

**Universidad Nacional  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Escuela de Ciencias Biológicas  
Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias**

**Informe Escrito Final**

**Diseño de estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología indagatoria para la promoción de las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020**

**“Producción didáctica” presentada como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias**

**Keily Yahaira Mendoza Rugama**

**Campus Omar Dengo  
Heredia, 2021**

Este trabajo de graduación fue **APROBADO** por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias.

CAROLINA  
SANCHO  
BLANCO (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por CAROLINA SANCHO  
BLANCO (FIRMA)  
Fecha: 2021.05.31  
08:47:10 -06'00'

---

M.Sc. Carolina Sancho Blanco  
Representante, Decano, quién preside

ADRIANA ZUÑIGA  
MELENDEZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
ADRIANA ZUÑIGA MELENDEZ  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.06.02 10:12:28  
-06'00'

---

Dra. Adriana Zúñiga Meléndez  
Representante, Unidad Académica

JOSE MIGUEL  
PEREIRA  
CHAVES (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por JOSE MIGUEL  
PEREIRA CHAVES  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.05.31  
08:52:19 -06'00'

---

Dr. José Pereira Chaves

Tutor

MARIANELA  
NAVARRO  
CAMACHO (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
MARIANELA NAVARRO  
CAMACHO (FIRMA)  
Fecha: 2021.05.31  
15:07:00 -06'00'

---

Dra. Marianela Navarro Camacho

Asesora



---

Dr. Fabián Rojas Ramírez

Invitado especial

## Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo diseñar estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología indagatoria para la promoción de las habilidades pensamiento sistémico (PS) y apropiación de tecnologías digitales (ATD) en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono. Para ello, se realizó un diagnóstico en el cual se aplicaron cuestionarios, entrevistas semiestructuradas y test de contenido. Entre los resultados, se obtuvo que los profesores conocen el concepto y las características de la habilidad de PS mas no sus indicadores de desarrollo, contrario a la habilidad de ATD en las que sí mostraron alto conocimiento en estos tres ámbitos. Por otra parte, los docentes poseen entendimiento sobre la definición, características y aportes del enfoque STEAM. En lo que refiere a las fases de la metodología indagatoria, los docentes divergen de lo que propone el MEP en las actividades pertinentes para la reflexión-contrastación y la aplicación. En cuanto al tema de sistemas de fijación y emisión de carbono, los docentes lo perciben como de dificultad alta y mencionan una serie de desafíos en su enseñanza y aprendizaje, junto con diversos aportes que tiene para la potenciación de las habilidades de PS y ATD. En cuanto a las estrategias didácticas, se resalta que las que menos se utilizan son las aplicaciones académicas, las plataformas de programación y los juegos educativos. Además, el desarrollo que presentaron los estudiantes de la habilidad PS se encuentra mayormente en un nivel inicial, mientras que para la ATD se obtuvo un nivel intermedio. Se concluye que los docentes conocen sobre el enfoque STEAM, metodología indagatoria y los conceptos y características de las habilidades de PS y ATD, sin embargo, en la aplicación muestran confusión y falta de desarrollo de los indicadores y uso de estrategias innovadoras.

## **Agradecimientos**

Deseo agradecer a mi tutor el Dr. José Pereira Chaves por su constante apoyo en cada pequeño paso que me acercó a esta gran meta. También a mis asesores M.Ed. Irán Barrantes León y a la Dr. Marianela Navarro Camacho por sus invaluable aportes al desarrollo de mi trabajo y su guía en este arduo camino.

Agradezco a mi mamá, mis hermanos, mis amigas y amigos por su apoyo cuando el cansancio era muy grande pero el deseo de lograr mis objetivos era fuerte.

Por último, me agradezco a mí misma ya que nunca me di por vencida ante los diversos obstáculos a lo largo de mi carrera universitaria y eso requirió una fuerza de voluntad inmensa de la cual me siento orgullosa.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi mamá, hermanos, amigas, amigos, asesor, tutores y a mí misma.

# Índice

Miembros del tribunal.	2
Resumen	I
Agradecimientos	II
Índice	IV
Índice de cuadros	VIII
Índice de figuras	IX
Abreviaturas	X
Capítulo I. Introducción	1
1.1. Antecedentes	2
1.1.1. Ámbito Internacional	2
1.1.1.1. Enseñanza y aprendizaje de la Biología	2
1.1.1.2. Enfoque STEAM	3
1.1.1.3. Metodología de la indagación en Biología	4
1.1.1.4. Apropiación de tecnologías digitales	4
1.1.1.5. Pensamiento sistémico	5
1.1.1.6. Sistemas de fijación y emisión de carbono	6
1.1.2. Ámbito Nacional	7
1.1.2.1. Educación científica en Costa Rica	7
1.1.2.2. Enfoque STEAM	8
1.1.2.3. Metodología de indagación	8
1.1.2.4. Apropiación de tecnologías digitales	9
1.1.2.5. Pensamiento sistémico	10
1.1.2.6. Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas	10
1.2. Justificación	11
1.3. Planteamiento del problema	14
1.4. Objetivos	15

1.4.1. Objetivo General	15
1.4.2. Objetivos Específicos	15
Capítulo II. Marco teórico	16
2.1. Didáctica de la Biología.	16
2.1.1. Fundamentos epistemológicos	17
2.1.2. Recursos	18
2.2. Enfoque STEAM	20
2.2.1. Historia y conceptualización	20
2.2.2. Aportes a los procesos educativos	21
2.3. Metodología por indagación	23
2.3.1. Conceptualización	23
2.3.2. Fases	23
2.3.3. Estrategias	25
2.4. Habilidades de pensamiento científico	26
2.4.1. Conceptualización	26
2.4.2. Dimensiones y tipos	28
2.4.3. Pensamiento sistémico	29
2.4.4. Apropiación de tecnologías digitales.	31
2.5. Sistemas de fijación y emisión de carbono.	34
2.6. La Olimpiada Costarricense de Ciencias Biológicas	35
Capítulo III. Marco Metodológico	36
3.1. Paradigma	36
3.2. Enfoque	37
3.3. Diseño de la investigación	37
3.4. Categorías de análisis	38
3.4.1. Determinar la percepción docente	38
3.4.2. Identificar estrategias didácticas	40

3.4.3. Elaborar estrategias didácticas	41
3.5. Fuentes de información	41
3.6. Objeto de estudio	41
3.7. Población y muestra	41
3.8. Descripción de técnicas e instrumentos a utilizar	42
3.9. Criterios de validación.	43
3.10. Descripción del análisis a realizar	44
Capítulo IV. Resultados.	45
4.1. Fase I. Resultados del diagnóstico	45
4.1.1. Percepción docente	46
4.1.1.1. Percepción docente sobre la habilidad del pensamiento sistémico (PS)	46
4.1.1.2. Percepción docente sobre la habilidad apropiación de tecnologías digitales	50
4.1.1.3. Percepción docente sobre enfoque STEAM	53
4.1.1.4. Percepción docente las fases de la metodología indagatoria	57
4.1.1.5. Percepción docente sobre el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono	60
4.1.2. Estrategias didácticas	65
4.1.2.1. Estrategias didácticas implementadas en las clases de Biología	65
4.1.2.2. Estrategias didácticas para abordar los indicadores del pensamiento sistémico	69
4.1.2.3. Estrategias didácticas para abordar los indicadores de la apropiación de tecnologías digitales	73
4.1.2.4. Estrategias en el abordaje del tema sistemas de emisión- fijación de carbono	78
4.2. Fase II. Diseño didáctico	83
4.2.1. Resumen	83
4.2.2. Introducción	83



4.2.3. Hilo conductor histórico del concepto	85
4.2.4. Planificación docente	89
4.2.4.1. Respiración celular	89
4.2.4.2. Fotosíntesis	110
4.2.4.3. Ciclo del carbono y acidez de los océanos	132
4.3. Conclusiones.	153
Referencias bibliográficas.	156
Anexos.	186
Anexo 1. Matriz de congruencia	186
Anexo 2. Guía de entrevista semiestructurada.	197
Anexo 3. Cuestionario a docentes.	199
Anexo 4. Cuestionario a estudiantes.	209
Anexo 5. Test de contenido.	213
Anexo 6. Guía para la validación de los instrumentos.	219
Anexo 7. Evidencia de validación de los instrumentos.	234
Anexo 8. Rúbricas utilizadas para evaluar el desarrollo del PS y la ATD en el test de contenido.	235

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Estrategias que se propone utilizar para llevar a cabo el ciclo de indagación. ....	25
Cuadro 2. Recursos para promover la apropiación de tecnologías digitales. ....	33
Cuadro 3. Subcategorías de análisis que se desprenden de la categoría percepción docente .....	39
Cuadro 4. Subcategorías de análisis que se desprenden de la categoría estrategias didácticas .....	40
Cuadro 5. Percepción docente sobre la habilidad de apropiación de tecnologías digitales. .	50
Cuadro 6. Percepción docente para las fases de la metodología indagatoria. ....	57
Cuadro 7. Nivel de desarrollo de la habilidad de pensamiento sistémico de los estudiantes participantes en OLICOCIBI 2020. ....	70
Cuadro 8. Nivel de desarrollo de la habilidad apropiación de tecnologías digitales de los estudiantes participantes en OLICOCIBI 2020. ....	75

## Índice de figuras

Figura 1. Fases del ciclo de indagación a partir del MEP (2017).....	24
Figura 2. Descripción de las fases del ciclo indagatorio.....	24
Figura 3. Dimensiones y habilidades según MEP (2017).....	29
Figura 4. Indicadores para el desarrollo del pensamiento sistémico. ....	30
Figura 5. Indicadores para el desarrollo de la habilidad de tecnologías digitales,.....	32
Figura 6. Plan para obtener la información y desarrollar la propuesta didáctica mediante el DEXPLIS .....	38
Figura 7. Cantidad de años laborar en el ámbito educativo.....	45
Figura 8. Categoría según el MEP de los docentes encuestados .....	46
Figura 9. Percepción docente sobre la habilidad de pensamiento sistémico. ....	47
Figura 10. Percepción docente sobre el enfoque STEAM.....	54
Figura 11. Percepción docente sobre el tema sistemas de fijación y emisión de carbono....	61
Figura 12. Frecuencia en el uso de diferentes estrategias didácticas en la enseñanza de la Biología.....	66
Figura 13. Frecuencia en el uso de diferentes estrategias didácticas en el abordaje de los indicadores de la habilidad PS .....	70
Figura 14. Frecuencia en el uso de diferentes estrategias didácticas en el abordaje de los indicadores de la habilidad apropiación de tecnologías digitales .....	74
Figura 15. Estrategias didácticas que utilizan los docentes para el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión de carbono.....	79
Figura 16. Sugerencias de plataformas de diseño para elaborar posters.. ....	98
Figura 17. Plataformas para elaborar mapas conceptuales, esquemas o diagramas. ....	106
Figura 18. Programas y plataformas para editar videos. ....	108
Figura 19. Consejos para elaborar un video .....	109

## Abreviaturas

PS: Pensamiento Sistémico.

ATD: Apropiación de Tecnologías Digitales.

STEAM: Science, Technology, Engineering, Arts y Mathematics.

TIC: Tecnologías de Información y Comunicación.

MEP: Ministerio de Educación Pública.

OLICOCIBI: Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas

UD: Unidad Didáctica.

ABI: Aprendizaje Basado en Investigación.

KPSI: Knowledge and Prior Study.

IGF: Inteligencia General y Factorial.

SR: Scientific Reasoning.

ECBI: Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación.

MICITT: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones.

CONARE: Consejo Nacional de Rectores.

DEXPLOS: Diseño Exploratorio Secuencial.

CPC: Competencias de Pensamiento Científico.

TPL: Trabajos Prácticos de Laboratorio.

MIDEPLAN: Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica.

## **Capítulo I. Introducción**

En los últimos años, han ocurrido importantes transformaciones a nivel global derivadas de avances tecnológicos tales como la conectividad, la inmediatez de la información, la robótica, los procesos optimizados, los servicios inteligentes, la realidad aumentada, entre otros, lo que ha hecho que en esta primera etapa del siglo XXI haya surgido la denominada “Cuarta Revolución Industrial” o “Industria 4.0” (Val, 2016).

Lo anterior, ha generado que la forma y el contexto en el que se vive sean totalmente diferentes al siglo pasado y conlleva progresivamente al desarrollo de un estilo de vida dinámico, conectado e instantáneo (Reig, 2015). Esto, hace estrictamente necesario generar configuraciones pedagógicas específicas que permitan atender el modelo económico, político y social emergente con el propósito de responder exitosamente a estos cambios (Garcés, Garcés y Alcívar, 2016).

Es así como, a raíz de del panorama actual, surge el enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts y Mathematics) el cual busca aportar en ámbitos educativos y tecnocientíficos de los países, en especial aquellos en vías de desarrollo, al fomentar las habilidades de pensamiento científico tales como creatividad, uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y pensamiento sistémico, entre otros (Zamorano, García y Reyes, 2018).

A modo de contribuir al desarrollo del enfoque STEAM y los lineamientos que plantea el Ministerio de Educación Pública (MEP) para la enseñanza y el aprendizaje de la Biología, la presente investigación plantea diseñar estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología de indagación que potencien las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales mediante el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono, de modo que se facilite al docente herramientas novedosas y atractivas y que ello aporte a la alfabetización científica y al desarrollo tecnológico, educativo y económico del país.

## **1.1. Antecedentes**

Este apartado presenta una revisión sobre las investigaciones y programas, tanto nacionales como internacionales, relativos a varios de los subtemas con los cuales se trabajó: Enseñanza de la Biología, enfoque STEM, metodología de indagación, apropiación de las tecnologías digitales, pensamiento sistémico, sistemas de fijación y emisión de carbono, programas y cifras de STEAM en Costa Rica y Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas (OLICOCIBI). Lo anterior, se realiza con el fin de obtener insumos importantes para desarrollar la justificación, definir la pregunta problema y recolectar información para el marco teórico.

### **1.1.1. Ámbito Internacional**

#### **1.1.1.1. Enseñanza y aprendizaje de la Biología**

En primer lugar, se enfoca la revisión hacia la disciplina principal de este proyecto: la Biología y estudios referentes a su enseñanza y aprendizaje. En ese sentido, los argentinos González y Meinardi (2015) en su investigación identificaron algunos obstáculos que enfrentan los estudiantes de secundaria en el aprendizaje de la Biología y los problemas relacionados con las estrategias de mediación. Para este trabajo, se utilizó el paradigma interpretativo bajo un enfoque cualitativo y los datos se obtuvieron mediante entrevistas semiestructuradas y cuestionarios a priori y posteriori. Se concluyó que la concepción teleológica de la Biología, el razonamiento centrado en el individuo y el razonamiento causal lineal son obstáculos de las concepciones sobre la Biología, por lo que se recomienda fomentar el desarrollo de destrezas metacognitivas en los estudiantes.

Por su parte, Diaco, Bahamonde y García (2019) en Argentina, trabajaron con la Enseñanza de la Biología desde la creación de unidades didácticas (UD) cuyo objetivo fue aportar insumos a los docentes de secundaria en formación para la diversificación de su práctica. Para ello, se llevaron a cabo estrategias enfocadas en la reconstrucción y profundización de modelos evolutivos y ecológicos. Posteriormente, se realizaron metareflexiones sobre las estrategias didácticas aplicadas. Se concluyó que, a lo largo de la práctica, los participantes incrementaron su capacidad de modelización científica por medio del desarrollo argumentos teóricos cada vez más complejos. Además, los participantes

afirmaron que no era estrictamente necesario seguir un modelo educativo tradicional para enseñar y aprender Biología y que las UD poseen gran valor para orientar la práctica educativa.

Seguidamente, se tiene el estudio realizado por Sabando et al. (2017) el cual se enfocó en desarrollar estrategias para la enseñanza de la Biología mediante el uso del Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) con el fin de mejorar el desarrollo de habilidades científicas en estudiantes de Pedagogía en Biología en Chile. Para ello, el docente impartió una clase bajo el ABI y los estudiantes interpretaron y explicaron lo obtenido y plantearon conclusiones. Posterior a ello, se realizó una gira de campo. Entre las conclusiones, se tiene que trabajar bajo esta modalidad generó un mayor desempeño académico en los estudiantes y que la posición del docente como mentor a lo largo del proceso es vital para un adecuado desarrollo de las actividades.

#### **1.1.1.2. Enfoque STEAM**

En relación con el enfoque STEAM, Pyoung (2016) realizó una investigación en Corea del Sur cuyo objetivo fue crear una propuesta didáctica donde se uniera el enfoque STEAM, con la historia, la geografía y la bibliografía en el abordaje de un hecho puntual de la ciencia antigua de Corea. Para ello, el autor creó The Wheel Model donde establece pautas claras sobre cómo aplicar sus fases y medir los diferentes niveles de conocimiento según el progreso del estudiante. Este estudio, se aplicó en dos colegios con estudiantes de último año. Entre sus resultados se tiene un alto grado de satisfacción con el uso del enfoque por parte de los estudiantes. Además, una gran parte de los estudiantes se decantó por elegir carreras universitarias relacionadas con STEAM y mejoraron sus calificaciones.

Siguiendo con STEAM, se tiene la investigación en España de Almaraz y López (2018) quienes trabajaron con modelización y algoritmos. El objetivo del estudio fue generar una propuesta didáctica bajo la metodología de Context- Based Approach, mediante el software GeoGebra. Se concluye que GeoGebra puede ser utilizado para diversas situaciones que requieran modelización al brindar herramientas útiles para el dibujo técnico, también, posee un foro y un canal mediante el cual se puede compartir información sobre trabajos relacionados con este software, lo que es muy importante para la socialización de la información entre docentes.

### **1.1.1.3. Metodología de la indagación en Biología**

En relación con la metodología indagatoria en la Biología, se tiene la investigación de la argentina Fernández-Marchesi (2018), la cual estuvo enfocada en analizar las estrategias didácticas para laboratorios de Biología que proponían los libros de texto. El estudio, se llevó a cabo mediante la revisión de 53 prácticas y se utilizó la siguiente ruta: a) organización, b) categorización, c) construcción de tablas y d) análisis de los datos, inferencia e interpretación. A partir de lo anterior, se concluyó que las actividades propician muy poco la indagación, potencian escasamente las habilidades científicas y se siguen presentado de forma muy guiada, lo cual limita al estudiante, por lo que la investigadora recomienda que se desarrollen prácticas que se adecuen a las exigencias del contexto actual y a los avances en las investigaciones en la enseñanza de las ciencias.

Otro trabajo en esta línea es el de Salgado (2017) en Uruguay, quien diseñó estrategias didácticas bajo la metodología indagatoria para abordar los temas de genética y reproducción celular con dos grupos de estudiantes de segundo año de enseñanza media. Para la recolección de datos, aplicó un KPSI (Knowledge and Prior Study) y un Pre y Post Test con los contenidos a evaluar en cada unidad. Entre los resultados, se obtuvo que los jóvenes se acercaron al quehacer científico al descubrir sus aprendizajes, trabajaron de forma colaborativa, se retroalimentaron entre pares y aumentó su motivación hacia las ciencias.

### **1.1.1.4. Apropiación de tecnologías digitales**

Con respecto a la apropiación de tecnologías digitales, Domingo (2016) realizó un estudio enfocado en la evaluación de competencias STEAM posterior al aprendizaje de conceptos de programación e informática a estudiantes de secundaria en España. Se trabajó con el programa Scratch en el desarrollo de ideas y de visualización tanto gráfica como espacial y se utilizó una prueba de Inteligencia General y Factorial (IGF) para la recolección de datos. Como conclusiones, se tiene que mediante Scratch se pudo trabajar en aptitud espacial y aptitud numérica, además, algunos alumnos mejoraron su rendimiento académico y expresaron sentir una mayor motivación hacia el colegio.



Otro estudio que se centró en esta habilidad fue el realizado por Chen, Tang y Mou (2019) en China, el cual tuvo como objetivo utilizar la plataforma “The KidsProgram” para diseñar un videojuego que les permitiera solucionar una interrogante, esto, desde una educación a distancia. En este caso, se les planteó a los estudiantes la posibilidad de que un meteorito chocara con la tierra y se les consultó la forma en que se podría evitar, por lo que a partir de esta premisa debían construir su proyecto. Se concluyó que, los estudiantes lograron divulgar conocimiento, plantear y analizar problemas, diseñar interfaces, mejorar progresivamente y se autoevaluaron. Además, pudieron despejar efectivamente dudas con sus docentes en tiempo real a pesar de que la actividad se llevó a cabo con presencialidad remota.

#### **1.1.1.5. Pensamiento sistémico**

En cuanto a la habilidad de pensamiento sistémico, se tiene la investigación de los estadounidenses Koenig et al. (2019) quienes unieron la Educación STEAM con una metodología similar a la indagación y trabajaron con Razonamiento Científico (Scientific Reasoning, SR) en estudiantes universitarios. Para desarrollar el SR, se diseñaron laboratorios bajo el Karplus Learning Cycle. Lo anterior, se da por medio del uso de guías con preguntas dirigidas para que los estudiantes piensen sobre el razonamiento detrás de las decisiones y afirmaciones, lo cual apoya el desarrollo del SR y el pensamiento sistémico. De este estudio, se concluyó que el enfoque STEAM promueve el razonamiento científico y estadístico, el pensamiento sistémico, la síntesis y explicación de información y la toma de decisiones.

Por otra parte, García, Hernández y Loaiza (2015) trabajaron en el diseño de estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento sistémico con estudiantes universitarios de México en un curso de Fundamentos de Informática. Para ello, se realizó un diagnóstico del punto inicial en el que se encontraba esta habilidad tanto en el grupo experimental como en el grupo control por medio del método de niveles ordinales. Seguidamente, se dividió la mediación en dos fases: una inductiva y otra deductiva y se midió el nivel de adquisición final. Se concluye que hubo una mejoría considerable en el desarrollo del pensamiento sistémico en el grupo experimental por lo que las estrategias derivadas de la inducción-deducción son adecuadas para trabajar con esta habilidad.

#### **1.1.1.6. Sistemas de fijación y emisión de carbono**

Relativo a el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono, los colombianos Jerez-James y Narváez-Parra (2016) generaron una estrategia para la comprensión de los fundamentos de la respiración celular. Este proyecto fue desarrollado con un grupo de 34 estudiantes. Se utilizaron dispositivos electrónicos como material de apoyo en la enseñanza de la respiración celular y actividad mitocondrial mediante las técnicas de oximetría de pulso, glucometría y termometría infrarroja. Entre las conclusiones, se tiene que esta estrategia complementa el aprendizaje de los estudiantes, requiere poca inversión y favorece la potenciación del pensamiento científico.

Otro estudio relativo los sistemas de fijación y emisión de carbono, es el de los chilenos Bascur y Sepúlveda (2016) cuyo objetivo fue evaluar la efectividad del modelo de Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI) relacionado con el aprendizaje significativo, rendimiento académico y motivación en el tema de la fotosíntesis. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo de carácter experimental y se trabajó con dos grupos a los que se les aplicó la ECBI (grupo experimental) y un grupo control. Se realizaron Pre y Post test de conocimientos y motivación previos con el fin de evaluar el aprendizaje significativo. Entre las conclusiones obtenidas, se tiene que la aplicación del modelo ECBI aumenta el rendimiento académico, adicionalmente, promueve la motivación de los alumnos hacia la Biología e incrementa el aprendizaje significativo de los estudiantes.

### **1.1.2. Ámbito Nacional**

En este subapartado se trabaja en primer lugar la educación científica en Costa Rica y los actores que influyen en ella. Seguidamente, se hace una revisión de estudios y programas relativos al enfoque STEAM, la metodología por indagación, las habilidades de apropiación de tecnologías digitales y pensamiento sistémico y las OLICOCIBI. Cabe resaltar que en este apartado no se incluyen investigaciones relativas a estrategias didácticas para el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono, dado que no se encontró ningún trabajo que estuviera relacionado con el abordaje que se utiliza en esta investigación.

#### **1.1.2.1. Educación científica en Costa Rica**

En el 2017, Granados y Calvo realizaron una investigación cuyo objetivo fue indagar sobre la forma en la que se aborda la educación científica desde las políticas públicas. Lo anterior, se llevó a cabo de forma cualitativa por medio de entrevistas a profundidad con actores clave y sesiones ordinarias y extraordinarias sostenidas con Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) y el Consejo Nacional de Rectores (CONARE). A partir de la información recopilada, Granados y Calvo concluyen que existe una preocupante descoordinación y falta de cohesión entre las entidades partícipes en la toma de decisiones y la ejecución de proyectos relacionados con la educación científica, lo cual va ligado con un limitado alcance de mejoras en la educación. Lo anterior, según los autores, repercute en áreas como empleo y competitividad a nivel educativo.

Por otra parte, Retana y Vázquez (2019) abarcaron la Educación Científica mediante un análisis de las concepciones didácticas de los docentes sobre la metodología de indagación propuesta por el MEP. Se trabajó con el Diseño Exploratorio Secuencial (DEXPLOS) y el uso del Modelo de Complejidad. Como primera etapa de recolección de información, los asesores construyeron narrativas y se elaboró un registro anecdótico digital donde se completaba interrogantes relativas a la indagación. Luego, se procedió a la organización, preparación y revisión de los datos. Se concluyó que cuatro de los profesores poseen un alto arraigo al paradigma positivista y ocho están cercanos a un paradigma

constructivista, además, presentan diferentes concepciones de la metodología de indagación. Asimismo, se menciona que tener conocimiento sobre la indagación no implica que la ejecuten en sus lecciones. Por último, los autores recomiendan orientar los procesos de formación hacia las concepciones, actitudes y emociones sobre la indagación, haciendo énfasis en la naturaleza de las ciencias.

### **1.1.2.2. Enfoque STEAM**

En torno al enfoque STEAM en Costa Rica, se tiene el programa Mente en Acción de la iniciativa Ideas en Acción, el cual tiene como objetivo fomentar STEM en mujeres entre los 15 y 19 años de todo el país. Tiene una duración de 8 semanas y trabaja principalmente en áreas como emprendimiento, innovación, liderazgo, comunicación, programación y empoderamiento mediante charlas, giras a empresas, talleres y el desarrollo de una aplicación que trabaje algún problema de la actualidad (Ideas en Acción, 2020).

Por otra parte, a nivel del Gobierno Central, el Programa Estado de la Educación (2019) ha analizado las oportunidades educativas en áreas STEAM actualmente disponibles, por área del conocimiento, porcentaje de títulos de grado y posgrado otorgados y distribución de la matrícula por carreras. Derivado de la preocupación por las bajas cifras, el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) incluyó al enfoque educativo STEAM como parte del Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2019-2022 (MIDEPLAN, 2019).

### **1.1.2.3. Metodología de indagación**

En relación con la metodología de indagación, se tiene el estudio de Parra y Hernández (2019) quienes analizaron los libros de texto de Biología que utilizan los docentes para la potenciación de habilidades científicas en secundaria. Se utilizó un enfoque mixto y un diseño DEXPLOS con modalidad derivativa en la que se aplicó entrevistas a los supervisores del área de ciencias de la Dirección Regional de Heredia y cuestionarios a docentes y estudiantes. Se concluye que las estrategias de mediación que se proponen en los libros son similares a las que el MEP sugiere y son pertinentes para las etapas de focalización y exploración, pero no para la contratación y aplicación. Adicionalmente, las habilidades con las que más se trabaja son el pensamiento sistémico y crítico y la resolución de problemas.

Por su parte, Cubero, Jiménez y Quesada (2017) realizaron una investigación que tuvo como propósito diseñar estrategias didácticas y evaluativas para la promoción de las habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad e innovación en noveno año. Para recolectar la información, se aplicaron cuestionarios y entrevistas semiestructuradas. Entre las conclusiones, se tiene que la estrategia más adecuada para el desarrollo de estas habilidades son los estudios de casos, sin embargo, es la que menos aplican los docentes consultados. En cuanto a la evaluación, se encontró que los profesores incorporan actividades y procesos evaluativos que fomentan las habilidades, pero alegan que el modelo educativo actual les dificulta abordarlo como un proceso.

Otro estudio relacionado con la indagación fue el de Castillo (2017) quien diseñó actividades de mediación pedagógica para la promoción de las competencias de pensamiento científico (CPC) mediante el abordaje de los ecosistemas marino-costeros en liceos rurales ubicados en la zona del Caribe Sur de Costa Rica. Para ello, inicialmente se aplicaron dos encuestas a estudiantes y una entrevista y un grupo focal a docentes de Biología. Luego, se desarrolló una propuesta en la que se abordó el tema de ecosistemas marítimos mediante el desarrollo de CPC. Se concluyó que los docentes no hacen uso de analogías y metáforas, el razonamiento científico, la modelización y resolución de problemas, pero sí trabajan con el lenguaje científico y la argumentación.

#### **1.1.2.4. Apropiación de tecnologías digitales**

En este subapartado se tiene el estudio de Campos y Ramírez (2018) quienes analizaron los aportes de las Apps en la enseñanza de la Biología como herramientas tecnológicas para la potenciación de la responsabilidad personal y social, resolución de problemas y apropiación de tecnologías digitales en las OLICOCIBI 2017. Se trabajó con un enfoque mixto y se ejecutaron tres cuestionarios y dos grupos focales con estudiantes y docentes participantes, también, se desarrolló un trabajo virtual de cuatro semanas con una duración total de 40 horas en la que se buscaba el uso de una aplicación para el abordaje del tema ciclos biogeoquímicos. A partir de este estudio, se concluye que los recursos con mayor frecuencia de uso son el celular, redes sociales y Microsoft Office, en donde, las Apps más empleadas van relacionadas con plataformas, organizadores de información, redes sociales y almacenamiento en la nube. Por otra parte, las habilidades más

potenciadas por los docentes consultados son la apropiación de tecnologías y la resolución de problemas.

#### **1.1.2.5. Pensamiento sistémico**

Para abordar esta habilidad, Agüero (2019) en su estudio planteó como objetivo analizar la potenciación de las habilidades de pensamiento sistémico, pensamiento crítico y aprender a aprender en el III ciclo en dos colegios privados de Heredia. En su metodología, utilizó la técnica estudio de casos y aplicó cuestionarios a docentes y estudiantes. En adición a lo anterior, desarrolló una estrategia de mediación mediante el uso de los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL). Los principales resultados mostraron que a través de la técnica se logra promocionar las habilidades de interés, los profesores reconocen los aportes de la estrategia, pero expresan que no se implementa con mayor frecuencia debido a factores como el tiempo y el currículo. El autor recomienda el desarrollo de guías de laboratorio que vayan enfocadas en el incremento de habilidades y en motivar al estudiante.

#### **1.1.2.6. Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas**

Cortés y Porras (2017) analizaron los aportes a la promoción de CPC que se generan en los estudiantes durante las OLICOCIBI y las Olimpiadas Internacionales de Biología en el periodo del 2008 al 2017. Para ello, se trabajó con un enfoque cualitativo y fue un estudio de tipo fenomenológico. Los resultados se recolectaron por medio entrevistas, observaciones y grupos focales. Se concluyó que en el proceso de las olimpiadas se desarrolla pensamiento científico al promover la argumentación, la formulación de preguntas y la resolución de problemas.

## 1.2. Justificación

En la actualidad, los avances científico-tecnológicos han causado una revolución digital que se encuentra vinculada con la hiperconectividad, el desarrollo de la inteligencia artificial, la robótica, la automatización, entre otros (Val, 2016). Lo anterior, representa una serie de retos para la educación en dos áreas principales: ciencia y tecnología (Ortiz, Uribe y Segovia, 2012). Sin embargo, Aalderen y Walma (2018) exponen que aún se utiliza un modelo que no logra responder a las necesidades educativas con la misma velocidad en la que se dan los avances.

A modo de trabajar con la situación expuesta, surge el enfoque educativo STEAM, el cual busca que los estudiantes no solo posean el conocimiento científico, sino que logren integrarlo con otras áreas como tecnología, ingeniería, matemáticas y artes con el fin de desarrollar habilidades para su desempeño personal, social y económico, y que inclusive se fomente su capacidad emprendedora (Largo, Pineda y Mejía, 2017). Lo anterior, se obtiene mediante el uso de diversas estrategias y/o recursos como el uso de dispositivos móviles, la programación, campamentos, charlas con profesionales STEAM, el aprendizaje por proyectos, la animación, entre otros, que permitan al estudiante ser un sujeto activo de su aprendizaje y lo acerque a estas áreas de una forma experiencial según su contexto específico y sus necesidades (Gallego y Márquez, 2019).

Por su parte, el Gobierno de Costa Rica realiza esfuerzos que buscan mejorar y actualizar el sistema educativo. Por ejemplo, el MIDEPLAN incluye al enfoque STEAM como parte del Plan Nacional de Desarrollo e Inversión. Adicionalmente, desde el 2017, se reformularon los Programas de Estudio del MEP para Ciencias y con ello se incluyó la metodología por indagación.

No obstante, aplicar lo que indica el MEP y el MIDEPLAN, representa un cambio importante para los docentes en ejercicio, quienes en muchos casos no recibieron formación en el enfoque STEAM debido a que es sumamente reciente, además, existe la tendencia de un modelo tradicional de formación por parte de las universidades (Tyner, Gutiérrez y Torrero, 2015). En cuanto a la metodología indagatoria y el desarrollo de habilidades, Retana y Vázquez (2019) exponen que aún existen muchas dudas, incertidumbre y confusión sobre el cómo integrar estos cambios a su realidad de aula.

Debido a todos los aspectos que se han mencionado en este apartado, esta investigación busca diseñar estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología por indagación dado que poseen un fin compartido: la potenciación de habilidades de pensamiento científico, mediante el uso de recursos que plantean una ruptura en comparación con los que se trabaja tradicionalmente, lo que permite una educación que responde al contexto actual (Gallego y Márquez, 2019). Además, desde el ciclo de indagación que propone el MEP (2017) se establecen fases e indicadores que orientan la ruta a seguir para desarrollar la planificación de las estrategias didácticas y con ello promover las habilidades de interés.

En cuanto a las habilidades específicas que se desean abordar, se encuentran la apropiación de tecnologías digitales y el pensamiento sistémico. Lo anterior se fundamenta en que el pensamiento sistémico según plantea García, Hernández y Loaiza (2015) se ve fortalecido por el uso de recursos tecnológicos tales como plataformas de juegos educativos, lenguajes de programación y sitios de diseño web, por lo que integrar el desarrollo de esta habilidad en conjunto con el desarrollo de una apropiación tecnológica tiene un alto potencial. Adicionalmente, el Estado de la Educación 2017 evidencia que existe un bajo nivel de aprovechamiento de las tecnologías en las lecciones, poco uso de los laboratorios de informática y los dispositivos móviles no se emplean con frecuencia (como herramienta educativa), por lo que esta producción didáctica les otorgaría a los docentes insumos para cambiar esa situación (López y Mora, 2018).

En relación con el tema específico que se utilizará, se eligen los sistemas de fijación y emisión de carbono al ser de alta complejidad al aprender y enseñar, su pertinencia para el desarrollo de las habilidades mencionadas, y la actualidad e importancia de los subtemas que engloba (fotosíntesis, respiración celular y ciclo del carbono) tal y como lo afirman autores como Gómez, 2014; Garnica y Roa, 2012; Jerez-James y Narváez-Parra (2016) y Correa, 2015.

Por último, la investigación se realiza en el marco de las OLICOCIBI dado que este proyecto permite al investigador el acceso a una población heterogénea de docentes de Biología y estudiantes al contemplar todas las modalidades y regionales educativas del país (OLICOCIBI, 2020). Lo anterior, representa un insumo adecuado para realizar el



diagnóstico ya que contribuye a recolectar información de una gran diversidad de realidades educativas.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Como consecuencia de las necesidades y reformas que han surgido a nivel global y en la educación científica costarricense aunado a la incertidumbre de los docentes para trabajar con ello, es conveniente que las investigaciones educativas se enfoquen en generar estrategias didácticas desde el enfoque STEAM y la metodología de indagación. Para esto, se realizó una revisión teórica y recolección de datos, con profesores y estudiantes que participaron en las OLICOCIBI 2020, en los diferentes temas de interés, y a partir de ello se diseñaron estrategias didácticas, con el fin de aportar insumos que representen una contribución significativa al cuerpo docente en términos de enfoque STEAM, metodología de indagación y desarrollo de habilidades.

Para lograr lo anterior, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles estrategias didácticas relacionadas con el enfoque STEAM y la metodología de indagación, que potencian las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología indagatoria para la promoción de las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Determinar la percepción que tiene el docente sobre el enfoque STEAM, la metodología por indagación, las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales y la enseñanza y aprendizaje del tema sistemas de fijación y emisión de carbono.

Identificar con los estudiantes y los profesores las estrategias didácticas implementadas en la enseñanza y el aprendizaje de Biología y las que promueven las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono.

Elaborar estrategias didácticas que promuevan las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales, basadas en el enfoque STEAM y la metodología de indagación en la enseñanza y el aprendizaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono

## Capítulo II. Marco teórico

El siguiente apartado, abarca aspectos de la Didáctica de la Biología tales como su conceptualización, epistemología y recursos particulares. Posteriormente, se trabaja con el enfoque STEAM y la metodología indagatoria y se detallan su conceptualización y estrategias. Luego, se define el constructo de habilidad científica con el propósito de llegar a los indicadores de potenciación de pensamiento sistémico y tecnologías digitales, además, se precisan sus concepciones y características. Por otra parte, en el tema de sistemas de fijación y emisión del carbono, se resaltan las pautas que se proponen desde el MEP para su abordaje. Por último, se expone la historia, propósitos, misión y visión de las OLICOCIBI.

### 2.1. Didáctica de la Biología.

Con el fin de realizar el diseño de la producción didáctica, se procede primeramente a conceptualizar la Didáctica de la Biología. Posteriormente, se profundiza en los fundamentos epistemológicos de la disciplina. Por último, se hace una revisión de los recursos en general que se pueden utilizar.

Rassetto (2018) define la Didáctica de la Biología como la disciplina que estudia, investiga y construye aquellos conocimientos relativos al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias biológicas, además, afirma que articula los diversos aspectos que atañen a la formación del profesorado.

Por su parte, Torres, Noguera y Chacón (2017) plantean que la Didáctica de la Biología es una ciencia que proporciona los métodos y medios para trabajar con el contenido biológico mediante un abordaje que se deriva de los objetivos característicos de su enseñanza, por lo que el docente estructura, selecciona, y facilita la construcción del conocimiento biológico de una forma integral a la vez que procura la interdisciplinariedad y potencia el desarrollo de habilidades.

De lo anterior, se derivan una serie de aspectos que competen a la Didáctica de la Biología y se mencionan a continuación (Torres et al., 2017 y MEP, 2017):

- Comprender la composición del mundo a partir de su unidad material y el cómo esto lleva a la diversidad, mediante el estudio de las características basales: estructura celular, genes, metabolismo y reproducción.
- Explicar el principio de integridad de los seres vivos.
- Estudiar el origen y la evolución de la vida.
- Abordar, desde una perspectiva ontogenética, el desarrollo evolutivo de los distintos taxones.
- Analizar las causas de los fenómenos de la Biología con el fin eliminar subjetividades.
- Comprender las relaciones entre los organismos desde el concepto de sistema, así como la importancia de mantener el equilibrio en beneficio de las actuales y futuras generaciones.

### **2.1.1. Fundamentos epistemológicos**

Torres et al. (2017), exponen que desde la didáctica de la Biología resulta imprescindible conocer los fundamentos epistemológicos de las Ciencias Biológicas, por lo que en este subapartado se procede a realizar su abordaje.

Las bases epistemológicas de la Biología fueron de gran controversia dentro de las Ciencias Naturales dado que hasta principios del siglo XX se estableció como una disciplina autónoma (Albuquerque, 2016). A continuación, se describen los hechos que finalmente le otorgaron su categorización.

El primero de ellos tiene que ver con la refutación de principios como la teleología, en donde se plantea que los procesos biológicos y las entidades vivientes tienen intencionalidades y conciencia (Castro-Moreno y Orlay, 2018). En ese sentido, Castro-Moreno y Orlay (2018) exponen la teleonomía, la cual se contrapone con la teleología. Estos dos autores, utilizan como ejemplo el programa genético, quien traduce en estructuras y funciones biológicas las instrucciones codificadas, para resaltar que, lo que aparece aleatoriamente en el ADN, se vuelve necesario para los organismos. Esto, según Castro-Moreno y Orlay (2018) hace pensar que los seres vivos están dotados de un proyecto teleonómico inconsciente, donde el objeto y su objetivo no se pueden separar y la finalidad teleológica es anterior y extrínseco al objeto.

Otro suceso, fue el desacuerdo que presentaba la Biología con el pensamiento tipológico de la física, donde se sostiene la posibilidad de que todos los elementos referentes a un conjunto sean idénticos dado que se rigen bajo las leyes de la naturaleza inmutables (Tomás y Varea, 2014). En Biología, no tiene sentido afirmar que todos los individuos pertenecientes a la misma especie poseen características iguales debido a que existe una unidad que se dispone de formas muy variadas a nivel molecular (ADN) y da origen a la biodiversidad (Altamirano-Benavides y Yáñez). Como consecuencia de esto, surge el pensamiento probabilístico y poblacional y la teoría de la evolución (González, 2015).

El tercer suceso es la toma de conciencia de la singularidad de sus principios base, ya que los sistemas biológicos poseen características propias como: reproducción, organización, herencia, metabolismo y adaptación, lo que le confiere una alta complejidad a la Biología (Meloni, 2015). Con ello, inevitablemente surge la necesidad de utilizar métodos como la experimentación, la observación, la modelización y la construcción de narraciones históricas, métodos que para la Biología no se utilizaban anteriormente (Castro-Moreno y Orlay 2018).

### **2.1.2. Recursos**

Debido a la complejidad epistemológica de la Biología como ciencia y los objetivos específicos de su didáctica, posee estrategias y recursos característicos para su enseñanza (Martínez, 2015), por lo que a continuación se procede a detallar el concepto de estrategia didáctica y de recurso con el fin de profundizar en aquellos atinentes a la Biología.

Orellana (2016) define estrategia didáctica como la planificación y estructuración de actividades que se llevan a cabo con uno o varios objetivos determinados que van enfocados al desarrollo de contenidos y/o habilidades. Adicionalmente, Campusano y Díaz (2017) exponen que las estrategias deben responder a los variados estilos de aprendizaje y fomentar la autorreflexión tanto del docente como del educando.

Seguidamente, para elaborar estrategias es necesario utilizar recursos didácticos, ya que estos son “el conjunto de medios materiales que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje” (Vargas, 2017, p.69) por lo que apoyan al desarrollo de las

estrategias que construye el docente y con ello contribuyen a que se logren los objetivos propuestos (Orellana, 2016). La naturaleza de estos podrá ser física o virtual y deben motivar el interés del estudiante por los contenidos que se le presentan, además, es importante que se encuentren adecuados a las individualidades y contexto (Vargas, 2017).

Torres et al. (2017), proponen tres tipos de recursos didácticos que se utilizan en la Biología: técnicos, organizativos y tecnológicos. Entre los recursos técnicos se tienen el uso de organismos vivos o conservados ya sea que se encuentren en el aula o en algún espacio natural, el microscopio, los videos o películas, la lupa, láminas, demostraciones, análisis de noticias, maquetas, dibujos científicos y esquemas (Torres, et al. 2017).

Seguidamente, los recursos organizativos son aquellos que tendrán como objetivo facilitar las relaciones estudiante-profesor, estudiante-estudiante, estudiante-grupo y profesor-estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje, por lo que se puede trabajar de forma cooperativa o colaborativa mediante la asignación de proyectos, debates y discusiones (Martínez, 2015).

Por último, Rivero (2015) plantea el uso de recursos tecnológicos como medio para promover el razonamiento, la interpretación y la representación de procesos biológicos que resultan complejos por el grado de abstracción. Para su abordaje, se pueden utilizar simuladores, animaciones o videojuegos donde se puedan observar experimentos que de otra forma resultan altamente costosos y peligrosos, o que la obtención de resultados requiere mucho tiempo (Rivero, 2015).

## **2.2. Enfoque STEAM**

Rassetto (2017) afirma que desde la didáctica de la Biología es necesario la reflexión sobre diversos aspectos del sistema educativo tales como la escuela, el aula y los contextos socioculturales en los que se desarrolla la práctica docente. Debido a ello, y en conjunto con lo que se discutió en el apartado de justificación, se decide utilizar STEAM como enfoque para desarrollar las estrategias didácticas que se proponen en el presente trabajo, por lo que se procede a analizar diversos aspectos relacionados con este nuevo abordaje, tales como historia, conceptualización y estrategias.

### **2.2.1. Historia y conceptualización**

El enfoque educativo STEAM se concibe como “una enseñanza a través de centros de redes integrados, donde la formación es comisariada, compartida, explorada y modelada en nuevas formas de ver y ser, a través de la toma de riesgos colaborativos y la creatividad” (Domínguez et al. 2019, p.19) Bajo esta definición, Domínguez et al. presentan este enfoque como una forma novedosa y contextualizada bajo la Cuarta Revolución Industrial, donde se plantea un cambio radical en cómo se lleva a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Ruiz (2017) agrega que STEAM “persigue la integración y el desarrollo de las materias científico-técnicas y artísticas en un único marco interdisciplinar” (p. 21) por lo que se deja de lado la diferenciación histórica entre la ciencia, la tecnología, la matemática, el arte y la ingeniería y se procede a realizar una integración de estas disciplinas.

Ahora, resulta importante conocer por qué surge este enfoque y su historia para una mayor comprensión de sus fundamentos y objetivos. Primeramente, STEAM es un acrónimo para Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). Surge a finales de los años 90 a partir de estudios realizados por la National Science Foundation, los cuales revelaron que existía poco interés por parte de jóvenes estudiantes a ocupar puestos en estas áreas (Ruiz, 2017). Para solventar lo anterior, los Gobiernos de Bush y Obama reformularon los lineamientos educativos y promovieron la apertura de diversos centros de formación en STEM (Largo et al, 2017). Seguidamente, a finales de la década del 2000, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) abogaron por que se



incorporara la Ciencia, la Tecnología e Innovación en el quehacer educativo en las diferentes regiones de América con el fin de potenciar estrategias y espacios para reducir las brechas tecnológicas y sociales (Largo et al, 2017).

A partir de los motivos por los que surge este enfoque, Zamorano et al. (2018) plantean que el principal objetivo de la educación STEAM es desarrollar habilidades del siglo XXI que estimulen el crecimiento y progreso científico-tecnológico mediante una educación integral que vincule los contenidos con las experiencias de vida de los alumnos.

