motivadora y formativa.

REFLEXIÓN PEDAGÓGICA

Aspectos positivos

El uso del EVA como mediación didáctica permitió integrar recursos audiovisuales, instrucciones claras y espacios de participación que facilitaron la comprensión de conceptos complejos de la Biología Molecular. El experimento de extracción de ADN generó alto nivel de motivación y curiosidad, al posibilitar la observación directa de un elemento microscópico mediante materiales cotidianos. Las apreciaciones registradas por los estudiantes evidencian un aprendizaje significativo, así como una apropiación conceptual más sólida al articular teoría y práctica.

Dificultades

Durante esta primera sesión se evidenció que el manejo inicial del EVA resultó un poco engorroso para algunos estudiantes, debido a que no contaban con conocimientos previos sobre el uso de la plataforma. Fue necesario dedicar tiempo adicional a orientar aspectos básicos de navegación, acceso a recursos y envío de comentarios, lo cual ralentizó el desarrollo de algunas actividades previstas.

Propuestas de mejora

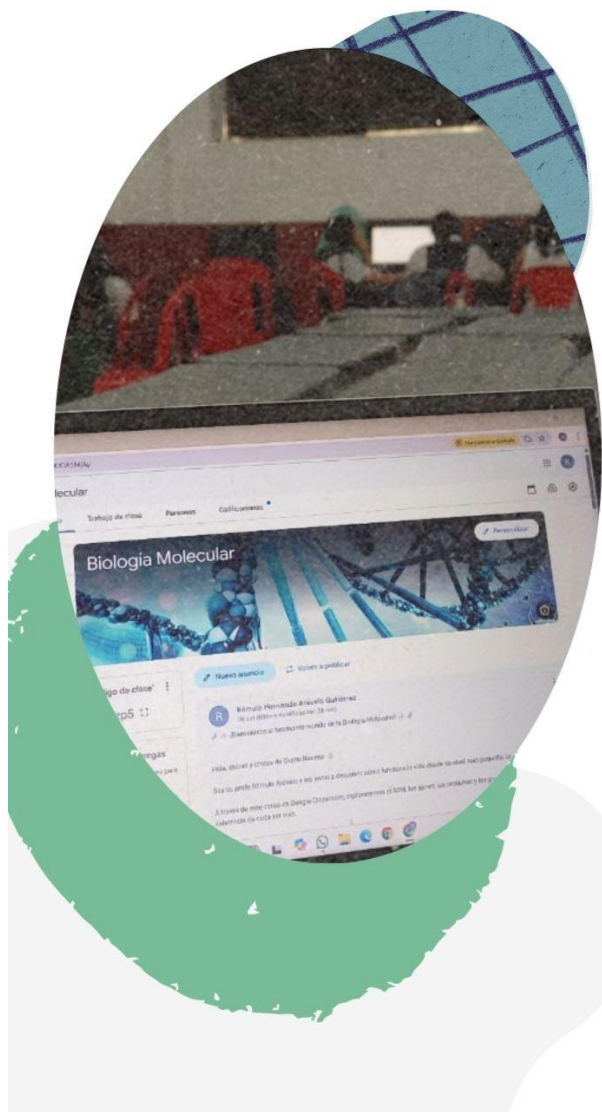
Se considera pertinente dedicar una sesión introductoria exclusiva para la familiarización con el EVA, orientada al reconocimiento de sus herramientas y funcionalidades, con el fin de optimizar el tiempo pedagógico en las siguientes sesiones. Asimismo, se propone diseñar guías visuales o tutoriales breves que faciliten el acceso autónomo de los estudiantes a la plataforma.