Dado lo anterior, el rol del docente es ser guía, facilitador y mentor, mediante la generación de un conflicto cognitivo que permita la construcción de conocimiento y la potenciación de la creatividad (Harris y Bruin, 2018).

En cuanto al papel del estudiante, debe ser totalmente activo, ya que forma parte del proceso desde el primer momento y es responsable de su propio aprendizaje, por lo que siempre está integrado en el desarrollo de las actividades (Gallego y Márquez, 2017). Además, luego de un enfoque educativo bajo STEAM se espera que el estudiante solucione problemas, sea innovador, inventor, autosuficiente, pensador lógico y haya adquirido alfabetización tecnológica (Domínguez et al, 2018).

### **2.2.2. Aportes a los procesos educativos**

El enfoque STEAM presenta diversos aportes. Estos, se encuentran directamente relacionados con la naturaleza de cada una de las áreas que la integran. Algunos de ellos se mencionan a continuación (Largo et al. 2017; Domínguez et al., 2019; Harris y Bruin, 2018):

1. Ciencia: el estudiante trabaja con la indagación científica, logra un acercamiento a la generación del conocimiento, experimenta y describe diversos fenómenos y situaciones.
2. Tecnología: se facilita el aprender haciendo y potencia el desarrollo del pensamiento sistémico. Asimismo, es un medio para idear e implementar prototipos, lo cual da paso a la innovación y optimización.

3. Ingeniería: articula el aprender haciendo con las propiedades de diversas tecnologías digitales para diseñar, construir y materializar ideas y la posterior mejora de los proyectos.
4. Artes: confiere libertad al estudiante, lo que le motiva, ya que abarca la expresión, la creatividad y la innovación por medio del trabajo con la tecnología y la ingeniería al diseñar los proyectos y enfrentar desafíos. Otro aspecto importante, es la socialización y exposición de las obras finales y la inclusión de pensamiento crítico en sus contextos al entrelazar la ciencia exacta con las ciencias sociales.
5. Matemáticas: se utiliza como una herramienta para los diferentes procesos de construcción, uso de algoritmos, modelización, medición y formulación.

Por otra parte, entre las estrategias didácticas que se pueden utilizar bajo un enfoque STEAM se tienen las siguientes (Gallego y Márquez, 2019):

- Preguntas y cuestionamientos: generan un espacio de análisis que desarrolla el pensamiento crítico y la conciencia de su entorno, lo que lleva a un proceso de constructivista del aprendizaje.
- Charlas con científicos.
- Campamentos y visitas a empresas de ciencia y tecnología.
- Desembargos científicos: consiste en actividades que se llevan a cabo mediante el acompañamiento de un científico que trabaje con investigación y un estudiante de una carrera científica.
- Programación.
- Aprendizaje Basado en Proyectos.
- Método científico: (construcción de preguntas de investigación, hipótesis, variables de investigación, resultados, análisis y conclusiones)
- Ingeniería: reconocimiento de necesidades, definición del problema, planteamiento y evaluación de alternativas, elección, comunicación e implementación de la solución, análisis y conclusiones.
- Diálogo y debates.

## **2.3. Metodología por indagación**

Luego de explicar el enfoque educativo, se dirige la revisión teórica hacia la metodología bajo la cual se van a elaborar las estrategias didácticas de esta producción. Por ello, en este subapartado se trabaja con la conceptualización, fases y estrategias de la metodología por indagación.

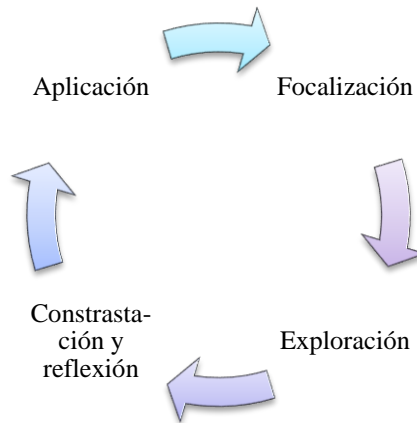
### **2.3.1. Conceptualización**

Romero-Ariza (2017) define la indagación como una actividad educativa que abarca la observación, la formulación de preguntas, la búsqueda de información, planificación y ejecución de investigaciones, contrastación de ideas, análisis e interpretación de datos, organización de respuestas, explicaciones y predicciones y la comunicación y socialización de los resultados obtenidos. Aquí es importante resaltar que la formulación de preguntas problema se plantea como el promotor del ciclo indagatorio (MEP, 2017).

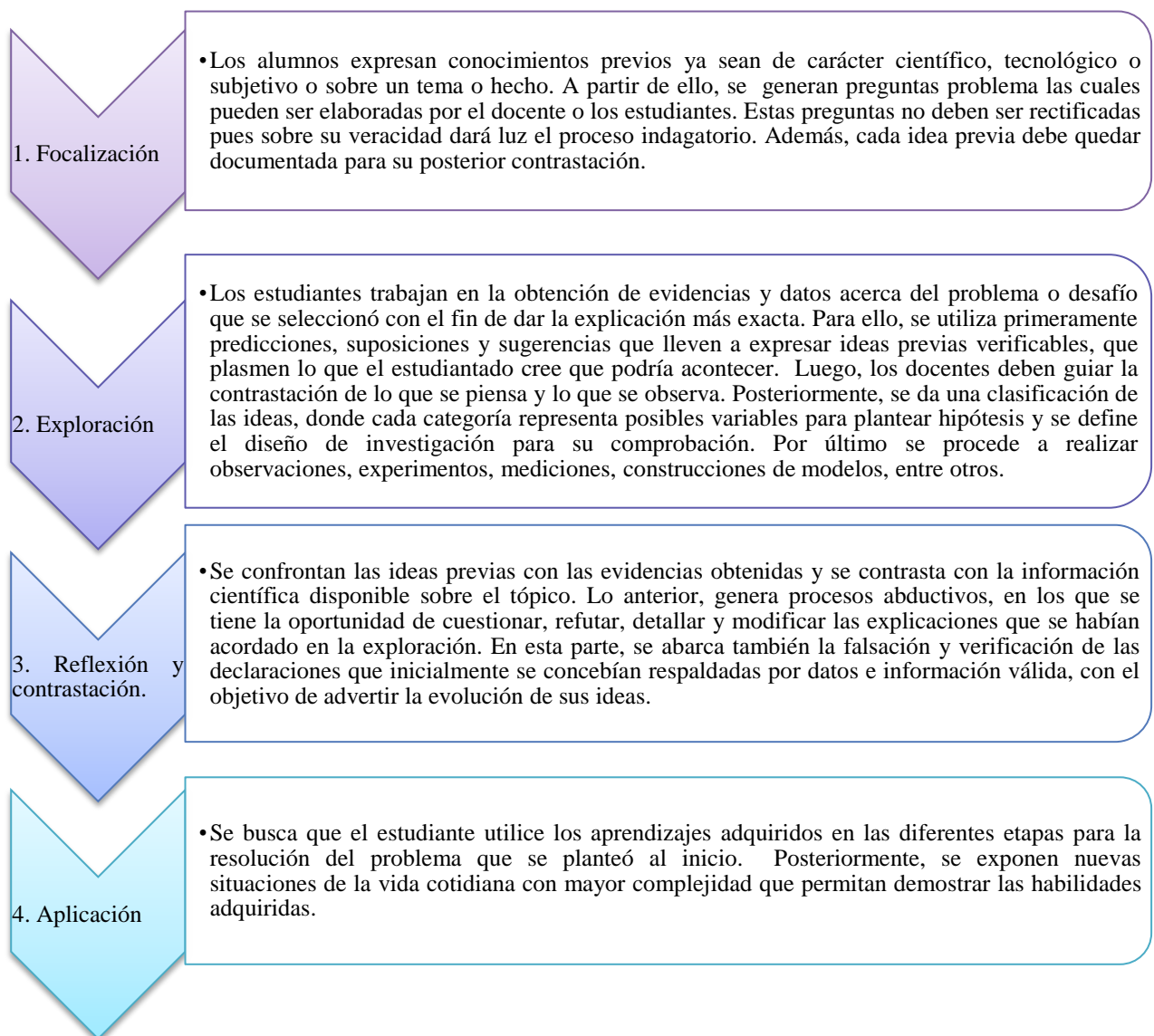
Por su parte, Calvo (2018) relaciona la metodología por indagación con “una vivencia de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en todo espacio y lugar donde se estimule la curiosidad, el asombro, el cuestionamiento permanente que permita buscar significado y comprensión del mundo que rodea al estudiantado” (p. 26). Además, el estudiante según Aramendi, Arburua y Buján (2018) es quien propone y dirige su investigación, mientras que el docente, asume una responsabilidad de autoformación para enriquecer su enseñanza ya sea mediante capacitaciones, interacción con científicos y colegas.

### **2.3.2. Fases**

La metodología indagatoria está compuesta por cuatro fases en las que se llevan a cabo diversas actividades. Estas etapas se denominan: focalización, exploración, reflexión-contrastación y aplicación (MEP, 2017). En la figura 1 se muestran las fases y su interrelación. Posteriormente, en la figura 2 se procede a describir cada fase.



**Figura 1.** Fases del ciclo de indagación a partir del MEP (2017). Elaboración propia.



**Figura 2.** Descripción de las fases del ciclo indagatorio a partir del MEP (2017); Durán y Torres, (2018) y Pérez-Villalobos, Torres-Salas, Gómez-Lépiz (2017). Elaboración propia.

### 2.3.3. Estrategias

Como se mencionó anteriormente, en el ciclo indagatorio el estudiante debe desarrollar tareas de índole científica con el fin de potenciar las diversas habilidades de interés (Aramendi et al., 2018). Con este fin, en el cuadro 1 se sintetizan algunas estrategias que proponen autores como ECBI Chile (2020); López, (2016); Lambrisca y Morales (2015); Gutiérrez y Rojas (2014) para que sean utilizadas según la fase en la que se trabaje:

**Cuadro 1.** Estrategias que se propone utilizar para llevar a cabo el ciclo de indagación.

Exposición.	<p>El estudiante presenta aspectos claves del trabajo que ha realizado hasta ese momento de forma oral.</p> <p>Se puede utilizar en la etapa de focalización con el fin de mostrar ideas previas, en la reflexión-contrastación para compartir y recibir retroalimentación de sus compañeros y la aplicación refiere al medio de socialización de los resultados obtenidos.</p>
Lluvia de ideas.	<p>Consiste en un ejercicio grupal que busca producir ideas libremente sobre un tema dado. Con ello, se busca que los estudiantes puedan desarrollar su imaginación y creatividad, ejercer su autonomía y trabajar en la resolución de problemas. Se utiliza principalmente en la focalización.</p>
Discusión.	<p>Se dirige por medio de interrogantes en el desarrollo de la clase. El objetivo es estimular la creación de soluciones innovadoras, el pensamiento crítico e hipotético - deductivo, facilita la socialización y contribuye a la expresión oral. Adicionalmente, se evalúa, analiza y sintetiza el conocimiento.</p>
Aprendizaje en grupo	<p>Favorece la cooperación, el desarrollo intelectual, la experimentación y el sentido de pertenencia. Por otra parte, promueve el autoaprendizaje de forma progresiva ya que se generan ideas que se prueban y presentan a sus pares. En este ejercicio se argumenta, debate, retroalimenta y se modifica el objeto de estudio, por lo que se enriquece la investigación.</p>
Laboratorio	<p>Son espacios en los que los estudiantes recolectan datos, experimentan, modifican sus hipótesis, definen y controlan de variables, deducen e infieren. Se busca la obtención de valores precisos y exactos en la etapa de la exploración para posteriormente ser utilizados en la reflexión-contrastación y en la aplicación.</p>
Giras de Campo	<p>Es un medio alternativo y vivencial que generara un aprendizaje significativo al permitir que el estudiante avance en sus conocimientos por medio de experiencias y bajo la guía del docente en contextos determinados fuera del aula. Es un sistema de aprender-haciendo al llevar la teoría a la práctica.</p>

Diseño y construcción.	Busca que el estudiante explore su creatividad y habilidades manuales junto con el trabajo en grupo. Entre los objetos que se pueden elaborar se tiene maquetas, afiches, panfletos, modelos y representaciones a escala. Es un recurso que se utiliza principalmente en la aplicación.
Actividades lúdicas.	Incluye juegos de mesa, adivinanzas, competencias, narraciones, dramatizaciones, obras de teatro y deporte.
Charlas con expertos en tópicos de interés.	Amplía el panorama de los estudiantes y les permite evacuar dudas y contrastar sus datos obtenidos en la exploración.

Fuente: elaboración propia a partir de ECBI Chile, 2020; López, 2016; Lambrisca y Morales, 2015; Gutiérrez y Rojas, 2014.

## 2.4. Habilidades de pensamiento científico

Dada la importancia de la potenciación de habilidades que se plantea desde la Didáctica de la Biología, el enfoque STEAM y la metodología de indagación (Torres et al. (2017); Domínguez et al. (2019) y Aramendi et al. (2018)), resulta relevante conceptualizar las habilidades científicas y profundizar en la definición del pensamiento sistémico y la apropiación de las tecnologías digitales. Lo anterior, se encuentra en los siguientes subapartados.

### 2.4.1. Conceptualización

Mora (2018) define habilidad como aquella agrupación de capacidades de un sujeto cuando realiza labores o acciones determinadas. Por su parte, Reyes-González y García-Cartagena (2014) mencionan que la definición de habilidad vincula aspectos psicológicos y pedagógicos, desde el punto de vista psicológico, se habla de operaciones y acciones, mientras que la pedagogía abarca el proceso de asimilación.

Por otra parte, Furman (2016) considera que el pensamiento científico es una forma de enfrentar al mundo, que se compone de una amalgama de factores cognitivos, sociales y afectivos como la objetividad, la apertura, la curiosidad, el asombro, el escepticismo, la cooperación y la creatividad. En ese sentido, Perilla (2018) resalta la capacidad de preguntar como el motor de las habilidades científicas, ya que con ello siempre surgen cuestionamientos sobre los misterios de la naturaleza y se fomenta el desapego a teorías ya existentes o aceptadas al buscar soluciones diferentes a los desafíos que se presentan.

El MEP, plantea en la Transformación Curricular, que las habilidades científicas “generan la construcción dinámica y multidireccional de datos, información y conocimientos, que permiten a la especie humana conocer e interactuar con su entorno de manera personal y comunitaria” (MEP, 2017, p.12). Esta concepción muestra una estrecha relación entre el contexto y la comunidad, además, se resalta la importancia de la construcción del conocimiento por parte del estudiante quien es necesariamente un sujeto activo en el proceso. Cárcel-Carrasco (2016) apoya esta afirmación al exponer que un estudiante líder de su aprendizaje adapta y actualiza sus conocimientos mediante una actitud creativa cuando se siente una ausencia de muros que lo limiten.

Con el fin de que los docentes logren desarrollar habilidades científicas en los educandos, el MEP (2015) indica que se requiere cuatro aspectos fundamentales: ambientes de aprendizaje innovadores, evaluación reflexiva y continua, capacitación y desarrollo profesional y la mediación pedagógica. Adicionalmente, el MEP (2015) propone que el planeamiento se desarrolla bajo un marco filosófico y conceptual permeado con elementos de cuatro paradigmas principales: el paradigma de la complejidad, el humanismo, el constructivismo social y el racionalismo.

El paradigma de la complejidad sostiene que los seres humanos se encuentran inmersos en un entramado económico, político y social complejo, que actúa de forma no lineal, por lo que cada situación se aborda con un enfoque interdisciplinario dada la inexistencia de una realidad absoluta (Moral, 2017). Bajo esta concepción, se busca que el estudiante desarrolle su inventiva, pueda aprender a aprender y que sea capaz de adaptarse a un entorno imprevisible (MEP, 2015).

Seguidamente, el humanismo se enfoca en el crecimiento personal y la dignidad humana, por lo que la educación bajo este paradigma tiene como objetivo abordar la emancipación, autorrealización, pensamiento crítico y libertad del estudiante y, de este modo, formar un ser solidario, creativo, racional, crítico y consciente (Sánchez, 2015). Debido a ello, el MEP (2015) plantea que la educación costarricense se debe transformar a una formación centrada en la persona y es ella quien evalúa y guía su camino a través del significado que adquiere su proceso de aprendizaje.

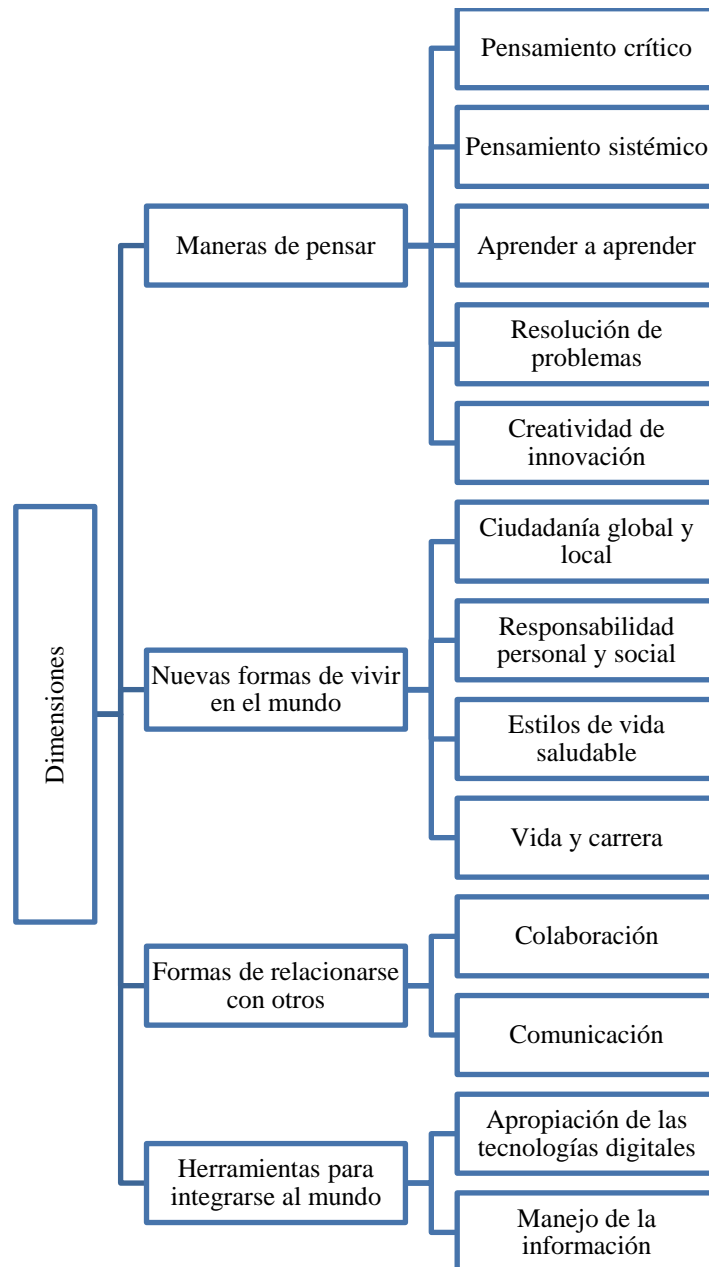
Por su parte, el constructivismo social expone que el conocimiento nace del ser humano según la forma que percibe la realidad, además, se organiza en constructos individuales, coherentes y únicos que no están gobernados por las leyes naturales, sino que se guían bajo su capacidad física y estado emocional (Ortiz, 2015). A partir de ello, la educación bajo este paradigma afirma que “solo cuando somos capaces de elaborar una representación propia y personal sobre un objeto de la realidad o contenido, puede decirse que se está aprendiendo” (Lafuente, 2014, p.23) lo cual resalta al estudiante como un sujeto activo que parte de su conocimiento previo y contexto para aprender.

Por último, del racionalismo propone a la razón como fuente del conocimiento, sin embargo, para que este pueda ser catalogado como científico debe ser falsable (Giraldo-Bedoya y García-Duque, 2019). En la práctica educativa, esta corriente filosófica promueve la interacción entre el sujeto que aprende y el medio, con el fin de que aprenda a pensar de forma racional, crítica y flexible, y acepte (o no), lo que ofrece el ambiente. Con ello, se busca formar un ser autónomo en aspectos morales e intelectuales (Figueroa, Tapia e Iglesias, 2017).

#### **2.4.2. Dimensiones y tipos**

Dado el contexto educativo costarricense en el que se construye esta investigación, son de interés las habilidades que se proponen desde el MEP en sus Transformación Curricular y en los Programas de Estudio de Ciencias. Estas habilidades se esquematizan en la Figura 3:





**Figura 3.** Dimensiones y habilidades según MEP (2017). Elaboración propia.

### 2.4.3. Pensamiento sistémico

Una de las habilidades que se proponen desde el MEP con la que se trabaja en esta investigación es el Pensamiento Sistémico, el cual según la figura 3, se encuentra en la dimensión Maneras de Pensar.

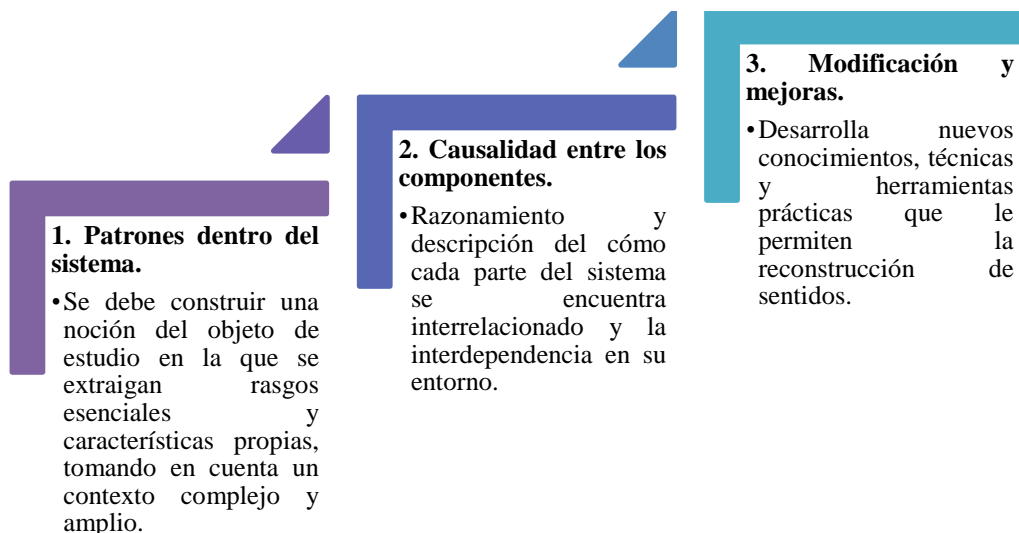
Estévez (2016) define sistema como “una jerarquía organizada en niveles, cada uno más complejo que el anterior. Su relación no se puede explicar a partir de los componentes

del nivel inferior, sencillamente porque se deriva de la interacción, y no de los componentes individuales” (p.5). A partir de esto, se puede concluir que si se elimina o modifica algún elemento existirá una afectación del sistema dado su entrelazamiento.

Adicionalmente, Escobar y González (2017) expresan que las causas y los efectos en un sistema no están estrechamente relacionados en el tiempo y el espacio, por lo que en el pensamiento sistémico se abandona la linealidad y se enfoca la situación desde forma cíclica, lo que permite comprender el cómo las causas se convierten en efectos y viceversa.

Los inicios de este tipo de pensamiento se remontan a Bertalanffy, quien en 1950 comenzó a rechazar un paradigma reduccionista para explicar los diversos fenómenos de la naturaleza y adoptó una idea de sistema, donde los elementos y su organización poseen la misma relevancia (Erazo, 2015). Con ello, Bertalanffy considera el organismo como un todo y establece como objetivo de las Ciencias Biológicas el descubrir los principios de organización en los distintos niveles de la vida (Estévez, 2016).

Dado lo anterior, el MEP (2019) plantea que, con el fin de potenciar el pensamiento sistémico, los estudiantes deben trabajar en el desarrollo de los indicadores que se resumen en la Figura 4:



**Figura 4.** Indicadores para el desarrollo del pensamiento sistémico. Elaboración propia a partir de MEP (2019).

Para redactar los indicadores de aprendizaje, el MEP (2017) recomienda utilizar los siguientes verbos: distinguir, establecer, mencionar, explicar, determinar, definir,

relacionar, citar, clarificar, valorar, puntualizar, señalar, abstraer, diferenciar, interpretar, contrastar, asociar, catalogar, representar, esquematizar e indicar. El nivel de desempeño se evalúa como inicial, intermedio y avanzado.

Por otra parte, algunos recursos que se utilizar para desarrollar el pensamiento sistémico son: construcción de ciclos causales, arquetipos sistémicos y simuladores (Valencia et al., 2015).

#### **2.4.4. Apropiación de tecnologías digitales.**

Otra de las habilidades que propone el MEP, que se abordan en este trabajo, es la Apropiación de Tecnologías Digitales de la dimensión Herramientas para Integrarse al Mundo.

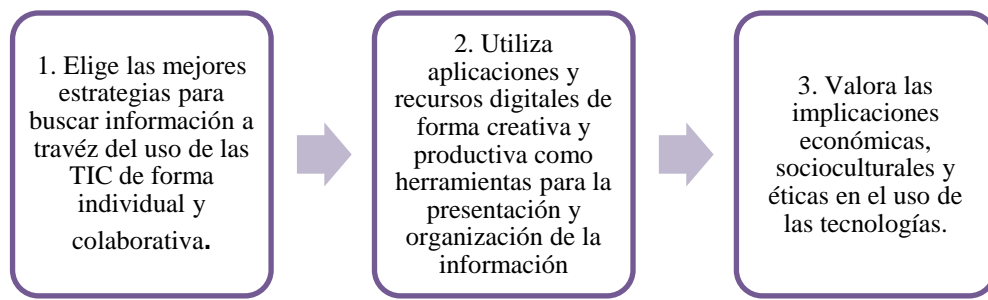
La Real Academia Española (RAE) define tecnología como un “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico” (2020, párr. 1). Por su parte, Palmas-Pérez (2018) afirma que las tecnologías digitales son aquellas que “se encargan del almacenaje de información, la automatización de problemas y respuestas y circulación de materiales” (p. 118) por lo que para aprovechar su potencial en la educación se tienen que enfocar a sus necesidades mediante diseños didácticos adecuados.

Lamschtein (2017) expone que en la práctica educativa el abordaje de las tecnologías digitales supone algunos desafíos. Uno de ellos es el alto grado de sofisticación que las convierte en fines en sí mismas, lo que hace necesario que tanto estudiantes como docentes desarrollen conocimientos y destrezas que les permita desempeñarse de forma exitosa.

Es acá donde Cruz (2019) menciona que en el contexto tecnológico actual es necesario que se fomente una cultura de apropiación de tecnologías digitales, entendiéndose esto como “el saber usar las tecnologías para comprender y aprender sobre aspectos de interés, solucionar problemas y responder a situaciones de la vida cotidiana, crear productos innovadores, conectarse y comunicarse con otros” (Fundación Omar Dengo (FOD), 2020, párr. 1)

Rivoir y Morales (2019) plantean que en la apropiación es necesario que se analice la influencia que representan las tecnologías digitales en los ámbitos de entretenimiento, alimentación, vestimenta, opinión, comunicación, educación, entre otros, para que se fomente que el usuario sea a la vez emisor y receptor de mensajes y se supere la visión de un sujeto pasivo, unidireccional y vertical al cambiar a un modelo interactivo, bidireccional y horizontal.

Por parte del MEP (2015) se propone que, para potenciar la apropiación de tecnologías digitales, el estudiante debe cumplir con los indicadores que se detallan en la figura 5:



**Figura 5.** Indicadores para el desarrollo de la habilidad de tecnologías digitales, Elaboración propia a partir de MEP (2015).

Hernández y Peñalosa (2015) y Baltodano et al. (2017), proponen una serie de recursos que se pueden utilizar para la apropiación de tecnologías digitales. Algunos se muestran en el cuadro 2:

**Cuadro 2.** Recursos para promover la apropiación de tecnologías digitales.

Recurso	Descripción
Simuladores.	Son herramientas que permiten al estudiante aprender de una forma práctica por medio de experimentos que contribuyen al descubrimiento y construcción de situaciones hipotéticas. Pueden estimular el trabajo en equipo si la situación planteada requiere discusión. Algunos simuladores son PheT, Biomodel, Falstad, EnzLab, LTspice XVII, y Molecular Workbench.
Lenguajes de programación.	Representan una herramienta vital para el desarrollo del pensamiento sistémico. Uno de los lenguajes de programación iniciales que se pueden utilizar en secundaria es Scratch. Otros son Arduino, App Inventor, Blockly, LEGO MINDSTORMS® y Python.
Expresión y diseño digital.	Contribuyen a que el estudiante aprenda a elegir y organizar información que posteriormente desee socializar. Para ello, puede utilizar una variedad de páginas y softwares como Canva, Biorend, draw.io, Mindomo, Prezi, Flourish Studio, Tiki-Toki, Tinkercad y Coggle.
Repositorios Digitales.	Espacios donde se encuentra almacenados una gran cantidad de documentos de carácter científico.
Aplicaciones.	Existe una amplia gama de aplicaciones que se encuentran dirigidas a la comunidad educativa entre las cuales se encuentra: ARMolVis, Quizizz, Kahoot!, Phyphox, Plickers, Socrative, Cell World, Physics Toolbox, Sensor Suite y Stellarium.
Plataformas de trabajo colaborativo.	Permiten que varias personas interactúen a la vez, ya sea en un documento, presentación, hoja de cálculo o diseño. Se pueden mencionar, Zoom, Google Drive, Slack, GoToMeeting, Google Hangouts, TeamViewer y Trello
Nube.	Sirve para almacenar archivos de forma que puedan ser accedidos desde diferentes dispositivos. Ejemplos de ello son Onedrive, Dropbox, Outlook y Google Drive.
Gamificación.	Algunas plataformas son Simple Machines, Class Dojo, Portal Educ@tico del MEP, Portal de juegos: Mundo Primaria, Cyber kidz.

Fuente: elaboración propia a partir de Hernández y Peñalosa (2015) y Baltodano et al. (2017).

## **2.5. Sistemas de fijación y emisión de carbono.**

El tema general que se abarca en esta producción didáctica son los sistemas de fijación y emisión de carbono. Se encuentra en los Programas de Estudio de MEP (2017) de undécimo para colegios académicos y duodécimo en colegios técnicos. Los subtemas son: ciclo del carbono, fotosíntesis y respiración celular.

Desde el MEP (2017), los ciclos biogeoquímicos se deben enseñar de tal forma que el estudiante pueda entenderlo como un sistema, por lo que cada uno estará interrelacionado y habrá que analizar y discutir sus implicaciones económicas, sociales y ambientales. Además, por medio de la indagación, se busca que los estudiantes descubran gradualmente los temas subyacentes al ciclo del carbono por lo que el joven trabaja con concepciones iniciales de la fotosíntesis y la respiración celular, y posteriormente estas ideas evolucionan mediante diferentes dinámicas y materiales que le lleven a un nivel analítico (MEP, 2017).

Por su parte, en la respiración celular y la fotosíntesis, es importante mencionar que a menudo representa un gran desafío tanto en su enseñanza como en su aprendizaje, derivado del excesivo reduccionismo que se utiliza en las aulas. Por lo anterior, Jerez-James y Narváez-Parra (2016) proponen utilizar tecnologías digitales como dispositivos médicos, entre los que mencionan: glucómetros, oxímetros de pulso y termometría infrarroja. También, en estos temas se puede dar el desarrollo de laboratorios con materiales sencillos que contribuyan a entender el mecanismo de la fotosíntesis (Gómez, 2014).

En cuanto al tema del ciclo del carbono, se recomienda formular el cómo el sistema se ve afectado por las actividades humanas y sus consecuencias, sin dejar de lado las posibles soluciones que se podrían plantear (UNESCO, 2013). Para ello, se considera que un enfoque de la educación STEAM podría aportar herramientas útiles desde cada disciplina con el fin de resolver estas situaciones adversas emergentes de una forma innovadora y contextualizada, donde el estudiante es un sujeto activo (Domínguez, et al. 2019).

## **2.6. La Olimpiada Costarricense de Ciencias Biológicas**

Dado que el presente trabajo está enfocado en diseñar estrategias didácticas para trabajar el tema de sistemas de fijación en las OLICOCIBI, se indaga sobre sus antecedentes, propósitos, visión y misión.

Las OLICOCIBI se llevan a cabo desde el año 2007 y hasta el momento han contado con 13 ediciones. Los participantes se organizan en dos categorías: A y B. En la categoría A participan estudiantes de undécimo (colegio académico) y duodécimo (colegio técnico) mientras que en la categoría B, participa sétimo, octavo, noveno y décimo. Las olimpiadas están compuestas por dos partes, la primera es un examen eliminatorio que se realiza en cada regional y la segunda es un examen final que es 80% de carácter teórico y 20% práctico (OLICOCIBI, 2020).

Entre los propósitos de las OLICOCIBI se tienen: generar habilidades científicas de carácter práctico en la fase experimental, suscitar el pensamiento crítico en relación con los avances científicos y tecnológicos de las ciencias biológicas, concientizar sobre la importancia del adecuado uso de los recursos naturales y su protección, fomentar que los estudiantes compartan su cultura durante las diferentes fases de las olimpiadas e impulsar el intercambio de experiencias en docentes con el fin de retroalimentar su metodología (OLICOCIBI, 2020).

Por otra parte, la visión de las OLICOCIBI es promover “el estudio activo, participativo y significativo de las Ciencias Biológicas a nivel de Enseñanza Media y preuniversitaria” (OLICOCIBI, 2020, párr. 1). Su naturaleza es inclusiva ya que participan instituciones privadas y públicas de las diferentes sedes del país. Además, busca promover valores entre los que se destaca la solidaridad, responsabilidad, colaboración y el respeto hacia la naturaleza. En cuanto a su misión, desea “impulsar el interés por el estudio de las Ciencias Biológicas con el fin de contribuir al desarrollo científico y tecnológico del país” (OLICOCIBI, 2020, párr. 4).

## Capítulo III. Marco Metodológico

Este capítulo presenta la metodología que se seguirá para cumplir los objetivos planteados y su fundamento. Consecuentemente, se establece el paradigma sobre el cual se enmarca la investigación, el enfoque, el diseño, las categorías, el tipo y la descripción de los instrumentos y el análisis, fuentes de información, población y muestra.

### 3.1. Paradigma

El paradigma bajo el cual se desarrolló esta investigación corresponde al interpretativo. Santos (2010) expone que este paradigma, también conocido como naturalista, busca conocer las motivaciones, percepciones y contexto del sujeto de estudio, por lo que se evalúa una realidad que se concibe como dinámica y holística. Por su parte, Vain (2012) menciona que en este paradigma “se ponen en juego dos narrativas... las que hacen los sujetos sociales acerca de sus prácticas y sus discursos y las que hacemos los investigadores a partir de lo que observamos y de lo que los sujetos nos cuentan...” (p. 40) lo que deriva en que, tanto el sujeto que se indaga como el investigador, tengan la misma relevancia en el proceso.

La elección del paradigma expuesto se fundamentó primeramente en que esta investigación se elaboró tomando en cuenta los lineamientos que propone el MEP (2017) para el desarrollo de habilidades mediante la metodología indagatoria y de la necesidad que plantea el MIDEPLAN (2019) sobre utilizar el enfoque STEAM, lo que posicionó a esta investigación en un contexto específico como propone Santos (2010). Además, a partir de las experiencias y percepciones de los sujetos de estudio y el investigador, se diseñaron estrategias didácticas que aportarán insumos prácticos a la realidad educativa, lo cual es congruente con lo que plantean Vain (2012) y Zavala (2010).

Adicionalmente, dada la complejidad epistemológica de la Didáctica de la Biología este paradigma resulta ser enriquecedor para el estudio según lo que plantean Schuster et al. (2013) cuando menciona su idoneidad para trabajar con contextos educativos complejos donde existe una gran diversidad de perspectivas.



### **3.2. Enfoque**

Para desarrollar esta investigación, se utilizó el enfoque mixto, el cual se define como “procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias)” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 534).

Entre las ventajas que representa utilizar este enfoque se tuvo: la producción de datos más variados según las diferentes técnicas utilizadas, el apoyo a la solidez de las inferencias por la cantidad de datos que se obtienen, mayor diversidad de perspectivas, gran versatilidad para analizar los datos obtenidos y los instrumentos que se utilizan son más válidos y confiables (Muñoz, 2013).

Seguidamente, se seleccionó este enfoque dado que Hernández, et al. (2014) recomiendan utilizarlo en aquellos casos que el problema, por su complejidad, necesite establecer tendencias a la vez que requiere explorar el fenómeno para profundizar en su entendimiento. Lo anterior, coincidió con lo que se plantea en los objetivos de la investigación, dado que primeramente se busca determinar la percepción de los docentes sobre el enfoque STEAM, metodología de indagación, habilidades y enseñanza y aprendizaje de sistemas de emisión y fijación de carbono (lo que requiere un tratamiento exploratorio de la información recolectada) y posteriormente se plantea identificar las estrategias de mediación pedagógica en clases de Biología y desarrollo de habilidades (lo que requiere establecer tendencias a la vez que es explorativo).

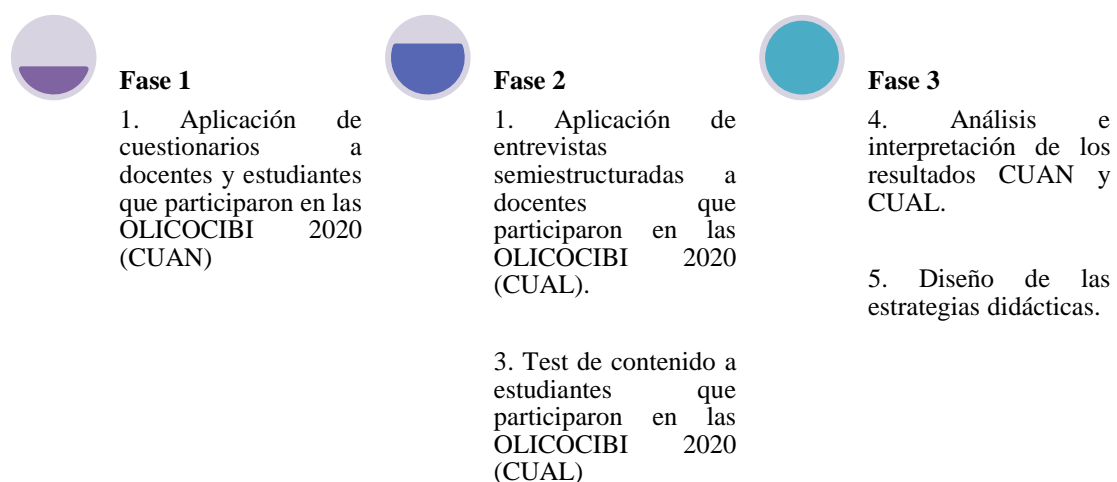
Además, otra ventaja de este enfoque es que facilitó la obtención de una mayor rigurosidad, diversidad y variedad de datos y facultó trabajar por fases de investigación (Núñez, 2017). También, permitió un análisis más completo al integrar lo cualitativo (CUAN) y cuantitativo (CUAL) mediante la triangulación de los resultados (Guelmes y Nieto, 2015).

### **3.3. Diseño de la investigación**

En esta producción didáctica se eligió el Diseño de Investigación Explicativo Secuencial (DEXPLIS), el cual consistió en realizar la recolección de datos en dos etapas,

la fase inicial puede tener un enfoque cualitativo o cuantitativo, por consiguiente, la siguiente fase será del enfoque que reste (San Martín et al., 2017). Luego, los resultados de las etapas cuantitativa y cualitativa se integraron durante la interpretación. Aquí, resulta fundamental resaltar que una etapa fortalece a la otra, por lo que ambas poseen la misma relevancia (Pereira, 2011).

En cuanto a la selección del diseño, se fundamentó en su congruencia con el paradigma investigativo según mencionan Hernández et al. (2014). Además, coincidió con lo que se plantea en el enfoque mixto de la investigación al estar determinado en fases y permitir la triangulación en el análisis e interpretación de los resultados (Guelmes y Nieto, 2015). Debido a lo descrito, esta producción didáctica, se desarrollará según las fases que se describen en la figura 6:



**Figura 6.** Plan para obtener la información y desarrollar la propuesta didáctica mediante el DEXPLIS. Elaboración propia.

### 3.4. Categorías de análisis

Para este trabajo se plantearon las siguientes categorías de análisis:

#### 3.4.1. Determinar la percepción docente

La percepción según Díaz et al. (2015) es un proceso que busca comprender de manera profunda los conocimientos de los individuos y su relación con la sociedad, mediante el abordaje de fenómenos complejos e interconectados. Para efectos de esta

investigación, interesó conocer la percepción docente en cinco subcategorías, cada una con rasgos específicos, que como se resumen en el cuadro 3:

**Cuadro 3.** Subcategorías de análisis que se desprenden de la categoría percepción docente.

Subcategoría	Rasgo
a) Percepción docente sobre la habilidad del pensamiento sistémico (PS).	Percepción docente sobre la conceptualización del PS.
	Percepción docente sobre las características del PS.
	Percepción docente sobre los indicadores PS: - Patrones dentro del sistema. - Causalidad entre los componentes del sistema. - Modificación y mejora del sistema.
b) Percepción docente sobre la habilidad apropiación de tecnologías digitales.	Percepción docente sobre la conceptualización de la apropiación de tecnologías digitales.
	Percepción docente sobre las características de la apropiación de tecnologías digitales
	Percepción docente sobre los indicadores de la apropiación de tecnologías digitales: - Búsqueda de información. - Uso de recursos digitales. - Valorar implicaciones.
c) Percepción docente sobre el enfoque STEAM.	Percepción docente sobre la conceptualización del enfoque STEAM.
	Percepción docente sobre las características del enfoque STEAM.
	Percepción docente sobre los aportes del enfoque STEAM.
d) Percepción docente sobre las fases de la metodología indagatoria.	Percepción docente sobre la focalización.
	Percepción docente sobre la exploración.
	Percepción docente sobre la reflexión-contrastación.

	Percepción docente sobre la aplicación.
e) Percepción docente sobre el tema sistema de fijación y emisión de carbono.	Percepción docente sobre la complejidad del tema sistema de fijación y emisión de carbono
	Percepción docente sobre los desafíos que representa en su enseñanza el tema sistema de fijación y emisión de carbono
	Percepción docente sobre los aportes del tema sistema de fijación y emisión de carbono

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.2. Identificar estrategias didácticas

Por estrategias didácticas se entiende aquella planificación y estructuración de actividades que se llevan a cabo con uno o varios objetivos determinados que van enfocados al desarrollo de contenidos y/o habilidades (Orellana, 2016). Asimismo, Campusano y Díaz (2017) exponen que las estrategias deben responder y potenciar a los variados estilos de aprendizaje y fomentar la autorreflexión tanto del docente como del educando. En este trabajo, se buscó identificar las estrategias didácticas según las subcategorías y rasgos que se presentan en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Subcategorías de análisis que se desprenden de la categoría estrategias didácticas

Subcategorías	Rasgos
a) Estrategias didácticas implementadas en las clases de Biología.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lluvias de ideas.</li> <li>- Giras de campo.</li> <li>- Laboratorios.</li> <li>- Esquemas.</li> <li>- Debates.</li> <li>- Exposiciones.</li> </ul>
b) Estrategias didácticas para abordar los indicadores del pensamiento sistémico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Patrones dentro del sistema.</li> <li>- Causalidad entre los componentes del sistema.</li> <li>- Modificación y mejora del sistema.</li> </ul>
c) Estrategias didácticas para abordar los indicadores de la apropiación de tecnologías digitales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda de información.</li> <li>- Uso de recursos digitales.</li> <li>- Valorar implicaciones.</li> </ul>
d) Estrategias en el abordaje del tema sistemas de emisión- fijación de carbono.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotosíntesis.</li> <li>- Respiración celular.</li> <li>- Ciclo del carbono.</li> <li>- Acidificación de los océanos.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### **3.4.3. Elaborar estrategias didácticas**

Esta categoría se va a abordar a partir de los resultados obtenidos del diagnóstico con la primera y segunda categoría anteriormente descritas, en conjunto con los planteamientos del MEP en el Programa de Estudio de Biología y los fundamentos teóricos de STEAM.

### **3.5. Fuentes de información**

Como parte del diagnóstico, para esta producción didáctica se plantearon como fuentes de información a los docentes y los estudiantes que participan en las OLICOCIBI 2020. Las técnicas de recolección de datos corresponden a encuesta, entrevista semiestructurada y test de contenido.

### **3.6. Objeto de estudio**

El objeto de estudio de esta investigación fueron las estrategias didácticas que se utilizan para abordar el tema: sistemas de fijación y emisión de carbono y que buscan potenciar las habilidades de pensamiento sistémico y tecnologías digitales. Lo anterior se lleva a cabo en bajo un enfoque educativo STEAM y mediante la metodología de indagación en las OLICOCIBI 2020.

### **3.7. Población y muestra**

La población estuvo compuesta por 45 docentes de Biología y 400 estudiantes que participan en la categoría A de las OLICOCIBI. Según el reglamento de OLICOCIBI, los participantes fueron docentes y estudiantes que pertenecían a instituciones ya sea públicas o privadas, colegios técnicos o académicos, cualquier modalidad y, al ser la categoría A, del nivel undécimo o duodécimo.

Debido a la situación de emergencia que se vivió con el COVID-19, la edición de las OLICOCIBI para el 2020, presentó una reestructuración que afectó el nivel de participación estudiantil. Lo anterior, ocasionó que la selección de la muestra de estudiantes y profesores se realizara de forma aleatoria (tipo probabilístico) entendiendo esto como “cada unidad o caso de la población tiene la misma e independiente probabilidad u

oportunidad de ser elegido para la muestra” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 567) mediante el programa Csurvey.

La muestra, fue de 281 de estudiantes inscritos en las OLICOCIBI que se encontraron distribuidos en todas las sedes regionales que inscribieron participantes. En cuanto a los profesores se tuvo una muestra de 17. Para ambos grupos, los instrumentos se aplicaron de forma virtual debido a la situación de emergencia sanitaria derivada del COVID-19.

### **3.8. Descripción de técnicas e instrumentos a utilizar**

En este trabajo, se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos para la recolección de la información: entrevista semiestructurada, cuestionario y test de contenido. A continuación, se procede a explicar el concepto de cada uno, sus objetivos, la muestra que se utilizó y la distribución de preguntas.

La entrevista semiestructurada, la cual se aplicó mediante la plataforma Zoom a 17 profesores participantes de las OLICOCIBI, previa coordinación con los encargados del proyecto y los propios docentes (anexo 2). Este instrumento, consistió en una conversación enfocada en ciertos temas específicos, pero al mismo tiempo brindó la oportunidad de profundizar en aspectos emergentes que fueron de interés para la investigación. Adicionalmente, se utilizó para abarcar aspectos cualitativos de un estudio (Díaz et al, 2013). Entre los objetivos propios se encontró determinar la percepción docente sobre el tema sistemas de fijación y emisión de carbono (4 preguntas). Luego, se identificaron las estrategias didácticas que utiliza el docente en la enseñanza y el aprendizaje de la Biología (1 pregunta) y aquellas que potencian el pensamiento sistémico y la apropiación de tecnologías digitales (4 preguntas).

En segundo lugar, se encontró el cuestionario (anexos 3 y 4), el cual fue aplicado mediante Formularios de Google debido a la situación sanitaria derivada del COVID-19. Su aplicación se coordinó con los organizadores del proyecto de OLICOCIBI y los estudiantes y profesores participantes del mismo. En cuanto a su conceptualización, según Meneses (2016), un cuestionario es un instrumento que permite al investigador plantear una serie de interrogantes con el fin de recolectar información estructurada sobre una muestra de

personas. Además, es de corte cuantitativo y en su análisis se busca describir aspectos relativos a la muestra que se aplique y/o contrastar de forma estadística relaciones que se visibilicen entre las medidas de interés.

Siguiendo con lo anterior, en esta propuesta el cuestionario se utilizó para determinar la percepción de los docentes sobre: el pensamiento sistémico (10 preguntas), la apropiación de tecnologías digitales (7 preguntas), enfoque STEAM (3 preguntas) y la metodología por indagación (8 preguntas), también, para identificar las estrategias didácticas para la enseñanza y el aprendizaje implementadas en la clase de Biología en general (8 preguntas estudiantes, 8 docentes) y aquellas específicas para abordar el pensamiento sistémico (3 preguntas estudiantes, 3 docentes) y la apropiación de las tecnologías digitales (9 preguntas estudiantes, 9 docentes). La muestra correspondió a 17 profesores de Biología y 281 estudiantes que participaron en las OLICOCIBI 2020.

Como tercer elemento, se aplicó un test de contenido (anexo 5) mediante Formularios de Google debido a la situación sanitaria actual derivada del COVID-19. La International Test Commission (2014) define test como un procedimiento o método estandarizado, cuyo objetivo es evaluar diferencias relativas a habilidades, competencias y aptitudes de los sujetos de investigación mediante el uso de preguntas vinculadas a un tema en específico. Para este proyecto, se trabajó con tres casos, los primeros dos son relativos a la habilidad de pensamiento sistémico y el tercero a la apropiación de tecnologías digitales. Con esto, se pretendió determinar el nivel de desarrollo de las habilidades mediante las estrategias que han utilizado los docentes. Se aplicó a 147 estudiantes que participaron en las OLICOCIBI 2020.

### **3.9. Criterios de validación.**

Los instrumentos elaborados se enviaron a validar por tres especialistas. Para ello, se utilizó una matriz de evaluación con los con los siguientes criterios (anexo 6 y 7):

- Pertinencia del contenido de los enunciados.
- Contextualización de las preguntas a la población meta.
- Claridad de las preguntas.
- Relación con la teoría.
- Coherencia con los objetivos de investigación y sus categorías de análisis.

Las observaciones se consideraron para la mejora del instrumento.

### **3.10. Descripción del análisis a realizar**

En este subapartado, se procede a indicar la forma en la que se analizaron los diferentes instrumentos anteriormente mencionados.

En el caso de la entrevista semiestructurada, se agrupó la información en tablas y se acomodaron en categorías según las respuestas que más se repitieron. Luego, por medio de una figura se incluyeron aquellos aspectos más sobresalientes de las respuestas y se analizaron a la luz de la teoría del marco teórico y/o fuentes adicionales.

Por su parte, los cuestionarios aplicados a docentes y estudiantes se trabajaron mediante un análisis descriptivo con el uso de gráficos, figuras y tablas de frecuencias, de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación. Además, se realizó una contrastación respecto a los datos que brindaron los docentes y los estudiantes sobre las estrategias didácticas implementadas en clase.

Por otro lado, para el test de contenido se analizaron mediante una rúbrica (anexo 8) cuyo fin fue determinar el nivel de desarrollo del pensamiento sistémico y la apropiación de tecnologías digitales que adquirieron los estudiantes por medio de las estrategias de enseñanza y aprendizaje que utilizaron los docentes. Posteriormente, se contrastaron los datos obtenidos en los cuestionarios y entrevista para establecer puntos de encuentro o desviaciones según sea el caso.



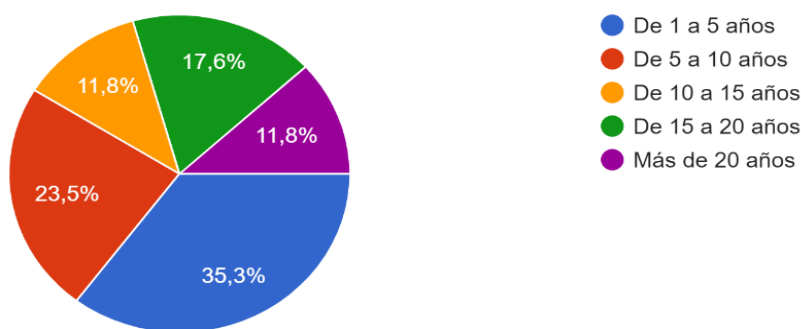
## Capítulo IV. Resultados.

### 4.1. Fase I. Resultados del diagnóstico

En el siguiente apartado se presentan los resultados que se obtuvieron al aplicar los instrumentos de recolección de datos a personas estudiantes y docentes participantes en las OLICOCIBI 2020, los cuales se agruparon según los objetivos planteados en sus respectivas categorías de análisis. Los mismos se ordenan mediante tablas de frecuencia, figuras y cuadros con el uso de estadística descriptiva.

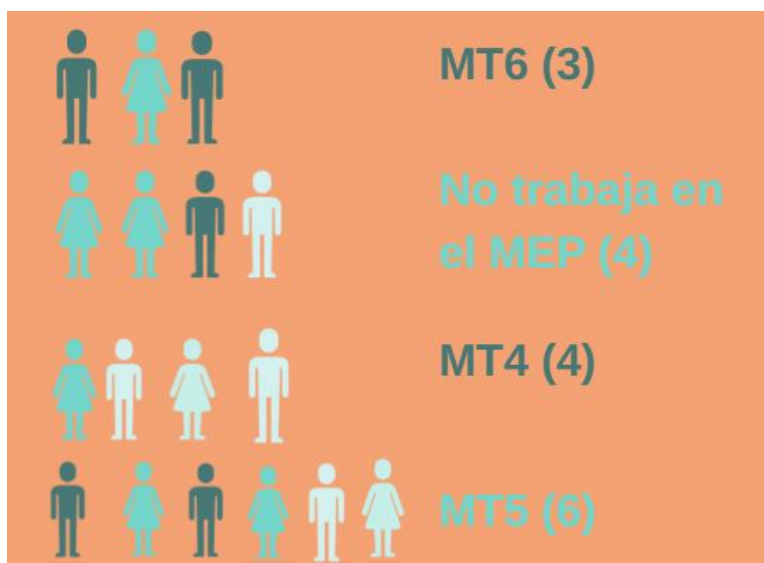
A continuación, se hace una descripción general de los docentes que participaron en esta investigación.

De los 17 docentes que participaron en la investigación el 41.2% tenía el grado académico de Bachillerato, mientras que 41.2% posee Licenciatura y un 17.6% Maestría. En la figura 7 se presenta la relación con el tiempo laborado en el MEP, dándose que el mayor porcentaje que participó en la investigación tenía menos de 10 años de ser profesores, mientras que la minoría indicó haber comenzado a laborar hace 10 o más años.



**Figura 7.** Cantidad de años laborar en el ámbito educativo. Elaboración propia a partir de cuestionario docente (n= 17), 2020.

Por otra parte, en las categorías que poseen las personas docentes según el MEP, predominan las que tienen MT5 según se muestra en la figura 8:

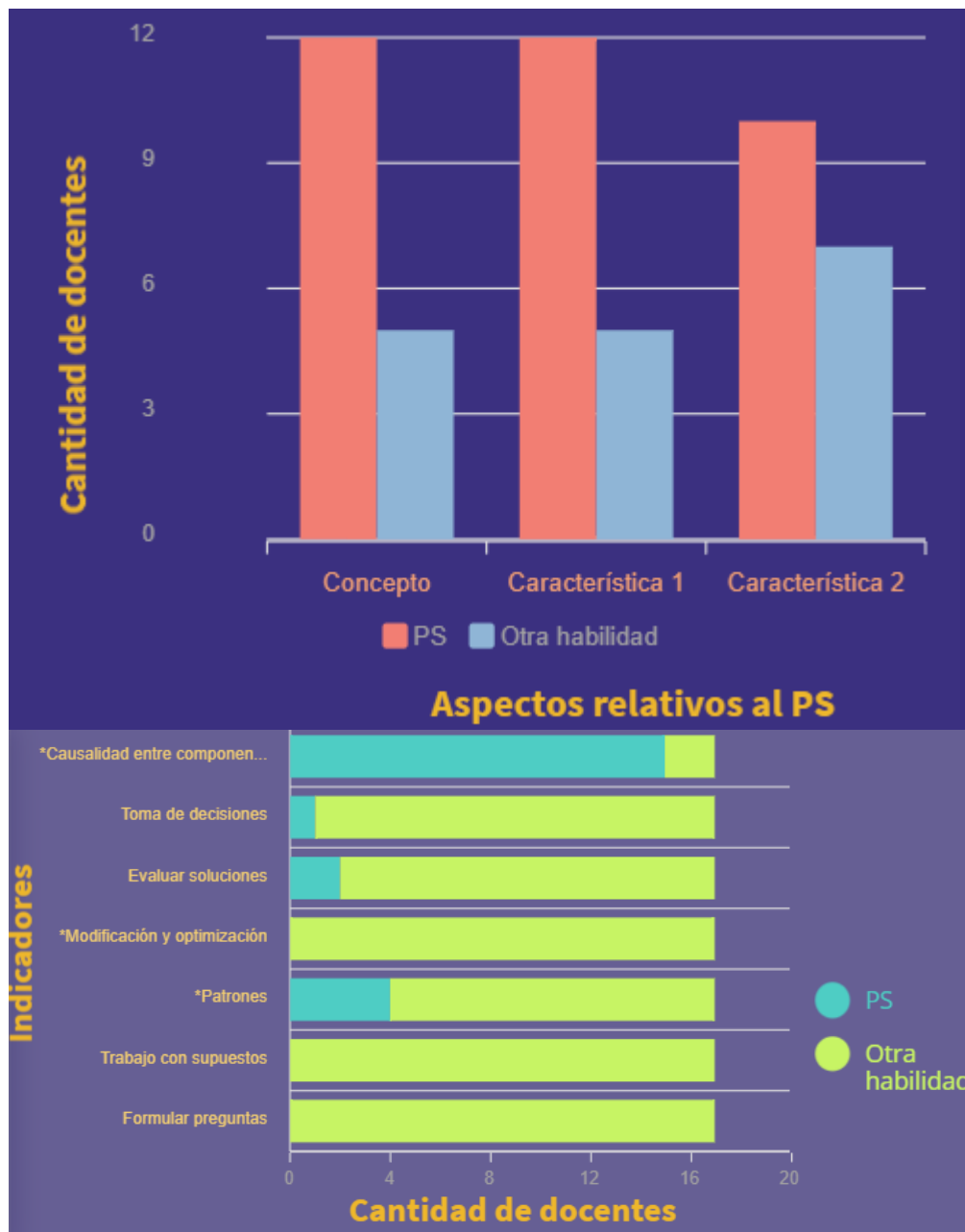


**Figura 8.** Categoría según el MEP de los docentes encuestados. Elaboración propia a partir de cuestionario (n= 17), 2020.

#### 4.1.1. Percepción docente

##### 4.1.1.1. Percepción docente sobre la habilidad del pensamiento sistémico (PS)

Los datos obtenidos sobre la percepción docente en relación con la conceptualización, caracterización e indicadores relacionados con la habilidad pensamiento sistémico se muestran en la figura 9, el cual se construyó a partir del asocio que realizaban los docentes de aspectos relacionados con habilidades científicas (concepto, características e indicadores) con las diversas habilidades de la dimensión Maneras de Pensar del MEP. La columna que se denomina “otra habilidad” refiere a una habilidad diferente al PS con el que se relacionó el enunciado.



**Figura 9.** Percepción docente sobre la habilidad de pensamiento sistémico.

\* Estos indicadores corresponden al PS.

Fuente: elaboración propia a partir del cuestionario aplicado a docentes (n=17), 2020.

De los resultados que se muestran en la figura 9, se pudo observar que la mayoría de los docentes tienen conocimiento sobre el concepto de la habilidad de PS, el cual refiere a una visión de la realidad interrelacionada e interconectada donde interesa el estudio de las

interacciones entre los componentes de un sistema. Además, la mayor parte identifica las características propias del PS donde se destacan la noción del cómo aporta cada elemento a un sistema junto con los ciclos en los que se conforman.

En relación con lo anterior, se puede establecer que los docentes al conocer las características y el concepto del PS tienen la posibilidad de diseñar unidades didácticas que busquen la potenciación de la habilidad. Esto es relevante en la enseñanza y aprendizaje de la Biología debido a que un buen desarrollo del PS genera estudiantes con la capacidad de comprender el cómo los contenidos biológicos se encuentran interconectados y son parte de un sistema, además, de qué forma se pueden realizar modificaciones para obtener mayor eficacia y eficiencia en los procesos, lo que remite a la potenciación de las habilidades de pensamiento científico.

Por otro lado, resulta importante para el desarrollo de las lecciones que los docentes reconozcan el concepto y las características que posee el PS ya que de esta forma se establece la posibilidad de elaborar actividades que respondan a los paradigmas que permean los programas del MEP, como el de la complejidad, el cual plantea la importancia de que el ser humano entienda su papel en el entramado global de aspectos económicos, educativos y sociales cuyo abordaje debe ser interdisciplinario y sistémico. Otro paradigma del MEP que los profesores podrían trabajar al conocer sobre el PS es el constructivismo social, ya que fomenta la organización del conocimiento en constructos individuales que son parte de un sistema. Sobre lo anterior, la investigación de Muñoz (2015) concuerda en que la potenciación en las clases de la habilidad del PS permite al docente modelar futuras situaciones de enseñanza y aprendizaje que respondan al constructivismo.

Adicionalmente, según los resultados se puede observar que los docentes comprenden el nivel de complejidad que tiene el desarrollo del PS ya que reconocen la característica del PS que refiere al abandono de la causalidad-linealidad, lo cual denota un profesional que comprende la esencia de la visión sistemática. En ese sentido, un posible factor que influye en que los docentes expresen esta concepción es el nivel de formación universitaria en el desarrollo de habilidades científicas para la enseñanza de las ciencias. Lo

anterior, concuerda con lo que plantea Rivera (2017) quien menciona que actualmente desde las universidades se forman profesores con conocimiento en el concepto del PS, dado que una pedagogía basada en este tipo de pensamiento genera profesionales con cualidades como: pensamiento crítico, creatividad e innovación e integridad.

Otro aspecto importante que se puede inferir de los datos obtenidos es que entre los profesores consultados hay una alta profesionalización docente, ya que reconocen las características y el concepto del PS a pesar de que es una habilidad de pensamiento científico que ha sido incorporada recientemente en los programas del MEP. Lo anterior, alude a un docente que ha tenido interés en informarse sobre la actualidad y los avances del contexto educativo con miras a mejorar su práctica dado que la formación universitaria de profesores anterior al cambio de metodología pudo no incluir nociones sobre el desarrollo de habilidades científicas como fin de la mediación pedagógica. En ese sentido, Domingo (2019) coincide, ya que afirma que el desarrollo del PS es parte del proceso de profesionalización del educador, donde impera la búsqueda de una actualización y mejora continua de su quehacer según los diferentes factores que se interrelacionan en su entorno áulico.

En cuanto a los indicadores de desarrollo del PS, los profesores los relacionaron con otras habilidades, en el caso de los que referían a patrones dentro del sistema y a la modificación y optimización del objeto de estudio, no obstante, clasificaron correctamente el de causalidad entre los componentes. Una razón para que se haya dado este resultado, es que estos indicadores se proponen en el 2017, en conjunto con cambios de metodología, paradigmas, fundamentos, entre otros, de los programas del MEP, por lo que solo han transcurrido dos años desde su implementación. Debido a lo anterior, algunos docentes se podrían encontrar en transición de una mediación pedagógica basada en contenidos a una que se enfoca en potenciar habilidades, lo cual requiere de capacitaciones y exploración de literatura que brinde las herramientas para elaborar las estrategias didácticas pertinentes. Sobre esto, autores como Hernández, et al. (2018) concuerdan en que los docentes pueden tener diferentes dificultades para adaptarse a las reformas que ocurren en el ámbito educativo.

#### 4.1.1.2. Percepción docente sobre la apropiación de tecnologías digitales

Con base en los datos obtenidos sobre la percepción docente en relación con la conceptualización, caracterización e indicadores relacionados con la apropiación de tecnologías digitales, se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 5:

**Cuadro 5.** Percepción docente sobre la habilidad de apropiación de tecnologías digitales.

Rasgos	Aspectos relacionados con la apropiación de tecnologías digitales.	ED	DA
Concepto	1. Generan, almacenan y procesan datos.	1	16
	2. Poseen un alto grado de sofisticación que las convierte en fines en sí mismas, lo que hace necesario que los estudiantes desarrollen conocimientos y destrezas que les permita desempeñarse de forma exitosa.	3	14
Características	*3. Se puede considerar que existe una apropiación con solo que los estudiantes sean capaces de utilizar las herramientas tecnológicas.	12	5
	*4. La tecnología no tiene implicaciones en aspectos sociales, económicos, culturales e individuales.	15	2
Indicadores	5. Buscan que el estudiante pueda elegir las mejores estrategias para obtener información de forma individual y colaborativa.	1	16
	*6. El uso de las aplicaciones y recursos se enfoca solo en presentar y organizar la información de forma creativa.	15	2
	7. Se valoran las implicaciones éticas del uso de la tecnología.	4	13

**ED:** en desacuerdo    **DA:** de acuerdo

\*Refieren erróneamente a aspectos de la habilidad de apropiación de tecnologías digitales.

Fuente: elaboración propia a partir del cuestionario aplicado a docentes (n=17), 2020.

Según el cuadro 5 casi la totalidad de los docentes estuvo de acuerdo con el concepto que se les presentó, en el que una apropiación de la tecnología hace que se pueda generar, almacenar y procesar datos. Por otra parte, la mayoría se mostró de acuerdo con la característica que refería a su alto nivel de sofisticación y a la necesidad de adquirir

conocimientos y destrezas para su uso. En cuanto a las características erróneas que se les mostraron, la gran parte expresó estar en desacuerdo con que la apropiación se reducía a que los estudiantes tuvieran la capacidad de utilizar tecnologías digitales sin que hubiese de por medio la creación o una interacción más cercana con estas herramientas.

En relación con los indicadores erróneos, la mayoría se mostró totalmente en desacuerdo con que la tecnología no tuviera implicaciones culturales, sociales, económicas e individuales. Asimismo, se mostraron mayormente en desacuerdo con afirmar que las aplicaciones y recursos se enfocarán en presentar la información como fin último. Por otra parte, para los indicadores acertados, la persona docente manifestó que estaban de acuerdo en que la apropiación se desarrollaba mediante estrategias para buscar información tanto grupal como individual, además, estuvieron de acuerdo con que la habilidad valora el componente ético.

A partir de lo anterior, se puede inferir que la mayoría de los docentes consultados conocen el concepto de la habilidad apropiación de tecnologías digitales, donde se resalta la capacidad de procesamiento y presentación de la información que se debe potenciar en el estudiante. Asimismo, los profesores identifican las características de la apropiación tecnológica, como lo es la necesidad de que se desarrollen conocimientos y destrezas específicas dada la complejidad intrínseca que posee la habilidad. En cuanto a los indicadores de desarrollo de la ATD, existe claridad en que se propician la búsqueda de información en fuentes confiables, el uso de las herramientas tecnológicas para trabajar la creatividad y presentar la información y la importancia de las implicaciones éticas del uso de la tecnología.

Con el fin de analizar los resultados anteriores, es oportuno partir de la realidad actual, donde las prácticas educativas han sufrido transformaciones radicales provenientes del contexto político, económico, tecnológico, científico y social. Esto ha ocasionado que los docentes reinventen su práctica educativa para poder adecuarse a las necesidades emergentes, por lo que han tenido que aprender sobre el concepto y las características de la ATD. Es así como, el nivel de conocimiento de la ATD se podría adjudicar a la

profesionalización docente como se realizó en el caso del PS, pero también a las reformas en el diario vivir tanto de profesores como de educandos. Sobre esto, la investigación de Viñals y Cuenca (2016) concuerda, ya que afirma que las modificaciones que se han dado a raíz de la tecnología han cambiado la forma en la que se lleva a cabo el proceso educativo y ha exigido a los docentes que adquieran conocimiento tanto teórico como práctico de las tecnologías digitales.

Adicionalmente, el conocimiento de los docentes sobre el concepto y las características de la ATG es de suma importancia para que la mediación pedagógica se enfoque en potenciar esta habilidad, dado que posibilita que el docente elabore estrategias didácticas que utilicen herramientas pertinentes para que los estudiantes puedan tener una interacción cercana y vivencial con la tecnología y se dé una verdadera apropiación tecnológica y no solo su uso indiscriminado. En este sentido, la investigación de Valverde (2015) concuerda en que los modelos pedagógicos universitarios emergentes promueven que los profesores posean un alto nivel de conocimiento y destrezas en tecnologías digitales que les permitan diseñar prácticas educativas innovadoras que potencien la ATD donde el estudiante sea un sujeto activo y el docente un mentor-guía.

En relación con los indicadores, se pudo observar que los docentes tienen claro que para desarrollar la ATD se debe propiciar que el estudiante presente de forma creativa la información y que valore las implicaciones éticas del uso de la tecnología. Esto se puede analizar a la luz de que, para que exista una apropiación, el alumno tiene que ser capaz de identificar cuáles herramientas tecnológicas le facilitan la exposición de la información de tal forma que sea lo más clara, concisa, atractiva y completa posible debido a que, si no sería una simple transmisión de conocimiento, sin adquisición de la ATD por parte del discente. Esto es coherente con lo que proponen Rivoir y Morales (2019) quienes afirman que para que se dé una apropiación de la tecnología auténtica, es crucial que se estudie de una forma holística y sistematizada, tal que permita al sujeto ser receptor a la vez que emisor de contenido con una visión crítica, ética, creativa e innovadora.



Lo expuesto anteriormente, si bien se apoya con los resultados del cuestionario, donde fue evidente el conocimiento de los docentes en el concepto, características e indicadores de la apropiación de las tecnologías digitales, no es congruente con varias investigaciones que realizaron otros autores, como Cruz (2019), Paredes-Parada (2019) y Venegas-Ramos, Luzardo y Pereira (2020) quienes resaltan que aún muchos docentes no cuentan con la apropiación de tecnologías digitales necesaria para que puedan utilizarlas de una forma innovadora en sus lecciones. En ese sentido, Venegas-Ramos et al, afirman que esto se debe a que existe “bajo conocimiento de la aplicación didáctica de estas tecnologías y a una escueta formación vinculada a las mismas” (p. 14). A partir de lo anterior, se puede vislumbrar que entre instituciones podría existir desigualdad en el ámbito del uso de las tecnologías digitales para la educación, y de ser el caso, indicaría que aún hay trabajo por realizar en el acceso universal.

#### **4.1.1.3. Percepción docente sobre enfoque STEAM**

A modo de sintetizar los datos obtenidos en relación con la percepción docente sobre el enfoque STEAM, se agrupan en definición, características y aportes al estudiante, los cuales se muestran en la figura 10:

## DEFINICIÓN

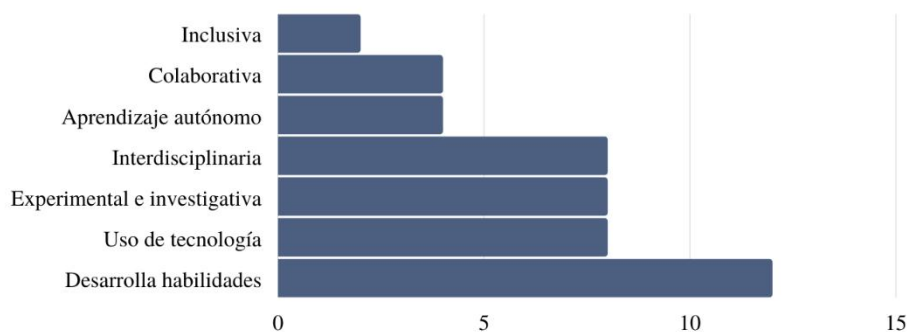
- Se basa en usar la tecnología en el entorno educativo (2)
- Integración y articulación de las disciplinas: ciencia, tecnología, matemáticas e ingeniería (9)
- Busca el desarrollo de habilidades (5)
- Métodos que propician conocimientos (1)
- Integración y articulación de las disciplinas: ciencia, tecnología, matemáticas, ingeniería y artes (5)
- Educación en ciencia, tecnología y matemática (1)

## APORTES AL ESTUDIANTE



- Desarrollo de habilidades para la vida (8)
- Formación de estudiantes críticos con una perspectiva amplia de su entorno (3)
- Educación para responder al contexto actual (2)
- Acerca a situaciones de la vida real (2)
- Promoción del interés investigativo y por carreras científicas (2)
- Construcción de conocimiento (3)
- Interés por la ciencia (3)

## CARACTERÍSTICAS



\*Nota: los números entre paréntesis refieren a las veces que un docente mencionó el dato mostrado.

**Figura 10.** Percepción docente sobre el enfoque STEAM. Elaboración propia a partir del cuestionario aplicado a docentes (n=17), 2020.

Según se observa en la figura 10, los docentes manifestaron tener conocimiento sobre la definición del enfoque STEM y en menor medida en enfoque STEAM. Esta afirmación, se fundamenta en que nueve de los profesores (la mayoría) lo relacionaron con

la articulación e integración de las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas, pero solo cinco docentes incluyeron al arte, lo cual no es acertado con las siglas en inglés que significan Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas)

En relación con lo anterior, resulta vital resaltar la menor inclusión del arte en STEAM. Lo anterior pudo ocurrir dado que STEAM en sus inicios se conocía como STEM, por lo que algunos profesores podrían tener esta concepción previa del constructo. En relación con esto, la investigación de Marr (2020) concuerda, ya que menciona que el Arte fue agregado al acrónimo original de STEM dada la necesidad de incorporar esta disciplina para fomentar la creatividad e innovación en los estudiantes, por lo que los docentes aún se están adaptando a este nuevo término.

Seguidamente, la otra afirmación que utilizaron cinco para definir a STEAM fue “...desarrolla habilidades...” lo cual, si bien es parte de este enfoque, pertenece más a una característica u objetivo que a su definición propiamente ya que resultaría más preciso expresar que STEAM es la integración y armonización de las disciplinas ya mencionadas. En ese sentido, Zamorano et al. (2017) coincide, ya que plantea que el principal objetivo del enfoque refiere a la potenciación de habilidades para enfrentar el presente y el futuro.

A pesar de que la mayoría de los educadores brindó una visión acertada del concepto de STEAM, una minoría expresó algunas afirmaciones que no resultan adecuadas. Por ejemplo, dos docentes afirmaron que “se basa en usar la tecnología en el entorno educativo”, lo cual sería realizar una reducción muy grande de todo lo que representa STEAM al estar dejando por fuera la ciencia, el arte, la matemática y la ingeniería cuyos aportes son imprescindibles para la constitución del concepto. Esta concepción errada de STEAM ha sido evidente en otras investigaciones como la de Porras (2019), quien entre sus resultados resaltó que STEAM se suele asociar con el uso de equipos tecnológicos como computadoras y robots únicamente, sin embargo, resalta que los dispositivos tecnológicos son solo una parte de los recursos que se pueden utilizar, por lo que por sí solo no es representativo.

En relación con los aportes que representa este enfoque para los estudiantes, los docentes expresaron una serie de contribuciones, entre las que se destacó el desarrollo de habilidades para la vida, educación contextualizada, fomento del interés por carreras científicas y el acercamiento a situaciones reales. Según lo anterior, STEAM supondría una herramienta sustancial para desarrollar estrategias didácticas que estén enfocadas en la potenciación del pensamiento científico, por lo que sería pertinente trabajar bajo este enfoque para seguir los lineamientos que propone el MEP en las diferentes etapas de la metodología indagatoria, como por ejemplo la aplicación, en la que los estudiantes utilizan los aprendizajes adquiridos para enfrentarse a una situación de su contexto más compleja. Otro aporte sería en la promoción de la habilidad de ATD ya que STEAM representa una educación que se desarrolla bajo el contexto digital actual y que utiliza la tecnología como un medio para la construcción y la socialización del conocimiento (Harris y Bruin, 2018).

En cuanto a las características de STEAM, el desarrollo de habilidades como pensamiento crítico, aprender a aprender, pensamiento sistémico, creatividad e innovación y resolución de problemas, fue la respuesta más frecuente. Según lo anterior, se puede observar que en general hay claridad de los rasgos diferenciadores de este enfoque, ya que se reconoce la importancia que posee para el desarrollo de habilidades científicas que le aporten al estudiante en ámbitos tanto personales como profesionales. Estos resultados, concuerdan con lo que exponen en su trabajo Higuera, Guzmán y Rojas (2019) en cuanto a STEAM como potenciador de habilidades del siglo XXI que les permita a los alumnos ser partícipes de un contexto complejo que exige habilidades que mediante un enfoque tradicionalista no se podrían desarrollar.

Otras cualidades de STEAM que resaltaron los docentes en el apartado de las características, fueron la interdisciplinariedad, la autonomía, el uso de medios tecnológicos, la colaboración, la inclusividad, experimentación e investigación. Estas son propias de todas las áreas que conforman STEAM por lo que se puede observar que los docentes tienen amplio conocimiento, sin embargo, se dejó de lado un aspecto importante: su aplicabilidad, es decir, el carácter práctico, ya que se busca que los estudiantes realicen

proyectos tangibles mediante el uso de los diversos recursos que ofrecen todas las áreas (en especial desde la ingeniería y las artes). Lo expuesto anteriormente, concuerda con lo que mencionan Prolongo y Pinto (2019) en su investigación ya que hacen énfasis en que STEAM busca la aplicación práctica del conocimiento en la resolución de problemas de la vida real.

#### 4.1.1.4. Percepción docente las fases de la metodología indagatoria

Para establecer la percepción docente en relación con las fases de la metodología indagatoria se les presentó una serie de actividades y se les solicitaba que las clasificaran en la etapa del ciclo indagatorio, en la cual sería más pertinente utilizarlas. Dichos resultados se presentan en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Percepción docente para las fases de la metodología indagatoria.

Rasgos	Actividad	Fases			
		F	E	R	A
Focalización	1. En forma individual el estudiante aporta una representación esquemática del ciclo del carbono según su percepción e incluye el cómo cree que están relacionadas la fotosíntesis y la respiración celular.	7	1	5	4
	2. Se les consulta a los estudiantes que han escuchado sobre el calentamiento global y el cómo está relacionado con las actividades humanas.	13	2	2	0
Exploración	3. Una planta que se encuentra totalmente cubierta por agua se somete a diferentes intensidades de luz para observar la relación de estas dos variables.	3	10	4	0
	4. Con el fin de abordar la respiración anaeróbica, se le agrega a tubos de ensayo diferentes cantidades de levadura y diversos tipos de azúcares, sin olvidar plantear al inicio una hipótesis que se enfoque en establecer una relación entre el tipo y concentración del carbohidrato con la tasa de fermentación.	1	10	2	4

Reflexión- contrastación	5. Se muestran gráficos del calentamiento global donde se observa la relación del CO <sub>2</sub> y la temperatura a lo largo de la historia.	4	6	5	2
	6. Un grupo de estudiantes expone sus hallazgos sobre la forma en que los corales se ven afectados por el aumento de la temperatura en los océanos.	2	3	4	8
Aplicación	7. Los estudiantes crean una huerta en la que deben decidir cuáles son las mejores condiciones para el crecimiento de las plantas.	1	5	0	11
	8. Después de participar en una gira de campo, se construye posibles soluciones a los problemas ambientales que se hayan observado.	0	0	9	8

\*F: focalización E: exploración R: reflexión-contrastación A: aplicación.

Fuente: elaboración propia a partir del cuestionario aplicado a docentes (n=17), 2020.

De acuerdo con el cuadro 6 las actividades que los docentes perciben que están más relacionadas con la focalización son: elaboración de representaciones esquemáticas y preguntas sobre el conocimiento previo de los estudiantes. En ese sentido, los esquemas resultan ser una herramienta que permite que el estudiante exprese su bagaje teórico sobre algún tópico desde sus experiencias personales, además, si se combina la elaboración de este recurso en conjunto con el uso de la tecnología, podría ser un insumo para el desarrollo del segundo indicador de la habilidad ATP. Por otro lado, los resultados anteriores concuerdan con lo que se plantea desde el MEP (2017) y con otros autores como ECBI Chile (2020) quienes proponen que en esta fase es de sumo interés indagar sobre qué saben los alumnos acerca de un tema con el fin de poder elaborar la pregunta problema del ciclo indagatorio. Además, Contreras, Martí y Senrra (2019) mencionan que en la focalización el docente puede utilizar la discusión de gráficos o esquemas para que los estudiantes estructuren y externen sus ideas.

En cuanto a la etapa de exploración, los docentes también lo relacionaron de forma correcta con lo que se expone desde el MEP, ya que expresaron que se puede trabajar con prácticas de laboratorio, demostraciones y planteo de hipótesis. Se puede observar que estas tres actividades son altamente recomendadas para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, por lo que, para esta fase, el diseño de estrategias didácticas utilizando estas herramientas podría resultar muy favorecedor para el proceso de enseñanza

y aprendizaje bajo esta metodología. En relación con esto, la investigación Tineo (2018) afirma que el planteo de hipótesis es una actividad crucial, ya que podrán hacer su respectiva contrastación en la etapa siguiente y se potencian habilidades como pensamiento crítico, pensamiento sistémico, aprender a aprender y creatividad e innovación, además, aumenta su nivel de conocimiento y vocabulario científico.

En relación con la reflexión-contrastación, la percepción de los docentes fue acertada sobre la primera afirmación que refería al uso de gráficos en esta fase para mostrar relaciones entre variables. Sobre esto, utilizar gráficos aparte de ser un insumo relevante en esta etapa, se puede ver que su objetivo es mostrar dependencias o tendencias entre elementos, lo cual podría ser una herramienta efectiva para desarrollar el indicador del PS relacionado con la causalidad de los componentes del sistema. En ese sentido, las investigaciones de Garcés (2017) y Brandi (2016) concuerdan ya que plantea que en esta etapa se utilizan gráficos, tablas o figuras para que los estudiantes recolecten y organicen sus datos y que posteriormente sean contrastados con los que encuentren en otras investigaciones con el fin de analizar el comportamiento del fenómeno de estudio y establecer puntos de encuentro o desencuentro.

En cuanto a exponer y discutir los hallazgos con los compañeros de clase, los docentes lo relacionaron más con la fase de aplicación, por lo que no coincide con lo que plantea el MEP (2017) cuando afirma que el compartir y analizar los resultados obtenidos con la clase es propio de la reflexión-contrastación. Ante esto se puede inferir que existe confusión por parte de los docentes sobre el tipo de actividad que se debe realizar para alcanzar los objetivos de ambas fases ya que no se comprende que el fin último del ciclo indagatorio (según la descripción del MEP) es que los estudiantes sean capaces de enfrentarse a situaciones más desafiantes que la pregunta problema inicial, por lo que solo mostrar y analizar los datos no estaría culminando con la indagación y sería propio de una etapa penúltima del ciclo.

Adicionalmente, cabe resaltar que la afirmación más relacionada con la reflexión-contrastación fue la relativa a construcción de soluciones, la cual para el MEP (2017) sería

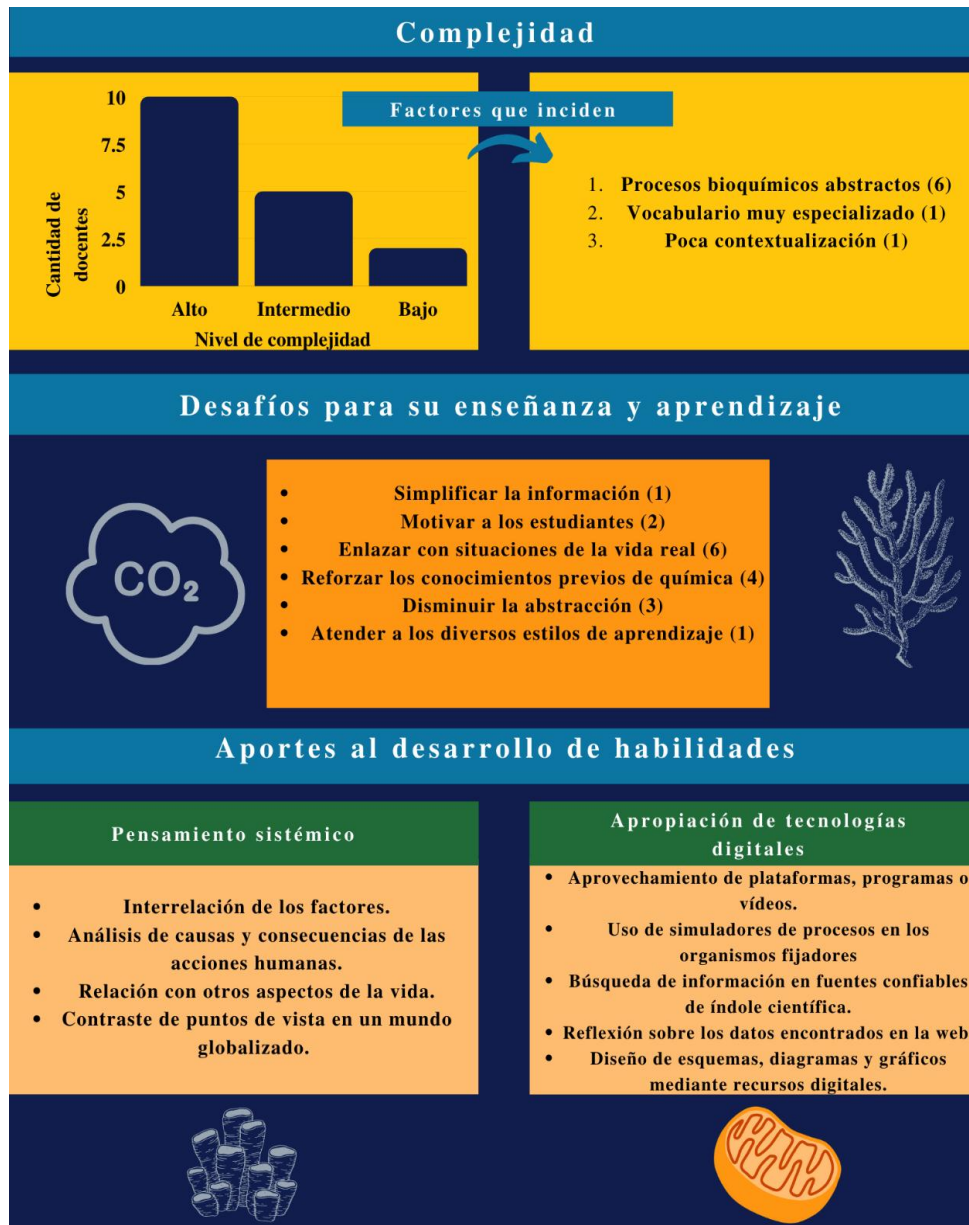
atinente a la aplicación como se analizó anteriormente. Sin embargo, Chimbo y Pintado (2016) en su investigación difieren, y plantean que en la reflexión los estudiantes pueden generar nuevas indagaciones a partir de sus hallazgos y plantear novedosas maneras de investigar para obtener resultados con mayor claridad y/o de forma más eficiente, lo que contribuiría a la resolver una problemática observada en una etapa posterior.

En cuanto a la aplicación, los docentes seleccionaron los enunciados que referían a la creación de huertas mediante criterios técnicos y construcción de soluciones. Lo anterior, coincide con lo que propone el MEP ya que se plantea un nivel de desarrollo de habilidades científicas tal que faculta al estudiante para demostrar un pensamiento autónomo fundamentado en la experiencia y habilidades adquiridas a lo largo de la indagación. Autores como Martí y Senrra (2019) apoyan esto cuando afirman que en esta etapa se pone en práctica todo el conocimiento y las habilidades que se obtuvieron a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje bajo esta metodología, donde deben atender un problema y utilizar criterios científicos avanzados para llegar a soluciones creativas.

#### **4.1.1.5. Percepción docente sobre el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono**

Respecto a este punto, los principales hallazgos fueron organizados considerando la complejidad (nivel y factores que incidían), los desafíos para su enseñanza y aprendizaje y los aportes al desarrollo de las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales del tema sistemas de fijación y emisión de carbono. Los datos obtenidos, se presentan en la figura 11:





**Figura 11.** Percepción docente sobre el tema sistemas de fijación y emisión de carbono. Elaborado a partir de entrevista semiestructurada a docentes (n = 17), 2020.

Según la figura 10 los docentes consideraron que el nivel de complejidad de los tópicos relativos a los sistemas de fijación y emisión de carbono era alto. Entre los factores que inciden, se destacaron los procesos biológicos abstractos y poca contextualización.

Ante lo anterior, es importante resaltar que muchas veces en las lecciones de Biología, se pierde la noción de sistema, debido a que los contenidos se muestran como

aislados, sin embargo, separar los temas puede ocasionar que los estudiantes tengan dificultad para comprenderlos al aumentar su abstracción. Esto concuerda con lo descrito por Afanador y Mosquera (2016) quienes plantean que uno de los problemas para el aprendizaje de la fotosíntesis y la respiración celular es “la amplitud de temas descontextualizados y desarticulados, que recaen en uso indiscriminado del libro de texto como transposición de ciencia ...” (p. 5). Esta cita evidencia que también simplificar la información hace que sea más complejo el aprendizaje para el estudiante ya que se eliminan detalles cruciales, por ejemplo, la explicación de los procesos bioquímicos. No obstante, entrar en mucha profundidad sobre el tema tampoco favorecerá al alumno ya que se debe abordar de tal forma que responda al desarrollo psicobiológico, por lo que acá es de suma importancia una correcta transposición didáctica.

Otro factor que afecta que el tema sea complejo, de acuerdo con los docentes consultados, es el uso de vocabulario especializado. Según lo anterior, en las lecciones de Biología se utiliza un lenguaje que no es cercano al contexto de los estudiantes, lo que dificulta que se comprenda el tópico que el docente desea propiciar. Esto evidencia la necesidad de que en los primeros contactos del alumno con la ciencia se vaya adquiriendo el vocabulario específico y una forma de fomentarlo es por medio de actividades como discusiones o debates. En ese sentido, Quílez-Pardo (2016) concuerdan ya que afirman que un aspecto que dificulta el aprendizaje de la ciencia es el lenguaje científico, ya que los libros de texto, videos y artículos les demandan un lenguaje técnico que no se ha adquirido en el aula por lo que se recomienda diseñar estrategias didácticas que potencien la argumentación científica.

Ahora, en cuanto a los desafíos que se plantearon para la enseñanza y el aprendizaje de los sistemas de fijación y emisión de carbono, se mencionó mayormente el crear un enlace del tema con situaciones que sean cercanas a la vida del estudiante, por ejemplo, algunos docentes expresaron que es importante fomentar que el educando: “*comprenda el cómo sus acciones contribuyen con el calentamiento global*”. Lo anterior, remite a que las propuestas didácticas se enfoquen en generar conciencia en los alumnos de que son parte de un sistema, que sus acciones tienen implicaciones como ciudadanos globales y que con la

formación que están adquiriendo pueden resolver situaciones de la vida real. En relación con lo anterior, el estudio de Ortega-García (2016) concuerda, ya que exponen la necesidad de contextualizar las propuestas pedagógicas al no ser “moldes que van a perdurar de generación en generación; por el contrario, estas actúan como guía que en algún momento se pueden retomar o transformar” lo cual evidencia que es importante la reconfiguración de la práctica educativa que responda a las exigencias y realidad de los estudiantes.

Los otros desafíos que mencionaron los docentes fueron reforzar los conocimientos previos. En ese sentido, existe la necesidad de diagnosticar cuáles son los conceptos que los estudiantes conocen y qué saben sobre ellos, con el fin de partir desde ese punto para impartir un tema determinado. Lo anterior es vital para que el docente posea la capacidad de desarrollar estrategias didácticas que fomenten el aprendizaje significativo y la potenciación de habilidades. Acá, Salinas (2020) concuerda ya que plantea que las concepciones previas de los alumnos para los temas de fotosíntesis y metabolismo celular se caracterizan por la visión del proceso como aislado y fragmentado, es decir, no se comprende la interrelación entre los factores y su dependencia, por lo que es necesario que el docente diagnostique el conocimiento del estudiante y adecue su clase según los temas que deba retomar con el fin de superar este reto.

Los últimos dos desafíos que mencionaron los profesores fueron simplificar la información y motivar el aprendizaje. Sobre simplificar la información, se analizó previamente la importancia de que el docente realice una adecuada transposición didáctica que le permita al discente adquirir las habilidades y el conocimiento atinente a su desarrollo específico. En cuanto a la motivación de los alumnos, es un factor de suma importancia debido a que para que ocurra el aprendizaje significativo es necesario que deseen aprender y que consideren que la formación recibida tendrá aplicabilidad en su vida. En ese sentido, Alcaraz (2018) expone que los estudiantes poseen muy poca motivación hacia el aprendizaje debido a que consideran que es algo que consideran que no depende de ellos, y esto se le adjudica a la mediación que realiza el docente la cual no contribuye a la superación de los errores, por lo que el profesor tiene que trabajar en la diversificación de su práctica de forma que logre motivar a sus discentes.

Para finalizar este subapartado, se procede a analizar la percepción docente sobre los aportes que posee el tema para el desarrollo de las habilidades PS y apropiación de tecnologías digitales.