Cuando el ADN se hace visible y la ciencia se vive en casa, el aprendizaje deja de ser abstracto y se convierte en una experiencia que despierta asombro, comprensión y curiosidad científica

¿QUÉ SON LOS ÂCIDOS NUCLEÍCOS? ADN Y ARN



La segunda sesión se inició retomando el propósito del EVA como mediación didáctica para el aprendizaje de la Biología Molecular. Se explicó que, para esta jornada, el objetivo sería comprender qué son los ácidos nucleicos y, en particular, diferenciar el ADN y el ARN a partir de su estructura, función y localización celular. Desde el EVA se socializaron los objetivos de aprendizaje: entender qué son el ADN y el ARN, reconocer sus funciones principales e identificar dónde se localizan, como base para avanzar hacia procesos más complejos de expresión genética.



Posteriormente, se orientó el trabajo de exploración conceptual mediante el acceso a recursos audiovisuales alojados y enlazados en la plataforma. Los estudiantes visualizaron videos introductorios sobre nucleótidos, ADN y ARN (incluyendo recursos de Khan Academy y material complementario), lo cual permitió una aproximación gradual desde los conceptos básicos (nucleótido y componentes) hasta la comprensión de estructuras y funciones. En paralelo, se asignó un registro de trabajo en el cuaderno con preguntas guía: ¿qué es un nucleótido?, ¿qué es ADN y dónde se encuentra?, ¿qué es ARN y dónde se encuentra?, y ¿cuál es la función de cada uno? Esta estrategia buscó sostener la atención, promover la toma de apuntes con sentido y asegurar que el estudiante organizara el conocimiento más allá del consumo pasivo del video.

Tras la fase de exploración, se desarrolló un momento de práctica en el EVA con actividades interactivas (BlinkLearning), donde los estudiantes aplicaron lo aprendido a través de ejercicios de identificación, asociación y selección. Este espacio permitió observar con mayor claridad qué conceptos estaban siendo comprendidos con solidez y cuáles requerían refuerzo, especialmente en lo relacionado con la composición del nucleótido, la distinción de bases nitrogenadas y la ubicación celular del ADN y del ARN. El trabajo interactivo favoreció la participación, debido a que los estudiantes recibían retroalimentación inmediata sobre sus respuestas, lo cual generó mayor implicación en la tarea.

En un segundo momento de la sesión, el EVA condujo el aprendizaje hacia un énfasis estructural: se abordó la doble hélice del ADN y la estructura de cadena simple del ARN, apoyándose nuevamente en videos y en un material de apoyo denominado Moléculas de la herencia.

Se indicó a los estudiantes consignar en su cuaderno aspectos clave: partes de un nucleótido, bases nitrogenadas del ADN y del ARN, y la explicación de por qué el ADN se organiza como doble cadena mientras el ARN se presenta típicamente como cadena simple. Este segmento fortaleció la comprensión comparativa y permitió conectar estructura con función, evitando que el tema quedara reducido a una lista de definiciones.

Posteriormente, se reforzó el aprendizaje con un recurso lúdico en línea (juego tipo cuestionario) que permitió practicar de manera más flexible la identificación de diferencias entre ADN y ARN. A partir de ese ejercicio, se orientó una actividad central de síntesis: la construcción de una tabla comparativa ADN vs ARN en un documento digital, considerando criterios específicos (número de cadenas, azúcar, bases nitrogenadas, localización, función principal, tipos). Esta actividad funcionó como cierre formativo, pues obligó a integrar información dispersa en una estructura organizada, evidenciando comprensión y no solo memorización.

Finalmente, para valorar los aprendizajes del módulo, se aplicó una evaluación en línea mediante formulario digital, con un único intento. Se brindaron recomendaciones previas orientadas a leer cuidadosamente, responder con calma y confiar en lo aprendido. Este cierre evaluativo permitió consolidar el trabajo del EVA no solo como espacio de acceso a contenidos, sino como ambiente de seguimiento, práctica y verificación de aprendizajes.



Actividad 3

¿Qué bases nitrogenadas forman pa

Forman parte la adenina, la

Forman parte la adenina, la

Forman parte la timina, la gu

Correg

Reflexión pedagógica

Aspectos positivos

La secuencia didáctica organizada desde el EVA permitió transitar de la explicación conceptual a la práctica y finalmente, a la síntesis y evaluación. Los videos facilitaron la comprensión inicial, mientras que las actividades interactivas fortalecieron la aplicación inmediata del conocimiento y sostuvieron la motivación. La tabla comparativa funcionó como una estrategia potente para organizar ideas y evidenciar diferencias estructurales y funcionales entre ADN y ARN. La evaluación en línea permitió un cierre claro, con criterios definidos y registro inmediato de resultados.