En cuanto a los aportes del tema para la potenciación del PS, los profesores resaltaron que se da una interrelación de los factores tanto de forma teórica (lo disciplinar) como práctica (la aplicación en la vida real). Además, el tema es pertinente para analizar causas y consecuencias y contrastar puntos de vista. Según lo anterior, se puede observar que este tema es de suma relevancia para el desarrollo de los indicadores del PS ya que responde a la búsqueda de patrones dentro del sistema, la causalidad entre los elementos y la modificación y mejora de los patrones por lo que es pertinente para desarrollar una unidad didáctica en la que se desee potenciar el PS. La percepción de los docentes es congruente con lo que planteaban el MEP (2017) y la UNESCO (2013) sobre la idealidad del tema para el desarrollo de una percepción sistemática de la vida, donde también se analice el cómo el sistema global se ve afectado por las actividades humanas en los ámbitos sociales, económicos, educativos, entre otros.








Por otra parte, entre los aportes que señalaron los docentes para la potenciación de la habilidad de ATD se destacó: aprovechamiento de plataformas digitales, uso de simuladores, búsqueda de la información en fuentes confiables, reflexión sobre los datos encontrados en la web y diseño de esquemas, diagramas y gráficos mediante herramientas digitales. En ese sentido, se puede notar que los docentes reconocen una gran cantidad de contribuciones que posee el tópico para la promoción de la ATD y es importante resaltar que dichos aportes son congruentes con los indicadores que se plantean desde el MEP (2017) para el desarrollo de esta habilidad como lo es navegar en la web para obtener información de índole científica, presentar la información de forma creativa mediante el uso de recursos digitales y la valoración de las implicaciones que posee el uso de la tecnología en aspectos sociales, económicos y culturales.

En relación con lo anterior, que los docentes reconozcan los aportes del tema sistemas de fijación y emisión de carbono para el desarrollo de la habilidad ATD podría propiciar que diseñen unidades didácticas cuyo fin sea fomentar esta habilidad, con lo que se estaría brindando una educación contextualizada que busca desarrollar habilidades para el siglo XXI.

#### **4.1.2. Estrategias didácticas**

##### **4.1.2.1. Estrategias didácticas implementadas en las clases de Biología**

En la figura 12 se sintetizan los datos obtenidos sobre las estrategias didácticas en la enseñanza de Biología y la frecuencia con la que se utilizan en el aula desde la visión de los docentes y los estudiantes.

Estrategia	Docentes	Estudiantes
 Prácticas de laboratorio	Siempre (7)	Frecuentemente (199)
 Lluvia de ideas y/o esquemas	Frecuentemente (8)	Frecuentemente (94)
 Demostraciones	Frecuentemente (11)	Frecuentemente (109)
 Maquetas, afiches, panfletos	Frecuentemente (9)	Frecuentemente (93)
 Discusiones	Frecuentemente (9)	Frecuentemente (96)
 Debates	Frecuentemente (8)	Rara vez (107)
 Giras de campo	Rara vez (7)	Nunca (113)

**Figura 12.** Frecuencia en el uso de diferentes estrategias didácticas en la enseñanza de la Biología. Elaborado a partir de cuestionario a docentes (n = 17) y cuestionario a estudiantes (n = 281), 2020.

En general, se puede observar que una de las estrategias que se utiliza con mayor frecuencia es la lluvia de ideas o la elaboración de esquemas. Como se analizó anteriormente en el cuadro 1, estas estrategias son fundamentales para el desarrollo de una unidad didáctica bajo la metodología de indagación dado que son pertinentes para la

focalización, donde interesa diagnosticar el conocimiento previo de los estudiantes. En ese sentido, Hernández y Benítez (2017) concuerdan y exponen que las lluvias de ideas favorecen la contextualización de un tema y propician la interrelación con las otras ciencias lo que facilita que el estudiante adquiera un aprendizaje significativo. Adicionalmente, Pereira-Chaves (2015) plantea que utilizar esta estrategia también permite que los adolescentes canalicen su potencial y se fomente su interés hacia las ciencias biológicas.

Otras estrategias que utilizan los docentes con mayor frecuencia son las prácticas de laboratorio y las demostraciones. Lo anterior es importante ya que ambas estrategias son pertinentes para el desarrollo de habilidades dado el nivel de pensamiento científico que se requiere para su ejecución o análisis. Además, demuestra que los docentes están utilizando recursos atinentes para ejecutar las diversas etapas del ciclo indagatorio, ya que las demostraciones y los laboratorios se recomiendan para etapas como la focalización o la exploración. En relación con esto, autores como Fernández (2018) y Montenegro y Escobar (2016) coinciden ya que afirman que dada la naturaleza de la ciencia que se enseña, el uso tanto de demostraciones como de laboratorios son ideales para desarrollar la indagación científica, dado que promueven que los estudiantes demuestren implicaciones de teorías y leyes, generen preguntas profundas sobre los fenómenos de la naturaleza, puedan reconocer patrones, interpreten datos, comprender problemas, entre otros.

Otras estrategias frecuentemente utilizadas por los docentes son las discusiones y las maquetas, afiches o panfletos. En el caso de la discusión, se analizó anteriormente que esta estrategia responde a la necesidad de fomentar la argumentación científica en los estudiantes con el fin de que aumenten su bagaje en términos de vocabulario científico, por lo que desde la indagación y el desarrollo de habilidades resulta ser un insumo de gran importancia. Por su parte, la investigación de Castro-Tesen (2015) la posiciona como una estrategia que permite a los estudiantes desarrollar, la colaboración, el pensamiento crítico, sistémico y creativo, además, es participativa de la clase de forma activa, por lo que estará desarrollando habilidades como las que se proponen desde el MEP (2017) y también las que se mencionan desde el enfoque educativo STEAM.

Ahora, en cuanto al uso frecuente de las maquetas, afiches o panfletos, resulta relevante porque este tipo de estrategias permite que el estudiante posea un rol activo en su aprendizaje, dado que construye recursos que le facilitan aprender y externar el conocimiento adquirido de forma colaborativa o individual y compartirlo con sus compañeros con el fin de recibir críticas constructivas para mejorar. En ese sentido, Ortiz (2017) coincide ya que expone que manipular, observar, elaborar y diseñar este tipo de recurso permite que el estudiante amplíe la perspectiva y el entendimiento de un tema de una forma contextualizada, por lo que este es oportuno para trabajar con la metodología de indagación.

Cabe resaltar que en el caso de los debates hubo discordancia entre lo que plantearon los docentes con respecto a lo que expresaron los estudiantes ya que según los profesores utilizan la estrategia frecuentemente mientras que los educandos en su mayoría seleccionaron que se hacía uso rara vez. Sin embargo, la segunda respuesta que fue más votada por los estudiantes fue frecuentemente, por lo que la opinión de los docentes no estaría tan alejada de la de los estudiantes.

Lo anterior, indica que los profesores utilizan los debates en sus lecciones de Biología, lo que propicia que los alumnos puedan expresar sus ideas y posiciones sobre diferentes tópicos y, al igual que las estrategias anteriores, les confiere un rol activo en su aprendizaje, lo que favorece el desarrollo de habilidades de pensamiento científico por lo que su uso es de gran provecho en el abordaje de temas complejos en las clases de Biología. Chavarría (2016) en su trabajo apoya esto y afirma que el debate como estrategia didáctica presenta aportes como el pensamiento complejo, análisis de datos, colaboración y argumentación según expone en su trabajo, además, Rodríguez (2015) resalta la oratoria y un análisis de la realidad como ventajas pedagógicas.

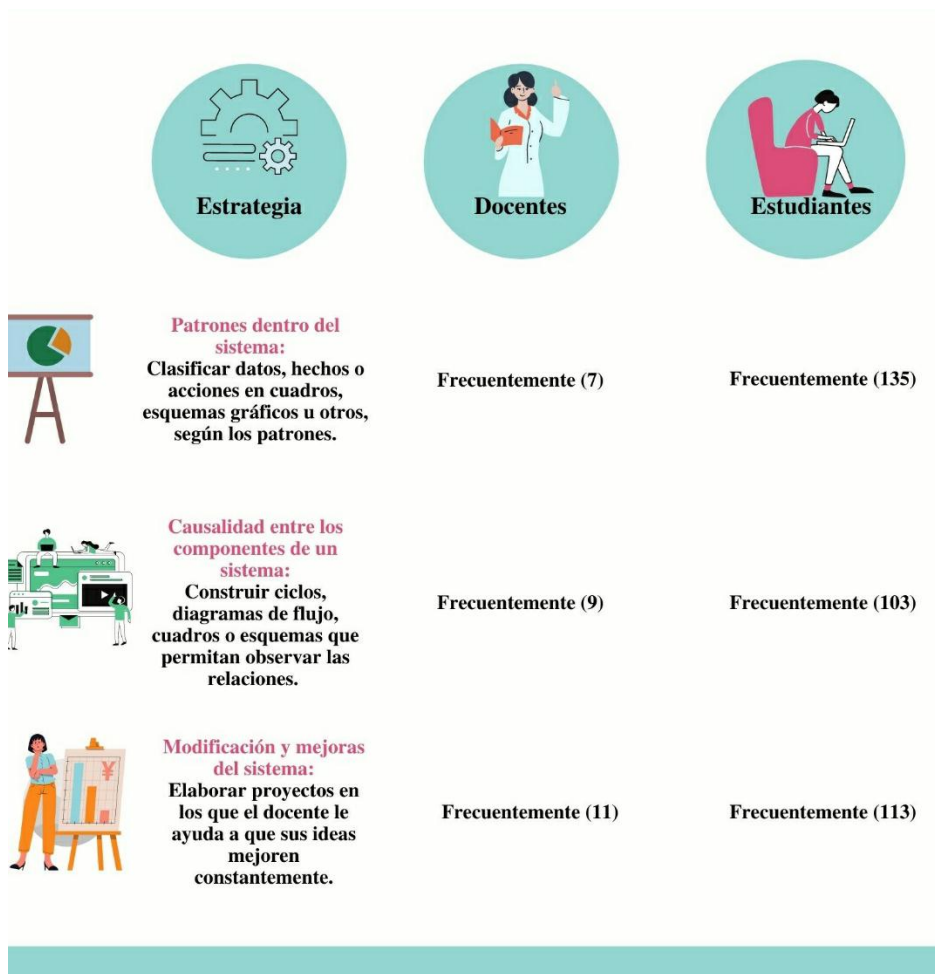
Por último, la estrategia menos utilizada según la figura 11 son las giras de campo. Este resultado es relevante debido a que las giras educativas son una estrategia que se recomienda implementar en la metodología de indagación y el enfoque STEAM, ya que posee muchos beneficios como el aprendizaje de forma experiencial, la oportunidad de



tener contacto con un contexto determinado, llevar la teoría a la práctica y el desarrollo de habilidades. En ese sentido, la investigación de Gutiérrez-Gutiérrez y Rojas-Núñez (2014) coincide ya que plantea que las giras son un insumo importante al contribuir con la problematización, la integración del conocimiento, el enfrentamiento a desafíos y el fomento de una actitud crítica, reflexiva y autocrítica. No obstante, Madrigal (2019) expone que en ocasiones esta estrategia no se utiliza dado que no se destina tiempo para actividades extracurriculares, la planificación es muy compleja o se realizan y se pierde la intencionalidad, por lo que puede que estas desventajas sean un impedimento para que los docentes realicen giras y se desaprovecha todo el potencial que tienen para el aprendizaje.

#### **4.1.2.2. Estrategias didácticas para abordar los indicadores del pensamiento sistémico**

En la figura 13 y el cuadro 7 se sintetizan los resultados relacionados con la frecuencia con la que se utilizan las estrategias didácticas para abordar los indicadores del PS en la clase de Biología. Además, se presenta el nivel de desarrollo de PS que mostraron los estudiantes en el test de contenido aplicado.



**Figura 13.** Frecuencia en el uso de diferentes estrategias didácticas en el abordaje de los indicadores de la habilidad PS. Elaborado a partir de cuestionario a docentes (n = 17) y cuestionario a estudiantes (n = 281), 2020.

**Cuadro 7.** Nivel de desarrollo de la habilidad de pensamiento sistémico de los estudiantes participantes en OLICOCIBI 2020.

Caso	Indicador	Inicial	Intermedio	Avanzado
1	1. Patrones dentro del sistema.	45.27%	35.14%	18.92%
	2. Causalidad entre los componentes de un sistema.	47.30%	22.97%	29.73%

	3. Modificación y mejoras del sistema.	21.62%	53.38%	25.00%
	1. Patrones dentro del sistema.	47.97%	33.78%	18.24%
2	2. Causalidad entre los componentes de un sistema.	44.19%	34.86%	20.95%
	3. Modificación y mejoras del sistema.	11.49%	21.62%	66.89%

Fuente: elaboración propia a partir de test de contenido y su rúbrica de evaluación (n = 147), 2020.

Derivado de la información del cuadro 7 y la figura 13, se puede observar que tanto docentes como estudiantes, expresaron que se utiliza frecuentemente la clasificación de datos en cuadros, gráficos u otros según patrones, lo cual es una estrategia para promover el indicador de patrones dentro del sistema. Sin embargo, para el primer y segundo caso del test de contenido, cuando se les solicitó a los alumnos extraer componentes dentro de un sistema, se observó que la mayoría se encontró en un nivel inicial del desarrollo del indicador. Esto se debió principalmente a que solo extraían uno o dos de los cinco elementos presentes en el texto, también, no respondían la pregunta con base en el párrafo, la respuesta era poco clara o incompleta o contestaban de forma incorrecta o desligada del tema.

Lo anterior, muestra que los estudiantes no pudieron identificar con claridad y/o en su totalidad a los componentes del sistema que se les presentaba por lo que no se logró la abstracción de patrones. Ante esto, es probable que, si bien se elabora el gráfico, esquema, o diagrama en clases, los alumnos no logran abordar el indicador del PS como se propone dado que la actividad no tiene la intencionalidad de potenciar esta habilidad o los alumnos no comprenden que la capacidad de abstraer es lo que se espera que se desarrolle. Autores como Caicedo (2020) y Quintero y Belalcázar (2019) concuerdan con lo anterior ya que

plantean que existe la tendencia de que los estudiantes no logren comprender el cómo se encuentra conformado un sistema, es decir, no se conciben los componentes como individuales e independientes por lo que al alumno se le dificulta el abstraer. Entre las causas por las que esto se da, Carmona, Arbeláez y Salinas (2018) lo adjudican a la poca participación que posee el estudiante en su proceso de aprendizaje, lo cual se relaciona además con su baja motivación por descubrir nuevo conocimiento ocasionado por una enseñanza tradicional.

Para la estrategia que refería construcción de ciclos, diagramas de flujo, cuadros o esquemas para abordar el rasgo de causalidad entre los componentes en un sistema, se obtuvo que se utilizaban frecuentemente desde el punto de vista de los estudiantes y los profesores. No obstante, en el test de contenido la mayoría de los discentes mostró un nivel inicial de desarrollo del indicador, ya que establecieron de forma poco clara e incompleta las relaciones entre las actividades y la afectación al ciclo del carbono, además, su respuesta no se basaba en la figura o el texto que se les mostraba o no había enlace directo entre un elemento y otro en el cuadro que se les solicitó elaborar (o la descripción era muy escueta).

En relación con el párrafo anterior, se puede constatar que los alumnos consultados no expresan un nivel avanzado del indicador de causalidad entre los componentes de un sistema. Estos resultados, muestran que las estrategias didácticas que utilizan los docentes no cumplen con la función de potenciar la habilidad de PS probablemente porque, aunque se dé la construcción de cuadros no tiene la intencionalidad de abarcar el indicador como lo fue el caso anterior. En ese sentido, investigaciones como la de López y Calderón (2018) y Miraval (2020) apoyan esto ya que afirman que en el aula se dificulta el desarrollo del PS debido a que con poca frecuencia se examina el cómo un conjunto se nutre de las características individuales de sus partes, además, se aborda escasamente el interrelación entre los ciclos y sus componentes de forma no lineal, lo cual causa que se dificulte para los estudiantes el establecer relaciones en los sistemas de la vida real que deban analizar.

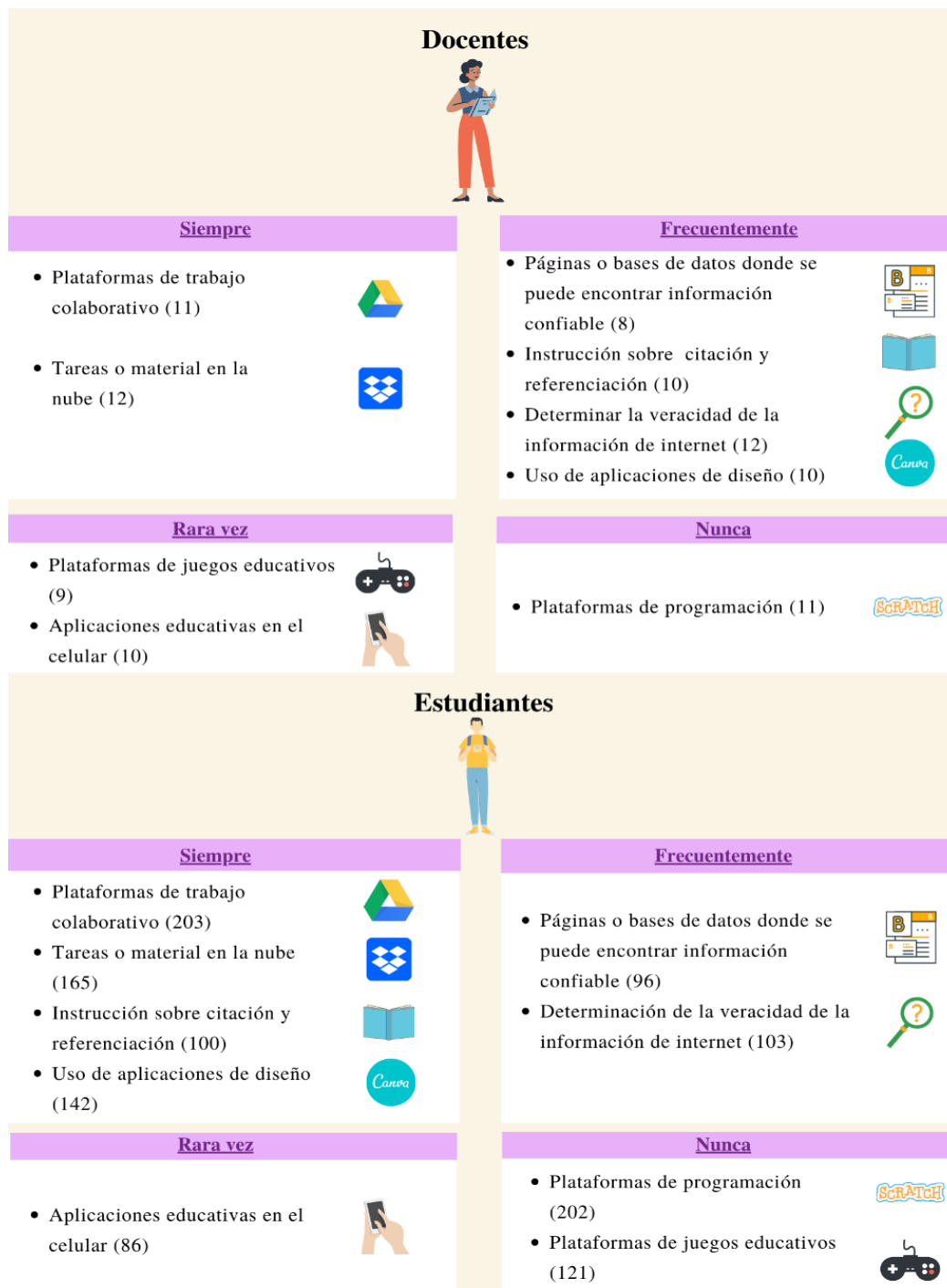
Para la estrategia relacionada con la elaboración de proyectos con el fin de buscar la mejora constante y que refería al indicador de modificación y mejoras del sistema, los

docentes y los estudiantes afirmaron que se empleaba con frecuencia. Esta respuesta sí es congruente con lo que se obtuvo en el test de contenido para este indicador, ya que en el primer caso se obtuvo un nivel intermedio de desarrollo, mientras que para el segundo caso se presentó un nivel avanzado. Entre las respuestas de los estudiantes se destacaban algunas soluciones muy ingeniosas y pertinentes para las situaciones que se les mostraban y que era evidente la comprensión de lo que se exponía y cuál sería una posible ruta para modificar ese sistema, además, varios jóvenes iban más allá de la respuesta que se les solicitaba.

Dado lo anterior, se puede ver que para el indicador de modificación y mejoras del sistema los estudiantes poseen un nivel superior de desarrollo en comparación a los indicadores anteriores. Esto, se puede fundamentar en lo a lo largo de las clases de Biología se promueve una conciencia ambiental que fomenta que los alumnos trabajen en la búsqueda de soluciones para los problemas emergentes derivados de las acciones antropogénicas, por lo que los discentes tienen claridad en las posibles rutas a seguir en estos casos. Con ello, se potencia el tercer indicador de desarrollo del PS ya que se enfoca en comprender de qué forma se puede modificar el sistema tal que se disminuya el impacto de algunos de los elementos que lo componen. Lo anterior, coincide con lo que plantea Vázquez (2020) quien aseguran que en la búsqueda de soluciones a diversas problemáticas se trabaja en la de la eficiencia y eficacia de los procesos y/o ciclos lo que influye el desarrollo de la habilidad PS.

#### **4.1.2.3. Estrategias didácticas para abordar los indicadores de la apropiación de tecnologías digitales**

La figura 14 y el cuadro 8 sintetizan los datos obtenidos sobre las estrategias didácticas para abordar los indicadores de la apropiación de tecnologías digitales y la frecuencia con la que se utilizan en la clase de Biología. Además, se presenta el nivel de desarrollo de la apropiación de las tecnologías que mostraron los estudiantes en el test de contenido aplicado.



**Figura 14.** Frecuencia en el uso de diferentes estrategias didácticas en el abordaje de los indicadores de la habilidad apropiación de tecnologías digitales. Elaborado a partir de cuestionario a docentes (n = 17) y cuestionario a estudiantes (n = 281), 2020.

**Cuadro 8.** Nivel de desarrollo de la habilidad apropiación de tecnologías digitales de los estudiantes participantes en OLICOCIBI 2020.

Caso	Indicador	Inicial	Intermedio	Avanzado
1	1. Búsqueda de información.	29.73%	48.65%	21.62%
	2. Uso de herramientas digitales.	27.70%	30.41%	41.83%
	3. Valorar las implicaciones.	24.32%	29.05%	46.62%

Fuente: elaboración propia a partir de test de contenido (n = 147), 2020.

Se puede observar que la opinión tanto de docentes como de estudiantes no difiere en gran medida, ya que ambos afirman que las estrategias que se utilizan con mayor frecuencia son las plataformas de trabajo colaborativo, material en la nube, búsqueda de información en páginas de internet, instrucción sobre citación y referenciación y aplicaciones de diseño. En cuanto a las que se usan rara vez o nunca se tienen las aplicaciones móviles, las plataformas de programación y los juegos educativos.

La aplicación en la clases de Biología de las estrategias didácticas que se catalogaron como de uso “siempre” o “frecuentemente” fue evidente en el test de contenido, ya que si se observan los resultados del desarrollo del indicador “uso de herramientas digitales”, se puede ver que el nivel de logro fue avanzado y esto se basó en que los estudiantes mencionaban hacer uso de diferentes recursos de calidad como Canva, PowerPoint, Prezi, diseño de páginas web, elaboración de videos, entre otros, a modo de divulgar información a su comunidad, por lo que es evidente que saben cuáles herramientas les confieren una mayor versatilidad y calidad.

Adicionalmente, el indicador de “búsqueda de información” tuvo un nivel de desarrollo de intermedio ya que los estudiantes mencionaban, cuando se les consultaba el cómo podrían verificar una noticia, fuentes como la NASA, artículos científicos, Google Académico, revistas científicas y periódicos, lo que demuestra que tienen un conocimiento alto de cuáles fuentes pueden utilizar, probablemente por la frecuencia que se utiliza esta

estrategia en sus clases de Biología. Sin embargo, una parte de los estudiantes era muy escueto en su respuesta o solo mencionaba una fuente para obtener la información o fuentes de poca credibilidad (ej: Wikipedia).

Para el indicador de “valorar las implicaciones”, obtuvo un nivel de desarrollo mayoritariamente avanzado. Esto ocurrió debido a que los estudiantes describían claramente cuál era la importancia de no difundir noticias sin verificar su veracidad y algunas de las implicaciones y riesgos de este tipo de contenido, por lo que los estudiantes mostraron gran desenvolvimiento en este indicador.

Con el fin de analizar estos resultados, es necesario tomar en cuenta el contexto educativo que se derivó de la emergencia sanitaria originada por el COVID-19. Esta situación causó que en el primer trimestre del 2020 las clases a nivel mundial migraran hacia la presencialidad remota y los docentes se vieran en la necesidad de explorar las diversas herramientas tecnológicas a su disposición con el fin de adaptar sus clases y mantener la calidad de la educación.

Es así como, este cambio radical ha generado que los docentes comiencen a utilizar plataformas de aprendizaje y almacenamiento en línea como Google Drive, Dropbox, OneDrive y Classroom o Teams, además, que promuevan el uso de herramientas digitales y búsqueda de la información en fuentes confiables para el desarrollo de las asignaciones. Esto, es congruente con investigaciones como la de Li y Lalani (2020) y Casasola (2020) quienes aseguran que este contexto ha generado un cambio no solo en el uso de un paradigma tradicional dominante, sino que también ha variado el rol del estudiante como un ente activo en su aprendizaje.

En cuanto a la valoración de las implicaciones éticas de la información que se encuentra en la web, se pudo observar que los estudiantes tienen un buen desempeño para este indicador, lo que resulta de suma importancia ya que parte de las características de la ADT es que los estudiantes posean la capacidad de discriminar entre cuál información es verdadera y cuál es una falacia mas puedan analizar cuáles son las consecuencias de



distribuir información que no sea acertada en aspectos económicos, políticos, sociales y educativos. En relación con esto, investigaciones como la de García, Sousa y Silva (2019) y Mendiguren, Pérez y Meso (2020) revelan que los estudiantes de grados superiores en secundaria poseen una gran capacidad de detección de noticias falsas y utilizan mecanismos efectivos para verificar los datos que se les muestra.

Ahora, en relación con las estrategias didácticas que los docentes y estudiantes expresaron utilizar “rara vez” o “nunca” como lo fue el caso de las plataformas de programación, juegos educativos y aplicaciones móviles, se resalta que desde la teoría su uso se cataloga como muy adecuado para el desarrollo de la habilidad ATD, sin embargo, el docente aún no ha comenzado a formarse en este tipo de tecnologías o apenas lo está iniciando ya que es un cambio sumamente reciente que requiere adaptación. En este sentido, autores como Rodríguez et al. (2019) apoyan lo anterior ya que en su investigación describen que los docentes en ocasiones no poseen los conocimientos en el uso de dispositivos móviles para la educación, lo cual causa que no se sientan con la capacidad de incorporarlo en sus lecciones, e inclusive, esta situación es reconocida por los estudiantes quienes perciben este sesgo.

Por otra parte, que el docente no utilice las tecnologías digitales complejas no se fundamenta únicamente en la falta de capacitación, sino que también poseen algunos retos por superar por sí mismas. Por ejemplo, algunas aplicaciones o juegos educativos aún se encuentran configurándose de tal forma que se puedan utilizar con mayor facilidad en las instituciones. Esto, coincide con el estudio de Kortabitarte et al. (2018) quienes mencionan que una de las situaciones que influyen en que los docentes no utilicen con frecuencia aplicaciones móviles o juegos educativos son los costos que puede suponer, ya que no todos los alumnos tienen acceso a un dispositivo que soporte el recurso y, en ocasiones, las aplicaciones son de pago.

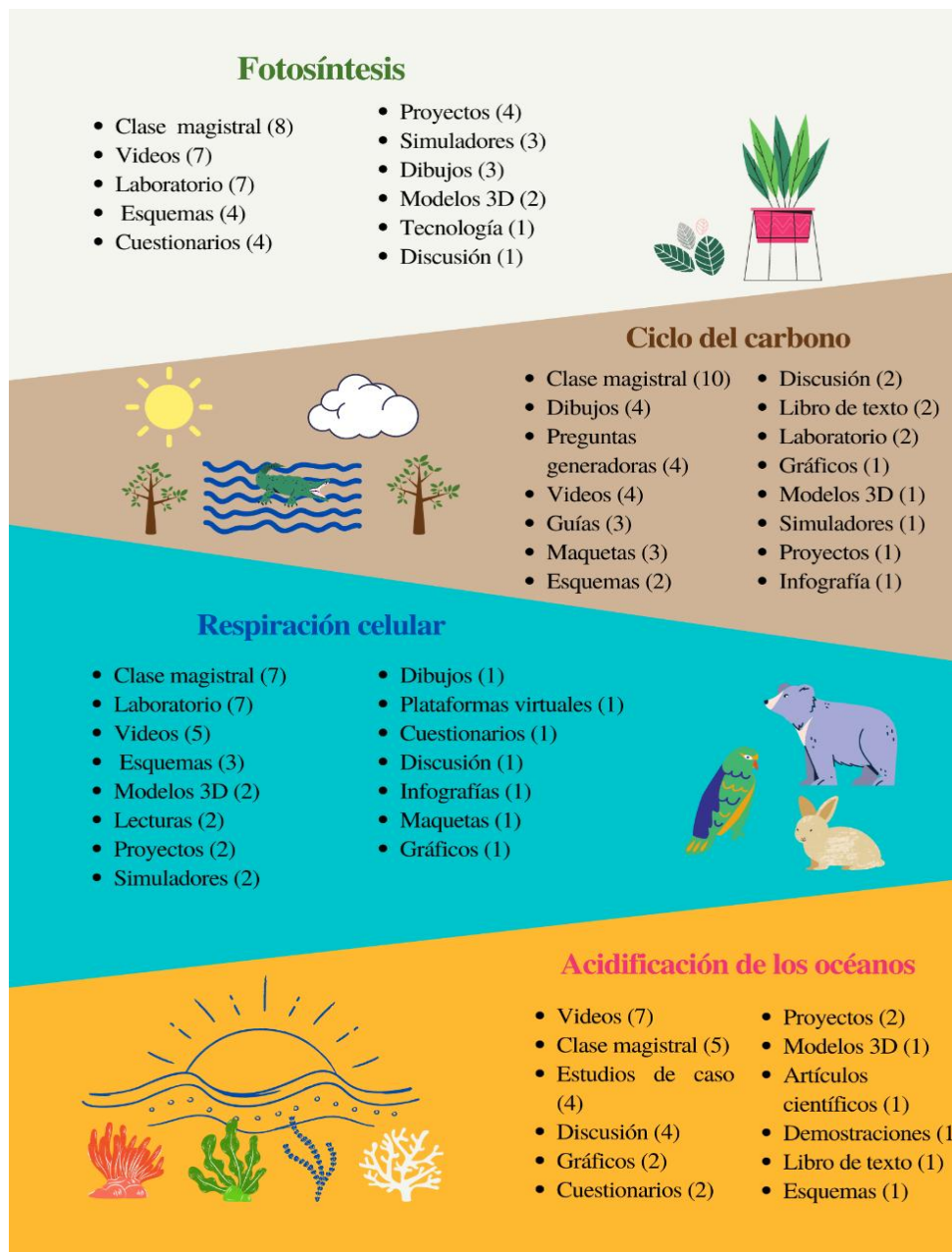
Ante lo anterior, una forma de poder llevar la tecnología a los diferentes contextos es que el docente busque aquellas herramientas que se ajusten mejor a su entorno educativo. Ante ello, autores como Hernández (2016), Román (2017), Moruno (2017)

recomiendan en sus investigaciones el uso de aplicaciones de libre acceso que se acoplen a las posibilidades de los estudiantes ya que el uso de esta tecnología tiene diversas ventajas entre las que destacan: incremento la motivación e interés al acercar la educación a su realidad tecnológica, trabajo con la creatividad, el pensamiento sistémico y crítico y fomento de la autonomía.

En cuanto al uso de plataformas de programación, se puede ver en los resultados que los docentes no las utilizan con frecuencia. Lo anterior dificulta que los profesores tengan la posibilidad de diseñar estrategias didácticas complejas para el desarrollo de la habilidad ATD, lo cual priva a los estudiantes tener un contacto más cercano con la tecnología, donde no sea solo un medio para consultar información sino también para crear, diseñar y expresar ideas. Además, con la programación los alumnos se vuelven activos en su aprendizaje y aumenta el interés, colaboración e integración. Ante esto, investigaciones como la de Pizarro y Sentis (2017) coinciden con lo anterior y proponen que, si bien la programación resulta compleja tanto para estudiantes como para docentes, si los profesores reciben un curso introductorio a la programación desde la didáctica, muestran mayor motivación y seguridad para utilizar esta estrategia.

#### **4.1.2.4. Estrategias en el abordaje del tema sistemas de emisión- fijación de carbono**

La figura 15 presenta los resultados obtenidos relacionados con las estrategias didácticas para abordar el tema sistemas de emisión y fijación de carbono que utilizan en la clase de Biología los docentes que participaron en las OLICOCIBI 2020.



**Figura 15.** Estrategias didácticas que utilizan los docentes para el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión de carbono. Elaborado a partir de entrevista semiestructurada a docentes (n = 17), 2020.

En la figura 15, se puede vislumbrar que para el subtema de fotosíntesis las tres estrategias que más se mencionaron fueron las clases magistrales, los videos y los laboratorios. En el caso del ciclo del carbono, las primeras cuatro estrategias más aludidas fueron las clases magistrales, los dibujos, las preguntas generadoras y los videos. Para la

respiración celular se obtuvo el mismo resultado que para la fotosíntesis en los primeros tres (las clases magistrales, laboratorio y videos). En cuanto a la acidificación de los océanos, las cuatro estrategias más citadas fueron los videos, las clases magistrales, los estudios de caso y la discusión.

Es importante aclarar que a los docentes se les solicitó que mencionaran estrategias, sin embargo, al ser una pregunta abierta algunas respuestas incluían técnicas y recursos por lo que para efectos del análisis se tratarán como estrategias.

Ahora, se puede observar que las estrategias como laboratorios, esquemas, preguntas generadoras, demostraciones, discusiones y maquetas ya habían sido mencionadas por los docentes como de uso frecuente en sus clases de Biología en la figura 11, lo que indica que algunas estrategias se utilizan indistintamente el tema con el que trabaje. Además, la teorización ya se realizó en su respectivo apartado.

Seguidamente, entre las estrategias que más se utilizan para abordar el tema sistemas de fijación y emisión de carbono se tiene a la clase magistral. Lo anterior, denota que el docente pareciera seguir utilizando un paradigma tradicional dominante en sus clases, ya que esta estrategia no permite que el estudiante sea un sujeto activo y, por ende, dificulta el desarrollo de habilidades de pensamiento científico o el enfoque STEAM, por medio de la teoría-práctica. Sobre esto, Ferrón (2019) plantea en su estudio que un uso excesivo hace que la mediación pedagógica se remite a un paradigma positivista que limita a la educación responder a las necesidades de la actualidad.

Otra estrategia que fue relevante según la opinión de los docentes son los videos educativos. Esta estrategia ha sido muy utilizada desde que se ha tenido acceso a material audiovisual para el apoyo de la educación científica; sin embargo, la posición del estudiante, solo como espectador, no pareciera que vaya de la mano con ninguno de los indicadores para el desarrollo de habilidades como el PS o la ATD, por lo que su uso se debe complementar con una participación del alumno. En ese sentido, el trabajo de Rodríguez, et al. (2015) afirma que esta estrategia permite que el estudiante se acerque a la

realidad, genere una concepción científica del mundo, se motive a aprender por sí mismo y que desarrolle hábitos, habilidades y destrezas que le faciliten la comprensión de los fenómenos científicos cuando se utilizan preguntas generadoras u otras situaciones de aprendizaje que apoyen al recurso, en especial si fue el estudiante quién elaboró el video.

La siguiente estrategia, que los docentes mencionaron con mayor frecuencia, fueron los dibujos (específicamente en el abordaje del ciclo del carbono). En relación con este resultado, los dibujos podrían catalogarse como un tipo de esquema, diagrama, mapa mental o conceptual que contribuye a que los estudiantes puedan expresar ya sea sus ideas previas o el conocimiento que han adquirido hasta cierto punto sobre el tema de interés, por lo que utilizarlo para el proceso de indagación sería pertinente en todas las etapas. La investigación de Velandia (2018) coincide con la afirmación anterior ya que propone que utilizar esta estrategia en la enseñanza de la Biología permite a los estudiantes organizar y describir el mundo científico mediante un registro gráfico que complementa lo verbal y este hecho potencia el aprendizaje ya que el discente construye íconos propios a los que asignan un significado propio.

Por último, se destaca la estrategia didáctica de estudios de caso, la cual se mencionó con mayor frecuencia para el tema de la acidez de los océanos. En ese sentido, esta estrategia representa un gran aporte dado que requiere un entendimiento alto de los componentes de un sistema y el cómo están interrelacionados con el fin de realizar un análisis profundo y dar respuesta a las situaciones que se exponen, por lo que es pertinente para el trabajo con los indicadores del PS. Sobre esto, investigaciones como la de López (2014) y Gamboa (2017) plantean que esta estrategia desarrolla habilidades como el PS, el pensamiento crítico y la resolución de problemas a la vez que fomenta la responsabilidad y la conciencia ambiental ya que genera conflictos cognitivos que enfrentan al estudiante a situaciones de la vida real, lo que confiere un rol activo al estudiante en el que se siente con mayor motivación e interés.

Ahora, si se observa la figura 14 y se relaciona con las estrategias que los docentes indicaron utilizar para potenciar la habilidad de pensamiento sistémico, en las subcategorías

de análisis anteriores, se tiene que utilizan gráficos, esquemas y proyectos las cuales son estrategias pertinentes para el desarrollo de los indicadores del PS; sin embargo, se hace uso de estas estrategias indistintamente del tema con el que se esté trabajando. Los aportes de los gráficos y esquemas ya fueron discutidos por lo que se procede se abordará el proyecto. Sobre ello, el estudio de Pineda (2017) afirma que utilizar esta estrategia permite que se dé una armonización en la organización de las soluciones que se proponen para un determinado tema. Adicionalmente, lo anterior es congruente con lo que se plantea desde el MEP (2017) para el indicador de modificaciones y mejoras del sistema.

En cuanto a la habilidad de apropiación de tecnologías digitales, se puede ver que los docentes utilizan modelos 3D, simuladores e infografías, lo cual es similar a lo que se planteó en la figura 13 y agrega dos estrategias más. Una de las que se añaden son los modelos 3D, los cuales según lo que se plantea desde STEAM son una herramienta sumamente importante para poder llevar la teoría a la práctica y generar un acercamiento del contenido al estudiante. En ese sentido, el estudio de Mendoza (2018) afirma que los modelos 3D también propician la caracterización y comprensión de la estructura tridimensional de un objeto determinado, además, fomentan el desarrollo de la competencia digital y contribuye con el desarrollo de un espíritu competitivo y emprendedor.

Por último, se tiene a la otra estrategia que mencionan los profesores que son los simuladores. Resulta positivo que los docentes hayan resaltado esta estrategia dado que es una de las que desde STEAM y la metodología indagatoria recomiendan altamente para abordar procesos complejos como este tópico, también contribuye con los indicadores de desarrollo para la habilidad ADT, ya que facilita que los estudiantes tengan un contacto con la tecnología en el que ellos son partícipes de su aprendizaje. En relación con esto, el trabajo de Occelli y García (2018) coincide con lo planteado anteriormente y resalta entre sus conclusiones que esta herramienta sirve para fomentar procesos cognitivos relacionados con el desarrollo de habilidades científicas dado que facilita comprender la modelización al disminuir su abstracción implícita.

## **4.2. Fase II. Diseño didáctico**

**Nombre del diseño:** Potenciación de las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales mediante la metodología por indagación y el enfoque STEAM con el tema sistemas de fijación y emisión de carbono.

### **4.2.1. Resumen**

En esta unidad, se sugieren estrategias didácticas para abordar el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono mediante la metodología indagatoria y el enfoque STEAM con el objetivo de desarrollar las habilidades de pensamiento sistémico (PS) y la apropiación de tecnologías digitales (ATD). Es así como, se proponen una variedad de estrategias entre las que se destacan: uso de aplicaciones móviles, construcción de maquetas, elaboración de animaciones en plataformas de programación, diseño de posters, demostraciones, prácticas en línea, elaboración de videos, interacción con simuladores, entre otros.

Cada subunidad didáctica está enfocada en el desarrollo de un tema en específico entre los que se tiene: respiración celular, fotosíntesis y ciclo del carbono. La respiración celular trabaja con la potenciación de la habilidad de ATD. En cuanto a la fotosíntesis, busca fomentar los indicadores del PS. Por último, el ciclo del carbono se plantea bajo el enfoque STEAM y promueve un indicador del ATD.

### **4.2.2. Introducción**

A lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias biológicas, los estudiantes han sido expuestos a dar respuesta a preguntas problematizadoras por ejemplo ¿Cuáles son los elementos que influyen en la alimentación de las plantas? O ¿Cuáles son los mecanismos por los que a partir de los alimentos que ingieren los seres vivos se obtiene la energía necesaria para realizar las diferentes funciones? A pesar de que estas interrogantes son parte de la vida cotidiana y, con frecuencia, los alumnos han ido

construyendo una respuesta para estas preguntas, investigaciones como las de Afanador y Mosquero (2016) y Molina (2020) han concluido que existe poca comprensión por parte de los discentes en cómo las respuestas a esas interrogantes están interrelacionadas, por ejemplo, con los ciclos biogeoquímicos como el del carbono, por lo que en muchos casos no desarrolla una visión armonizada de los sistemas de fijación y emisión de carbono.

En relación con el párrafo anterior, al existir poca claridad, en los estudiantes, sobre la correspondencia entre causa-consecuencia-sistema en la Biología, se debe fomentar el desarrollo de este tipo de pensamiento para que se pueda llegar a un nivel tal de entendimiento y apropiación que les confiera la capacidad de responder a situaciones como ¿cuáles acciones que realizo o realizan los demás afectan el equilibrio de los ecosistemas marinos y costeros? con el fin de generar una conciencia que lleve al estudiantado a reflexionar y a establecer posibles soluciones para un determinado problema, por ejemplo, que se llegue a construir preguntas que motiven el aprendizaje y una adecuada interacción entre elementos bióticos y abióticos. ¿Cómo los hábitos o estilos de vida sociales deben de ser modificados para disminuir el impacto ambiental de las emisiones de carbono en la cotidianidad?

Para lograr lo anterior, resulta imprescindible que las estrategias didácticas se encuentren vigentes en el contexto actual de Cuarta Revolución Industrial, ya que esto fomenta que el estudiante genere un mayor interés y motivación y que logre desarrollar habilidades como el pensamiento sistémico y la apropiación de tecnologías digitales (Rodríguez, et al., 2015; Mendoza, 2018; Román (2017) y Moruno (2017)). Por ello, este trabajo se apoya mayoritariamente en el uso de estrategias didácticas de Biología relacionadas con el aplicación de las tecnologías digitales que le brinde tanto a docentes como estudiantes una amplia gama de herramientas para la búsqueda de la información en la web , además, aplicaciones y recursos digitales con los que pueda abordar de forma creativa y productiva los contenidos de fotosíntesis, respiración celular, ciclo del carbono y acidificación de los océanos en conjunto con los aportes que posee cada tema debido a su naturaleza en el desarrollo de las habilidades anteriores.



Otro aspecto relevante, es el abordaje crítico y reflexivo que se le da a los temas, por lo que también se trabaja con las implicaciones económicas, éticas y culturales con la tecnología como eje transversal. Todo lo anterior se realiza bajo las cuatro fases de la metodología indagatoria: focalización, exploración, reflexión-contrastación y aplicación.

Por otra parte, los sistemas de fijación y emisión de carbono también pueden ser abordados mediante el enfoque STEAM donde impera el desarrollo de habilidades de pensamiento científico para el siglo XXI desde los diferentes aportes de las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas mediante diversas herramientas distintivas como el diseño en 3D, la programación de animaciones y juegos educativos.

#### **4.2.3. Hilo conductor histórico del concepto**

Con el fin de que los estudiantes puedan tener un acercamiento al pensamiento científico, es pertinente que comprendan los orígenes del conocimiento y el cómo se ha ido configurando el saber, hasta llegar a lo que se conoce hoy en día (Uribe, 2017). Debido a lo anterior, se procede a explicar brevemente el desarrollo histórico de cinco aspectos centrales de esta producción didáctica: sistemas de fijación y emisión de carbono (fotosíntesis, respiración celular, ciclo del carbono y acidificación de los océanos), habilidad de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales, metodología de indagación y enfoque STEAM.

En relación con la fotosíntesis, inicialmente, Aristóteles e Hipócrates creyeron que las plantas se nutrían por medio de sus raíces, las cuales les permitían obtener los alimentos que se encontraban en el suelo (residuos orgánicos o humus) (Sánchez, 2015). Siglos después, Helmont expuso que las plantas solo necesitaban agua para subsistir, por lo que no tenían necesidad de obtener nutrientes del suelo, sin embargo, Hales en 1727 propone que los nutrientes con los que se alimentan las plantas provienen de la atmósfera y que la luz posee un papel importante en este proceso (Pavón, 2020). No obstante, Priestly demuestra que las plantas tienen la capacidad de purificar el aire y Higenhousz (con los datos de Priestly) logra determinar que para que se desprendiera el oxígeno era necesaria la luz del sol y que esto ocurría en las partes “verdes” de las plantas (Sánchez, 2015). Es así como

gracias a los experimentos y resultados de varios científicos a lo largo de los años, Von Sachs en 1865 tiene éxito en demostrar que, a partir del agua, la luz y el dióxido de carbono se obtiene glucosa y oxígeno, lo cual se denomina la ecuación de la fotosíntesis (Kutschera y Niklas, 2017).

En cuanto a la respiración celular, en el siglo XVIII Lavoisier la concebía como una combustión lenta, en la que el carbón que se encontraba en la sangre se desprendía cuando el aire de la atmósfera lo convertía en gas carbónico, pero aún era desconocido el mecanismo por el cuál esto ocurría (Retrepo y Valencia, 2014). En el siglo XIX, gracias a los avances en la microscopia fue posible vislumbrar a las mitocondrias, lo que dio paso al estudio de los procesos metabólicos. Con el tiempo se comprobó que existía una cadena de reacciones sucesivas que poseían catalizadores específicos, la deshidrogenación y el desprendimiento de energía (Guo et al., 2016). Sin embargo, es hasta 1950 que se estableció el Ciclo de Krebs y el transporte de hidrógeno y de electrones. Es así como se logra determinar a las mitocondrias como las organelas donde se llevan a cabo las transformaciones para la obtención de energía (ATP) de los seres vivos (Retrepo y Valencia, 2014).

Los dos procesos anteriores, son parte de un sistema que los integra: el ciclo del carbono, cuyo estudio ha sido de gran relevancia especialmente en los últimos años debido a que ha sido asociado con el calentamiento global (Burbano-Orjuela, 2018). Lo anterior, se fundamenta en que desde 1970 se ha notado que en conjunto con un aumento de las emisiones de carbono se ha dado un incremento sostenido en la temperatura terrestre (Soto-Pinto y Jiménez-Ferrer, 2018). Una de las causas que se han adjudicado a este aumento es el desequilibrio en la fijación y emisión del carbono derivada de la deforestación (lo que afecta a su vez al proceso de la fotosíntesis y respiración celular), el uso y extracción exponencial de combustibles fósiles y la ganadería (Ordóñez et al., 2015).

Con este desequilibrio de origen antropogénico en los sistemas de fijación y emisión de carbono, surge el último subtema: acidificación de los océanos. Desde 1900, se han realizaron investigaciones sobre este tópico, sin embargo, muchos de los datos

recolectados eran variables y poco representativos por lo que estos estudios carecían de confiabilidad. Fue hasta inicios del año 2000 que se dio un crecimiento acelerado en la cantidad de trabajos en esta línea y se comenzó a mostrar al mundo las cifras alarmantes de variación del pH en los cuerpos acuáticos (Rojas-Higuera y Pabón-Caicedo, 2015). En la actualidad, una gran cantidad de ONGs e instituciones como universidades y empresas ejecutan proyectos para generar conciencia y buscar soluciones para disminuir la afectación que poseen las actividades humanas en la vida marítima, ya que por ejemplo se estima que para el 2060 si no se toman acciones la acidez de los océanos aumentaría un 120% lo cual sería catastrófico para los ecosistemas marinos (Laffoley et al., 2017)

Con respecto al desarrollo histórico de las habilidades que se potencian en las estrategias didácticas planteadas en esta unidad, se tiene al pensamiento sistémico, cuyos orígenes se remontan a la concepción sistémica de la Biología planteada por Bertalanffy con su “Teoría General de Sistemas” en 1950, donde expone que un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados e independientes cuya suma de las partes será siempre mayor al aporte individual de cada componente (Estévez, 2016). Es así como, dada esta concepción que rompe paradigmas, se genera un nuevo tipo de pensamiento científico: el pensamiento sistémico, en el que la realidad no se estudia de una forma lineal de causa y efecto sino que se comprende la causalidad entre componentes y sistemas que no se encuentran necesariamente relacionados en el tiempo y el espacio, además, al conocer el comportamiento y las interacciones de los elementos se pueden realizar modificaciones que mejoren la eficacia del sistema (Noboa, 2018).

La habilidad de apropiación de tecnologías digitales surgió como una necesidad ante los avances tecnológicos que se han dado desde finales de la década de los noventa y principios de los 2000 (Marcano-Rojas, 2015). Conforme el internet y los dispositivos móviles fueron entrando en los hogares, afloró la necesidad de que la población tuviera acceso a una alfabetización digital que le permitiera participar activamente en su contexto económico, político, social y educativo (Castro et al., 2015). Debido a lo anterior, nace como una habilidad del siglo XXI la apropiación de la tecnología cuyos objetivos son que el estudiante adquiera destrezas que les permitan utilizar y adueñarse tanto del hardware

como del software, puedan utilizar la tecnología de forma creativa, posean un nivel de criticidad que les permita vislumbrar información y fuentes confiables y que puedan valorar las implicaciones que posee la tecnología en los diversos ámbitos (Sagástegui, 2018).

Con base en los orígenes de la metodología por indagación, parte principalmente de la necesidad fomentar las habilidades de pensamiento científico y el interés por la investigación en los estudiantes y, si bien se comienza a hablar de indagación desde los años 60, es hasta la década de los 90 que se vuelve protagonista con la publicación de los National Science Education Standards en América (Romero-Ariza, 2017). Luego de esto, salen a la luz numerosas publicaciones europeas que expresan la efectividad de esta metodología en comparación con las tradicionales y en los primeros años del siglo XXI se comienza a posicionar en América Latina como una de las metodologías de mayor potencial para la alfabetización científica (Gómez, 2019).

Con respecto a la evolución histórica del enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), surge a finales de la década de los noventa debido a que la National Science Foundation realizó un estudio cuyos hallazgos remitieron a una poca participación de los jóvenes en carreras de estas áreas y una alta necesidad de profesionales STEAM en el futuro (Ruiz, 2017). Debido a ello, el gobierno estadounidense reformuló los lineamientos educativos y promovió la apertura de diversos centros de formación en STEM (Largo et al, 2017). Seguidamente, en el 2010 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) abogó por que se incorporara la Ciencia, la Tecnología e Innovación en el quehacer educativo con el fin de potenciar estrategias y espacios para reducir las brechas tecnológicas y sociales alrededor del mundo (Largo et al, 2017).

#### 4.2.4. Planificación docente

##### 4.2.4.1. Respiración celular

**Asignatura:** Biología

**Nivel:** undécimo/duodécimo

**Habilidad:** Apropiación de las tecnologías digitales.

**Tema:** Respiración celular.

A continuación, se presenta una serie de situaciones de aprendizaje que funge como una guía para ser implementada con las adaptaciones del profesorado de acuerdo con su contexto escolar.

#### Sección I. Habilidades en el marco de la política curricular.

<b>Habilidad y su definición</b>	<b>Indicador</b>
Apropiación de tecnologías digitales:	Desarrolla estrategias efectivas para buscar información en distintos medios digitales.
Habilidad para entender y analizar las tecnologías digitales, a fin de crear nuevos productos que puedan compartirse.	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información.
	Valora las implicaciones económicas, socioculturales y éticas de las tecnologías digitales en los diversos grupos

	sociales.
--	-----------

**Sección II. Aprendizajes esperados, indicadores de los aprendizajes esperados y estrategias de mediación.**

Aprendizaje esperado base	Criterio de evaluación	Indicador del aprendizaje esperado	Actividades sugeridas
Externa concepciones previas sobre la respiración celular.		Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las concepciones previas de la respiración celular.	Focalización: construcción de posters digitales.
Examina el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características.  Reconstruye el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características.	Analizar los principales sistemas de fijación y de emisión del carbono, la productividad primaria y secundaria, la acidificación de los océanos, la huella ecológica.	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las etapas de la respiración celular.	Exploración: uso de software simBIOS.
Expone la relación entre las diferentes etapas de la respiración celular.		Desarrolla estrategias efectivas para buscar información sobre las fases de la respiración celular en distintos recursos digitales.  Utiliza aplicaciones y recursos	Reflexión-contrastación: resumen, esquema, mapa conceptual, mapa mental.

		digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las etapas de la respiración celular.	
Elabora una explicación para una fase en específico de la respiración celular.		Valora las implicaciones económicas, socioculturales y éticas de las tecnologías digitales en los diversos grupos sociales.	Aplicación: elaboración de un video.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción del indicador</b>	<b>Rasgos</b>	<b>Preguntas que le facilitarán guiar las actividades.</b>
Focalización	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las concepciones previas de la respiración celular.	El estudiante con el apoyo de recursos digitales presenta sus ideas previas referentes al término respiración celular de forma creativa.	¿En qué piensan cuando escuchan el término respiración celular? ¿Mediante cuáles recursos digitales podrían construir un insumo que exprese sus ideas previas del concepto de respiración celular?
Exploración	Desarrolla estrategias efectivas para buscar información sobre las fases de la respiración celular en distintos medios digitales.	El estudiante con el apoyo de los diversos buscadores para navegar en internet accede a fuentes confiables donde pueda obtener información sobre las fases de la respiración celular y los procesos que ocurren en ellas.	¿Qué se sabe sobre la respiración celular? ¿Desde cuándo se empezó a estudiar el cómo los seres vivos obtenían energía? ¿Mediante cuáles recursos digitales puedo obtener información sobre la respiración celular? ¿De qué forma los seres obtienen energía de los alimentos?

	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las etapas de la respiración celular.	El estudiante mediante el simulador simBios explora y presenta la información relativa a la respiración celular (moléculas, procesos, cantidad de productos y reactivos)	<p>¿Cuál es el orden de las etapas de la respiración celular?</p> <p>¿Cuáles son los aspectos más sobresalientes de cada fase de la respiración celular?</p> <p>¿Qué moléculas son las principales para cada fase de la respiración celular?</p> <p>¿De qué forma se puede organizar la información para que se comprenda de forma fluida y completa?</p> <p>¿Mediante cuáles recursos digitales se puede organizar la información referente a la respiración celular de forma efectiva?</p>
Reflexión-contrastación	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las etapas de la respiración celular.	El estudiante con el apoyo de recursos digitales presenta sus hallazgos sobre la respiración celular de forma creativa.	<p>¿Cómo se pueden mostrar los hallazgos sobre la respiración celular mediante el uso de tecnologías digitales?</p> <p>¿Mediante cuáles recursos se puede presentar la información de una forma atractiva y fluida?</p>
Aplicación	Valora las implicaciones económicas, socioculturales y éticas de las tecnologías digitales en los diversos grupos sociales.	El estudiante realiza un video que vaya enfocado en un determinado grupo social para informarle sobre la respiración celular de manera atractiva y sencilla.	<p>¿De qué forma contribuyen los recursos digitales para informar a los diferentes grupos sociales?</p> <p>¿Mediante cuáles recursos audiovisuales se puede presentar la información de una forma atractiva y fluida?</p>



### Sección III. Instrumentos de evaluación.

Etapa	Indicadores para el desarrollo de la habilidad	Indicador del aprendizaje esperado base	Nivel de desempeño Inicial	Nivel de desempeño Intermedio	Nivel de desempeño Avanzado
Focalización	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las concepciones previas de la respiración celular.	Externa concepciones previas sobre la respiración celular.	Externa concepciones previas sobre la respiración celular utilizando recursos de diseño digital simples y de forma poco creativa. Además, la organización de la información es confusa o no corresponde a la respiración celular.	Externa concepciones previas sobre la respiración celular utilizando recursos de diseño digital de forma creativa pero simple. Además, la organización de la información es confusa o no corresponde a la respiración celular.	Externa concepciones previas sobre la respiración celular utilizando recursos de diseño digital complejos y de forma creativa. Además, la organización de la información es clara.
Exploración	Desarrolla estrategias efectivas para buscar información sobre las fases de la respiración celular en distintos medios digitales.	Examina el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características.	Examina el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características por medio de estrategias poco efectivas para buscar información en distintos medios digitales (navegar únicamente en páginas sin carácter científico, blogs personales o publicaciones	Examina el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características por medio de estrategias efectivas para buscar información en distintos medios digitales (artículos de revista o periódicos digitales de carácter científico, e-books o videos educativos de	Examina el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características por medio de estrategias efectivas para buscar información en distintos medios digitales (artículos de revista o periódicos digitales de carácter

			en redes sociales).	instituciones) pero falta diversificación de fuentes.	científico, e-books o videos educativos de instituciones) y diversifica de fuentes.
Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las etapas de la respiración celular.	Reconstruye el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características.	Reconstruye el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características. mediante recursos de diseño digital simples y de forma poco creativa. Además, la información es escueta y se encuentra desorganizada.	Reconstruye el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características. Mediante recursos de diseño digital simples, pero de forma creativa. Además, la información es escueta o se encuentra desorganizada.	Reconstruye el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características. mediante recursos de diseño digital complejos y de forma creativa. Además, la información es completa y se encuentra bien organizada.	

Reflexión-contrastación	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información referente a las etapas de la respiración celular.	Expone la relación entre las diferentes etapas de la respiración celular.	Expone la relación entre las diferentes etapas de la respiración celular mediante recursos audiovisuales muy simples y de forma poco creativa. Además, la información es escueta, se encuentra desorganizada y no atrae la atención del receptor	Expone la relación entre las diferentes etapas de la respiración celular mediante recursos audiovisuales muy simples o de forma poco creativa. Además, la información es escueta o se encuentra desorganizada y no atrae la atención del receptor	Expone la relación entre las diferentes etapas de la respiración celular mediante recursos audiovisuales complejos y de forma creativa. Además, la información es clara, se encuentra completa y atrae la atención del receptor.
-------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Aplicación	Valora las implicaciones económicas, socioculturales y éticas de las tecnologías digitales en los diversos grupos sociales.	Elabora una explicación para una fase en específico de la respiración celular.	Elabora una explicación para una fase en específico de la respiración celular. mediante recursos audiovisuales muy simples y de forma poco creativa. Además, la información es escueta, se encuentra desorganizada y no es pertinente para el grupo social al que se muestra.	Elabora una explicación para una fase en específico de la respiración celular. mediante recursos audiovisuales simples o de forma poco creativa. Además, la información es escueta, se encuentra desorganizada y no es pertinente para el grupo social al que se muestra.	Elabora una explicación para una fase en específico de la respiración celular. mediante recursos audiovisuales complejos y de forma creativa. Además, la información es completa, de fácil comprensión, se encuentra organizada y es pertinente para el grupo social al que se muestra.
------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## **IV. Desarrollo de la propuesta didáctica.**

### **A. Focalización**

**Objetivo:** Diagnosticar las concepciones previas sobre la respiración celular.

**Actividad:** creación de un poster.

#### **Instrucciones.**

1. Realice las siguientes preguntas generadoras:

¿En qué piensan cuando escuchan el término respiración celular?

¿Cuáles elementos participan en la respiración celular?

¿Quiénes respiran?

¿Mediante cuáles recursos digitales podrían construir un insumo que exprese sus ideas previas del concepto de respiración celular?

2. Luego de que los estudiantes respondan a las preguntas generadoras solicite que diseñen un póster para presentar sus ideas previas de la respiración celular. Algunas plataformas de diseño online y su descripción son las siguientes:

## Algunas sugerencias de plataformas de diseño para elaborar posters

Plataforma	Descripción
	<p>Contiene plantillas para elaborar posters, presentaciones, videos, infografías, posts de redes sociales, logos y folletos. Además, posee una gran cantidad de íconos para contribuir con el componente visual.</p>
<p>Adobe Spark</p> 	<p>Posee plantillas de posters, posts de redes sociales y videos. Se pueden animar los diseños. Posee un periodo gratuito de prueba.</p>
	<p>Se utiliza principalmente para la edición de fotografías, aunque también se pueden crear íconos. Uso gratuito.</p>
<p>Piktochart</p> 	<p>Se pueden elaborar los mismos elementos que con Canva. Se encuentra en inglés y la funcionalidad de trabajar en equipos tiene una prueba de 30 días gratis.</p>
<p>Genially</p> 	<p>Se permite la creación de juegos sencillos, además de infografías, posters, videos, y presentaciones, interactivas.</p>
	<p>Presenta una gran cantidad de plantillas para elaborar infografías.</p>

**Figura 16.** Sugerencias de plataformas de diseño para elaborar posters. Elaboración propia.

3. Puede seleccionar alguna de las opciones presentadas anteriormente o darle libertad al estudiante de que trabaje con la plataforma de su preferencia que le permita elaborar un póster de calidad.

4. Por último, los estudiantes comparten sus posters ya sea impresos en la pizarra (presencial) o lo suben a una plataforma como Google Drive, Classroom, Teams o la que sea de preferencia por la institución. Se seleccionan algunos trabajos de manera aleatoria para que sean expuestos.

## **B. Exploración**

### **Objetivos:**

- Examinar el proceso de la respiración celular: componentes, etapas y características.
- Reconstruir el proceso de la respiración celular con sus componentes, etapas y características.

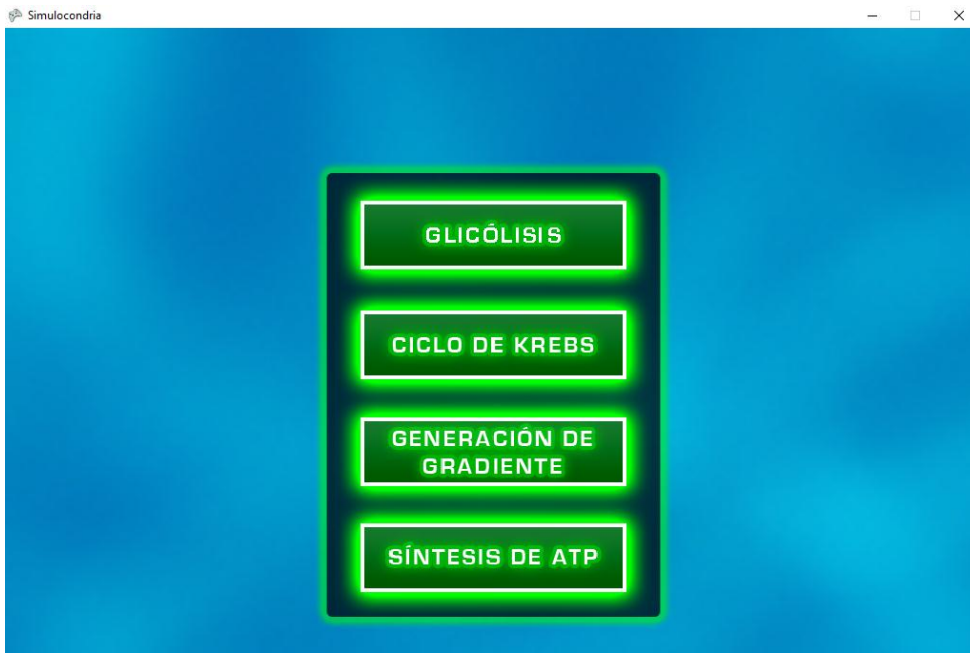
**Actividad:** descubriendo la respiración celular mediante simBIOS.

### **Instrucciones para los docentes.**

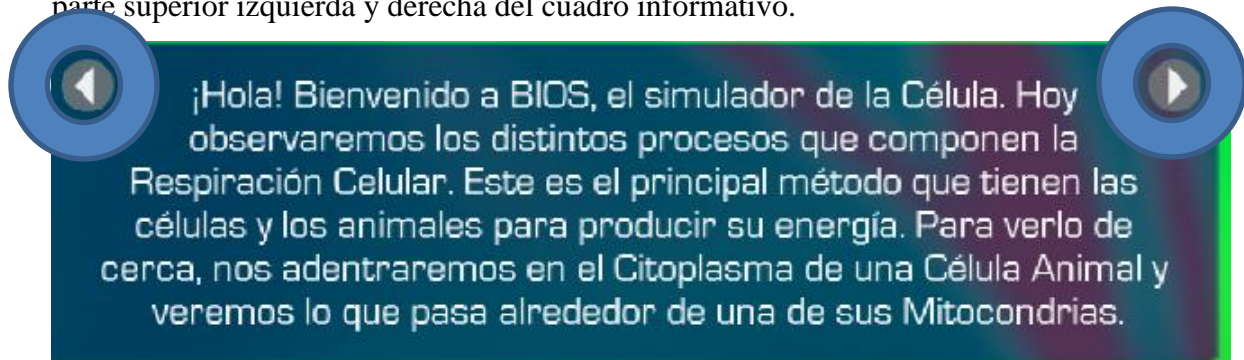
1. Se brinda al estudiante el siguiente enlace para descargar el software simBIOS:  
<https://drive.google.com/file/d/0Byszp0s91kHmSzVTRDNfa3lPUWs/view>

### **Instrucciones para los estudiantes.**

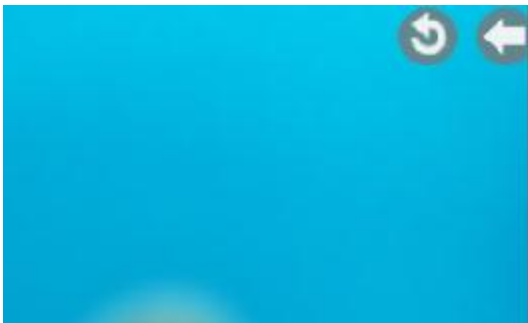
2. Ingrese al enlace que le brindó su docente y proceda a instalar y ejecutar el programa. La interfaz inicial se observa de la siguiente manera:



3. Seleccione la etapa de glicólisis y espere a que el programa cargue. Cuando se inicie la explicación puede avanzar o devolverla mediante el uso de las flechas que se ubican en la parte superior izquierda y derecha del cuadro informativo.

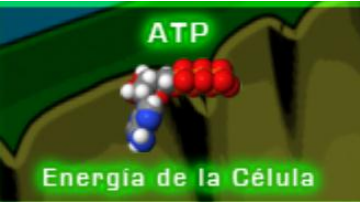
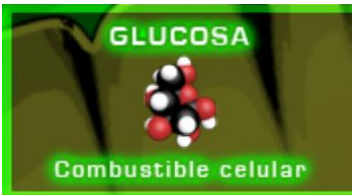


Si se desea iniciar de nuevo el simulador o salir, solo dé clic en la esquina superior derecha.







4. Avance según su ritmo y explore la **glicólisis** según las siguientes acciones que se le solicita:







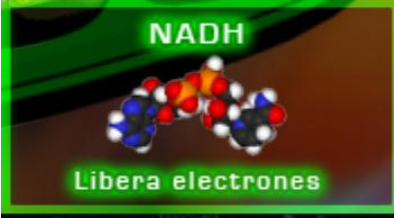



Acción	Molécula 1	Molécula 2
1. Generar proceso de glucólisis uniendo dos moléculas de ATP y una de Glucosa		

4. Ahora explore el **Ciclo de Krebs** según las siguientes acciones:

Acción	Molécula 1	Molécula 2
1. Arrastrar una molécula de piruvato a la membrana de la mitocondria.		-
2. Llevar una molécula de Acetil-CoA a la reacción constantemente activa del Ciclo de Krebs.		-
3. Produce 20 moléculas de NADH.		

5. Seguidamente, continúe con el simulador o seleccione **Generación de Gradiente** (en caso de haber salido del programa) y siga las instrucciones:

Acción	Molécula 1	Molécula 2 (o enzima)
<p>1. Arrastrar una de las moléculas de NADH al Primer Citocromo (I) de una Cadena de Transporte de Electrones.</p>	 <p>NADH Libera electrones</p>	-
<p>2. Llevar una molécula de O<sub>2</sub> hasta el Citocromo IV para extraer los electrones acumulados ahí.</p>	 <p>OXÍGENO (O<sub>2</sub>) Extrae electrones</p>	-
<p>3. Arrastra una molécula de ADP desde el Citoplasma hasta una enzima ATP sintasa.</p>	 <p>ADP Se convierte en ATP</p>	 <p>ATP SINTASA Transforma ADP en ATP</p>

4. Ocupa el resto de las moléculas para producir 6 moléculas de ATP.		
		
	Libera electrones	Se convierte en ATP
	Extrae electrones	Transforma ADP en ATP

6. Por último, se tiene a la actividad denominada “**síntesis de ATP**”, en esta parte se sintetizará 32 moléculas de ATP a partir de las tres etapas analizadas anteriormente.

7. Conforme realiza lo que se le solicita en el simulador (o después de haberlo realizado), vaya completando el siguiente cuadro:

Acción	Molécula 1	Molécula 2	Producto (molécula que se forma y/o cantidad de ATP liberado)
1. Generar proceso de glucólisis uniendo dos moléculas de Glucosa			
2. Arrastrar una molécula de piruvato a la membrana de la mitocondria			
3. Llevar una molécula de Acetil-CoA a la reacción			

constantemente activa del Ciclo de Krebs.			
4. Produce 20 moléculas de NADH (pista: coloque todos los piruvatos en la membrana y luego busque dentro de la mitocondria las moléculas de Acetil-CoA)			
5. Arrastrar una de las moléculas de NADH al Primer Citocromo (I) de una Cadena de Transporte de Electrones			
6. Llevar una molécula de O <sub>2</sub> hasta el Citocromo IV para extraer los electrones acumulados ahí.			
7. Arrastra una molécula de ADP desde el Citoplasma hasta una enzima ATP sintasa.			

8. Ocupa el resto de las moléculas para producir 6 moléculas de ATP.			
----------------------------------------------------------------------	--	--	--

### C. Contrastación y reflexión

**Objetivo:** Exponer la relación entre las diferentes etapas de la respiración celular.

**Actividad:** crear un resumen y un esquema, mapa conceptual o mapa mental.

#### Instrucciones para los docentes.

1. Primero, se conforman grupos de 5 estudiantes.
2. Después, se dividen los siguientes roles:
  - a. Dirigente de la discusión inicial. Anota los temas principales y secundarios que van surgiendo.
  - b. Busca información en al menos cinco fuentes confiables sobre aquellos aspectos que se deba profundizar.
  - c y d. Organiza la información.
  - e. Diseño y acabado final.
3. Posteriormente, se les asigna a los grupos de estudiantes una fase de la respiración celular (se agrega la respiración anaeróbica). Sobre ella, deben utilizar la información que les brindó el simulador, además de indagar en al menos cinco fuentes confiables para extender la explicación y elaborar un resumen con los datos recolectados.
4. Cuando se tiene listo el resumen, se parte de él para realizar ya sea un esquema, mapa conceptual o mapa mental que les permita a los estudiantes presentar y compartir la información que recolectaron a sus compañeros de una forma atractiva, dinámica y que

explique el proceso de forma clara y concisa. Para ello, se puede utilizar alguna de las plataformas digitales que se describen en la siguiente figura:

## Plataformas para elaborar mapas conceptuales, esquemas o diagramas.



### CmapTools

Permite realizar mapas conceptuales en los que se puede cambiar color de letra, fondo, tipo de unión, entre otros.

### Lucid

Especial para elaborar mapas conceptuales, esquemas o diagramas de flujo en forma colectiva y con edición simultánea por varios usuarios. La versión gratuita solo permite tres diseños.



### SmartDraw

Brinda facilidades para elaborar diagramas de flujo, diagramas de Gantt, mapas mentales, organigramas y planos arquitectónicos. Posee siete días de prueba gratis y después de ese tiempo es de pago.

### Goconqr

Propone una gran cantidad de herramientas para construir esquemas, infografías, diagramas de flujo, presentaciones, fichas, mapas mentales y quices.



### Gitmind

Funciona para la elaboración de mapas mentales y diagramas sencillos. Es 100% gratuito.

### Creately

Se pueden crear mapas mentales, diagramas y dibujos de forma colaborativa y en tiempo real.



**Figura 17.** Plataformas para elaborar mapas conceptuales, esquemas o diagramas.

Elaboración propia.

6. Los grupos exponen su esquema, mapa conceptual o mapa mental a los demás compañeros del curso. La persona docente evacúa dudas y está pendiente a que el tema se entienda de forma clara y profunda.

#### **D. Aplicación**

**Objetivo:** Elaborar una explicación para una fase en específico de la respiración celular.

**Actividad:** elaboración de un video.

#### **Instrucciones**

1. En los mismos grupos anteriores y con el mismo tema los estudiantes elaboran un video educativo con una extensión no mayor a 5 minutos. Algunas plataformas y/o programas para realizar videos se muestran a continuación. Además, se muestran consejos para elaborar un video educativo:



## Programas y plataformas para editar videos



OpenShot

Programa para edición sencilla de videos. Gratuito e intuitivo.



Shotcut

Es un programa que permite la edición sencilla de videos de forma gratuita.



LIGHTWORKS

Posee una variedad de características que permite un nivel avanzado de edición de videos (con frecuencia lo utilizan youtubers). Prueba gratis siete días.



Fotos de  
Windows

La aplicación fotos de Windows 10 permite crear animaciones y videos de forma muy sencilla. Es gratuita.



blender

Programa de uso gratuito para editar videos y crear animaciones en 2D y 3D



clipchamp

Plataforma en línea que permite editar videos e imágenes sencillos. Posee una versión gratuita con funciones limitadas y una función de pago.

**Figura 18.** Programas y plataformas para editar videos. Elaboración propia.



## Consejos para elaborar un video



### Breve y conciso

La extensión recomendada para un video es entre 2:30 y 4 minutos.

### Elabore un guion

Con un documento guía se establece la narración y el tiempo que tomará cada sección del video.



### Grabe varias tomas



Si tiene varias tomas de la misma puede elegir entre la que haya salido mejor. A veces hasta que se ve en la computadora se notan algunos errores como mucho movimiento de la cámara o desenfoco.

### Practique antes de grabar

Se recomienda practicar varias veces antes de grabar para que luego el video quede en la menor cantidad de tomas posible y se ahorre espacio en el dispositivo y tiempo.



### Buena iluminación y en horizontal



Cuidar que el lugar de grabación este lo suficientemente iluminado, que no haya mucho ruido de fondo y si se graba con el celular se recomienda ponerlo de forma horizontal

### Utiliza un soporte

De ser posible, use un soporte para la cámara o el celular, esto evita que el video se mueva de forma no deseada y facilita el enfoque.



**Figura 19.** Consejos para elaborar un video. Elaboración propia.

2. Solicite a los estudiantes que elaboren un guion para grabar el video.
3. Indique que se suba el video a la plataforma OneDrive o Dropbox junto con el diálogo que prepararon.

#### 4.2.4.2. Fotosíntesis

**Asignatura:** Biología

**Nivel:** undécimo/duodécimo

**Habilidad:** Pensamiento sistémico

**Tema:** Fotosíntesis

A continuación, se presenta una serie de situaciones de aprendizaje para ser implementadas con las adaptaciones del profesorado, de acuerdo con su contexto escolar.

#### Sección I. Habilidades en el marco de la política curricular

Habilidad y su definición	Indicador
Pensamiento sistémico: habilidad para ver el todo y las partes, así como las conexiones que permiten la construcción de sentido de acuerdo con el contexto.	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos. <b>(Patrones dentro del sistema)</b> .
	Expone cómo cada objeto hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado. <b>(Causalidad entre los componentes del sistema)</b>
	Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos. <b>(Modificación y mejoras del sistema)</b>

## Sección II. Aprendizajes esperados, indicadores de los aprendizajes esperados y estrategias de mediación

Aprendizaje esperado base	Criterio de evaluación	Indicador del aprendizaje esperado	Actividades sugeridas
<p>Externa concepciones previas sobre la fotosíntesis.</p> <p>Abstrae los elementos generales que componen a la fotosíntesis.</p>	<p>Analizar los principales sistemas de fijación y de emisión del carbono, la productividad primaria y secundaria, la acidificación de los océanos, la huella ecológica.</p>	<p>Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos.</p>	<p>Focalización: demostración, simulador, lluvia de ideas.</p>
<p>Explica cómo cada elemento de la fotosíntesis es parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.</p>		<p>Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos.</p> <p>Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.</p>	<p>Exploración: aplicación de realidad virtual en el celular, completar cuadros, diseño de diagrama.</p>
<p>Manifiesta la relación entre las diferentes etapas y elementos de la fotosíntesis.</p>		<p>Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.</p>	<p>Reflexión-contrastación: Plickers y juego educativo.</p>
<p>Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas para abordar un problema relacionado con la fotosíntesis.</p>		<p>Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos.</p>	<p>Aplicación: estudio de caso.</p>

Etapa	Descripción del indicador	Rasgos	Preguntas que le facilitarán guiar las actividades.
Focalización	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos.	Los estudiantes observan detenidamente la demostración que realiza el docente y van abstrayendo cada elemento que participa en la fotosíntesis. Además, analizan las preguntas generadoras y elaboran una respuesta según sus concepciones previas.	¿Cuáles son los elementos individuales que se encuentran en el proceso de la fotosíntesis? ¿Qué se necesita para que se dé la fotosíntesis? ¿Cuáles son los reactivos y los productos que se pueden observar en la demostración?
	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos.	Los estudiantes crean un implemento para utilizar una aplicación donde experimentarán la fotosíntesis desde la realidad virtual de tal forma que esta inmersión les permita extraer los elementos y las estructuras que participan en este proceso.	¿Qué elementos de la fotosíntesis puede observar en la animación que se presenta en la aplicación? ¿Cuáles son las estructuras que participan en el proceso de la fotosíntesis según se observa en la animación?
Exploración	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado (Cuadro 1)	Los estudiantes completan el cuadro 1 donde deben establecer la interrelación que poseen los reactivos de la fotosíntesis con los productos y viceversa de tal forma que reconozcan la interdependencia de estos elementos.	¿Cuáles son los reactivos de cada fase de la fotosíntesis? ¿Cuáles son los productos? ¿Cuál es la interrelación entre los reactivos y los productos de la fotosíntesis? y ¿cómo se explica la interdependencia entre cada compuesto?
	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno	Los estudiantes completan el cuadro 2 donde deben establecer la interrelación que poseen las estructuras que participan en fotosíntesis de tal forma que reconozcan la	¿Cuáles estructuras de la célula vegetal participan en la fotosíntesis? ¿De qué forma se encuentran interrelacionadas las estructuras que participan en la fotosíntesis?

	determinado. (Cuadro 2)	interdependencia y el aporte de estos elementos.	¿Cuáles son los acontecimientos que se llevan a cabo en las estructuras en las que ocurre el proceso de fotosíntesis?
	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado. (Diagrama del Ciclo de Calvin - Benson)	Los estudiantes integran todo el conocimiento que han adquirido sobre la fase oscura de la fotosíntesis y sus interrelaciones e interdependencias y elaboran su propio diagrama del Ciclo de Calvin – Benson.	¿Cuáles son los elementos individuales que participan en la fase oscura? ¿De qué forma se encuentran interrelacionados? ¿Cuáles son las moléculas que se necesitan y cuáles son las que se producen? ¿Cómo se interrelaciona la fase oscura con la fase luminosa?
Reflexión- contrastación	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.	Los estudiantes responden a las preguntas utilizando la plataforma de Plickers y justificando su respuesta de tal forma que se evidencia la comprensión de las interrelaciones e interdependencias de los elementos de la fotosíntesis.	¿Cuáles son los procesos que ocurren en la fotosíntesis? ¿Qué ocurre en cada fase de la fotosíntesis? ¿Cómo se interrelacionan las fases de la fotosíntesis?
Aplicación.	Construye soluciones ante desafíos de tal forma que se mejore y modifique un sistema relacionado con la fotosíntesis.	Los estudiantes mediante un estudio de caso se enfrentan a una serie de desafíos en los que deben modificar y mejorar el sistema que se les presenta.	¿Cuáles son las condiciones de presión y radiación que resisten las plantas? ¿De qué forma está constituida el agua? ¿es posible su síntesis? ¿Cuáles son los nutrientes que necesitan las plantas para crecer?

**Sección III. Instrumentos de evaluación**

Etapa	Indicadores para el desarrollo de la habilidad	Indicador del aprendizaje esperado base	Nivel de desempeño Inicial	Nivel de desempeño Intermedio	Nivel de desempeño Avanzado
Focalización	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos.	Abstraer los elementos generales que componen a la fotosíntesis.	Abstraer entre 1 y 2 de los elementos generales que componen a la fotosíntesis y que se encuentran presentes en la demostración que realizó el docente.	Abstraer entre 3 y 4 de los elementos generales que componen a la fotosíntesis y que se encuentran presentes en la demostración que realizó el docente.	Abstraer 5 de los elementos generales que componen a la fotosíntesis y que se encuentran presentes en la demostración que realizó el docente.
Exploración	Abstrae los datos, hechos, acciones y objetos como parte de contextos más amplios y complejos.	Explica cómo cada elemento de la fotosíntesis es parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.	Explica la mitad o menos de la mitad de los elementos individuales (compuestos y estructuras) que están presentes en la experiencia que brinda Photosynthesis VR	Explica más de la mitad (pero queda alguno por fuera) de los elementos individuales (compuestos y estructuras) que están presentes en la experiencia que brinda Photosynthesis VR	Explica todos los elementos individuales (compuestos y estructuras) que están presentes en la experiencia que brinda Photosynthesis VR
	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado (Cuadro 1)	Explica cómo cada elemento de la fotosíntesis es parte de un sistema dinámico de interrelación e	Expone de forma acertada entre 1 y 3 de las relaciones que existen entre los productos y/o reactivos	Expone de forma acertada entre 4 y 6 de las relaciones que existen entre los productos y/o reactivos	Expone de forma acertada entre 7 de las relaciones que existen entre los productos y/o reactivos de la

		interdependencia en su entorno determinado.	de la fotosíntesis.	de la fotosíntesis.	fotosíntesis.
Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado. (Cuadro 2)	Explica cómo cada elemento de la fotosíntesis es parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.	Expone de manera poco clara y escueta las relaciones que existen entre los acontecimientos que se le muestran y la estructura de interés. Además, explica menos de la mitad de lo que se le solicita.	Expone de manera poco clara o escueta las relaciones que existen entre los acontecimientos que se le muestran y la estructura de interés. Además, explica un poco más de la mitad de lo que se le solicita.	Expone de manera clara y completa las relaciones que existen entre los acontecimientos que se le muestran y la estructura de interés.	
Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado. (Diagrama del Ciclo de Calvin - Benson)	Explica cómo cada elemento de la fotosíntesis es parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.	Diseña el Ciclo de Calvin – Benson de forma que no se muestra claramente la relación entre los elementos y su interdependencia con el sistema. Adicionalmente, es confuso y difícil de seguir.	Diseña el Ciclo de Calvin – Benson de forma que muestra claramente la relación entre los elementos y su interdependencia, no obstante, la información es escueta o el diagrama es difícil de seguir.	Diseña el Ciclo de Calvin – Benson de forma que se muestra claramente la relación entre los elementos y su interdependencia con el sistema. Adicionalmente, es fácil de entender y atractivo para el lector.	

Reflexión-contrastación.	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.	Manifiesta la relación entre las diferentes etapas y elementos de la fotosíntesis.	Muestra entre 1-4 respuestas correctas cuyo razonamiento coincide con la relación de las etapas de la fotosíntesis y los elementos.	Muestra entre 5-8 respuestas correctas cuyo razonamiento coincide con la relación de las etapas de la fotosíntesis y los elementos.	Muestra entre 9-10 respuestas correctas cuyo razonamiento coincide con la relación de las etapas de la fotosíntesis y los elementos.
	Construye soluciones ante desafíos de tal forma que se mejore y modifique un sistema relacionado con la fotosíntesis.	Expone cómo cada objeto, hecho, persona y ser vivo son parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.	Establece de forma incompleta y confusa la relación que hay entre el desafío que se muestra y la fotosíntesis	Establece de forma incompleta o confusa la relación que hay entre el desafío que se muestra y la fotosíntesis	Establece de forma completa y clara la relación que hay entre el desafío que se muestra y la fotosíntesis
Aplicación	Construye soluciones ante desafíos de tal forma que se mejore y modifique un sistema relacionado con la fotosíntesis.	Desarrolla nuevos conocimientos, técnicas y herramientas prácticas que le permiten la reconstrucción de sentidos.	Construye soluciones de forma poco realizable y es falta investigar sobre el tema para poder entenderlo de forma íntegra y proponer ideas que permitan la reformulación del sistema.	Construye soluciones de forma realizable, sin embargo, falta investigar sobre el tema para poder entenderlo de forma íntegra y proponer ideas que posean mayor relación con el sistema.	Construye soluciones de forma realizable e investiga sobre el tema para poder entenderlo de forma íntegra y proponer ideas que posean alta relación con el sistema.



## **IV. Desarrollo de la propuesta didáctica**

### **A. Focalización**

**Objetivo:** Abstraer los elementos generales que componen a la fotosíntesis.

**Actividad:** demostración de la fotosíntesis y preguntas generadoras.

1. A modo de introducir el tema de la fotosíntesis realice la siguiente demostración.

### **Materiales**

- 2 g de bicarbonato de sodio
- 200 mL de agua
- 5 gotas de jabón líquido
- 2 beakers o recipientes transparentes
- Hojas de cualquier planta
- Perforadora
- Pinzas
- Jeringa (sin aguja) de 20mL
- Fuente de luz

### **Procedimiento**

- Coloque 200 mL de agua a un beaker.
- Agregue 2g de bicarbonato de sodio y disuelva.
- Añada 5 gotas de jabón líquido y disuelva.
- Utilizando una perforadora, corte discos pequeños de las hojas de cualquier planta.
- Retire el émbolo de la jeringa e inserte los discos de hoja. Si lo desea se puede ayudar con el uso de pinzas para introducir las hojas.
- Luego de agregar unas 10-15 lentejas de hoja, utilice el émbolo de la jeringa para sacar todo el aire posible (sin dañar las hojas).
- Cuando la jeringa tenga la menor cantidad de aire, tome unos 10mL de la disolución de bicarbonato de sodio que preparó anteriormente. Asegúrese de que no quede aire dentro de la jeringa.

- Seguidamente, se procede a sacar el aire que poseen las lentejas de hoja. Para ello, coloque su dedo en la parte superior de la jeringa y mientras sostiene esa posición mueva el émbolo hacia abajo lentamente para crear un vacío. Note que el aire de las hojas está saliendo. Ahora, suelte el dedo de la parte superior y observe cómo las hojas se hunden. Si esto no sucede, debe repetir este paso hasta que todas las hojas estén al fondo.
- Coloque la jeringa al frente de una fuente de luz.
- Mientras se lleva a cabo la fotosíntesis, ingrese al siguiente enlace <http://www.reading.ac.uk/virtualexperiments/ves/preloader-photosynthesis-full.html> (solo se puede acceder desde el navegador Internet Explorer).
- En el enlace se encuentra un simulador en el que se puede observar la tasa de fotosíntesis que posee la planta *Elodea* según la distancia a la que se encuentre la fuente de luz, por lo que proceda a elegir una distancia y presione “Start”.
- Repita con dos distancias más para que los estudiantes observen el cambio.

2. Después de realizar la demostración, solicite a los estudiantes que escriban en un papel con su nombre los elementos individuales que participaron en el proceso anterior y que se lo entreguen. Luego, escriba algunos en la pizarra y discuta brevemente con los estudiantes.

3. Posteriormente, brinde a los estudiantes un papel pequeño que contengan alguna de las siguientes preguntas:

¿Cómo se relaciona la luz con la cantidad de burbujas observadas?

¿Cuáles serían sus argumentos del por qué las plantas se denominan organismos productores?

¿Qué cree usted que surgió primero, las plantas o los animales y por qué?

¿Las plantas “respiran” todo el día o solo en determinados momentos del día?

¿En qué cree usted que se convierte la energía que las plantas toman del sol?

¿Cómo le explicaría usted a sus compañeros el cómo ocurre la fotosíntesis?

4. Cuando los estudiantes hayan finalizado de responder a las preguntas con sus concepciones previas, se colocan con cinta los papeles en la pizarra y se discuten en grupo.

## B. Exploración

**Objetivo:** Comprender cada elemento de la fotosíntesis y el cómo es parte de un sistema dinámico de interrelación e interdependencia en su entorno determinado.

**Actividades:** aplicaciones Cardboard, Photosynthesis y cuadros.

1. Solicite a los estudiantes que formen parejas o grupos de máximo cuatro personas. Posteriormente, indíqueles que al menos un miembro del grupo debe instalar las siguientes aplicaciones de Android:



2. Antes de utilizar las aplicaciones, los estudiantes deberán construir un “Visor Cardboard”, para ello necesitarán los siguientes materiales y seguir el procedimiento a continuación:

### **Materiales:**

- Cartón
- Dos imanes pequeños
- Una botella de plástico PET (número 1)

- Cúter
- Marcador
- Pistola de silicón caliente
- Barra de silicón
- Agua

**Procedimiento:** siga el siguiente videotutorial de YouTube titulado “*Cómo hacer unas gafas de realidad virtual en casa*”  
[https://www.youtube.com/watch?v=2zEpC\\_YfzU4&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=2zEpC_YfzU4&feature=youtu.be)

El material que se necesita imprimir se encuentra en el siguiente enlace:  
<https://drive.google.com/file/d/137BGhjpY69Z-XGByDvD7qCtdAFTqksFW/view?usp=sharing>

3. Luego de que los estudiantes construyan el *Visor Cardboard* deben ingresar a la aplicación Cardboard y enlazarla con la aplicación Photosynthesis VR (solo necesita abrir Cardboard y luego abrir Photosynthesis VR).

4. Solicite a los estudiantes que ingresen a Photosynthesis VR y se aventuren a descubrir el proceso de la fotosíntesis. Mientras un estudiante está observando lo que ocurre debe ir mencionando a los otros compañeros del grupo los elementos individuales (compuestos y estructuras) que están actuando en el proceso y otras descripciones que considere oportunas para explicar lo que acontece.

5. Con la ayuda del resumen que se encuentra en el siguiente enlace (<https://drive.google.com/file/d/1s7F8rbwGYKZwpEYO5ZuxVt03dZh9foCF/view?usp=sharing>), fuentes confiables de internet (sugerencia: <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/>) y la información que le brindó Photosynthesis VR el estudiante completa los siguientes cuadros:

**Cuadro 1.** Elementos que se requieren y producen en la fotosíntesis.

Fase que requiere luz (Dependiente)		Fase que no requiere luz (Independiente - Ciclo de Calvin)	
Se requiere	Se produce	Se requiere	Se produce
1. Luz + clorofila	1.	1.	1. Fosfogliceraldehído
2. H <sub>2</sub> O	2.	2.	2. ADP + P y NADP <sup>+</sup>
3. ADP + P	3.	3.	3. Ribulosa Difosfato y C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
4. NADP <sup>+</sup>	4.		

**Cuadro 2.** Acontecimientos que ocurren en las estructuras de la célula vegetal.

Estructura	Acontecimiento
Cloroplasto	
Membrana del tilacoide	
Fotosistema II	
Fotosistema I	
Plástido con Clorofila	

P700	
Estomas	

6. Solicite a los estudiantes que elaboren su propio diagrama del Ciclo de Krebs.

### C. Reflexión-contrastación

**Objetivo:** Expone la relación entre las diferentes etapas de la fotosíntesis.

**Actividades:** Plickers y aplicación Plant Eat.

**Instrucciones Plickers.** En este apartado, se sugiere la creación de un cuestionario mediante la plataforma Plickers, la cual permite elaborar preguntas para ser proyectadas en la pizarra y que el docente escanee códigos QR que entrega a los estudiantes para que brinden su respuesta. Una de las mayores ventajas es que permite tener un control sobre los aciertos de los estudiantes de forma individual y que solo requiere que la persona docente posea internet en su dispositivo móvil.