Dificultades

Aunque el manejo del EVA mejoró respecto a la sesión anterior, se observaron diferencias en el ritmo de trabajo: algunos estudiantes avanzaron con rapidez en los recursos digitales, mientras otros requirieron acompañamiento para acceder a enlaces, completar actividades y gestionar el uso simultáneo de cuaderno y plataforma.

Propuestas de mejora

Se sugiere estructurar los recursos del EVA en una ruta más visible (paso 1, paso 2, paso 3), para que los estudiantes identifiquen con claridad el orden de trabajo y reduzcan la dispersión. Asimismo, es recomendable incorporar breves pausas de socialización entre actividades para verificar comprensiones clave antes de avanzar, especialmente en conceptos base como nucleótido, bases nitrogenadas y diferencias estructurales entre ADN y ARN.

Cuando el ADN y el ARN dejan de ser siglas y se convierten en estructuras comprensibles, la Biología Molecular empieza a tener sentido para el estudiante.

REPLICACIÓN



DEL ADN

La sesión se inició con la presentación del tema Replicación del ADN, retomando los aprendizajes previos relacionados con la estructura del ADN y la diferenciación entre ADN y ARN. A través del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), se socializaron los objetivos de la jornada,

orientados a comprender cómo se copia el ADN, identificar las enzimas que intervienen en el proceso y reconocer las etapas que lo componen. Se enfatizó que la replicación es un proceso esencial para la vida, ya que permite la transmisión de la información genética de una célula a otra.

Como primer momento de exploración, los estudiantes accedieron desde el EVA a una serie de videos explicativos que abordaban el proceso de replicación del ADN de manera progresiva. Los recursos audiovisuales permitieron visualizar el mecanismo semiconservativo de la replicación, así como el papel de enzimas clave como la helicasa, la ADN polimerasa y la ligasa. De manera guiada, se solicitó a los estudiantes registrar en su cuaderno respuestas a preguntas orientadoras, tales como: ¿qué significa que la replicación sea semiconservativa?, ¿cuáles son las enzimas principales del proceso?, ¿qué diferencia existe entre la cadena líder y la cadena rezagada? y ¿qué son los fragmentos de Okazaki?

Posteriormente, el trabajo se centró en la comprensión de las cadenas líder y rezagada, apoyándose en videos específicos y material complementario alojado en el EVA.

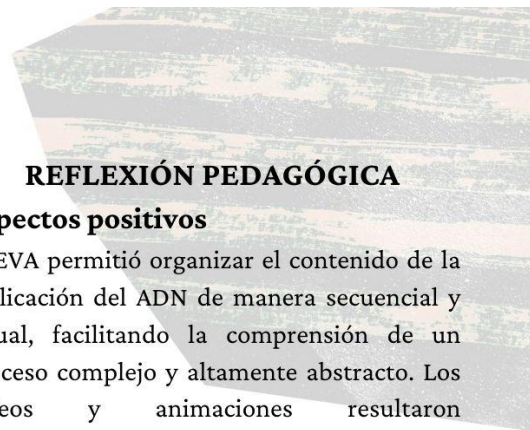
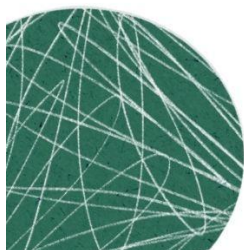




Este momento permitió profundizar en uno de los aspectos que suele generar mayor dificultad conceptual, especialmente al explicar por qué la síntesis del ADN ocurre de forma continua en una cadena y de manera discontinua en la otra. El uso de animaciones facilitó la comprensión espacial y temporal del proceso, ayudando a los estudiantes a relacionar estructura, dirección de lectura y función enzimática.

Como estrategia de afianzamiento, se propuso una actividad interactiva tipo juego, en la cual los estudiantes practicaron la secuencia del proceso de replicación, identificando correctamente las etapas y los componentes involucrados. Este espacio favoreció la participación activa y permitió que los estudiantes comprobaran sus aprendizajes de forma inmediata, corrigiendo errores y reforzando conceptos clave a medida que avanzaban en la actividad.

En la fase final de la sesión, los estudiantes consultaron un material de repaso sobre la estructura y replicación del ADN, complementado con un documento en formato PDF (doble hélice), que sintetizaba los contenidos trabajados. Como cierre evaluativo, se aplicó una evaluación en línea a través de un formulario digital, diseñada para valorar la comprensión integral del proceso de replicación. La evaluación permitió evidenciar el nivel de apropiación conceptual alcanzado y consolidó el uso del EVA como herramienta tanto formativa como evaluativa.



REFLEXIÓN PEDAGÓGICA

Aspectos positivos

El EVA permitió organizar el contenido de la replicación del ADN de manera secuencial y visual, facilitando la comprensión de un proceso complejo y altamente abstracto. Los videos y animaciones resultaron fundamentales para entender la dinámica de las cadenas líder y rezagada, así como el papel de las enzimas. Las actividades interactivas reforzaron el aprendizaje y promovieron la participación activa, mientras que la evaluación en línea brindó un cierre claro y estructurado del tema.

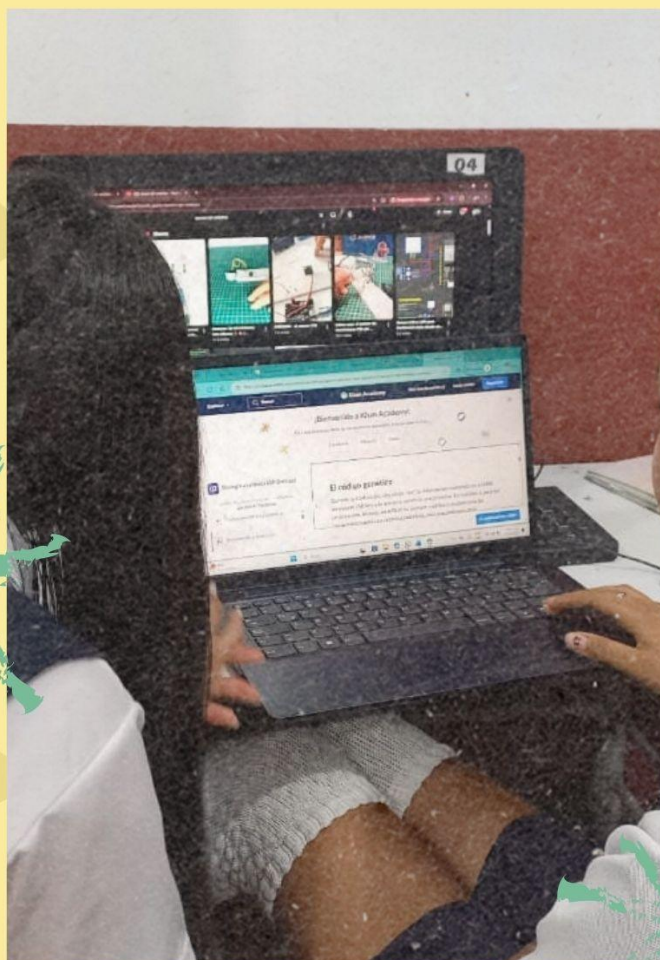
Dificultades


Algunos estudiantes manifestaron dificultad inicial para diferenciar con claridad las funciones específicas de cada enzima, así como para comprender la lógica de la síntesis discontinua en la cadena rezagada. Asimismo, el volumen de información técnica exigió pausas constantes para aclarar conceptos y verificar comprensiones antes de avanzar.