Siga las siguientes instrucciones para utilizar la plataforma:

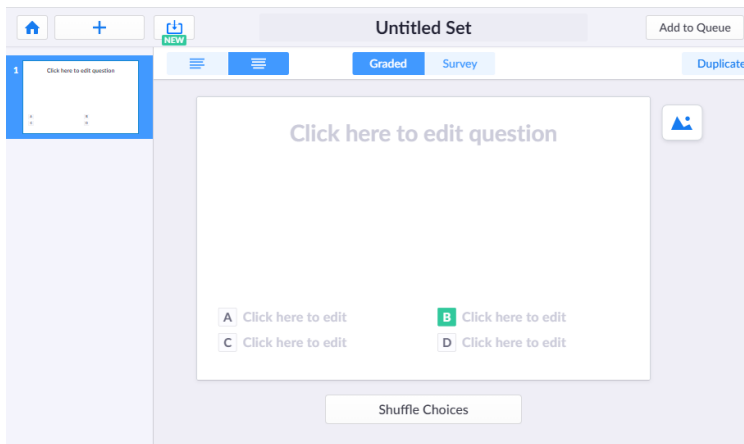
1. Ingrese a la plataforma Plickers: <https://www.plickers.com>

2. Cree una cuenta o acceda con su cuenta de Google.


3. Si desea comenzar a crear preguntas seleccione en  New Set

4. Se le desplegará a la siguiente pantalla donde podrá editar el título del cuestionario, la disposición de las preguntas, la descripción y las opciones. No olvide marcar sobre la opción correcta.

En el signo de más podrá agregar una pregunta nueva y en “Add to Queue” puede agregar esa pregunta a un grupo específico que ya haya elaborado.



5. En [Recent](#) podrá ver las preguntas recientes que ha elaborado y seleccionar “Play Now” para comenzar con el cuestionario o “Edit” para editarlo.
6. Si accede a [Your Library](#) podrá observar todos los cuestionarios que haya elaborado junto con las mismas opciones que se muestran en recent.
7. En [Reports](#) podrá ver las calificaciones de los estudiantes que hayan participado en los cuestionarios. Si selecciona [Score sheet...](#) observará un reporte detallado por estudiante y podrá imprimirlo.
8. En el apartado de [New Class](#) se crean los grupos de estudiantes a los que desea aplicar el cuestionario. Primero, debe nombrar la clase y seleccionar “Create Class” y después solo debe agregar los nombres de los estudiantes.
9. Por último, para que los estudiantes respondan al cuestionario, debe entregarles una ficha con un número y un código QR que se descargan en la opción “Get the cards” que se observa a continuación:

**Almost classroom ready!**  
Setup 50% complete 

- Get the mobile app**  
[Email me a link](#) > [I've got the app](#)  
The app scans student responses. Download and sign-in on iPhone, iPad, or Android now.
- Add some questions to ask**
- Make a class and add some students**
- Get the cards**  
[Download](#) > [Buy on Amazon](#) > [I've got cards](#)  
You can download and print yourself, or grab a nice pre-made set from Amazon.

La ficha se utiliza de la siguiente forma: el estudiante observa la pregunta que se proyecta en la pizarra, luego coloca la ficha con la letra que considera que corresponde a la respuesta correcta. Posteriormente, el docente escanea la ficha del estudiante con su celular, para ello, el docente debe tener la aplicación de Plickers instalada y enlazada con su cuenta.

Antes de entregar las fichas asegúrese que coincidan con el número que tiene el estudiante en la lista de clase que creó.

Por otra parte, se recomienda imprimir las fichas en un papel tipo cartón opaco para evitar errores de lectura. Si se desea también se pueden forrar con plástico anti-reflejo para poder utilizar las fichas en las distintas clases que imparta.

10. A continuación, se le presentan una serie de interrogantes que se diseñaron con el fin de potenciar los indicadores del PS que se mencionaron en el planeamiento (discuta en profundidad la razón de que la respuesta sea correcta):



1. Durante la fotosíntesis ocurre lo siguiente:

- A La energía de la luz se almacena directamente en las moléculas de ATP
- B Hay una transformación de energía lumínica en energía calorífica.
- C La energía de la luz se transforma en energía química.
- D Ninguna de las opciones es correcta.

2. Las plantas producen O<sub>2</sub> y usan energía lumínica, CO<sub>2</sub> y agua con los cuales producen la materia orgánica necesaria para su alimentación. El O<sub>2</sub> que liberan se forma con átomos provenientes de:

- A La glucosa
- B La atmósfera
- C El CO<sub>2</sub>
- D El agua

3. En la primera etapa de la fotosíntesis la luz se utiliza para:

- A Fabricar glucosa
- B Sintetizar ATP y NADPH
- C Fijar el CO<sub>2</sub>
- D Ninguna de las anteriores

4. En la segunda etapa de la fotosíntesis, ocurre lo siguiente:

- A La rotura de la molécula de agua
- B La fijación de carbono, que utiliza los productos de la primera etapa para la producción de azúcares
- C La degradación de compuestos orgánicos
- D b y c son correctas

5. Cuando los dos fotosistemas trabajan en forma independiente, se forma un flujo cíclico de electrones. En este caso:

- A No se forma NADPH, pero se sintetiza ATP
- B No se forma NADPH, pero se sintetiza FAD
- C No se forma ADP, pero se sintetiza NADP
- D a y c son correctas

6. El electrón eliminado de la clorofila P680 hace que esta molécula requiera su reemplazo el cual es

- A tomado del anhídrido carbónico convirtiéndolo en hidrato de carbono
- B tomado del agua, la que se "rompe" liberando oxígeno a la atmósfera
- C tomado de la clorofila P700
- D tomado del dióxido de carbono.

7. Para fabricar la glucosa, los organismos productores necesitan

- A Energía luminosa, dióxido de carbono y clorofila
- B Energía luminosa, dióxido de carbono y clorofila
- C Energía luminosa, dióxido de carbono, agua y clorofila
- D Energía química, dióxido de carbono, agua y clorofila

8. ¿Cuál es el compuesto derivado del ciclo de Calvin que da origen a la glucosa?

- A Ribulosa fosfato
- B Gliceraldehído-3-fosfato
- C Ribulosa difosfato
- D Glucosa-6-fosfato

9. La fotorrespiración ocurre en

- A Una organela
- C Dos organelas

- B Tres organelas
- D Cuatro organelas

10. ¿Cuál es el propósito del flujo cíclico de electrones?

- A Crea el agua necesaria para la respiración celular.
- C Crea solo ATP, necesario para las reacciones independientes de la luz.

- B Suministra electrones para el fotosistema I
- D Crea una ruptura del agua en iones de oxígeno e hidrógeno.

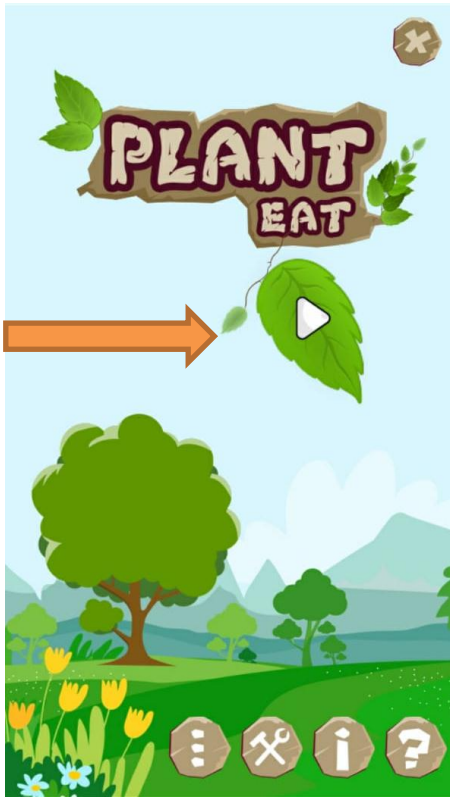
11. El estudiante escribe en una hoja el razonamiento detrás de la elección de cada respuesta y entregarle la hoja al final de la evaluación.

### Instrucciones aplicación Plant Eat.

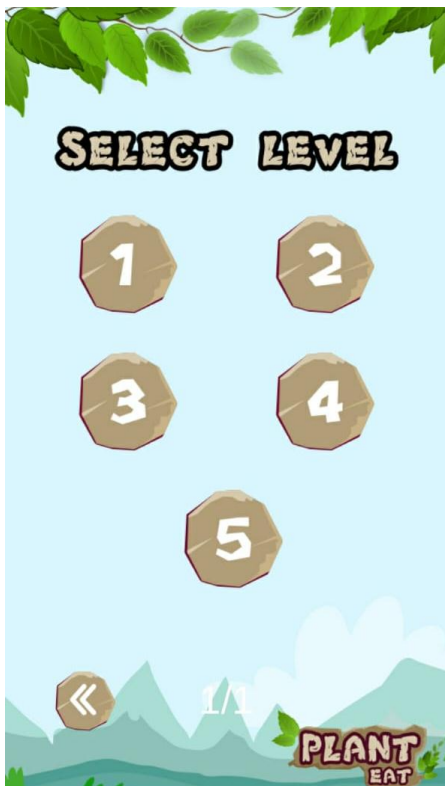
1. Solicite a los estudiantes que formen parejas (aunque es preferible el trabajo individual). Posteriormente, indíqueles que al menos un miembro del grupo debe instalar la siguiente aplicación de Android:



2. Cuando los estudiantes tengan la aplicación instalada, indíqué que presionen el siguiente botón:



3. Luego, el estudiante selecciona el nivel al que quiere jugar.



3. Finalmente, el juego comienza. Lo que ejecuta el estudiante es la síntesis de la cantidad de moléculas de glucosa que se le solicite en la esquina superior derecha, para lo cual utiliza la cantidad necesaria de agua y dióxido de carbono (dar clic sobre la molécula) según la reacción de fotosíntesis. Cada vez que seleccione una molécula que no corresponde a los reactivos para la fotosíntesis perderá puntos.

#### **D. Aplicación**

**Objetivo:** Construye soluciones ante desafíos de tal forma que se mejore y modifique un sistema relacionado con la fotosíntesis.

**Actividad:** estudio de caso.

**Instrucciones:** aplique el siguiente estudio de caso a un grupo de máximo 4 estudiantes.

**Estudio de caso. ¿Cómo se podría cultivar en Marte?**



“Imagine que nos encontramos en el año en que la tecnología es la suficiente como para que el ser humano explore Marte. La NASA se encuentra en la búsqueda de personas que vayan en una misión cuyo objetivo es recolectar muestras del suelo de este planeta, para estudiar sus propiedades y la posibilidad de que se pueda establecer una colonia en un futuro no muy lejano.

Supongamos que ustedes se encuentran con el siguiente poster y les parece muy atractivo:



Ustedes llaman al 900-Marte y aceptan esta aventura. Les toma aproximadamente tres meses en llegar al Planeta Rojo.

Comienzan a recolectar las muestras de suelo y aire que les solicitaron. Cuando terminan, se dirigen de vuelta a la nave espacial para emprender el viaje hacia la Tierra. Cuando inician los motores salta un sonido muy extraño y muchos de los controles de la nave se tornan con una alarma roja. Por alguna razón desconocida la nave deja de funcionar y ¡solo les queda energía para enviar un mensaje de rescate a la Tierra! Por lo que toman la computadora más cercana y redactan lo siguiente:

Este es un mensaje para la estación de parte de \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_, misión Apolo 2030, nuestra nave se ha dañado y necesitamos que vengan por nosotros.

Pero la computadora se apaga antes de que el mensaje se envíe.

¿Ahora qué haremos? Se preguntan muy exaltados, ¡pero recuerdan que tienen semillas! Y que en su formación secundaria aprendieron muchísimo sobre la fotosíntesis, por lo que solo es cuestión de modificar y mejorar el sistema de siembra en la Tierra y podrán sobrevivir hasta que llegue el rescate”.

Uno de ustedes establece los siguientes desafíos, mientras que entre todos analizan cuál sería la afectación para la fotosíntesis y proponen posibles soluciones para superar los obstáculos.

Recuerden que en la nave tienen artículos científicos que pueden consultar para inspirar sus soluciones.

Desafíos	Afectación a la fotosíntesis	Posible solución
La presión atmosférica de Marte es un baja, por lo que sembrar al aire libre ocasionaría que tanto las plantas como el oxígeno se escape de la atmósfera.		

El suelo en Marte (regolito) difiere mucho en comparación con el de la Tierra ya que no posee los mismos nutrientes.		
La radiación solar es sumamente alta.		
No hay agua líquida accesible.		
Temperaturas muy bajas (oscilan de forma drástica entre 20 y -50°C).		
*Acá, deben agregar un desafío extra que consideren*.		

#### 4.2.4.3. Ciclo del carbono y acidez de los océanos

**Asignatura:** Biología

**Nivel:** undécimo/duodécimo

**Habilidad:** Apropiación de las tecnologías digitales

**Temas:** Ciclo del carbono y acidificación de los océanos

**Enfoque STEAM**

A continuación, se presenta una serie de situaciones de aprendizaje para ser implementadas con las adaptaciones del profesorado de acuerdo con su contexto escolar.

#### Sección I. Habilidades en el marco de la política curricular

Habilidad y su definición	Indicador
Apropiación de tecnologías digitales: Habilidad para entender y analizar las tecnologías digitales, a fin de crear nuevos productos que puedan compartirse.	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información.



## Sección II. Aprendizajes esperados, indicadores de los aprendizajes esperados y estrategias de mediación

Aprendizaje esperado base	Criterio de evaluación	Indicador del aprendizaje esperado	Actividades sugeridas
Demuestra las concepciones previas de cómo se interrelacionan los procesos de la fotosíntesis y la respiración celular.			Focalización: diagrama
Construye el ciclo del carbono a partir de los elementos que se encuentran interrelacionados e interconectados.			Exploración: plataformas de diseño, plataformas de programación y ensayo científico.
<p>Expone el ciclo del carbono según el producto que haya elaborado de acuerdo con el área de STEAM a la que pertenece.</p> <p>Reflexiona sobre las implicaciones de las actividades antropogénicas en el ciclo del carbono.</p>	<p>Analizar los principales sistemas de fijación y de emisión del carbono, la productividad primaria y secundaria, la acidificación de los océanos, la huella ecológica.</p>	<p>Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información.</p>	<p>Reflexión-contrastación: plataformas de diseño, programación y creación de páginas web.</p>
Comparte el proyecto que ha creado con la comunidad educativa mediante un museo STEAM			Aplicación: museo

Etapa	Descripción del indicador	Rasgos	Preguntas que le facilitarán guiar las actividades.
Focalización	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información.	El estudiante diseña un diagrama por medio de recursos digitales de tal forma que integra los procesos de fotosíntesis y respiración celular.	<p>¿Cómo se relaciona el proceso de la fotosíntesis con la respiración celular?</p> <p>¿Cuáles recursos permiten elaborar un diagrama de forma sencilla y eficaz?</p> <p>¿De qué forma se puede organizar la información para que se comprenda de forma clara?</p>
Exploración		El estudiante busca información en fuentes confiables y construye un recurso informativo por medio de las tecnologías digitales complejas según el área de STEAM al que pertenezca su grupo.	<p>¿Qué es el ciclo del carbono?</p> <p>¿Cuáles elementos están interrelacionados en el ciclo del carbono?</p> <p>¿De qué forma se pueden utilizar los recursos digitales para construir una explicación para el ciclo del carbono?</p> <p>¿Cuáles programas se pueden utilizar para el diseño en 3D?</p> <p>¿Cuáles plataformas permiten programar una animación o un juego?</p>
Reflexión-contrastación		Los estudiantes exponen a sus compañeros el trabajo realizado sobre el ciclo del carbono desde el área STEAM a la que pertenecen de una forma creativa y atractiva utilizando tecnologías digitales.	<p>¿Cómo se pueden utilizar las tecnologías digitales para presentar información de forma atractiva y creativa?</p> <p>¿Cuáles son los principales hallazgos sobre el ciclo de carbono que se deben presentar a los compañeros?</p>
		Los estudiantes crean un blog en el que concientizan sobre alguna	¿Cuál problemática considera que más afecta al equilibrio del ciclo del carbono?

		<p>problemática que afecte al ciclo del carbono.</p>	<p>¿Cómo se puede elaborar un blog sobre el ciclo del carbono?</p> <p>¿Cómo se programa un juego educativo sobre el ciclo del carbono?</p> <p>¿Cómo se pueden intercalar los datos de varias investigaciones de tal forma que se genere un promedio de estas?</p>
Aplicación.		<p>Los estudiantes según su área STEAM crean un stand donde presentan el proyecto que elaboraron a la comunidad educativa y a sus padres.</p>	<p>¿Cómo se elabora un stand?</p> <p>¿Cómo se puede presentar la información mediante el uso de recursos digitales de tal forma que sea atractivo y educativo para los espectadores?</p>

### Sección III. Instrumentos de evaluación

Etapa	Indicadores para el desarrollo de la habilidad	Indicador del aprendizaje esperado base	Área STEAM	Nivel de desempeño Inicial	Nivel de desempeño Intermedio	Nivel de desempeño Avanzado
Focalización	Utiliza aplicaciones y recursos digitales de forma creativa y productiva como herramientas para la presentación y organización de la información.	Demuestra las concepciones previas de cómo se interrelacionan los procesos de la fotosíntesis y la respiración celular.		Demuestra las concepciones previas de cómo se interrelacionan los procesos de la fotosíntesis y la respiración celular mediante el uso de tecnologías digitales que no permiten presentar la información clara y ordenada y se percibe muy escueta.	Demuestra las concepciones previas de cómo se interrelacionan los procesos de la fotosíntesis y la respiración celular mediante el uso de tecnologías digitales que no permiten presentar la información clara y ordenada o se percibe muy escueta.	Demuestra las concepciones previas de cómo se interrelacionan los procesos de la fotosíntesis y la respiración celular mediante el uso de tecnologías digitales que permiten presentar la información clara, ordenada y completa.
Exploración		Construye el ciclo del carbono a partir de los elementos que se encuentran interrelacionados e interconectados.	Ciencia	Utiliza recursos informativos de fuentes no confiables en línea para obtener información sobre el ciclo del carbono. Adicionalmente, la presentación de los datos no es clara.	Utiliza recursos informativos de fuentes no confiables en línea para obtener información sobre el ciclo del carbono o la presentación de los datos no es clara.	Utiliza recursos informativos de fuentes confiables en línea para obtener información sobre el ciclo del carbono. Adicionalmente, la presentación de los datos es clara.

			<p>Tecnología</p> <p>La animación que se diseña presenta poca coherencia a nivel de la programación en bloques y no es funcional, además, la información sobre el ciclo del carbono se muestra de forma escueta, confusa y le falta organización.</p>	<p>La animación que se diseña presenta poca coherencia a nivel de la programación en bloques o no es funcional, además, la información sobre el ciclo del carbono se muestra de forma escueta, confusa o le falta organización.</p>	<p>La animación que se diseña presenta coherencia a nivel de la programación en bloques y es funcional, además, la información sobre el ciclo del carbono se muestra de forma clara, organizada y completa.</p>
			<p>Ingeniería</p> <p>La animación que se diseña presenta poca coherencia a nivel de la programación en bloques y no es funcional, además, la información sobre el ciclo del carbono se muestra de forma escueta, confusa y le falta organización.</p>	<p>La animación que se diseña presenta poca coherencia a nivel de la programación en bloques o no es funcional, además, la información sobre el ciclo del carbono se muestra de forma escueta, confusa o le falta organización.</p>	<p>La animación que se diseña presenta coherencia a nivel de la programación en bloques y es funcional, además, la información sobre el ciclo del carbono se muestra de forma clara, organizada y completa.</p>

			Arte	El diseño de los elementos que participan en el ciclo del carbono no es pertinente, posee poca creatividad y presenta bajo nivel de dificultad.	El diseño de los elementos que participan en el ciclo del carbono no es pertinente o posee poca creatividad y presenta nivel de dificultad medio.	El diseño de los elementos que participan en el ciclo del carbono es pertinente, creativo y presenta alto nivel de dificultad.
			Matemáticas	Utiliza recursos informativos de fuentes no confiables en línea para obtener información sobre el ciclo del carbono. Adicionalmente, la presentación de los datos no es clara.	Utiliza recursos informativos de fuentes no confiables en línea para obtener información sobre el ciclo del carbono o la presentación de los datos no es clara.	Utiliza recursos informativos de fuentes confiables en línea para obtener información sobre el ciclo del carbono. Adicionalmente, la presentación de los datos es clara.
Reflexión-contrastación		Expone el ciclo del carbono según el producto que haya elaborado de acuerdo con el área de STEAM a la que pertenece (exposición)	Ciencia	Presenta la información sobre el ciclo del carbono que recolectó en el apartado anterior de forma poco creativa y atractiva, asimismo, falta dominio del tema y no utiliza los recursos digitales pertinentes.	Presenta la información sobre el ciclo del carbono que recolectó en el apartado anterior de forma poco creativa y atractiva o falta dominio del tema y no utiliza los recursos digitales pertinentes.	Presenta la información sobre el ciclo del carbono que recolectó en el apartado anterior de forma creativa y atractiva, muestra dominio del tema y utiliza los recursos digitales pertinentes.

			<p>Tecnología</p> <p>La presentación que se realiza sobre la animación es escueta, falta aporte de los estudiantes o no explican de forma adecuada el trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.</p>	<p>La presentación que se realiza sobre la animación es escueta o falta aporte de los estudiantes.</p> <p>Adicionalmente, no explican de forma adecuada el trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.</p>	<p>La presentación que se realiza sobre la animación es completa, hay aporte de los estudiantes y explican de forma adecuada el trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.</p>
			<p>Ingeniería</p> <p>La presentación que se realiza sobre la animación es escueta, falta aporte de los estudiantes o no explican de forma adecuada el trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.</p>	<p>La presentación que se realiza sobre la animación es escueta o falta aporte de los estudiantes.</p> <p>Adicionalmente, no explican de forma adecuada el trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.</p>	<p>La presentación que se realiza sobre la animación es completa, hay aporte de los estudiantes y explican de forma adecuada el trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.</p>
			<p>Arte</p> <p>La presentación que se realiza sobre el diseño es escueta, falta aporte de los estudiantes o no explican de forma adecuada el</p>	<p>La presentación que se realiza sobre el diseño es escueta o falta aporte de los estudiantes.</p> <p>Adicionalmente, no</p>	<p>La presentación que se realiza sobre el diseño es completa, hay aporte de los estudiantes y explican de forma adecuada el</p>

				trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.	explican de forma adecuada el trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.	trabajo realizado y su relación con el ciclo del carbono.
			Matemáticas	Presenta la información sobre el ciclo del carbono que recolectó en el apartado anterior de forma poco creativa y atractiva, asimismo, falta dominio del tema y no utiliza los recursos digitales pertinentes.	Presenta la información sobre el ciclo del carbono que recolectó en el apartado anterior de forma poco creativa y atractiva o falta dominio del tema y no utiliza los recursos digitales pertinentes.	Presenta la información sobre el ciclo del carbono que recolectó en el apartado anterior de forma creativa y atractiva, muestra dominio del tema y utiliza los recursos digitales pertinentes.
		Expone alguna problemática del ciclo del carbono según el producto que haya elaborado de acuerdo con el área de STEAM a la que pertenece.	Ciencia	Diseña un blog muy sencillo en el que la investigación sobre el problema del ciclo del carbono no se aborda a profundidad.	Diseña un blog sencillo o en el que la investigación sobre el problema del ciclo del carbono no se aborda a profundidad.	Diseña un blog complejo en el que la investigación sobre el problema del ciclo del carbono se aborda a profundidad.
			Tecnología	Diseña un juego mediante las tecnologías digitales que concientice sobre un problema relacionado con el ciclo del carbono, pero este no es funcional y no	Diseña un juego mediante las tecnologías digitales que concientice sobre un problema relacionado con el ciclo del carbono, pero este no	Diseña un juego funcional mediante las tecnologías digitales que concientice sobre un problema relacionado con el ciclo del carbono.



Aplicación				cumple con su propósito.	es funcional o no cumple con su propósito.	
			Ingeniería	Diseña un juego mediante las tecnologías digitales que concientice sobre un problema relacionado con el ciclo del carbono, pero este no es funcional y no cumple con su propósito.	Diseña un juego mediante las tecnologías digitales que concientice sobre un problema relacionado con el ciclo del carbono, pero este no es funcional o no cumple con su propósito.	Diseña un juego funcional mediante las tecnologías digitales que concientice sobre un problema relacionado con el ciclo del carbono.
			Arte	Construye un diseño mediante el uso de recursos tecnológicos muy sencillo y que no concientiza sobre el problema del ciclo del carbono asignado.	Construye un diseño mediante el uso de recursos tecnológicos sencillo o que no concientiza sobre el problema del ciclo del carbono asignado.	Construye un diseño mediante el uso de recursos tecnológicos complejo y que concientiza sobre el problema del ciclo del carbono asignado.
			Matemáticas	Diseña un blog muy sencillo en el que la investigación sobre el problema del ciclo del carbono no se aborda a profundidad.	Diseña un blog sencillo o en el que la investigación sobre el problema del ciclo del carbono no se aborda a profundidad.	Diseña un blog complejo en el que la investigación sobre el problema del ciclo del carbono se aborda a profundidad.
	Comparte con la comunidad educativa	Ciencia	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las	

		mediante un museo el proyecto que ha creado.		tecnologías digitales que no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, falta claridad en la presentación, no es concisa y no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	tecnologías digitales que no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono o le falta claridad en la presentación, no es concisa o no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	tecnologías digitales que concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, la presentación es clara, concisa y evidencia la participación de todos los miembros del grupo.
			Tecnología	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, falta claridad en la presentación, no es concisa y no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono o le falta claridad en la presentación, no es concisa o no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, la presentación es clara, concisa y evidencia la participación de todos los miembros del grupo.
			Ingeniería	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que

				no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, falta claridad en la presentación, no es concisa y no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono o le falta claridad en la presentación, no es concisa o no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, la presentación es clara, concisa y evidencia la participación de todos los miembros del grupo.
			Arte	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, falta claridad en la presentación, no es concisa y no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que no concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono o le falta claridad en la presentación, no es concisa o no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que concientiza sobre el problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, la presentación es clara, concisa y evidencia la participación de todos los miembros del grupo.
			Matemáticas	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que no concientiza sobre el	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que no concientiza sobre el	Elabora un stand sencillo mediante el uso de las tecnologías digitales que concientiza sobre el

				<p>problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, falta claridad en la presentación, no es concisa y no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.</p>	<p>problema asignado relativo al ciclo del carbono o le falta claridad en la presentación, no es concisa o no se evidencia la participación de todos los miembros del grupo.</p>	<p>problema asignado relativo al ciclo del carbono. Además, la presentación es clara, concisa y evidencia la participación de todos los miembros del grupo.</p>
--	--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **IV. Desarrollo de la propuesta didáctica**

Antes de comenzar con las etapas del ciclo indagatorio, se aplicará a los estudiantes el cuestionario que se encuentra en este enlace: [Test Vocacional STEM](#) con el fin de establecer a cuál área STEAM son más afines o poseen mayor interés.

Posteriormente, se va a dividir el grupo en las 5 áreas STEAM y cada área tendrá seis integrantes (aunque esto dependerá del tamaño del grupo, en general es importante procurar que tenga un número par de integrantes).

La distribución por área se realiza de la siguiente forma:

1. **Ciencia:** tendrá cuatro estudiantes con mayor afinidad por la ciencia junto con dos estudiantes con mayor afinidad por la matemática.
2. **Matemática:** estará conformado por cuatro estudiantes con mayor afinidad hacia las matemáticas junto con dos con mayor afinidad hacia las ciencias.
3. **Artes:** estará compuesto por seis estudiantes con mayor afinidad por el arte.
4. **Tecnología:** cuatro estudiantes con mayor afinidad hacia la tecnología y dos estudiantes con mayor afinidad hacia la ingeniería.
5. **Ingeniería:** cuatro estudiantes con mayor afinidad hacia la ingeniería y dos estudiantes con mayor afinidad hacia la tecnología.

##### **A. Focalización**

**Objetivo:** Demostrar las concepciones previas de cómo se interrelacionan los procesos de la fotosíntesis y la respiración celular.

**Actividad:** Creación de diagrama.

1. Los estudiantes en los grupos STEAM crean un diagrama en el que expresen el cómo consideran que se relaciona la fotosíntesis con la respiración celular.
2. Se realiza una discusión de los cinco diagramas creados desde los grupos STEAM y el docente construye un diagrama global que integre todos los elementos de las concepciones previas. Por último, el docente explica que ambos procesos son parte también de un ciclo biogeoquímico denominado ciclo del carbono.

## B. Exploración

**Objetivo:** Construye el ciclo del carbono a partir de los elementos que se encuentran interrelacionados e interconectados.

### Actividades

\* Nota: Los grupos de ciencia y tecnología trabajan primero y exponer sus hallazgos a los otros equipos. Luego, con base en lo que aprenden y fuentes confiables extras que encuentre en internet, elaboran lo que se les solicita\*

### Ciencia

1. Se elaborará una investigación sobre “El ciclo del carbono” que constará de las siguientes partes:
  - Portada
  - Introducción. En este apartado los estudiantes redactan una breve reseña histórica de los descubrimientos que han ido de la mano con el desarrollo del ciclo del carbono (por ejemplo, cómo fue que a lo largo de la historia fue evolucionando el concepto de fotosíntesis y respiración celular) –2 a 3 páginas de extensión.
  - Objetivos. El objetivo principal es: informar a los compañeros sobre la historia y los elementos que se encuentran en el ciclo del carbono. A partir de este objetivo general (que podría sufrir modificaciones sin perder su esencia) se derivarán otros tres objetivos específicos.
  - Fundamento teórico. Aquí se desarrolla toda la teoría sobre el ciclo del carbono, es decir, los elementos que lo componen y el cómo se encuentran interrelacionados. – 3 a 5 páginas de extensión.
  - Fase experimental. En esta sección los estudiantes buscan una demostración para los compañeros en los que se abarque algún elemento relativo al ciclo del carbono. Deben escribir materiales y procedimiento.
  - Conclusiones. Una conclusión por cada objetivo específico.
2. Cuando se tiene listo el trabajo escrito, los estudiantes realizan la exposición del fundamento teórico y aplican la fase experimental.

## Matemática

1. Se elaborará una investigación sobre “*Las emisiones de carbono a lo largo de la historia*” que consta de las siguientes partes:
  - Portada
  - Introducción. En este apartado los estudiantes hacen una breve reseña histórica de los descubrimientos que han ido de la mano con el desarrollo del ciclo del carbono (por ejemplo, cómo fue que a lo largo de la historia fue evolucionando el concepto de fotosíntesis y respiración celular) –2 a 3 páginas de extensión.
  - Objetivos. El objetivo principal es: informar a los compañeros sobre el cómo ha ido variando las emisiones del ciclo del carbono en la historia. A partir de este objetivo general (que podría sufrir modificaciones sin perder su esencia) se derivarán otros tres objetivos específicos.
  - Fundamento teórico. Aquí se desarrolla toda la teoría sobre las emisiones de carbono a lo largo de la historia utilizando y describir gráficos que se recopilen de varias investigaciones científicas. – 3 a 5 páginas de extensión.
  - Actividad. En esta sección los estudiantes muestran una síntesis de los gráficos más relevantes que han encontrado sobre las emisiones de carbono a lo largo de la historia y extraer conclusiones sobre ellos (ejemplo hipotético: las emisiones de carbono en el 2019 fueron 4 veces mayores que las de 1955 según se observa en el gráfico).
  - Posteriormente, van a diseñar la actividad de cálculo de huella de carbono que se encuentra en la siguiente página:  
<https://www.sostenibilidad.com/vida-sostenible/calcula-huella-carbono/>
  - Conclusiones. Una conclusión por cada objetivo específico.
2. Cuando se tiene listo el trabajo escrito, los estudiantes realizan la exposición del fundamento teórico y aplican la actividad.

## Artes

1. Mediante la información que brinda el grupo de Ciencia (si lo desean también pueden apoyarse en fuentes confiables extra) los estudiantes diseñan los elementos del ciclo del carbono por medio de la plataforma de diseño 3D Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/join>
2. Se recomienda primero realizar unos esbozos a mano o mediante otro programa de todos los elementos que los estudiantes consideran que están presentes en el ciclo del carbono que van a representar.
3. A continuación, en el siguiente enlace se brindan instrucciones sobre nociones básicas para el uso de la plataforma de diseño 3D: <https://www.programoergosum.es/tutoriales/introduccion-a-tinkercad/> (Programo Ergo Sum, 2020)

## Tecnología

1. Mediante la información que brinda el grupo de Ciencia (si lo desean también pueden apoyarse en fuentes confiables extra) los estudiantes diseñan una animación que explique los elementos del ciclo del carbono por medio de la plataforma de programación Scratch: <https://scratch.mit.edu/>
2. Se recomienda primero realizar unos esbozos a mano o mediante otro programa de todos los elementos que los estudiantes consideran que deben estar presentes en el ciclo del carbono que se representará.
3. A continuación, en el siguiente enlace se brindan instrucciones sobre nociones básicas para el uso de la plataforma de programación: <http://www.ciudadaniaglobal.bue.edu.ar/uploads/media/default/0001/01/13a1a1b4e294a03e0ef9a725ea09ee2ef3917084.pdf> (Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2020)
  - a. Para ingresar a la plataforma, el alumno crea un nombre de usuario y una cuenta utilizando su correo electrónico.

## Ingeniería

1. Mediante la información que brinda el grupo de matemática (si lo desean también pueden apoyarse en fuentes confiables extra) los estudiantes diseñan una animación



que muestre los datos de emisiones de carbono por medio de la plataforma de programación Scratch: <https://scratch.mit.edu/>

2. Se recomienda primero realizar unos esbozos a mano o mediante otro programa de todos los elementos que los estudiantes consideran que deben estar presentes en el ciclo del carbono que van a representar.

### **C. Reflexión-contrastación**

#### **Objetivos:**

Exponer el ciclo del carbono según el producto que haya elaborado de acuerdo con el área de STEAM a la que pertenece.

Reflexionar sobre las implicaciones de las actividades antropogénicas en el ciclo del carbono.

### **PRIMERA PARTE**

#### **Ciencia**

La exposición que realizaron en la exploración se cuenta como parte de esta primera etapa del trabajo.

#### **Matemáticas**

La exposición que realizaron en la exploración se cuenta como parte de esta primera etapa del trabajo.

#### **Artes**

Para este apartado, si la institución o algún contacto cuenta con las condiciones para impresión en 3D, se imprimen los elementos que se hayan diseñado en la plataforma Tinkercad, si no se realizan las piezas a mano con materiales como plastilina u otros a los que tengan acceso los estudiantes y se explican brevemente a los compañeros.

#### **Tecnología**

Para este apartado, muestran la animación que realizaron y los compañeros la ejecutan. De ser el caso, el trabajo puede ser retroalimentado para que posea una mejor versión en la próxima etapa que se utilizará.

### **Ingeniería**

Para este apartado, muestran la animación que realizaron y los compañeros la ejecutan. De ser el caso, el trabajo puede ser retroalimentado para que posea una mejor versión en la próxima etapa que se utilizará.

### **SEGUNDA PARTE.**

**Nota:** para esta segunda parte se va a repartir una serie de problemas relacionados con la influencia de las actividades antropogénicas. Cada área tendrá su problemática y elaborarán un recurso digital específico que busque concientizar sobre el asunto.

Los estudiantes podrán escoger de entre las siguientes problemáticas.

- i. Acidificación de los océanos
- ii. Cambio climático
- iii. Calentamiento global
- iv. Deforestación
- v. Desechos sólidos

### **Ciencia**

1. Con la problemática que les fue asignada a los estudiantes, deben crear un blog que muestre:

- a) Definición del concepto
- b) Causas
- c) Consecuencias
- d) Algunas soluciones que se han planteado
- e) Acciones que como ciudadano se pueden realizar para contribuir a las soluciones.

2. Algunas plataformas en las que se puede elaborar un blog se encuentran en los siguientes enlaces. Wix <https://es.wix.com/>, Blogger <https://www.blogger.com/about/?bpli=1>, WordPress <https://es.wordpress.com/>.

## **Matemáticas**

1. Con la problemática que les fue asignada a los estudiantes, cree un blog que muestre:
  - a) Definición del concepto
  - b) Causas
  - c) Consecuencias (hacer énfasis en gráficos que muestren como se ha sido el comportamiento del problema).
  - d) Algunas soluciones que se han planteado.
  - e) Acciones que como ciudadano se pueden realizar para contribuir a las soluciones.
2. Algunas plataformas en las que se puede elaborar un blog se encuentran en los siguientes enlaces. Wix <https://es.wix.com/>, Blogger <https://www.blogger.com/about/?bpli=1>, WordPress <https://es.wordpress.com/>.

## **Artes**

1. Una vez los estudiantes ya imprimieron y/o construyeron su maqueta sobre el ciclo del carbono, realizarán una historia que busque concientizar sobre la problemática ambiental que se les asignó.
2. La historia puede incluir musicalización o cualquier otro recurso artístico que los estudiantes consideren.

## **Tecnología**

Los estudiantes deben diseñar en la plataforma de programación Scratch un juego educativo que concientice sobre el problema que les fue asignado.

## **Ingeniería**

Los estudiantes deben diseñar en la plataforma de programación Scratch un juego educativo que concientice sobre el problema que les fue asignado.

## **D. Aplicación**

**Objetivo:** Compartir el proyecto que ha creado con la comunidad educativa mediante un museo STEAM.

**Instrucciones.**

- En esta etapa los estudiantes convertirán el aula en un museo STEAM en el que van a mostrar a la comunidad educativa el trabajo que realizaron según su área.
- Cada stand deberá estar decorado de una forma atractiva y distintiva.

### **4.3. Conclusiones.**

En cuanto a la categoría de percepción docente se determinó que los profesores conocen sobre el concepto, los aportes y las características del enfoque STEAM, sin embargo, algunos de ellos no reconocen la integración de todas las disciplinas sino únicamente se relaciona con las tecnologías digitales o se deja por fuera al arte.

Los docentes reconocen las diversas estrategias de la metodología indagatoria que sugiere el MEP únicamente para las fases de la focalización y exploración, no obstante, existe confusión sobre el tipo de estrategias que son pertinentes para las fases de reflexión-contrastación y aplicación.

Se documentó que las personas docentes poseen conocimiento sobre la definición y características tanto de la habilidad de pensamiento sistémico como de la apropiación de tecnologías digitales, en cambio, muestran poca claridad sobre los indicadores de desarrollo del PS.

Los docentes consideran de alto grado de complejidad la enseñanza y el aprendizaje del tema de sistemas de fijación y emisión de carbono debido a los procesos bioquímicos que este engloba, el vocabulario especializado y la falta de contextualización.

Por su parte, para la categoría de estrategias didácticas se identificó que las que se utilizan con mayor frecuencia en la enseñanza y aprendizaje de la Biología son las demostraciones, los laboratorios, las discusiones, la lluvia de ideas y los esquemas, mientras que las menos utilizadas fueron las giras de campo, los juegos educativos, la programación y la animación.

Se determinó que existe el uso de estrategias generales para potenciar las habilidades de PS y ATD, sin embargo, no fueron evidenciadas al verificar la habilidad para algunos indicadores propios de estas con la aplicación del test de contenido.

Se encontró que para el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono, la estrategia más utilizada fue la clase magistral y algunas otras similares a las que se mencionaron para las clases de Biología en general.

Para la última categoría de análisis, que refería al diseño de la UD, se diseñaron estrategias didácticas que faciliten a los docentes la promoción de las habilidades de pensamiento sistémico y la apropiación de tecnologías digitales considerando cada uno de los indicadores bajo la metodología de indagación y el enfoque STEAM para el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono.

#### **4.3.2. Recomendaciones.**

##### *A los docentes*

- Utilizar el enfoque STEAM en sus lecciones debido a sus diversos aportes para el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología y su compatibilidad con la metodología de indagación y el desarrollo de habilidades que se propone desde el MEP. Además, responde a las necesidades educativas que se derivan del contexto de Cuarta Revolución Industrial.
- Instar que se trabaje con recursos tecnológicos de mayor complejidad como los juegos educativos, simuladores, plataformas de diseño y programación dado que fomenta que los estudiantes desarrollen habilidades para el siglo XXI como la apropiación de las tecnologías digitales. Para ello, en internet se puede encontrar una gran cantidad de tutoriales, manuales y cursos gratuitos que facilitan la profesionalización docente, además, la unidad didáctica que presenta esta investigación también contiene una gran cantidad de estrategias y recursos de esta índole.
- Trabajar en el indicador de patrones del sistema mediante la elaboración de cuadros, gráficos y diagramas con el fin de que se potencie en los estudiantes el abstraer elementos de un sistema considerando una mayor potenciación de la habilidad de pensamiento sistémico
- Atender a desafíos sobre el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono tales como la motivación de los estudiantes, la transposición didáctica, el diagnóstico y

refuerzo de conocimientos previos. Además, se sugiere utilizar estos tópicos para la potenciación de las habilidades de PS y la ATP.

*Al MEP.*

- Impartir capacitaciones sobre estrategias didácticas específicas para desarrollar los indicadores de las habilidades de pensamiento científico, de tal forma que el docente pueda orientar efectivamente su práctica educativa en la potenciación de estas.
- Brindar herramientas para que los docentes puedan mejorar sus habilidades en el uso de tecnología, tales como capacitaciones, talleres y charlas para que con ello puedan desarrollar estrategias didácticas en las que se utilicen recursos de alto nivel como la programación de aplicaciones y animaciones o la elaboración de videos.
- Establecer el enfoque STEAM dentro de los programas de ciencias dado que solo se encuentra de forma implícita cuando se hace referencia a la interdisciplinariedad y al uso de la tecnología y la potenciación de habilidades del siglo XXI.

*A la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales.*

- Incluir en el programa de estudios cursos que vayan enfocados a desarrollar estrategias didácticas que busquen la potenciación de las habilidades de pensamiento científico dado que este es el objetivo final de la metodología por indagación que se impulsa desde el MEP
- Agregar cursos relacionados con tecnologías educativas en los que los estudiantes tengan la oportunidad de aprender de forma didáctica nociones sobre programación y diseño enfocados en la enseñanza de las ciencias para que puedan implementar recursos novedosos en su futura práctica docente.

## Referencias bibliográficas.

- Aalderen, S., y Walma, J. (2018). Modeling the relation between students' implicit beliefs about their abilities and their educational STEM choices. *Int J Technol Des Educ*, 28, 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9387-7>.
- Afanador, H., y Mosquera, C. (2016). Estudio de caso en la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis y respiración en plantas a partir de una unidad didáctica. *Revista Facultad Ciencia y Tecnología*, (40), 50-80. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n40/n40a03.pdf>
- Agüero, L. (2019). *Potenciación de las habilidades de pensamiento sistémico, pensamiento crítico y aprender a aprender mediante los Trabajos Prácticos de Laboratorio en las clases de Ciencias de Tercer Ciclo en dos colegios académicos privados de la Dirección Regional de Heredia en el 2017*. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia.
- Álvarez, G. (2020). COVID-19. *Cambiar de paradigma educativo*. Consejo Mexicano de Investigación Educativa A.G. COMIE. <http://www.comie.org.mx/v5/sitio/2020/04/16/covid-19-cambiar-de-paradigma-educativo/>
- Albuquerque, M. (2016). *Epistemología de las Ciencias Naturales*. (Tesis de Maestría) Universidad de Valladolid. España. <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v24n2/1516-7313-ciedu-24-02-0267.pdf>
- Alcaraz, C. (2018). *Un gran desafío: motivar a nuestros alumnos a través de la evaluación*. UNIBA Centro Universitario Internacional de Barcelona. <https://www.unibarcelona.com/int/actualidad/noticias/un-gran-desafio-motivar-nuestros-alumnos-traves-de-la-evaluacion>



- Almaraz, C., y López, E. (2018). Metodología Context-Based Approach en STEM: modelización de datos meteorológicos. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(1), 1-10. <http://mesjournal.es/ojs/index.php/mes/article/view/3>
- Altamirano-Benavides, M., y Yáñez, P. (2017). El código de barras de ADN (barcoding): una herramienta para la investigación y conservación de la diversidad biológica en el Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 23(1), 1-9. <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/23.2016.01>
- Amador, M., y Espinoza-Guzmán, J. (2017). Formación de docentes para la creación de cursos virtuales en la enseñanza del español como segunda lengua. *Revista Comunicación*, 26(1), 42-56. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/com/v26n1/1659-3820-com-26-01-42.pdf>
- Aramendi, P., Arburua., R. y Buján, K. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124. [https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/75505/1/10\\_RIE\\_N1\\_2018.pdf](https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/75505/1/10_RIE_N1_2018.pdf)
- Asinc, E., y Alvarado, S. (2019). *STEAM como enfoque interdisciplinario e inclusivo para desarrollar las potencialidades y competencias actuales*. Instituto Superior Tecnológico Bolivariano de Tecnología. Fundación FIDAL. <https://www.pedagogia.edu.ec/public/docs/9365340f28a6c7c0cb354dd233ca9498.pdf>
- Baltodano, M., Chacón, L., Hernández, P., Quesada, M., y Williams, K. (2017). *Aprovechamiento de las tecnologías digitales como apoyo al aprendizaje*. Ministerio de Educación Pública; Departamento de Investigación, Desarrollo e Implementación. [https://www.mep.go.cr/sites/default/files/aprovechamiento\\_tecnologiasdigitales.pdf](https://www.mep.go.cr/sites/default/files/aprovechamiento_tecnologiasdigitales.pdf)

- Bascur, P., y Sepúlveda, M. (2016). *Aplicación del modelo de enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), su influencia en el aprendizaje significativo, rendimiento académico y la motivación de los alumnos, en la unidad fotosíntesis*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Concepción, Chile.  
<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/2359>
- Brandi, J. (2016). *Los gráficos en la enseñanza y el aprendizaje*. (Tesis de Especialización). Universidad Nacional de la Plata, Argentina.  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/57333/Documento\\_completo-PDF\\_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/57333/Documento_completo-PDF_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Caicedo, M. (2020). *Valoración del resultado de aprendizaje de competencias en pensamiento sistémico y crítico de estudiantes de ingeniería ambiental, en la asignatura de educación ambiental, a partir de la aplicación de una estrategia de formación en educación para la sostenibilidad*. (Tesis de Maestría). Universidad de las Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia.  
<https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/2930/1/TESIS%20CLAUDIA%20CAICEDO.pdf>
- Calvo, A. (2018). *Análisis de la integración del uso de la tecnología digital en la promoción de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas en la enseñanza y el aprendizaje de ciencias por indagación en I y II ciclo con el fin de generar recomendaciones para el desarrollo profesional docente, Costa Rica*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Campos, J., y Ramírez, S. (2018). *Apps en la enseñanza de la Biología como herramientas tecnológicas para la potenciación de las habilidades: responsabilidad personal y social, resolución de problemas y apropiación de tecnologías digitales en las*

- Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2017*. (Tesis de Licenciatura).  
Universidad Nacional, Costa Rica.
- Campusano, K., y Díaz, C. (2017). *Manual de estrategias didácticas: orientaciones para su selección*. Ediciones INACAP.  
<http://www.inacap.cl/web/2018/documentos/Manual-de-Estrategias.pdf>
- Cárcel-Carrasco, F. (2016). Desarrollo de habilidades mediante el aprendizaje autónomo. *3C Empresa*, 5(3), 52-60. <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2016/08/art%C3%ADculo-4.pdf>
- Carmona, G., Salinas, V., y Arbeláez, J. (2018). *Lúdica de un proceso productivo como herramienta pedagógica para la asignatura pensamiento sistémico del pregado ingeniería de producción*. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/355/351>
- Carrillo, A. (2018). *Transposición didáctica del concepto de mezcla: Estudio de caso de dos profesoras de tercero de primaria*. (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.  
<http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/11026/TO-22377.pdf?sequence=1>
- Casasola, W. (2020). *Repensar el modelo educativo ante el COVID-19*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2020/03/31/repensar-modelo-educativo-covid-19>
- Castillo, J. (2017). *Promoción de las competencias de pensamiento científico mediante el abordaje del tema de los ecosistemas marino-costeros para el Ciclo Diversificado en 3 colegios del Caribe Sur de Costa Rica*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional, Costa Rica.