Propuestas de mejora

Se propone incorporar esquemas simplificados y analogías visuales dentro del EVA que permitan reforzar el papel de cada enzima y la secuencia del proceso. También se sugiere incluir microactividades de verificación rápida entre recursos, con el fin de asegurar la comprensión antes de pasar a la evaluación final.

Proceso de síntesis de ARN mensajero: actores y etapa pasión cuatro

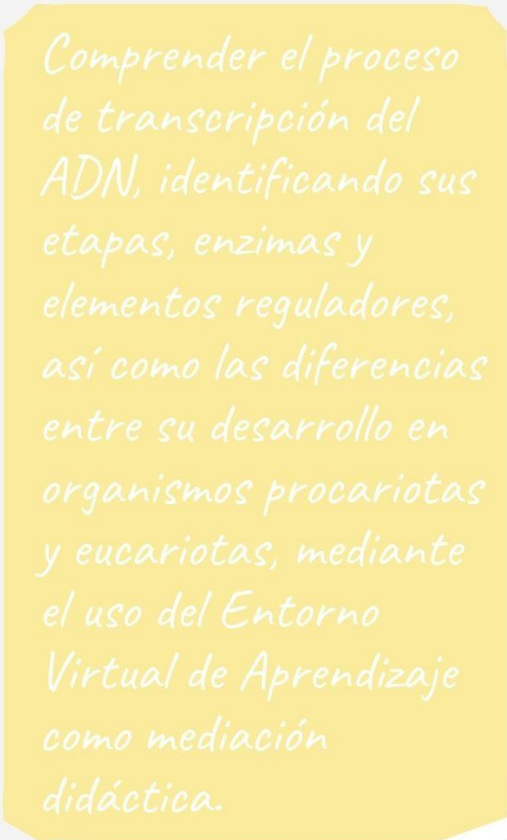




La sesión se inició con la contextualización del proceso de transcripción, retomando los aprendizajes previos relacionados con la estructura del ADN y su replicación. A través del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), se presentaron los objetivos de la jornada, orientados a comprender qué es la transcripción y por qué constituye un proceso esencial para la expresión de la información genética, así como a identificar la ARN polimerasa como enzima clave y reconocer las etapas de iniciación, elongación y terminación. Se explicó que este proceso representa el paso intermedio entre el ADN y la síntesis de proteínas, lo cual permitió conectar el tema con el llamado dogma central de la biología.

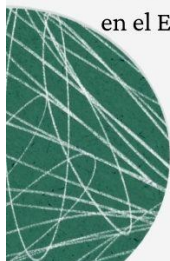
Como primer momento de exploración, los estudiantes accedieron desde el EVA a recursos audiovisuales y artículos interactivos que explicaban el proceso de transcripción y el procesamiento del ARN mensajero. Los videos permitieron visualizar de manera dinámica cómo la ARN polimerasa se une al promotor, separa la doble hélice y sintetiza una molécula de ARN complementaria a la cadena molde del ADN. Paralelamente, se solicitó a los estudiantes registrar en su cuaderno ideas clave relacionadas con la función de la transcripción, las etapas del proceso y los elementos reguladores, como promotores y terminadores, fortaleciendo así la comprensión conceptual y el hábito de sistematización del conocimiento.


Posteriormente, se abordó de forma comparativa la transcripción en procariotas y eucariotas, apoyándose en lecturas complementarias y en una actividad de construcción de una tabla comparativa alojada en el EVA.



Comprender el proceso de transcripción del ADN, identificando sus etapas, enzimas y elementos reguladores, así como las diferencias entre su desarrollo en organismos procariotas y eucariotas, mediante el uso del Entorno Virtual de Aprendizaje como mediación didáctica.

Este ejercicio permitió reconocer diferencias significativas en aspectos como la localización del proceso, la presencia o ausencia de procesamiento del ARN y la regulación génica, favoreciendo una comprensión más profunda y contextualizada del tema. La actividad propició el análisis y la organización de la información, más allá de la simple memorización de conceptos.





En un segundo momento de la sesión, se desarrollaron actividades gráficas orientadas a reforzar la secuencia del proceso de transcripción. Los estudiantes realizaron diagramas en los que debían identificar y etiquetar las tres etapas del proceso, señalando elementos como el promotor, el terminador, la ARN polimerasa, la cadena molde, la cadena no molde y la dirección de síntesis ($5' \rightarrow 3'$). Estas producciones fueron subidas posteriormente a la plataforma, lo que permitió evidenciar la comprensión visual y secuencial del proceso.

Como estrategia de afianzamiento, se propuso una actividad interactiva tipo trivía, mediante la cual los estudiantes practicaron la identificación de conceptos clave asociados a la transcripción del ADN. Este recurso favoreció un ambiente dinámico y participativo, permitiendo que los estudiantes evaluaran su propio nivel de comprensión de manera lúdica. El uso del EVA facilitó la articulación entre lectura, visualización, producción gráfica y práctica interactiva, consolidando un aprendizaje progresivo.

REFLEXIÓN PEDAGÓGICA

Aspectos positivos


El EVA permitió organizar el proceso de transcripción de manera secuencial y comprensible, integrando videos, lecturas, esquemas y actividades interactivas. La combinación de recursos audiovisuales y actividades gráficas facilitó la comprensión de un proceso abstracto, especialmente en lo relacionado con las etapas de iniciación, elongación y terminación. La comparación entre transcripción en procariontes y eucariontes promovió el análisis y la comprensión de la regulación genética en distintos tipos celulares.

Dificultades

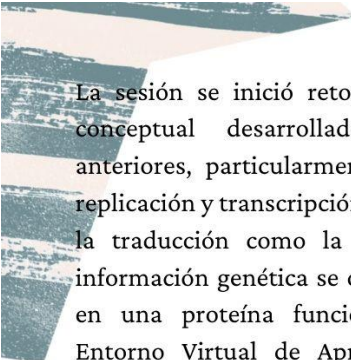
Algunos estudiantes presentaron dificultad inicial para diferenciar claramente la cadena molde de la cadena no molde, así como para identificar la dirección correcta de la síntesis del ARN. Asimismo, la cantidad de conceptos nuevos exigió pausas frecuentes para aclarar dudas y reforzar ideas clave antes de avanzar en las actividades prácticas.

Propuestas de mejora

Se sugiere reforzar el uso de esquemas simplificados y analogías visuales dentro del EVA, así como incorporar actividades breves de verificación inmediata tras cada etapa del proceso, con el fin de consolidar la comprensión antes de pasar a tareas de mayor complejidad.







La sesión se inició retomando el recorrido conceptual desarrollado en encuentros anteriores, particularmente los procesos de replicación y transcripción, con el fin de situar la traducción como la fase en la que la información genética se convierte finalmente en una proteína funcional. A través del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA), se presentaron los objetivos de la clase, centrados en comprender qué es la traducción y su importancia, identificar los actores principales del proceso —ribosomas, ARNm y ARNt— y reconocer el papel del código genético en la síntesis de proteínas.

En un primer momento de exploración conceptual, los estudiantes accedieron desde el EVA a artículos explicativos sobre el código genético, los ARNt, los ribosomas y las etapas de la traducción. Estos recursos permitieron comprender cómo los codones del ARNm contienen la información necesaria para ensamblar una secuencia específica de aminoácidos, y cómo el ARNt actúa como molécula adaptadora al reconocer los codones mediante su anticodón y transportar el aminoácido correspondiente. El acompañamiento con lecturas guiadas favoreció una comprensión más detallada de la estructura del ribosoma y de sus sitios funcionales durante el proceso de traducción. De manera simultánea, se solicitó a los estudiantes consignar en su cuaderno ideas clave relacionadas con el concepto de traducción, el funcionamiento del código genético y la interacción entre codón y anticodón. Este ejercicio permitió reforzar la organización conceptual y preparar el terreno para las actividades prácticas posteriores. A partir de ejemplos sencillos, se discutió la importancia de la secuencia correcta de codones y su relación directa con la estructura final de la proteína.