- Castro-Moreno, J. y Orlay, E. (2018) Algunas relaciones entre la autonomía de la Biología y la emergencia de su Didáctica: consideraciones sobre la complejidad de enseñar una ciencia compleja. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(2), 267-282.  
<https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v24n2/1516-7313-ciedu-24-02-0267.pdf>
- Castro-Tesén, R. (2015). El uso de foros de discusión como herramienta didáctica para desarrollar la capacidad de juicio crítico en las alumnas de segundo año “A” de secundaria de la institución educativa Santa María de Piura. (Tesis de Maestría). Universidad de Piura, Perú.  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2447/MAE\\_EDUC\\_171.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2447/MAE_EDUC_171.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chapa, P. y Martínez, T. (2016). La importancia de la actualización de conocimientos como parte de la formación del docente universitario. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 3(5), 1-20.  
<https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/420>
- Chavarría, G. (2017). *Estrategias Didácticas para la Innovación Docente en las Aulas Universitarias*. Editorial Universidad de Costa Rica.  
[https://www.researchgate.net/publication/320777529\\_5El\\_uso\\_del\\_debate\\_con\\_estrategia\\_didactica\\_en\\_un\\_curso\\_de\\_Genetica\\_General](https://www.researchgate.net/publication/320777529_5El_uso_del_debate_con_estrategia_didactica_en_un_curso_de_Genetica_General)
- Chen, W., Tang, X., y Mou, T. (2019). Course design and teaching practice in STEAM education at distance via an interactive e-learning platform: A case study. *Asian Association of Open Universities Journal*, 14(2), 122-133.  
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/AAOUJ-07-2019-0027/full/html>
- Chimbo, B., y Pintado, T. (2016). La importancia de la indagación en el ciclo del aprendizaje desde un modelo constructivista y su aplicación para la planificación de

- clase en ciencias naturales de cuarto a sétimo de EGB. (Tesis de Licenciatura).  
 Universidad de Cuenca, Ecuador.  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24837/1/tesis.pdf>
- Contrera, M., Martí, Y., y Senrra, N. (2019). El método indagatorio en la disciplina formación pedagógica general. Pasos metodológicos. *Revista Conrado*, 15(68), 97-103. <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/Conrado>
- Correa, J. (2015). Estrategia de enseñanza basada en una metodología de investigación científica escolar, para lograr un aprendizaje significativo del proceso de fotosíntesis de los estudiantes del grado 10 del Colegio Alemán de Medellín. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/77278285.pdf>
- Cortés, I., y Porras, M. (2017). *Aportes a la promoción de competencias de pensamiento científico que se generan en los estudiantes costarricenses durante su proceso de preparación y en el desarrollo de las olimpiadas internacionales de Biología: período 2008 – 2017*. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional, Costa Rica.
- Creswell, J., y Plano, V. (2017). *Designing and conducting Mixed Methods Research*. (3ed). SAGE Publications Inc.
- Cruz, E. (2016). Importancia del manejo de competencias tecnológicas en las prácticas docentes de la Universidad Nacional Experimental de la Seguridad (UNES). *Revista Educación Universidad de Costa Rica*, 43(1), 1-22.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/27120/36482>
- Cruz, E. (2019). Importancia del Manejo de Competencias Tecnológicas en las Prácticas Docentes de la Universidad Nacional Experimental de la Seguridad (UNES). *Revista de Educación*, 43(1), 1-23. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/27120>

- Cubero, A., Jiménez, A., y Quesada, R. (2017). *Estrategias didácticas y evaluativas en las Ciencias experimentales para la potencialización de las habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad e innovación, en Ciencias de noveno año, en el circuito 01 de la Dirección Regional Educativa de Heredia en el 2017*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Díaco, P., Bahamonde, N., y García, G. (2019). El diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas como estrategia para la formación de profesores de Biología. *Revista De Educación En Biología*, 22(2), 25-38.  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/25333>
- Díaz, C., Solar, M., Soto, V., y Conejeros, M. (2015). Las percepciones de los profesores respecto a la investigación e innovación de sus contextos profesionales. *Revista Actualidades Educativas en Educación*, 15(2), 1-30.
- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación educación médica*, 2(7), 162-167.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200750572013000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200750572013000300009).
- Domingo, Á. (2019). La profesión docente desde una mirada sistémica. *Revista Panamericana de Pedagogía*, (28), 15-35.  
<http://portalderevistasdelaup.mx/revistapedagogia/index.php/pedagogia/article/view/320>
- Domingo, M. (2016). *Desarrollo de competencias STEM mediante Scratch*. (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Madrid, España.  
[http://oa.upm.es/43799/1/TFM\\_Margarita\\_Domingo\\_Blazquez.pdf](http://oa.upm.es/43799/1/TFM_Margarita_Domingo_Blazquez.pdf)
- Domingo-Coscollola, M., Bosco-Paniagua, A., Carrasco-Segovia, S., y Sánchez-Valero, J. (2020). Fomentando la competencia digital docente en la universidad: percepción de

- estudiantes y docentes. *Revista de Investigación Educativa*, 38(1), 167-182.  
<https://revistas.um.es/rie/article/view/340551/277061>
- Domínguez, P., Amparo, M., Coronado, M., y Valdez, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEAM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación Educativa*, 19(80), 15-32. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v19n80/1665-2673-ie-19-80-15.pdf>
- Durán, R., y Torres, A. (2018). Estrategia para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, desde una metodología indagatoria en escuelas primarias indígenas del Valle de Mezquital. *Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos*, 14(65), 89-97. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/820>
- ECBI Chile. (16 de marzo de 2020). *Indagación Científica y su adecuación en el desarrollo curricular*. <https://www.ecbichile.cl/home/metodo-indagatorio/>
- Erazo, A. Un enfoque sistémico para comprender y mejorar los sistemas de salud. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 38(3), 248–53. <https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/2015.v38n3/248-253>
- Escobar, J., y González, D. (2017). El pensamiento sistémico y la interdisciplinariedad como requisitos indispensables para la educación ambiental. *Semillero de investigación de Sistemas Complejos y Simulación Facultad de Ciencias Ambientales UTP*, 1-10. [https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2006\\_Memorias.pdf](https://comunidadcolombianads.com/wp-content/uploads/2017/07/ECDS2006_Memorias.pdf)
- Estévez, Z. (2016). Evaluación del grado de aplicación de la teoría de sistemas en empresas seleccionadas que aplican el perfeccionamiento empresarial. *Revista Eumednet*. [https://www.researchgate.net/publication/332240730\\_sistemas](https://www.researchgate.net/publication/332240730_sistemas)
- Fernández, N. (2018). Actividades prácticas de laboratorio e indagación en el aula. *TED*, 44(203), 203-218. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n44/0121-3814-ted-44-203.pdf>

- Fernández-Marchesi, N. (2018). Las actividades de laboratorio por indagación presentes en los libros de texto. *Revista de Educación en Biología*, 21(1), 19-33.
- Ferrón, V. (2019). *¿Es satisfactoria la clase expositiva en la universidad? Un enfoque crítico*. (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma de Madrid, España. [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/690362/ferron\\_zarraute\\_victor\\_manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/690362/ferron_zarraute_victor_manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Figuroa, M., Tapia, J., e Iglesias, M. (2017). Contraposición entre racionalismo y pragmatismo en el escenario educativo ecuatoriano actual. *Revista Ciencia y Tecnología*, 17(16), 35-42. <http://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec/revista/index.php/cienciaytecnologia/article/view/401>
- Fundación Omar Dengo (FOD). (19 de marzo de 2020). *Apropiación de las Tecnologías Digitales*. <http://www.fod.ac.cr/competencias21/index.php/principios-de-enseñanza-y-aprendizaje/14-competencias/fichas/10-alfabetizacion-en-tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion#.XnPbHepKiUk>
- Furman, M. (2016). *Educación mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia* (1ra Ed). Santillana.
- Gallego, E., y Márquez, F. (2017). *La indagación como estrategia para la educación STEAM: Guía práctica*. Organización de los Estados Americanos y Red EducaSTEAM. <https://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/Final%20OEA%20Indagacio%CC%81n.pdf>
- Gamboa, M. (2017). Estudio de caso como estrategia didáctica para el proceso enseñanza-aprendizaje: retos y oportunidades. *Bio-grafía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 1533-1540. [https://www.researchgate.net/publication/323646500\\_ESTUDIO\\_DE\\_CASO\\_COM](https://www.researchgate.net/publication/323646500_ESTUDIO_DE_CASO_COM)



O ESTRATEGIA DIDACTICA PARA EL PROCESO ENSEÑANZA-  
APRENDIZAJE RETOS Y OPORTUNIDADES

- Garcés, D. (2017). *Propuesta metodológica basada en indagación científica, para la enseñanza de la unidad nuestro sistema solar, en la asignatura de ciencias naturales, tercer año básico*. (Tesis de Profesorado). Universidad de Concepción, Chile.  
[http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/2270/4/Tesis\\_Propuesta\\_Metodologica.pdf](http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/2270/4/Tesis_Propuesta_Metodologica.pdf)
- Garcés, E., Garcés, E., y Alcívar, O. (2016). Las tecnologías de la información en el cambio de la educación superior en el siglo XXI: reflexiones para la práctica. *Universidad y Sociedad*, 8(4), 171-177. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n4/rus23416.pdf>
- García, B. y Sousa, J. (2019). Consumo de noticias y percepción de fake news entre estudiantes de Comunicación de Brasil, España y Portugal. *Revista de Comunicación*, 18 (2), 93-113. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rcudep/v18n2/2227-1465-rcudep-18-02-93.pdf>
- García, J., Hernández, M., y Loaiza, J. (2015). Pensamiento sistémico y el desarrollo de competencias, en el aprendizaje de los lenguajes de programación. *Revista Electrónica Anfei Digital*, 10(2), 1-7. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/108/444>
- Garnica, S., y Roa, R. (2012). Conocimiento didáctico del contenido sobre fotosíntesis de dos profesores de los grados sexto y noveno de la educación básica secundaria de un colegio privado en Bogotá-Colombia. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 5(8), 50-76. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4107177>
- Giraldo-Bedoya, H., y García-Duque, C. (2019). La utilidad del racionalismo crítico en el campo teórico y práctico de la Educación. *Revista Latinoamericana de Estudios*

*Educativos*, 15(1), 91-110.

<https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA588340722&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=19009895&p=IFME&sw=w>

Gómez, G. (2014). *Propuesta didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis dirigida a estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I. E. D.* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. <http://bdigital.unal.edu.co/46400/1/2806926.2014.pdf>

Gómez, M. (2016). *Las ciencias basadas en la indagación en educación infantil.* (Tesis de Grado), Universidad de Valladolid, España. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/158349/1/TFGmarina.pdf>

González, L., y Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21(1), 101-122. <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n1/1516-7313-ciedu-21-01-0101.pdf>

González, M. (2015). Origen y evolución de los seres vivos. La inmersión a la cultura científica con el alumnado de 4 de ESO en la asignatura de Biología y Geología. (Tesis de Maestría). Universidad de Cádiz, España. <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/17511/TFM%20%20Gonzalez%20Corpas%2C%20MN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Granados, R., y Calvo, O. (2017). Ciencia, Tecnología y Educación en Costa Rica en el período 2010-2014. *Revista Reflexiones*, 96(1), 11-25. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/30628>

Grilli, J., Laxague, M., y Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación*

de las Ciencias, 12(1), 91- 108.

<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2904>

Guelmes, E., y Nieto, L. (2015). Algunas reflexiones sobre el enfoque mixto de la investigación pedagógica en el contexto cubano. *Revista Universidad y Sociedad*, 7(2), 23-29. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v7n1/rus03115.pdf>

Gutiérrez, M. y Rojas, P. (2014). Las giras educativas: una estrategia metodológica para la articulación teoría y práctica. *InterSedes* 15(31), 99-114. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/16016>

Harris, A. y Bruin, R. (2018). Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study. *J Educ Change*, 19, 153-179. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10833-017-9311-2>

Hernández, G., y Peñalosa, E. (2015). *Innovación educativa y apropiación tecnológica: experiencias docentes en el uso de las TIC*. Universidad Autónoma Metropolitana. [https://www.researchgate.net/publication/303784792\\_Innovacion\\_educativa\\_y\\_apropiacion\\_tecnologica\\_experiencias\\_docentes\\_con\\_el\\_uso\\_de\\_las\\_TIC](https://www.researchgate.net/publication/303784792_Innovacion_educativa_y_apropiacion_tecnologica_experiencias_docentes_con_el_uso_de_las_TIC)

Hernández, M., y Benítez, A. (2017). La enseñanza de las ciencias experimentales a partir del conocimiento pedagógico de contenido. *Innovación Educativa*, 18(77), 1-23. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-26732018000200141](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732018000200141)

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6 ed). Mcgraw Hill Education.

Hernández, R., Orrego, R. y Quiñones, R. (2018). Nuevas formas de aprender: La formación docente frente al uso de las TIC. *Propósitos y representaciones*, 6(2), 671-701. <http://www.scielo.org.pe/pdf/pyr/v6n2/a14v6n2.pdf>

- Hernández, V. (2016). *Las Apps como refuerzo educativo: De la educación informal a la educación formal*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Educación a Distancia, España. [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:masterComEdred-Vhernandez/Hernandez\\_Saavedra\\_Victoria\\_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:masterComEdred-Vhernandez/Hernandez_Saavedra_Victoria_TFM.pdf)
- Higuera, D., Guzmán, J., Rojas, Á. (2019). *Implementando las metodologías STEAM y ABP en la enseñanza de la Física mediante Arduino*. III Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil. <http://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUTP6457>
- International Test Commission (ITC). (2014). *El Uso de los Tests y otros Instrumentos de Evaluación en Investigación*. [https://www.intestcom.org/files/statement\\_using\\_tests\\_for\\_research\\_spanish.pdf](https://www.intestcom.org/files/statement_using_tests_for_research_spanish.pdf)
- Jiménez, L. S., Vega, N., Capa, E. D., Fierro, N. del C. y Quichimbo, P. (2019). Estilos y estrategia de enseñanza-aprendizaje de estudiantes universitarios de la Ciencia del Suelo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 21(4), 1-10. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/1935/1729>
- Jerez-Jaimes, J., y Narváez-Parra, E. (2016). Estrategia para la comprensión de los fundamentos de la respiración celular mediante el uso de dispositivos electrónicos. *Innovaciencia*, 4(1), 5-18. <https://revistas.udes.edu.co/innovaciencia/article/view/397>
- Koenig, K., Wood, K., Bortner, L., y Bao, L. (2019). Modifying Traditional Labs to Target Scientific Reasoning. *Journal of College Science Teaching*, 48(5), pp. 28-40. [https://www.researchgate.net/publication/332976461\\_Modifying\\_Traditional\\_Labs\\_to\\_Target\\_Scientific\\_Reasoning](https://www.researchgate.net/publication/332976461_Modifying_Traditional_Labs_to_Target_Scientific_Reasoning)
- Kortabitarte, A., Gillate, I., Luna, U., y Ibáñez-Etxerberria, A. (2018). Las aplicaciones móviles como recursos de apoyo en el aula de ciencias sociales: estudio exploratorio

con el app “architecture gothique/ romane” en educación secundaria. *Ensayos, Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 33(1), 1-15.  
<http://www.ub.edu/histodidactica/images/documentos/pdf/alex.pdf>

Lafuente, X. (2014). *Metodologías innovadoras bajo un enfoque constructivista de la educación*. (Tesis de Maestría). Universidad Cardenal Herrera, España.  
[https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/6967/1/Lafuente%20Delgado%2C%20Xantala\\_Metodolog%C3%ADas%20innovadoras%20bajo%20un%20enfoque%20constructivista%20de%20la%20educaci%C3%B3n.pdf](https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/6967/1/Lafuente%20Delgado%2C%20Xantala_Metodolog%C3%ADas%20innovadoras%20bajo%20un%20enfoque%20constructivista%20de%20la%20educaci%C3%B3n.pdf)  
[https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/6967/1/Lafuente%20Delgado%2C%20Xantala\\_Metodolog%C3%ADas%20innovadoras%20bajo%20un%20enfoque%20constructivista%20de%20la%20educaci%C3%B3n.pdf](https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/6967/1/Lafuente%20Delgado%2C%20Xantala_Metodolog%C3%ADas%20innovadoras%20bajo%20un%20enfoque%20constructivista%20de%20la%20educaci%C3%B3n.pdf)

Lambrisca, B., y Morales, M. (2015). El docente y los grupos de aprendizaje ¿arte y parte? O ¿molde y fragmento? *Cuadernos Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales*, (47), 197-208. <https://www.redalyc.org/pdf/185/18547708011.pdf>

Lamschtein, S. (2017). *Tecnologías digitales y aprendizajes visibles. Habilidades asociadas al uso de las tecnologías digitales en los estudiantes de la educación secundaria pública de Montevideo*. (Tesis de Doctorado). Universidad de la República, Uruguay.  
<https://digital.fundacionceibal.edu.uy/jspui/bitstream/123456789/254/1/Tesis%20de%20Doctorado%20en%20Sociolog%EDa%20de%20Susana%20Lamschtein%20.pdf>

Largo, J., Pineda, J., y Mejía, A. (2017). *Estrategias educativas para generar movimientos educativos juveniles en torno a las competencias STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas)*. VirtualEduca Bogotá.  
<https://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/5014.pdf>

- Lí, C., y Lalani, F. (2020). *The COVID-19 pandemic has changed education forever*. This is how. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/coronavirus-education-global-covid19-online-digital-learning/>
- Llancavil, D. (2015). Uso de la metodología indagatoria para la enseñanza del espacio geográfico. *Giramundo*, 2(3), 39-49. <https://pdfs.semanticscholar.org/9a4d/48c7e9c39700f9c80bbedde7c5ba234b49ed.pdf>
- Lomba, L., y Pino-Juste, M. (2017). Dificultades de los docentes en procesos de cambio y mejora en escuelas. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, (05), 1-7. [https://www.researchgate.net/publication/321847119\\_Dificultades\\_de\\_los\\_docentes\\_en\\_procesos\\_de\\_cambio\\_y\\_mejora\\_en\\_escuelas](https://www.researchgate.net/publication/321847119_Dificultades_de_los_docentes_en_procesos_de_cambio_y_mejora_en_escuelas)
- López, A. y Calderón, A. (2018). *Los videojuegos y el desarrollo del aprendizaje del pensamiento sistémico*. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/319/316>
- López, C. (2016). El torbellino de ideas como técnica fundamental para la resolución de conflictos. *Innovación y experiencias educativas*, 6 (36), 1-8. [https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero\\_36/CONCEPCION\\_LOPEZ\\_2.pdf](https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_36/CONCEPCION_LOPEZ_2.pdf)
- López, S. (2014). El estudio de casos como estrategia de enseñanza y aprendizaje que promueven la educación científica. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Buenos Aires, Argentina.
- López, V., y Rojas, J. (16 de enero de 2018). Tecnologías digitales: la piedra en el zapato de la enseñanza en Costa Rica. Semanario Universidad.

<https://semanariouniversidad.com/universitarias/tecnologias-digitales-la-piedra-zapato-la-ensenanza-costa-rica/>

- Madrigal, S. (2019). *Planificación didáctica de las giras de campo, con el uso de la tecnología educativa para el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje, en la carrera Manejo de Recursos Naturales de la Universidad Estatal de Costa Rica*. (Tesis de Maestría). Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. <https://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/handle/120809/1817/Planificaci%C3%B3n%20Didactica%20de%20las%20giras%20de%20campo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marr, B. (2020). *We Need STEAM, Not STEM Education, To Prepare Our Kids For The 4<sup>th</sup> Industrial Revolution*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/01/15/we-need-steam-not-stem-education-to-prepare-our-kids-for-the-4th-industrial-revolution/#556e816b55fb>
- Martínez, M. (2015). Las experiencias de laboratorio. Caracterización, planificación y desarrollo de una estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la Biología. En De Longhi, A. (Ed.), *Estrategias didácticas para enseñar Biología* (pp. 96-134). Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2570/Cuadernos%20de%20did%C3%A1cticaTomo%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=135&zoom=100,109,170>
- Martínez, M. y Echeveste, M. (2018). Experiencias de programación en las escuelas. *Cuadernos de Educación*, 16(16), 1-12. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/Cuadernos/article/view/22971>
- Malqui, O. (2018). *Coaching educativo y el pensamiento sistémico en estudiantes de informática en el instituto de la asociación de exportadores*. (Tesis de Maestría).

- Instituto para la Calidad de la Educación, Perú.  
[http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/4367/malqui\\_ca.pdf?sequence=1](http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/4367/malqui_ca.pdf?sequence=1)
- Meloni, D. (2015). *Módulos de estudio para ingreso a medicina: Biología*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.  
<https://www.unse.edu.ar/archivos/2%20Mdulo%20Biologa.pdf>
- Meneses, J. (2016). *El Cuestionario*. Universitat Oberta de Catalunya.  
[https://www.researchgate.net/publication/296934760\\_El\\_cuestionario](https://www.researchgate.net/publication/296934760_El_cuestionario)
- Mendoza, A. (2018). *Uso de modelos 3D para la enseñanza de la Biología en el Bachillerato*. (Tesis de Maestría). Universidad Internacional de la Rioja, España.  
<https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/6540/MENDOZA%20ALVAREZ%20ALEJANDRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendiguren, T. (2020). Actitud ante las Fake News: Estudio de caso de los estudiantes de la Universidad del País Vasco. *Revista de Comunicación*, 19(1), 171-184.  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rcudep/v19n1/2227-1465-rcudep-19-01-171.pdf>
- Ministerio de Educación Pública (MEP). (2015). *Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular. Educar para una Nueva Ciudadanía*.
- Ministerio de Educación Pública (MEP). (2017). *Programa de Estudio Ciencias III Ciclo*.
- Ministerio de Educación Pública (MEP). (2019). *Plantillas de planeamiento didáctico, Programa de Estudio Biología*. Caja de Herramientas del MEP.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) (2019). *Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario 2019 - 2022 de Costa Rica*. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-y-de-inversion-publica-del-bicentenario-2019-2022-de-costa-rica>



- Miraval, J. (2020). *Explorando nuevos rumbos: secuencia didáctica para promover las competencias ciudadanas a través del desarrollo del pensamiento sistémico de los estudiantes del grado décimo del instituto técnico industrial Laureano Gómez Castro de Aguachica Cesar*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia.  
[https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7232/2020\\_Tesis\\_Juan\\_Carlos\\_Miraval\\_Ossa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7232/2020_Tesis_Juan_Carlos_Miraval_Ossa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Montenegro, M. y Escobar, C. (2016). *El laboratorio de ciencias naturales como recurso didáctico para el proceso de enseñanza aprendizaje del bloque 3 en los estudiantes de sexto año de educación general básica de la unidad educativa municipal Antonio José de Sucre, período 2015-2016*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Ecuador, Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8585>
- Mora, A. (2018). *Diseño de una estrategia metodológica de Aula Invertida basado en Aprendizaje Activo, para abordar los temas de Reacciones Químicas y Estequiometría de los ejes temáticos II y III del programa de Química de décimo nivel en colegios académicos públicos de la Dirección Regional de Heredia*. (Proyecto de Licenciatura). Universidad Nacional, Costa Rica.
- Moral, M. (2017). Conceptos básicos del paradigma de la complejidad aplicados a la cuestión del método en Psicología Social. *Summa Psicológica UST*, 14(1), 11-22.  
[https://www.researchgate.net/publication/332747549\\_Conceptos\\_basicos\\_del\\_paradigma\\_de\\_la\\_complejidad\\_aplicados\\_a\\_la\\_cuestion\\_del\\_metodo\\_en\\_Psicologia\\_Social](https://www.researchgate.net/publication/332747549_Conceptos_basicos_del_paradigma_de_la_complejidad_aplicados_a_la_cuestion_del_metodo_en_Psicologia_Social)
- Moruno, J. (2017). *Nuevas aplicaciones móviles para la enseñanza de la música. Análisis y propuestas de mejora de una aplicación móvil de realidad aumentada para la*

- apreciación de la forma musical*. (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla, España.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=148786>
- Muñoz, C. (2015). La formación de docentes reflexivos desde una perspectiva sistemática de segundo orden. *Revista Internacional de Investigación y Formación Educativa*, 1(1), 1-19. <https://www.ensj.edu.mx/wp-content/uploads/2016/02/La-form-de-doc-reflex-desde-una-persp...-RIIFEDUC-Vol-1-N%C3%BAm-1-sep-oct-2015-cmi.pdf>
- Muñoz, C. (2015). Métodos mixtos: una aproximación a sus ventajas y limitaciones en la investigación de sistemas y servicios de salud. *Revista Chilena de Salud Pública*, 17(3), 218-223.  
<https://revistasaludpublica.uchile.cl/index.php/RCSP/article/view/28632>
- Muñoz, L. (2017). Propuesta para el desarrollo del pensamiento sistémico en los programas de formación de posgrado del convenio USTA-ICONTEC. *Signos*, 9(2), 121-148.  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/5604/560459719008/html/index.html>
- Núñez, J. (2017). Los métodos mixtos en la investigación en educación: Hacia un uso reflexivo. *Cuadernos de pesquisa*, 47(164), 632-649.  
<https://www.scielo.br/pdf/cp/v47n164/1980-5314-cp-47-164-00632.pdf>
- Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas. (OLICOCIBI). (20 de marzo de 2020). *Antecedentes, misión y visión de las OLICOCIBI*. <http://www.olicocibi.una.ac.cr/>
- Occelli, M., García, L. (2018). Las simulaciones en la enseñanza de la Biología. *Docentes conectados*, 1(1), 1-14.  
[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/98678/CONICET\\_Digital\\_Nro.7e68491d-6101-4bdd-987e-33118fa3f390\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/98678/CONICET_Digital_Nro.7e68491d-6101-4bdd-987e-33118fa3f390_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Orellana, C. (2016). La estrategia didáctica y su uso dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje en el contexto de las bibliotecas escolares. *E-Ciencias de la*

<https://www.redalyc.org/jatsRepo/4768/476855013008/html/index.html>

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2013). *La acidificación de los océanos, resumen para responsables de políticas*. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000224724\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000224724_spa)
- Ortega, C. (2016). Para qué un aprendizaje contextualizado y coherente en la escuela. *Revista Praxis*, 12, 135-144. <https://doi.org/10.21676/23897856.1855>
- Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (19), 93-110. <https://www.redalyc.org/pdf/4418/441846096005.pdf>
- Ortiz, E. (2014). *La maqueta como recurso educativo para una didáctica del entorno urbano en la educación secundaria obligatoria*. (Tesis de Maestría). Universidad Internacional de la Rioja, España. <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/2325/OrtizdeZarate.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz, R., Uribe, A., y Segovia, J., (2012). La tecnociencia, un enfoque cultural en el siglo XXI: retos y oportunidades. *Disertaciones*, 5(2), 1-14. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/disertaciones/article/view/3871>
- Paredes-Parada, W. (2019). Brecha en el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) básicas y modernas entre estudiantes y docentes en universidades ecuatorianas. *Revista Educación Universidad de Costa Rica*, 43(1), 1-18. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/27423/36452>
- Parra, M., y Hernández, M. (2019). *Análisis de los libros de texto de Biología basados en la metodología de la indagación que utilizan los docentes para la potenciación de habilidades de maneras de pensar en 10° año de las instituciones educativas del*

- circuito 07 de la Regional de Heredia Costa Rica.* (Tesis de Licenciatura).  
Universidad Nacional, Costa Rica.
- Pereira-Chaves, J. (2015). Las estrategias metodológicas en el aprendizaje de la biología. *Uniciencia*, 29(2), 1-23.  
[https://www.researchgate.net/publication/280558892\\_Las\\_estrategias\\_metodologicas\\_en\\_el\\_aprendizaje\\_de\\_la\\_biologia\\_A\\_look\\_of\\_the\\_contributions\\_of\\_the\\_methodological\\_strategies\\_in\\_learning\\_biology](https://www.researchgate.net/publication/280558892_Las_estrategias_metodologicas_en_el_aprendizaje_de_la_biologia_A_look_of_the_contributions_of_the_methodological_strategies_in_learning_biology)
- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 42-58.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>
- Pérez-Villalobos, H., Torres-Salas, M., Gómez-Lépiz, A. (2017). El aprendizaje por indagación como opción para desarrollar la unidad de hidrostática del programa de física de décimo año, de la Educación Diversificada de Costa Rica. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 12 (2), 169-193. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ensayospedagogicos/article/view/10105>
- Perilla, C. (2018). *Desarrollo de habilidades del pensamiento científico para la comprensión del Cambio climático en niños de grado primero del colegio Ofelia Uribe de Acosta* (Tesis de Maestría). Universidad de las Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia.  
<https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/1198/1/Trabajo%20de%20investigaci%C3%B3n.pdf>
- Pizarro, T. y Sentis, F. (2017). *Desarrollo de una plataforma E-Learning para la orientación a objetos utilizando estilos de aprendizaje de Vark.* (Tesis de Grado).

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.  
[http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-4500/UCC4792\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-4500/UCC4792_01.pdf)

Porras, C. (2019). Educación STEAM, ¿Qué es? y ¿Cómo potenciarla desde casa? *Revista Actualidad Educativa*. <https://actualidadeducativa.com/educacion-steam-que-es-y-como-potenciarla-desde-casa/>

Prolongo, M., y Pinto, G. (2019). *La Educación STEM: Ejemplos Prácticos e Introducción al proyecto Europeo Scientix*. V Congreso Internacional de Docentes de Ciencia y Tecnología. [https://www.researchgate.net/publication/333718860\\_La\\_Educacion\\_STEM\\_Ejemplos\\_Practicos\\_e\\_Introduccion\\_al\\_proyecto\\_Europeo\\_Scientix/link/5d00a386299bf13a384ea4be/download](https://www.researchgate.net/publication/333718860_La_Educacion_STEM_Ejemplos_Practicos_e_Introduccion_al_proyecto_Europeo_Scientix/link/5d00a386299bf13a384ea4be/download)

Programa Estado de la Educación. (2019). Estado de la Educación Costarricense. [https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2019/08/Estado\\_Educacio%CC%81n-RESUMEN-2019-WEB.pdf](https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2019/08/Estado_Educacio%CC%81n-RESUMEN-2019-WEB.pdf)

Pyoung, K. (2016). The wheel model of STEAM education based on traditional Korean scientific contents. *Eurasia J. Math. Sci.Tech. Ed.*, 12(9), 2353-2371. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1107172>.

Quílez-Pardo, J. (2016). El lenguaje de la ciencia como obstáculo de aprendizaje de los conocimientos científicos e propuestas para superarlo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 449-476. <https://pdfs.semanticscholar.org/1ec8/54304d051bb1f8e1184780df796e6336099b.pdf>

Quintero, A., y Belalcázar, L. (2019). Estrategia de evaluación para validar el resultado de las actividades de aprendizaje activo con enfoque lúdico del curso de pensamiento sistémico de la Universidad Autónoma de Occidente. (Tesis de Grado). Universidad

Autónoma de Occidente, Colombia.

<http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/11955/5/T08967.pdf>

- Rassetto, M. (2018). La Didáctica de la Biología en la formación de los profesores de Argentina. *Cuadernos de Educación*, 16(16), 132-143.  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/Cuadernos/issue/view/1798>
- Real Academia Española (RAE). (19 de marzo de 2020). *Concepto de Tecnología*.  
<https://dle.rae.es/tecnolog%C3%ADa>
- Red Mente en Acción (17 de febrero de 2020). *Programa Red Mente en Acción*. <http://www.menteenaccion.org/>
- Reig, D. (2015). Jóvenes en un nuevo mundo: cambios cognitivos, sociales en valores, de la Generación conectada. *Jóvenes y generación 2020*, 46(108), 21-32.  
[http://www.injuve.es/sites/default/files/2017/46/publicaciones/revista108\\_completa\\_0.pdf#page=22&zoom=100,0,0](http://www.injuve.es/sites/default/files/2017/46/publicaciones/revista108_completa_0.pdf#page=22&zoom=100,0,0)
- Retana, D., y Vázquez, B. (2019). Educación científica basada en la indagación: análisis de concepciones didácticas de maestros en ejercicio de Costa Rica a partir de un modelo de complejidad. *Revista Educación*, 43(2), 1-32.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44058158025>
- Reyes-González, D., y García-Cartagena, Y. (2014) Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educ*, 17(2), 271-285. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/4034>
- Rincón, L. (2016). *Fortalecimiento de la competencia indagatoria en los estudiantes de grado quinto, a través de un ambiente de aprendizaje que utiliza la indagación científica mediada por tecnologías de la información y la comunicación (TIC)*. (Tesis de maestría). Universidad de La Sabana, Colombia.

<https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/23690/Luz%20Paola%20Rincon%20Jimenez%20%28tesis%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rivera, N. (2017). Impacto del enfoque sistémico del proceso docente en el desarrollo de la personalidad competente. *Edumecentro*, 9(2), 207-214. <http://scielo.sld.cu/pdf/edu/v9n2/edu15217.pdf>

Rivero, M. (2015). Aportes didácticos para una inclusión genuina de las Tic en los procesos de enseñanza de la Biología. En De Longhi, A. (Ed), *Estrategias didácticas para enseñar Biología* (pp. 135-184). Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2570/Cuadernos%20de%20did%C3%A1cticaTomo%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=135&zoom=100,109,170>

Rivoir, A., y Morales, M. (2019). *Tecnologías digitales: miradas críticas de la apropiación en América Latina*. Editorial CLACSO.

Rodríguez, A. (2015). *El debate en la educación ciudadana sobre temas Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la Educación Secundaria y Bachiller*. (Tesis de Maestría). Universitat de les Illes Balears, España. [https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/1809/MFPR\\_RodriguezGarciaAnaCristina.pdf?sequence=1](https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/1809/MFPR_RodriguezGarciaAnaCristina.pdf?sequence=1)

Rodríguez, A., Rocío, E., Zambrano, V., y Rodríguez, G. (2019). TICS y aplicaciones móviles en la educación superior; del dicho al reto. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 1, 1-12. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/01/tics-educacion-superior.html>

Rodríguez, D., Pedraza, D., y Aria, E. (2015). El video. Su utilización como medio de enseñanza en las ciencias naturales. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y*

<http://www.revflacso.uh.cu/index.php/EDS/article/view/73/73>

- Rodríguez, I. (2015). La importancia de las competencias digitales de los docentes, en la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 2(3), 1-12. <https://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/484>
- Román, C. (2017). El uso del celular y su influencia en las actividades académicas y familiares de los estudiantes de primer año de bachillerato de la Unidad Educativa Sagrados Corazones de Rumipamba de la ciudad de Quito. (Tesis de Maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Venezuela. <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6164/1/T2591-MIE-Roman-El%20uso.pdf>
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286–299. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3335>
- Ruiz, F. (2017). Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Colaborativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa. (Tesis Doctoral). Universidad CEU Cardenal Herrera, España. <https://repositorioinstitucional.ceu.es/handle/10637/8739>
- Sabando, M., Maldonado, K., Acevedo, E., y Said, A. (2017). Una propuesta didáctica basada en la educación científica para la enseñanza de las ciencias ecológicas. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 18 (33), 20-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6212468>
- Saiz, J. (2019). *Metodología STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) aplicada a la óptica geométrica de la asignatura de Física de*



*segundo Bachillerato*. (Tesis de Maestría). Universidad Internacional de La Rioja, España.

<https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/8768/SAIZ%20MENDIGUREN%2C%20FRANCISCO%20JAVIER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salgado, C. (2017). *Indagación científica aplicada a la enseñanza de la unidad de genética y reproducción celular segundo año de enseñanza media*. (Tesis de Seminario). Universidad de Concepción, Chile.  
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3124>

Salinas, I. (2020). ¿Cómo sobrevivir a la enseñanza del metabolismo celular en bachillerato? *Revista Digital Universitaria*, 21(2), 1-11.  
[https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v21\\_n2\\_a8.pdf](https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v21_n2_a8.pdf)

San Martín, C., Villalobos, C., Muñoz, C., y Wyman, I. (2017). Formación inicial docente para la educación inclusiva. Análisis de tres programas chilenos de pedagogía en educación básica que incorporan la perspectiva de la educación inclusiva. *Calidad en la Educación*, (46), 20-52. <https://www.panoramas.pitt.edu/health-and-society/formaci%C3%B3n-inicial-docente-para-la-educaci%C3%B3n-inclusiva-an%C3%A1lisis-de-tres-programas>

Sánchez, A. (2015). Percepciones docentes sobre la educación humanista y sus dimensiones. *Revista Educativa Hekademos*, 17(8), 7-22.  
<http://www.hekademos.com/hekademos/media/articulos/17/01.pdf>

Sánchez, G. (2016). Percepción sistémica de la innovación educativa: reflexiones desde el nuevo paradigma científico. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 11(1), 17-39.  
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ensayospedagogicos/article/view/8466>

Sánchez, R. (2018). *Como trabajan los docentes con las ideas previas de los alumnos. Comparativa entre dos centros con metodologías diferentes*. (Tesis de Grado).

Universidad de Sevilla, España.

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/82907/SANCHEZ%20ROMERO,%20SARRA%20TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Santos, Y. (2010). ¿Cómo se pueden aplicar los distintos paradigmas de la investigación científica a la cultura física y el deporte? *Revista Electrónica Ciencia y Tecnología en la Cultura Física y el Deporte*, (11), 1-10.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6174061>

Schuster, A., Puente, M., Andrada, O., y Maiza, M. (2013). La Metodología Cualitativa, Herramienta para Investigar los Fenómenos que Ocurren en el Aula. *Revista Electrónica Iberoamericana en Educación en Ciencias y Tecnología*, 4(2), 109-139.

[https://hsigrist.github.io/TES2016/Doc\\_2\\_La\\_metodologia\\_cualitativa.pdf](https://hsigrist.github.io/TES2016/Doc_2_La_metodologia_cualitativa.pdf)

Tineo, L. (2018). *Influencia del método de indagación para el logro de componentes de educación ambiental y mejora de aprendizajes en estudiantes de la institución educativa secundaria “José Abelardo Quiñones Gonzáles”*. (Tesis de Doctorado).

Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Perú.

<http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/1892/TD%20CE%201843%20Tineo%20Carrasco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tomás, R., y Varea, C. (2014). Antropología Física: aportaciones fundamentales y proyecciones como ciencia interdisciplinar. *Encuentros Multidisciplinares*, (48), 1-10.

[http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%2048/rafael\\_tomas\\_carlos\\_varea.pdf](http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%2048/rafael_tomas_carlos_varea.pdf)

Torres, C., Noguera, J., y Chacón, E. (2017) Métodos generales de la didáctica de la Biología. En Serrano, B., y Bosisio, A (Eds), *Nuevos enfoques en el contexto ecuatoriano de Educación Superior* (pp. 112-137). Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Torres, L. (2016). *¿Qué es el pensamiento sistémico?* Universidad Nacional de Colombia. <https://disi.unal.edu.co/~lctorress/PSist/PenSis71.pdf>
- Trapero, P. (2020). *Sobre los contenidos complejos o abstractos y la motivación en Historia*. Universidad de Cádiz. <https://iberoamericasocial.com/sobre-los-contenidos-complejos-o-abstractos-y-la-motivacion-en-historia/>
- Tyner, K., Gutiérrez, A., y Torrego, A. (2015). “Multialfabetización” sin muros en la era de la convergencia. La competencia digital y “La Cultura de Hacer” como revulsivos para una educación continua. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 19(2), 1-16. <https://www.ugr.es/~recfpro/rev192ART3.pdf>
- Vadillo, E. (2015). Aplicación de la metodología ECBI desde la percepción de los docentes en la enseñanza de Ciencia, Tecnología y Ambiente en diferentes prácticas docentes.
- Vain, P. (2012). El enfoque interpretativo en investigación educativa: algunas consideraciones teórico-metodológicas. *Revista de Educación*, 3(4), 37-46. [https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r\\_educ/article/view/83/146](https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/83/146)
- Val, J. (2016). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
- Valarezo, J., y Santos, O. (2019). Las tecnologías de aprendizaje y el conocimiento de la formación docente. *Revista Conrado*, 15(68), 180-186. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n68/1990-8644-rc-15-68-180.pdf>
- Valencia, W., Zuluaga, C., Bedoya, N., y Suta, M. (2015). *Metodologías lúdicas para la enseñanza del pensamiento sistémico enfocado al desarrollo sostenible*. Universidad Tecnológica de Pereira. <http://acofi.edu.co/eiei2015/wp-content/uploads/2014/12/Metodolog%C3%ADas-L%C3%BAdicas-Para-La->

Ense%C3%B1anza-Del-Pensamiento-Sist%C3%A9mico-Enfocado-Al-Desarrollo-Sostenible.pdf

- Valverde, J. (2015). La formación universitaria en Tecnología Educativa: introducción al número especial. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 14(1), 1-6. <https://relatec.unex.es/article/view/1895>
- Vásquez, A. (2020). Perspectiva sobre el pensamiento sistémico. *Económicas CUC*, 41(2), 1-6. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/3157/2943>
- Velandia, K. (2018). *Aproximación de la ilustración científica al cuaderno de campo de algunos licenciados en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional como instrumento constructor de representación no verbal*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10174/TE-22429.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Venegas-Ramos, L., Luzardo, H., y Pereira, A. (2020). Conocimiento, formación y uso de herramientas TIC aplicadas a la Educación Superior por el profesorado de la Universidad Miguel de Cervantes. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (71), 1-18. <https://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/1405/737>
- Vera, A., y Jara-Coatt, P. (2018). El paradigma sociocrítico y su contribución al Prácticum en la Formación Inicial Docente. *INNOVARE Revista Electrónica de Educación Superior*, 4(5), 1-22. <http://innovare.udec.cl/wp-content/uploads/2018/08/Art.-5-tomo-4.pdf>
- Vilchez, A., Gil-Pérez, D., Toscano, C., y Macías, O. (2014). *Ciencia y tecnología para la sostenibilidad*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=5>

- Viñals, A., y Cuenca, J. (2016). El rol del docente en la era digital. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 30(2), 1-10.  
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/274/27447325008/html>
- Zamorano, T., García, A., y Reyes, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Estudios de humanidades y ciencias sociales*, (41), 1-8.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6985006>
- Zavala, A. (2010). La sistematización desde una mirada interpretativa: propuesta metodológica. *VI Época*, (1), 90-101.  
<http://www.revistas.unam.mx/index.php/ents/article/view/23884/22463>

## Anexos.

### Anexo 1. Matriz de congruencia

**TÍTULO DEL TFG:** Diseño estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología indagatoria para la promoción de las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020.

**PROBLEMA:** ¿Cuáles estrategias didácticas relacionadas con el enfoque STEAM y la metodología de indagación, potencian las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020?

**OBJETIVO GENERAL:** Diseñar estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología indagatoria para la promoción de las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020.

OBJETIVO ESPECÍFICO	CATEGORÍA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL	SUBCATEGORÍAS	FUENTES DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO
Determinar la percepción que tiene el docente sobre el enfoque STEAM, la	Percepción docente.	<b>Conceptual.</b> La percepción según Díaz et al. (2015) es un proceso que busca comprender de manera profunda a los individuos y su relación con la sociedad, mediante el abordaje de fenómenos	a) Percepción docente sobre la habilidad del pensamiento sistémico	Docentes participantes en las OLICOCIBI	Cuestionario Docentes Parte II.