En un segundo momento, se desarrolló una actividad central de aplicación mediante la construcción de un diagrama del proceso de traducción. Los estudiantes elaboraron una representación que incluía un fragmento de ARNm con varios codones, la presencia de ARNt con sus respectivos anticodones, el ribosoma posicionado sobre el ARNm y la identificación de los aminoácidos correspondientes a cada codón, utilizando la tabla del código genético proporcionada. Esta actividad permitió integrar de manera visual y secuencial los conceptos trabajados, favoreciendo la comprensión del proceso como un sistema coordinado y dinámico.

Adicionalmente, se promovió la reflexión a partir de una pregunta problematizadora: ¿qué pasaría si se cambiara un codón? Los estudiantes analizaron las posibles consecuencias de una mutación en la secuencia del ARNm y su impacto en la proteína resultante, lo que permitió establecer relaciones entre errores en la información genética y alteraciones funcionales en los organismos. Este ejercicio fortaleció el pensamiento crítico y la comprensión de la relevancia biológica del proceso de traducción.

Como cierre de la sesión, se propuso la elaboración de una tabla resumen comparativa entre transcripción y traducción, alojada en un documento digital, con el fin de consolidar los aprendizajes y evidenciar las diferencias y relaciones entre ambos procesos. Esta actividad permitió integrar el recorrido conceptual del módulo y preparar a los estudiantes para la sesión final.

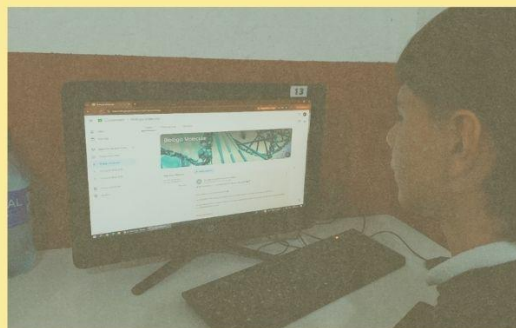


¿Curación o diseño? El dilema ético de editar nuestros genes

La sesión final se desarrolló como un espacio de debate ético, diseñado para integrar y resignificar los aprendizajes conceptuales abordados a lo largo del proceso formativo en Biología Molecular. A partir del conocimiento previo sobre ácidos nucleicos, replicación, transcripción y traducción, se planteó una pregunta orientadora que funcionó como eje de reflexión: ¿curación o diseño? El dilema ético de editar nuestros genes. Se explicó a los estudiantes que esta actividad no buscaba respuestas únicas o correctas, sino la construcción de argumentos fundamentados, respetuosos y críticos frente a una problemática real de la biología contemporánea.

Como punto de partida, los estudiantes observaron un recurso audiovisual sobre edición genética mediante CRISPR, alojado en el EVA. Posteriormente, se presentó el caso de He Jiankui, quien editó genéticamente embriones humanos con el propósito de hacerlos resistentes al VIH. A partir de este caso, se orientó el análisis mediante criterios específicos: el beneficio frente al riesgo, el consentimiento, las consecuencias intergeneracionales y la existencia de alternativas menos invasivas. Estas categorías permitieron estructurar el debate y evitar posturas superficiales o meramente opinativas.

A través de la plataforma, los estudiantes compartieron sus reflexiones de manera escrita, evidenciando un alto nivel de apropiación conceptual y ética. De forma reiterada, argumentaron que la intervención no fue ética debido a que las niñas no padecían la enfermedad,



existían métodos eficaces de prevención del VIH y los riesgos asociados a la edición genética germinal eran desconocidos y heredables. Asimismo, resaltaron que las niñas no pudieron ejercer su autonomía y que las decisiones tomadas afectarían no solo a ellas, sino a futuras generaciones.

Las respuestas también mostraron una comprensión clara de los principios bioéticos, especialmente en lo relacionado con la proporcionalidad riesgo–beneficio, el consentimiento informado y la responsabilidad científica. Algunos estudiantes profundizaron en la diferencia entre intervenciones terapéuticas y mejoras genéticas, señalando que la edición podría considerarse aceptable únicamente en casos de enfermedades graves, siempre que exista evidencia científica sólida y un marco regulatorio estricto. Otros aportes destacaron el riesgo de que estas tecnologías generen una élite genética, ampliando las desigualdades sociales si solo están disponibles para ciertos sectores económicos.