<p>metodología por indagación, las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales y la enseñanza y aprendizaje del tema sistemas de fijación y emisión de carbono.</p>		<p>complejos e interconectados.</p> <p><b>Operacional.</b></p> <p>Se pretende determinar profundamente el conocimiento de los docentes sobre el enfoque STEAM, metodología indagatoria, pensamiento sistémico, apropiación de tecnologías digitales y aprendizaje del tema sistemas de fijación y emisión de carbono. Lo anterior, se realizará mediante cuestionarios y una entrevista semiestructurada que se le aplicará a docentes de Biología que participen en las OLICOCIBI 2020.</p>	<p>(PS).</p> <p>Rasgos:</p> <p>Percepción docente sobre la conceptualización del PS.</p> <p>Percepción docente sobre las características del PS.</p> <p>Percepción docente sobre los indicadores PS:</p> <p>Patrones dentro del sistema.</p> <p>Causalidad entre los componentes del sistema.</p> <p>Modificación y mejora del sistema.</p> <p>b) Percepción docente sobre la habilidad apropiación de tecnologías</p>		<p>Cuestionario Docentes: Parte</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------

			<p>digitales.</p> <p>Rasgos:</p> <p>Percepción docente sobre la conceptualización de la apropiación de tecnologías digitales.</p> <p>Percepción docente sobre las características de la apropiación de tecnologías digitales</p> <p>Percepción docente sobre los indicadores de la apropiación de tecnologías digitales:</p> <p>Búsqueda de información.</p> <p>Uso de recursos digitales.</p> <p>Valorar implicaciones.</p> <p>c) Percepción docente</p>		III.
--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------



			<p>sobre el enfoque STEAM.</p> <p>Rasgos:</p> <p>Percepción docente sobre la conceptualización del enfoque STEAM</p> <p>Percepción docente sobre las características del enfoque STEAM.</p> <p>Percepción docente sobre los aportes del enfoque STEAM.</p> <p>d) Percepción docente sobre las fases de la metodología indagatoria.</p> <p>Rasgos:</p> <p>Percepción docente sobre la focalización.</p> <p>Percepción docente sobre</p>		<p>Cuestionario Docentes: Parte IV.</p> <p>Cuestionario Docentes: Parte V.</p>
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------

			<p>la exploración.</p> <p>Percepción docente sobre la reflexión-contrastación.</p> <p>Percepción docente sobre la aplicación.</p> <p>e) Percepción docente sobre el aprendizaje del tema sistema de fijación y emisión de carbono.</p> <p>Rasgos:</p> <p>Percepción docente sobre la complejidad del tema sistema de fijación y emisión de carbono.</p> <p>Percepción docente sobre los desafíos que representa en su enseñanza el tema sistema de fijación y emisión de carbono.</p>		<p>Entrevista semiestructurada: preguntas 6-9.</p>
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------

			Percepción docente sobre los aportes del tema sistema de fijación y emisión de carbono		
Identificar las estrategias didácticas implementadas en la enseñanza y el aprendizaje de Biología y las que promueven las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono.	Estrategias didácticas.	<p><b>Conceptual:</b> Estrategias didácticas: por estrategias didácticas se entiende aquella planificación y estructuración de actividades que se llevan a cabo con uno o varios objetivos determinados que van enfocados al desarrollo de contenidos y/o habilidades (Orellana, 2016). Asimismo, Campusano y Díaz (2017) exponen que las estrategias deben responder a los variados estilos de aprendizaje, potenciar el aprendizaje y fomentar la autorreflexión tanto del docente como del educando.</p> <p><b>Operacional.</b> Se desea identificar las estrategias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de la Biología, la potenciación de habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales y en el tema: sistemas de fijación y emisión de</p>	<p>a) Estrategias de mediación pedagógica implementadas en las clases de Biología.</p> <p>Rasgos:</p> <p>Lluvia de ideas</p> <p>Giras de campo.</p> <p>Laboratorios.</p> <p>Demostraciones.</p> <p>Esquemas.</p> <p>Debates.</p>	Docentes y estudiantes participantes en las OLICOCIBI	<p>Cuestionario Docentes: Parte VI, preguntas de la 1-8</p> <p>Cuestionario Estudiantes: Parte I, preguntas de la 1-8.</p> <p>Entrevista semiestructurada: Pregunta 1.</p>

		<p>carbono, por medio de una encuesta aplicada a docentes y otra a estudiantes. Además, se aplicará una entrevista semiestructurada a docentes y un de test de contenido a estudiantes.</p>	<p>Exposiciones.</p> <p>Diseño y construcción.</p> <p>b) Estrategias en el abordaje del tema sistema de emisión- fijación de carbono.</p> <p>Rasgos:</p> <p>Fotosíntesis.</p> <p>Respiración celular.</p> <p>Ciclo del carbono.</p> <p>Acidificación de los océanos.</p> <p>c) Estrategias de mediación pedagógica para abordar los indicadores del pensamiento sistémico.</p>		<p>Entrevista semiestructurada: preguntas 2-5.</p> <p>Cuestionario: Parte VI. docentes: preguntas de la 9-11. Cuestionario: estudiantes: Parte I preguntas de la</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>Rasgos:</p> <p>Patrones dentro del sistema.</p> <p>Causalidad entre los componentes del sistema.</p> <p>Modificación y mejora del sistema.</p> <p>d) Estrategias de mediación pedagógica que promueven la apropiación de tecnologías digitales.</p> <p>Rasgos:</p> <p>Búsqueda de información.</p> <p>Uso de recursos digitales.</p> <p>Valorar implicaciones.</p>		<p>9-11.</p> <p>Test de contenido: Caso 1 y 2 .</p> <p>Cuestionario: Parte VI. docentes: preguntas de la 12-21.</p> <p>Cuestionario estudiantes: Parte II preguntas de la 12-21.</p> <p>Test de contenido: Caso 3.</p>
--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

--	--	--	--	--	--

Elaborar estrategias didácticas que promuevan las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales, basadas en el enfoque STEAM y la metodología de indagación en la enseñanza y el aprendizaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono		<p><b>Operacional.</b></p> <p>Esta categoría se va a abordar a partir de los resultados obtenidos en la primera y segunda categorías anteriormente descritas.</p>			





## **Anexo 2. Guía de entrevista semiestructurada.**

**Universidad Nacional**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

**Centro de Investigación y Docencia en Educación**

**Escuela de Química**

**Departamento de Física**

**Escuela de Ciencias Biológicas**

Estimado(a) docente: el presente instrumento tiene como finalidad identificar las estrategias didácticas implementadas en las clases de Biología, en el abordaje del tema sistema de emisión- fijación de carbono que promuevan las habilidades de pensamiento sistémico y tecnologías digitales. Además, busca conocer su percepción sobre el tema antes mencionado.

La información que usted brinde en esta entrevista será confidencial y específica para una investigación realizada para optar por la Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias, por lo que, se agradece su colaboración.

Grado académico \_\_\_\_\_

Categoría según MEP \_\_\_\_\_

Universidad de la que se graduó: \_\_\_\_\_.

**Instrucciones.** A continuación, se presentan una serie de preguntas relativas a estrategias de mediación pedagógica. Por favor, contestar cada una de ellas según su conocimiento y experiencia.

1. Cite al menos 4 estrategias de mediación pedagógica que implementa en sus clases de Biología.
2. ¿Cuáles estrategias utiliza usted para abordar el tema de la fotosíntesis?
3. ¿Cuáles estrategias utiliza usted para abordar el tema de la respiración celular?
4. ¿Cómo aborda el ciclo del carbono en el aula? Describa las estrategias.

5. ¿Cuáles estrategias utiliza para abordar el tema de acidificación de los océanos? Describirlas.
6. ¿Cómo describe usted la complejidad del tema de sistemas de fijación y emisión de carbono al comprenderlo el estudiantado?
7. ¿Qué desafíos, al enseñarlo y al aprenderlo, considera usted que representa el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono?
8. ¿Cómo visibiliza la potenciación de la habilidad del pensamiento sistémico con el tema abordaje del tema sistemas de fijación y emisión de carbono?
9. ¿Cómo cree usted que aporta el tema de sistemas de fijación y emisión de carbono en la potenciación de la apropiación de tecnologías digitales?

### **Anexo 3. Cuestionario a docentes.**

**Universidad Nacional**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

**Centro de Investigación y Docencia en Educación**

**Escuela de Química**

**Departamento de Física**

**Escuela de Ciencias Biológicas**

Estimado(a) docente: a continuación, se le presenta este cuestionario cuyo propósito es conocer su percepción acerca de las habilidades científicas, la metodología de indagación y el enfoque STEAM, así como, identificar las estrategias de mediación pedagógica que utiliza en sus clases de Biología y aquellas que potencian las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales.

La información que usted brinde en este documento será tratada de forma confidencial y de forma específica para una investigación realizada para optar por la Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias, por lo que, se agradece su colaboración.

#### **I. Parte. Información general.**

1. Grado académico: \_\_\_\_\_
2. Categoría Profesional: \_\_\_\_\_
3. Universidad de la que se graduó: \_\_\_\_\_
4. Nivel(es) que imparte: \_\_\_\_\_
5. Cantidad de años de laborar en el ámbito educativo: \_\_\_\_\_

**II. Parte. Percepción Docente.** A continuación, se le presentan una serie de afirmaciones relativas a las habilidades de la dimensión maneras de pensar que propone el MEP. Marque con una equis (x) la habilidad a la que, según su criterio, refiere cada enunciado. Las letras que identifican cada habilidad son las siguientes:

**Pensamiento sistémico (PS), Pensamiento crítico (PC), Aprender a aprender (AA), Creatividad e innovación (CI), Resolución de problemas (RP)**

Aspectos relacionados con habilidades científicas	PS	PC	AA	CI	RP
1. Es un acercamiento a una realidad que se considera como un todo, por lo que necesariamente se toman en cuenta los elementos y sus relaciones, así como el entorno.					
2. Se abandona completamente la linealidad y enfoca una situación desde una forma cíclica, lo que permite comprender cómo las causas se convierten en efectos y viceversa.					
3. Las interrelaciones son igual de importantes que los aportes individuales de cada elemento.					
4. Se evalúan y trabajan los supuestos y los propósitos de los razonamientos que explican los problemas y preguntas vitales.					
5. Se extraen rasgos esenciales y características propias que construyan una noción del objeto de estudio con el fin de buscar patrones.					
6. Existe una causalidad entre los componentes de cada sistema, lo que muestra el cómo están interrelacionados.					
7. Entre sus indicadores de desarrollo se encuentran la toma de decisiones y la argumentación.					
8. Se basa en formular preguntas que					

aclaren varios puntos de vista con el fin de comprender mejor un problema.					
9. Evalúa soluciones y su viabilidad según el contexto en el que se encuentre.					
10. Desarrolla nuevos conocimientos que buscan la modificación y optimización del objeto de estudio.					

**III. Parte. Apropiación de tecnologías digitales.** En el siguiente cuadro se le muestran aspectos relacionados con la apropiación de tecnologías digitales. Marque con una equis (x) aquella casilla que represente su criterio sobre la afirmación en cada caso según la escala Likert que se presenta a continuación:

**TD.** Totalmente en desacuerdo **D.** En desacuerdo **DA.** De acuerdo **TA.** Totalmente de acuerdo

<b>Aspectos relacionados con la apropiación de tecnologías digitales.</b>	<b>TD</b>	<b>ED</b>	<b>DA</b>	<b>TA</b>
1. Generan, almacenan y procesan datos.				
2. Poseen un alto grado de sofisticación que las convierte en fines en sí mismas, lo que hace necesario que los estudiantes desarrollen conocimientos y destrezas que les permita desempeñarse de forma exitosa.				
3. Se puede considerar que existe una apropiación con solo que los estudiantes sean capaces de utilizar las herramientas tecnológicas.				
4. La tecnología no tiene implicaciones en aspectos sociales, económicos, culturales e				

individuales.				
5. Buscan que el estudiante pueda elegir las mejores estrategias para obtener información de forma individual y colaborativa.				
6. El uso de las aplicaciones y recursos se enfoca solo en presentar y organizar la información de forma creativa.				
7. Se valoran las implicaciones éticas del uso de la tecnología.				

**IV. Parte. Educación STEAM.**

a) Para usted ¿Qué es el enfoque STEAM?

---



---



---



---

b) Según su percepción, ¿cuáles son las características del enfoque STEAM?

---



---



---



---

c) De acuerdo con su criterio, ¿de qué forma aporta utilizar un enfoque STEAM a la formación de los estudiantes?

---



---



---



---



---

**V Parte. Metodología por indagación.** En el siguiente cuadro, marque con una equis (x) a cuál etapa pertenece cada actividad que se describe según su percepción.

<b>Actividad</b>	<b>Focalización.</b>	<b>Exploración.</b>	<b>Reflexión-contrastación.</b>	<b>Aplicación.</b>
1. Una planta que se encuentra totalmente cubierta por agua se somete a diferentes intensidades de luz para observar la relación de estas dos variables.				
2. Se muestran gráficos del calentamiento global donde se observa la relación del CO <sub>2</sub> y la temperatura a lo largo de la historia.				
3. Un grupo de estudiantes expone sus hallazgos sobre la forma en que los corales se ven afectados por el aumento de la				

temperatura en los océanos.				
4. En forma individual el estudiante aporta una representación esquemática del ciclo del carbono según su percepción e incluye el cómo cree que están relacionadas la fotosíntesis y la respiración celular.				
5. Los estudiantes crean una huerta en la que deben decidir cuáles son las mejores condiciones para el crecimiento de las plantas en su determinado contexto.				
6. Se les consulta a los estudiantes que han escuchado sobre el calentamiento global y el cómo está relacionado con las				



actividades humanas.				
7. Después de participar en una gira de campo, se construye posibles soluciones a los problemas ambientales que se hayan observado a lo largo de la jornada.				
8. Con el fin de abordar la respiración anaeróbica, se le agrega a tubos de ensayo diferentes cantidades de levadura y diversos tipos de azúcares, sin olvidar plantear al inicio una hipótesis que se enfoque en establecer una relación entre el tipo y concentración del carbohidrato con la tasa de fermentación.				

**VI. Parte.** De acuerdo con su criterio, ¿con qué frecuencia realiza las siguientes actividades relacionadas con la enseñanza de la Biología? Marque con una equis (x) en la casilla que usted considere adecuada, según la siguiente escala Likert:

**1. Nunca (N)      2. Rara vez (R)      3. Frecuentemente (F)      4. Siempre (S)**

<b>Estrategia de mediación pedagógica.</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>F</b>	<b>S</b>
1. Al inicio de sus clases de Biología utiliza mapas mentales, lluvia de ideas, esquemas u otro similar con el fin de obtener las ideas previas sobre un tema.				
2. Para trabajar temas de Biología, realiza giras de campo en parques nacionales, reservas biológicas, museos u otro.				
3. Elabora y/o utiliza prácticas de laboratorio en el abordaje de temas como fotosíntesis, respiración celular, ciclos biogeoquímicos y acidificación de los océanos.				
4. Realiza demostraciones con el fin de ilustrar algún tema referente a la Biología.				
5. En sus clases usted debate sobre aspectos relativos al calentamiento global y cambio climático.				
6. Brinda espacios para la discusión de temas relativos a los contaminantes derivados de las actividades antropogénicas.				
7. Busca que el estudiante explote su creatividad y habilidades manuales junto con el trabajo en grupo mediante la elaboración de maquetas, afiches, panfletos, modelos y/o representaciones a escala.				

8. Promueve que el estudiante clasifique datos, hechos o acciones en cuadros, esquemas gráficos u otros, según los patrones de un tema de Biología dado.				
9. Construye ciclos, diagramas de flujo, cuadros o esquemas que permitan observar las relaciones de causalidad entre datos, hechos o acciones.				
10. Asigna proyectos en los que los estudiantes paulatinamente mejoran y optimizan sus ideas.				
11. Emplea simuladores para explicar y predecir el comportamiento de un sistema.				
12. Utiliza aplicaciones del celular que le permiten al estudiante explorar, repasar o ampliar un determinado tema de ciencias biológicas.				
13. Utiliza plataformas de programación por bloques (ej: Scratch), App inventor, Arduinos, o kits de robótica para trabajar con algún tema de Biología.				
14. Utiliza plataformas de trabajo colaborativo (Google Drive, Zoom, Google Hangouts, Meet, Teams u otro) para mantener la comunicación con sus estudiantes y dar seguimiento a los trabajos.				
15. Asigna tareas o comparte material que se deba descargar de alguna plataforma de almacenamiento (Google Drive, Dropbox, Onedrive u otro).				
16. Indica páginas, revistas electrónicas, repositorios u otras				

fuentes de información confiables que los estudiantes puedan acceder en la web.				
17. Utiliza plataformas de juegos educativos para abordar temas de Biología.				
18. Instruye sobre la forma en que se debe citar y referenciar la información que se obtiene de internet.				
19. Fomenta en los estudiantes la importancia y métodos para determinar la veracidad de aquellas noticias que se difunden en la web.				
20. Promueve la creatividad por medio de asignaciones que le permitan utilizar herramientas digitales de diseño como PowerPoint, Prezi, Canva, Paint, Piktochart, entre otros.				

#### **Anexo 4. Cuestionario a estudiantes.**

**Universidad Nacional**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

**Centro de Investigación y Docencia en Educación**

**Escuela de Química**

**Departamento de Física**

**Escuela de Ciencias Biológicas**

Estimado(a) estudiante: el presente instrumento tiene como finalidad identificar las estrategias didácticas implementadas por su profesor(a) en las clases de Biología, en el abordaje del tema sistemas de emisión- fijación de carbono que promuevan las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales.

La información que usted brinde en esta entrevista será tratada de forma confidencial y de forma específica para una investigación realizada para optar por la Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias, por lo que, se agradece su colaboración.

#### **I. Parte. Información general.**

**1. Nivel en el que se encuentra:** ( ) undécimo ( ) duodécimo

**2. Provincia en la que usted vive:**

( ) San José

( ) Alajuela

( ) Cartago

( ) Heredia

( ) Guanacaste

( )Puntarenas

( )Limón

**II. Parte.** En el siguiente cuadro se presentan una serie de afirmaciones relacionadas con estrategias didácticas que se podrían utilizar en la clase de Biología. De acuerdo con su percepción, ¿con qué frecuencia se hace uso de estas estrategias y/o recursos en su clase de Biología? Marque con una equis (X) en la casilla que usted considere adecuada, según la siguiente escala Likert:

**1. Nunca (N)      2. Rara vez (R)      3. Frecuentemente (F)      4. Siempre (S)**

<b>Estrategia de mediación pedagógica.</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>F</b>	<b>S</b>
1. Al inicio de las clases de Biología se elaboran lluvias de ideas, esquemas u otros similares con el fin de ver qué conocen ustedes sobre un tema.				
2. Se organizan giras de campo en parques nacionales, reservas biológicas, museos u otro para relacionar lo que ven en clases de Biología.				
3. Se ejecutan prácticas o experimentos relacionados con temas como la fotosíntesis, respiración celular, ciclos biogeoquímicos y acidificación de los océanos.				
4. Se realizan demostraciones con el fin de ilustrar algún tema referente a la Biología.				
5. Se organizan debates sobre aspectos relativos al cambio climático.				
6. Se generan espacios para la discusión de temas relacionados				

con los contaminantes derivados de las actividades del ser humano.				
8. Se elaboran maquetas, afiches, panfletos, modelos y representaciones a escala para explicar alguna temática.				
9. Se clasifican datos, hechos o acciones en cuadros, esquemas gráficos u otros, según los componentes individuales de un tema (por ejemplo, las etapas de la fotosíntesis)				
10. Se construyen ciclos, diagramas de flujo, cuadros o esquemas que permitan observar las relaciones entre datos, hechos o acciones.				
11. Se elaboran proyectos en los que el docente le ayuda a que sus ideas mejoren constantemente.				
12. Se utilizan simuladores para explicar, comprender o predecir el comportamiento de un sistema.				
13. Se hace uso de aplicaciones en el celular que permitan explorar, repasar o ampliar un determinado tema.				
14. Se utilizan plataformas de programación por bloques (ej: Scratch), App inventor, Arduino, o kits de robótica para trabajar con algún tema de Biología.				
15. Se le asignan proyectos, utiliza plataformas de trabajo colaborativo (Google Drive, Teams, Zoom, Google Hangouts, Teams u otro) para mantener la comunicación con sus compañeros y/o y el docente.				
16. Se le asignan tareas o comparte				

material que debe descargar de alguna plataforma de almacenamiento (Google Drive, Dropbox, Onedrive u otro).				
17. Se le indica páginas, revistas electrónicas, repositorios u otras fuentes de información confiables que pueda acceder en la web.				
18. Se utilizan plataformas de juegos educativos para abordar temas de Biología.				
19. Se le instruye sobre la forma que debe citar y referenciar la información que obtiene de internet.				
20. Se le ayuda a determinar la veracidad de aquellas noticias que se difunden en la web.				
21. Se promueve la creatividad por medio de asignaciones que le permitan utilizar herramientas digitales de diseño como PowerPoint, Prezi, Canva, Paint, Piktochart, entre otros.				



**Anexo 5. Test de contenido.**

**Universidad Nacional**

**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**

**Centro de Investigación y Docencia en Educación**

**Escuela de Química**

**Departamento de Física**

**Escuela de Ciencias Biológicas**

**Estimados(as) estudiantes:**

El presente test de contenido busca determinar el desarrollo de la habilidad pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales adquirido mediante las diferentes estrategias didácticas que el docente incentivó en el aula. Toda la información que se brinda es de carácter confidencial y se utilizará únicamente con el fin de elaborar un Trabajo Final de Graduación, para optar por la Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias Naturales.

De antemano se le agradece por el tiempo, la disposición y la información brindada.

**Información general.**

Nivel: ( ) undécimo ( ) duodécimo

Provincia en la que se encuentra:

( ) San José

( ) Alajuela

( ) Cartago

( ) Heredia

( ) Guanacaste

( ) Puntarenas

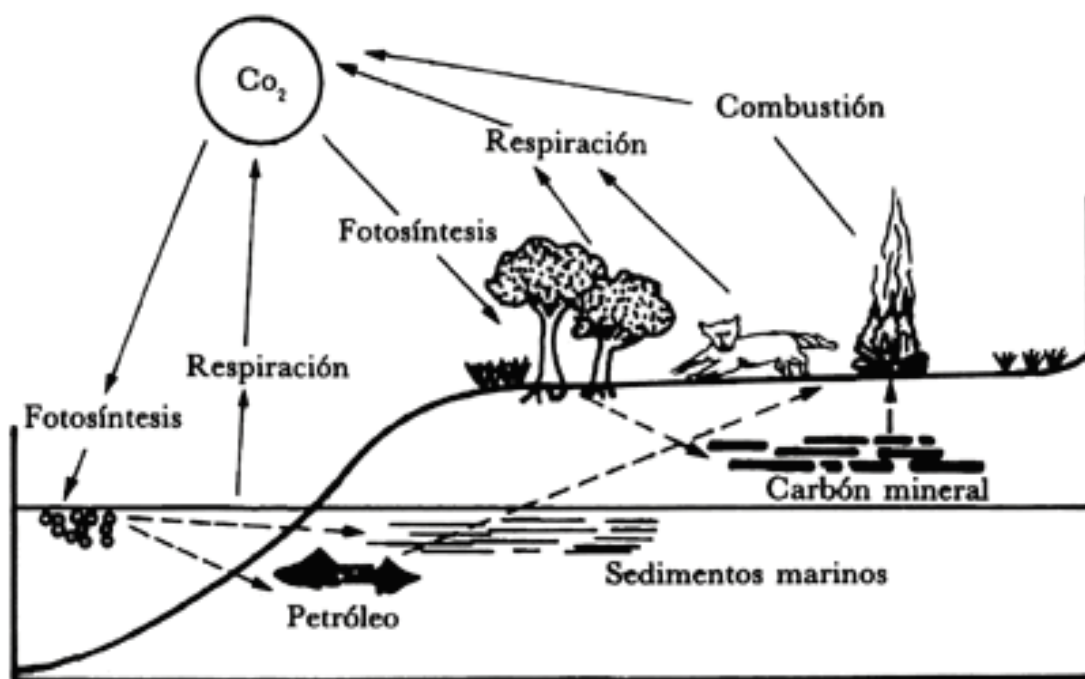
( )Limón

**Instrucciones:**

A continuación, se le presentan tres casos que se encuentran compuestos por varias preguntas. Debe leer **cuidadosamente** cada uno y responder a lo que se le solicite.

**Caso 1.**

Usted se encuentra en su clase de Biología. En un momento dado, la profesora les muestra la siguiente imagen que esquematiza el ciclo del carbono:



**Figura 1.** Esquema del ciclo del carbono. Elaborado por Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE)

Seguidamente, la docente le comenta que la empresa de Palma Aceitera S.A. se encuentra talando una importante cantidad de árboles para comenzar con la siembra de palmas. Posterior a la deforestación, la compañía plantea la quema del terreno con el fin de eliminar la materia orgánica que haya restado y luego, llevarán maquinaria pesada para retirar todos los residuos que queden. Algunas veces, se opta por dejar que la materia orgánica se descomponga por un año al aire libre.

Cuando logren sembrar las plantas de palma, se agregará fertilizante y agroquímicos para aumentar la supervivencia de los cultivos y se dejarán crecer hasta que el fruto sea viable y esté listo para su procesamiento.

Con base en lo anterior, la profesora les solicita que complete los siguientes tres ejercicios:

1. Escriba los **contaminantes** que se derivan de las diversas actividades que realizó la empresa Palma Aceitera S.A.
2. Elabore un cuadro donde se establezcan relaciones entre **tres actividades** de la compañía Palma Aceitera S.A. y su afectación al ciclo del carbono.
3. Describa **dos** maneras en las que se podría **disminuir la afectación al ciclo del carbono** derivada de las actividades realizadas de la empresa Palma Aceitera S.A.

## **Caso 2.**

Al ser las 5 pm, usted enciende el televisor y escucha la siguiente noticia:

“La especialista en gestión ambiental urbana, investigadora y activista climática, miembro de Climate Reality Project, Laura Morales, ofreció una conferencia virtual sobre la importancia de entender qué es el calentamiento global, cuál es su situación actual, cómo actuar y por qué el paro de actividades por la cuarentena de COVID-19, no es suficiente para solucionar el problema.

La especialista destacó que los gases de efecto invernadero (GEI) que genera la industria son muy elevados en comparación a los que emite la propia naturaleza; esto dadas las actividades como la minería, producción petrolera, transporte aéreo, vertederos de basura, agricultura industrial, quema de bosques y cultivos, entre otras.

Indicó que el ciclo del carbono es el que más interesa cuando se habla de GEI, ya que está estrechamente ligado a la producción de energía a través de la fotosíntesis. Además, otro de los gases que hace parte primordial de nuestra atmósfera es el ozono.

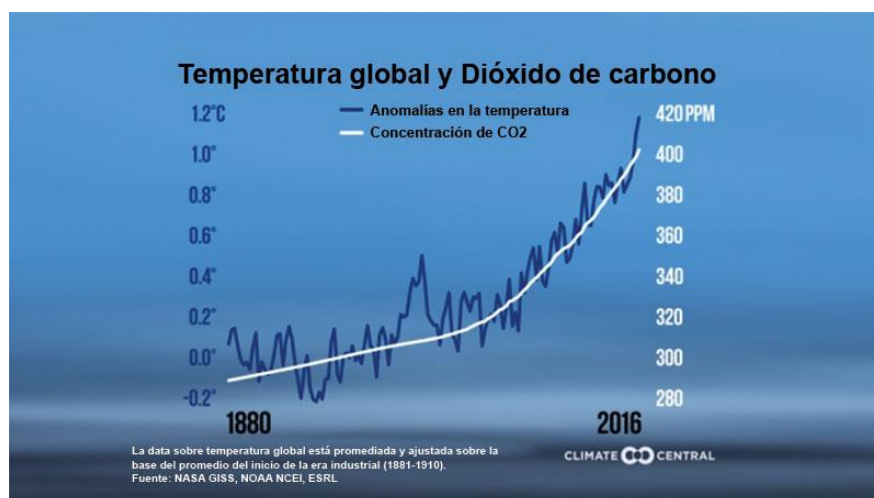
Respecto a las consecuencias provocadas por los GEI, comentó que: “debido a que el calor se está juntando en el Polo, se está acumulando más dióxido de carbono allí mismo, y esto

causa que tengamos unas anomalías de temperaturas ya muy frecuentes, incluso alcanzamos a ver en las épocas de verano temperaturas 20 grados por encima de lo normal, a esto también se suma la cantidad de rayos solares que se recibe en la Tierra”.

La experta ejemplifica con el conflicto ocurrido en 2019 en Siberia, donde el humo alcanzó a cubrir siete millones de kilómetros cuadrados. También aseveró que los gases producidos por la descomposición de residuos provocan incendios debido al calentamiento que generan.

1. A partir de lo anterior, ¿cuáles elementos influyen en el calentamiento global?

El presentador de noticias luego muestra el siguiente gráfico:



**Figura 2.** Temperatura global y dióxido de carbono. Elaborado por Climate Central a partir de NASA, GISS, NOAA, NCEI Y ESRL.

Con base en el gráfico responda la siguiente pregunta:

1. ¿Cuál es la relación entre la temperatura y la concentración del CO<sub>2</sub>?
2. Por último, según lo que se ha dicho en la noticia, ¿cuáles serían dos acciones que se podrían realizar para mitigar el calentamiento global?

### **Caso 3.**

Mientras usted navega con su celular por la internet se encuentra con un video cuyo título es el siguiente: “¡Se encuentran bacterias fotosintéticas en Venus!”

Usted lo observa y le quedan muchas dudas sobre la información que se expone por lo que procede a verificar su veracidad.

1. ¿Mediante cuáles recursos que se encuentran en internet procedería a indagar sobre la veracidad de la información?

2. Ya sea que haya encontrado información que valide lo que se afirmaba en el video o que se contraponga a él, ¿de qué forma construiría un recurso informativo digital para sus compañeros en relación con la información que encontró?

3. ¿Cree que es importante indagar sobre la veracidad de las noticias que se encuentran en los diferentes sitios digitales (páginas de internet, plataformas de videos, redes sociales)? Justifique su respuesta.



**Anexo 6. Guía para la validación de los instrumentos.**

**Universidad Nacional de Costa Rica  
Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias Naturales**

**Validación de instrumentos para proyecto final de graduación I ciclo 2020**

**1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO.**

**Nombre y apellidos:** \_\_\_\_\_

**Profesión:** \_\_\_\_\_

**Lugar de Trabajo:** \_\_\_\_\_

**2. DATOS SOBRE LA INVESTIGACIÓN.**

**2.1 Tema:** Diseño de estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología indagatoria para la promoción de las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020

**2.2 Problema de investigación:** ¿Cuáles estrategias de mediación relacionadas con la enseñanza de la biología, la educación STEAM y la metodología indagatoria son adecuadas para el desarrollo de la habilidad pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020?

**2.3 Objetivo General:** Diseñar estrategias didácticas basadas en el enfoque STEAM y la metodología indagatoria para la promoción de las habilidades pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistema de fijación y emisión del carbono en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas 2020.

**2.4 Objetivos Específicos:**

Determinar la percepción que tiene el docente sobre el enfoque STEAM, la metodología indagatoria, las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales y la enseñanza y aprendizaje del tema sistemas de fijación y emisión de carbono.

Identificar las estrategias didácticas implementadas en la enseñanza y el aprendizaje de Biología y las que promueven las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales en el abordaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono.

Elaborar estrategias didácticas que promuevan las habilidades de pensamiento sistémico y apropiación de tecnologías digitales, basadas en el enfoque STEAM y la metodología de indagación en la enseñanza y el aprendizaje del tema sistemas de fijación y emisión del carbono.



### 3. INSTRUMENTOS A VALIDAR:

1. Guía de entrevista semiestructurada a docentes de Biología que participan en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas. (OLICOCIBI)
2. Cuestionario a profesores de Biología que participan en las OLICOCIBI.
3. Cuestionario a los alumnos Biología de undécimo y duodécimo nivel que participan en las OLICOCIBI.
4. Test de contenido para los alumnos de Biología de undécimo y duodécimo nivel que participan en las OLICOCIBI.

### 4. PROCESO DE VALIDACIÓN:

**4.1. Validación instrumento No. 1:** *Guía de entrevista semiestructurada a docentes de Biología que participan en las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas. (OLICOCIBI).*

<b>CATEGORÍAS DE ANÁLISIS</b>	<b>SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS INCLUIDAS EN EL INSTRUMENTO</b>	<b>PREGUNTA O ÍTEM CORRESPONDIENTE</b>
<b>Percepción docente.</b>	<b>Percepción docente sobre el aprendizaje del tema sistema de fijación y emisión de carbono.</b>  Rasgos:  Percepción docente sobre la complejidad del tema sistema de fijación y emisión de carbono.  Percepción docente sobre los desafíos que representa en su	6-9.

	<p>enseñanza el tema sistema de fijación y emisión de carbono.</p> <p>Percepción docente sobre los aportes del tema sistema de fijación y emisión de carbono</p>	
<b>Estrategias de mediación pedagógica</b>	<p><b>a) Estrategias de mediación pedagógica implementadas en las clases de biología.</b></p> <p><b>b) Estrategias en el abordaje del tema sistema de emisión-fijación de carbono.</b></p>	<p>1</p> <p>2-5.</p>

**JUICIO DEL EXPERTO:**

De acuerdo con los criterios de valoración que a continuación se detallan, complete la escala que se presenta en la siguiente tabla, marcando con una equis (x) dentro del rubro que usted considere que se ajusta a cada uno de los criterios.

Criterios	Escala				Comentarios ¿Cómo se puede mejorar?
	Muy inapropiado	Inapropiado	Apropiado	Muy apropiado	
1. Pertinencia del contenido de los enunciados.					
2. Contextualización de las preguntas a la población meta.					
3. Claridad de las preguntas.					
4. Relación con la teoría.					
5. Coherencia con los objetivos de investigación y sus categorías de análisis.					

**4.2. Validación instrumento No. 2:** Cuestionario a profesores de Biología que participan en las OLICOCIBI.

<b>CATEGORÍAS DE ANÁLISIS</b>	<b>SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS INCLUIDAS EN EL INSTRUMENTO</b>	<b>PREGUNTA O ÍTEM CORRESPONDIENTE</b>
<b>Percepción docente.</b>	<p>a) Percepción docente sobre la habilidad del pensamiento sistémico (PS).</p> <p>Rasgos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Percepción docente sobre la conceptualización del PS.</li> <li>- Percepción docente sobre las características del PS.</li> <li>- Percepción docente sobre los indicadores PS.</li> </ul> <p>b) Percepción docente sobre la habilidad apropiación de tecnologías digitales.</p> <p>Rasgos:</p>	<p>II Parte.</p> <p>1</p> <p>2 y 3</p> <p>4-10</p> <p>III Parte.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Percepción docente sobre la conceptualización de la apropiación de tecnologías digitales.</li> <li>- Percepción docente sobre las características de la apropiación de tecnologías digitales</li> <li>- Percepción docente sobre los indicadores de la apropiación de tecnologías digitales:</li> </ul> <p>c) Percepción docente sobre el enfoque STEAM.</p> <p>Rasgos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Percepción docente sobre la conceptualización del enfoque STEAM.</li> <li>- Percepción docente sobre las características del enfoque STEAM.</li> <li>- Percepción docente sobre los aportes del enfoque STEAM</li> </ul> <p>d) Percepción docente sobre las fases de la metodología indagatoria.</p>	<p>1</p> <p>2 y 3</p> <p>4-7</p> <p>IV Parte.</p> <p>a</p> <p>b</p> <p>c</p> <p>V Parte.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Rasgos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Percepción docente sobre la focalización.</li> <li>- Percepción docente sobre la exploración.</li> <li>- Percepción docente sobre la reflexión-contrastación.</li> <li>- Percepción docente sobre la aplicación.</li> </ul>	<p>6 y 4</p> <p>1 y 8</p> <p>2 y 3</p> <p>5 y 7</p>
<b>Estrategias de mediación pedagógica</b>	<p>a) Estrategias de mediación pedagógica implementadas en las clases de biología.</p> <p>b) Estrategias de mediación pedagógica para abordar los indicadores del pensamiento sistémico.</p> <p>Rasgos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Patrones dentro del sistema.</li> <li>- Causalidad entre los componentes del sistema.</li> <li>- Modificación y mejora del sistema.</li> </ul>	<p>VI Parte</p> <p>1-8</p> <p>9</p> <p>10</p> <p>11</p>

	<p>c) Estrategias de mediación pedagógica que promueven la apropiación de tecnologías digitales.</p> <p>Rasgos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda de información.</li> <li>- Uso de recursos digitales.</li> <li>- Valorar implicaciones.</li> </ul>	<p>VI Parte</p> <p>13 y 17 12, 14, 15, 16, 18, 21 19 y 20</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

**JUICIO DEL EXPERTO:**

De acuerdo con los criterios de valoración que a continuación se detallan, complete la escala que se presenta en la siguiente tabla, marcando con una equis (x) dentro del rubro que usted considere que se ajusta a cada uno de los criterios.

Criterios	Escala				Comentarios ¿Cómo se puede mejorar?
	Muy inapropiado	Inapropiado	Apropiado	Muy apropiado	
1. Pertinencia del contenido de los enunciados.					
2. Contextualización de las preguntas a la población meta.					
3. Claridad de las preguntas.					
4. Relación con la teoría.					
5. Coherencia con los objetivos de investigación y sus variables o categorías de análisis.					



**4.3. Validación instrumento No. 3:** *Cuestionario a los alumnos que participan en las OLICOCIBI.*

<b>CATEGORÍAS DE ANÁLISIS</b>	<b>SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS Y RASGOS INCLUIDAS EN EL INSTRUMENTO</b>	<b>PREGUNTA O ÍTEM CORRESPONDIENTE</b>
<b>Estrategias de mediación pedagógica</b>	a) Estrategias de mediación pedagógica implementadas en las clases de biología.	Parte I 1-8
	b) Estrategias de mediación pedagógica para abordar los indicadores del pensamiento sistémico.	
	Rasgos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Patrones dentro del sistema.</li> <li>- Causalidad entre los componentes del sistema.</li> <li>- Modificación y mejora del sistema.</li> </ul>	9 10 11
	c) Estrategias de mediación pedagógica que promueven la apropiación de tecnologías digitales.	II Parte

	<p>Rasgos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda de información.</li> <li>- Uso de recursos digitales.</li> <li>- Valorar implicaciones.</li> </ul>	<p>13 y 17</p> <p>12, 14, 15, 16, 18, 21</p> <p>19 y 20</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

**JUICIO DEL EXPERTO:**

De acuerdo con los criterios de valoración que a continuación se detallan, complete la escala que se presenta en la siguiente tabla, marcando con una equis (x) dentro del rubro que usted considere que se ajusta a cada uno de los criterios.

Criterios	Escala				Comentarios ¿Cómo se puede mejorar?
	Muy inapropiado	Inapropiado	Apropiado	Muy apropiado	
1. Pertinencia del contenido de los enunciados.					
2. Contextualización de las preguntas a la población meta.					
3. Claridad de las preguntas.					
4. Relación con la teoría.					
5. Coherencia con los objetivos de investigación y sus variables o categorías de análisis.					

**4.5. Validación instrumento No. 4:** *Test de contenido para los alumnos que participan en las OLICOCIBI*

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS INCLUIDAS EN EL INSTRUMENTO	PREGUNTA O ÍTEM CORRESPONDIENTE
<p><b>Estrategias de mediación pedagógica.</b></p>	<p>a) Estrategias de mediación pedagógica para abordar el pensamiento sistémico.</p> <p>b) Estrategias de mediación pedagógica para abordar la apropiación de tecnologías digitales.</p>	<p>Casos 1 y 2</p> <p>Caso 3</p>

**JUICIO DEL EXPERTO:**

De acuerdo con los criterios de valoración que a continuación se detallan, complete la escala que se presenta en la siguiente tabla, marcando con una equis (x) dentro del rubro que usted considere que se ajusta a cada uno de los criterios.

Criterios	Escala				Comentarios ¿Cómo se puede mejorar?
	Muy inapropiado	Inapropiado	Apropiado	Muy apropiado	
1. Pertinencia del contenido de los enunciados.					
2. Contextualización de las preguntas a la población meta.					
3. Claridad de las preguntas.					
4. Relación con la teoría.					
5. Coherencia con los objetivos de investigación y sus variables o categorías de análisis.					

**5.OBSERVACIONES GENERALES:****CORREO ELECTRÓNICO:** \_\_\_\_\_**TELEFONO:** \_\_\_\_\_ **FIRMA SI ES POSIBLE:** \_\_\_\_\_

**Anexo 7. Evidencia de validación de los instrumentos.**

**CORREO ELECTRÓNICO:** GALFAROVARELA@GMAIL.COM

**TELEFONO:** 88022792/22570185

**FIRMA SI ES POSIBLE:** \_\_\_\_\_

**GILBERTO ALFARO  
VARELA (FIRMA)**

Firmado digitalmente por  
GILBERTO ALFARO VARELA  
(FIRMA)

Fecha: 2020.05.17 23:10:44 -06'00'

**CORREO ELECTRÓNICO:** dnaloria@gmail.com

**TELEFONO:** 88203189

**FIRMA SI ES POSIBLE:** \_\_\_\_\_



**CORREO ELECTRÓNICO:** aaraya.guevara@gmail.com

**TELEFONO:** 88335804

**Anexo 8. Rúbricas utilizadas para evaluar el desarrollo del PS y la ATD en el test de contenido.**

**Aspectos por evaluar en las respuestas de los casos.**

**a) Rúbrica Caso 1.**

Aspecto por evaluar	Nivel de desempeño.		
	Inicial.	Intermedio.	Avanzado.
1. Patrones dentro del sistema.	<p>Escribe menos de la mitad de los siguientes contaminantes:</p> <p>Dióxido de Carbono.</p> <p>Materia Orgánica.</p> <p>Combustibles fósiles.</p> <p>Fertilizantes</p> <p>Agroquímicos</p>	<p>Escribe más de la mitad de los siguientes contaminantes:</p> <p>Dióxido de Carbono.</p> <p>Materia Orgánica.</p> <p>Combustibles fósiles.</p> <p>Fertilizantes</p> <p>Agroquímicos</p>	<p>Escribe todos los siguientes contaminantes:</p> <p>Dióxido de Carbono.</p> <p>Materia Orgánica.</p> <p>Combustibles fósiles.</p> <p>Fertilizantes</p> <p>Agroquímicos</p>
2. Causalidad entre los componentes de un sistema.	<p>Establece de forma poco clara e incompleta las relaciones entre las actividades y la afectación al ciclo del carbono.</p>	<p>Establece de forma clara pero incompleta las relaciones entre las actividades y la afectación al ciclo del carbono.</p>	<p>Establece de forma clara y completa las siguientes relaciones entre las actividades y la afectación al ciclo del carbono.</p>

<p>Posibles respuestas:</p> <p>Deforestación: afecta la fotosíntesis (absorción de CO<sub>2</sub> y liberación de O<sub>2</sub>) y respiración celular (absorción de O<sub>2</sub> y liberación de CO<sub>2</sub>.)</p> <p>Descomposición de materia orgánica: afecta la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.</p> <p>Quema de materia orgánica: cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.</p> <p>Quema de combustibles fósiles: su quema aumenta la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Además, su extracción puede causar derrames que afecten la absorción de CO<sub>2</sub> en los cuerpos de agua.</p> <p>En la descomposición de materia orgánica, quema de hidrocarburos y el uso de agroquímicos y fertilizantes puede hacer alusión a la acidificación de los océanos que lleva a la muerte de organismos y con ello, a una afectación a la fotosíntesis y respiración celular. Asimismo, la acidificación de los océanos afecta los sedimentos marinos calcáreos.</p>			
<p>3. Modificación y mejoras del sistema.</p>	<p>Propone acciones para disminuir la afectación del ciclo del carbono que no están del todo relacionadas con las actividades de la empresa y/o no cumplen su propósito.</p>	<p>Propone acciones para disminuir la afectación del ciclo del carbono que están relacionadas con las actividades de la empresa, pero son medianamente pertinentes para el tipo de problema.</p>	<p>Propone acciones para disminuir la afectación del ciclo del carbono que están relacionadas con las actividades de la empresa y son pertinentes para el tipo de problema.</p>
<p>Posibles respuestas son:</p> <p>Deforestación: disminuir el área utilizada para el cultivo. Sembrar</p>			



	<p>árboles que compensen aquellos que se cortan.</p> <p>Descomposición de materia orgánica: darle un tratamiento que sirva para su uso como combustible (biodigestor).</p> <p>Uso de fertilizantes y agroquímicos: capacitar a las pequeñas, medianas y grandes empresas en su correcto uso.</p> <p>Quema de combustibles fósiles: formas alternativas de combustibles. Ej: motores eléctricos o de hidrógeno.</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**b) Rúbrica Caso 2.**

Aspecto por evaluar	Nivel		
	Inicial	Intermedio	Avanzado
1. Patrones dentro del sistema.	Determina un elemento que compone el sistema (cambio climático).	Determina dos elementos que componen el sistema (cambio climático).	Determina tres elementos que componen el sistema (cambio climático).
	Posible respuesta: Aumento en la temperatura, concentración de CO <sub>2</sub> y rayos solares.		
2. Causalidad entre los componentes de un sistema.	Explica de manera escueta o errónea la relación entre el aumento de la temperatura y la concentración de CO <sub>2</sub> .	Explica de forma medianamente correcta la relación entre el aumento de la temperatura y la concentración de CO <sub>2</sub> .	Explica de forma amplia y correcta la relación entre el aumento de la temperatura y la concentración de CO <sub>2</sub> .

	<p>Posible respuesta: se puede ver en el gráfico que la concentración de CO<sub>2</sub> ha ido en aumento según transcurren los años. En el caso de la temperatura, ha tenido periodos en los que sube y baja a lo largo de los años que se muestran, por lo que su comportamiento en general no es directamente proporcional al del CO<sub>2</sub>. Sin embargo, si se centra el análisis en los últimos años sí existe una relación directa entre la temperatura y el CO<sub>2</sub> por lo que cabe la posibilidad de que la concentración del CO<sub>2</sub> ahora es tal que sí parece tener incidencia en el comportamiento de la temperatura.</p>		
<p>3. Modificación y mejoras del sistema.</p>	<p>Propone acciones para mitigar el calentamiento global que no están del todo relacionadas con la naturaleza del problema por lo que no cumplen su propósito.</p>	<p>Propone acciones para mitigar el calentamiento global que están relacionadas con la naturaleza del problema, pero se plantean de tal forma que cumplen medianamente con su propósito.</p>	<p>Propone acciones para mitigar el calentamiento global que están relacionadas con la naturaleza del problema y son pertinentes.</p>
<p>Posible respuesta: Mayor control de la industria minera, uso de energías limpias, transportes amigables con el ambiente, cero emisiones o carbono neutral, protección de zonas boscosas.</p>			

**c) Rúbrica Caso 3.**

Aspecto por evaluar	Nivel		
	Inicial	Intermedio	Avanzado
1. Búsqueda de información.	<p>a) Plantea buscar en internet, pero no precisa el tipo de páginas a las que va a acceder.</p> <p>b) Menciona páginas como Wikipedia, Monografías.com, blogs, videos de YouTube de particulares o algún recurso similar que carezca de carácter científico.</p>	<p>Menciona páginas de internet como redes sociales o páginas web de instituciones relacionadas con el tema (ej: NASA) y diarios digitales, pero también utilizará recursos como páginas con poco carácter científico como blogs o similares.</p>	<p>Refiere a páginas de internet de instituciones relacionadas (ej: NASA), además, investigaría en artículos científicos de repositorios digitales de universidades o revistas.</p>
2. Uso de herramientas digitales.	<p>Plantea una forma que no se relaciona directamente con el uso de herramientas digitales o de dificultad baja de elaboración (ejemplo: una imagen sencilla en una red social)</p>	<p>Propone difundir la información utilizando tecnologías digitales de dificultad media (Paint, PowerPoint, o similares)</p>	<p>Propone difundir la información utilizando tecnologías digitales de dificultad alta (Canva, Piktochart, videos o similares)</p>