El debate permitió observar cómo los estudiantes lograron articular conocimientos científicos con reflexiones éticas, sociales y políticas, trascendiendo la memorización de procesos moleculares para comprender el impacto real de la biología en la vida humana. El EVA funcionó como un espacio seguro para la expresión de ideas, el contraste de posturas y el respeto por la diversidad de opiniones, favoreciendo una participación argumentada y reflexiva.

REFLEXIÓN PEDAGÓGICA

Aspectos positivos

El debate evidenció un alto nivel de pensamiento crítico y argumentación ética por parte de los estudiantes. La integración de un caso real permitió contextualizar los contenidos de Biología Molecular y dotarlos de sentido social. El EVA facilitó la participación equitativa, incluso de estudiantes que suelen intervenir poco en debates presenciales, permitió recoger reflexiones profundas y bien estructuradas.

Dificultades

Algunos estudiantes presentaron inicialmente dificultad para diferenciar entre edición genética con fines terapéuticos y edición con fines de mejoramiento, lo que requirió aclaraciones adicionales durante la sesión. Asimismo, la complejidad del tema demandó acompañamiento constante para evitar interpretaciones simplistas o extremas.

Propuestas de mejora

Se propone incorporar previamente un glosario ético básico dentro del EVA y ejemplos comparativos adicionales que permitan reforzar la distinción entre distintos tipos de intervención genética. También se sugiere extender el debate a un foro asincrónico complementario para profundizar aún más en las posturas y favorecer la réplica argumentada.



CONCLUSIÓN

La implementación del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) como mediación didáctica para la enseñanza de la Biología Molecular evidenció resultados significativos en la comprensión conceptual, la participación estudiantil y el desarrollo del pensamiento crítico. A lo largo de las sesiones, el EVA permitió articular contenidos tradicionalmente abstractos, como la estructura y función de los ácidos nucleicos, la replicación del ADN, la transcripción y la traducción con experiencias de aprendizaje progresivas, prácticas y contextualizadas, favoreciendo una apropiación más profunda y significativa del conocimiento científico.

Los resultados muestran que el uso combinado de recursos audiovisuales, actividades interactivas, experimentación casera, diagramación y evaluaciones en línea contribuyó a mejorar la comprensión de procesos moleculares complejos. En particular, el tránsito desde la observación directa del ADN hasta el análisis de su expresión en forma de proteínas permitió a los estudiantes construir una visión integrada del flujo de la información genética, superando enfoques fragmentados o memorísticos.

Desde el punto de vista pedagógico, el EVA se consolidó como un espacio que favoreció la participación activa, la autonomía y la autorregulación del aprendizaje. Aunque en las primeras sesiones se identificaron dificultades relacionadas con el manejo de la plataforma, estas fueron superadas progresivamente, lo que permitió optimizar el tiempo pedagógico y fortalecer la interacción estudiante–contenido. Asimismo, el entorno virtual facilitó la inclusión de estudiantes con distintos ritmos de aprendizaje, al ofrecer múltiples formas de acceso y apropiación del conocimiento.

Un resultado relevante del proceso fue el fortalecimiento del pensamiento crítico y ético, evidenciado de manera clara en la sesión final de debate sobre edición genética. Las reflexiones estudiantiles mostraron una capacidad argumentativa sólida, sustentada en conocimientos científicos y principios bioéticos, lo que demuestra que la enseñanza de la Biología Molecular puede trascender lo técnico para abordar problemáticas sociales, morales y políticas de la ciencia contemporánea. El análisis del caso de He Jiankui permitió constatar que los estudiantes no solo comprendieron los fundamentos biológicos de la edición genética, sino que también desarrollaron criterios para evaluar sus implicaciones y riesgos.