

**Universidad Autónoma de Querétaro**

**Facultad de Informática**

Alfabetización científica en alumnos de secundaria: diseño y  
aplicación de actividades prácticas utilizando laboratorios escolares  
electrónicos

**Tesis**

Que como parte de los requisitos  
para obtener el Grado de

**Doctor en Innovación en Tecnología Educativa**

Presenta

**Ramón Zárate Moedano**

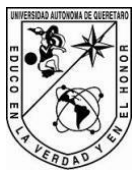
Dirigido por:

Dra. Sandra Luz Canchola Magdaleno

Co-Director:

Dr. Jorge Suarez Medellín

Querétaro, Qro. a 1 de agosto de 2022



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
**Facultad de Informática**  
**Doctorado en Innovación en Tecnología Educativa**

Alfabetización científica en alumnos de secundaria: diseño y aplicación de actividades prácticas utilizando laboratorios escolares electrónicos

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado  
Doctor en Innovación en Tecnología Educativa

Presenta

Ramón Zárate Moedano

Dirigido por:

Dra. Sandra Luz Canchola Magdaleno

Co-dirigido por:

Dr. Jorge Suarez Medellín

Dra. Sandra Luz Canchola Magdaleno  
Presidente

Dr. Jorge Suarez Medellín  
Secretario

Dra. Ana Marcela Herrera Navarro  
Vocal

Dra. Reyna Moreno Beltrán  
Suplente

Dr. Ricardo Chaparro Sánchez  
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.  
Agosto 2022  
México

## **Dedicatorias**

A Joshuana y Eugenio.

## **Agradecimientos**

Quisiera utilizar estas líneas para agradecer a todas las personas que han estado en mi entorno y han contribuido en mi gusto por la ciencia y educación. Soy afortunado en pertenecer a una familia llena de educadores. Comenzando por mi bisabuelo.

A toda mi familia, gracias.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, por el apoyo que representa la beca que me otorgó para la realización de mis estudios de doctorado.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por el esfuerzo institucional realizado para mi formación doctoral.

A las escuelas que me permitieron entrar a sus aulas para realizar esta investigación. En particular agradezco a las escuelas Ejercito mexicano, en la ciudad de Xalapa, y Benito Juárez García, en la localidad de Jose Azueta, por todo el apoyo.

A la Dra. Sandra Luz Canchola Magdaleno y al Dr. Jorge Suárez Medellín por todo el tiempo que dedicaron a asesorar y guiar mi investigación doctoral y la producción académica generada en este trabajo.

A Rodrigo Zárate Moedano por el apoyo intercambiando ideas y opiniones respecto de mi trabajo de investigación.

A Guadalupe Zárate Ortiz por la ayuda en la corrección de estilo.

## Índice

Dedicatorias.....	i
Agradecimientos .....	ii
Índice.....	iii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
Abreviaturas y siglas.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción .....	1
Planteamiento del problema.....	1
Formulación del problema .....	3
Estado del conocimiento .....	4
Estrategias didácticas y tecnología utilizada en la enseñanza de las ciencias.....	4
Conformación del corpus y estrategia de análisis.....	5
Hallazgos del análisis realizado al corpus.....	7
Discusión de los hallazgos .....	15
Fundamentación teórica .....	19

Alfabetización científica y el programa educativo de ciencias en México. ....	19
Alfabetización científica .....	19
Plan y programa de ciencia y tecnología para la enseñanza de las ciencias en México .....	21
De la teoría a la práctica dentro del salón de clases.....	23
Finalidades de la enseñanza de las ciencias para promover la alfabetización científica.....	24
Enfoque pedagógico de las ciencias en México.....	26
Cómo evaluar la alfabetización científica .....	29
Modelo 5E o cómo enseñar ciencias.....	31
Bases teóricas del modelo .....	31
Modelo 5E y la enseñanza de la termodinámica. ....	41
Computadoras de placa reducida para la enseñanza de las ciencias .....	49
Raspberry Pi como herramienta para la enseñanza de las ciencias.....	52
Articulación teórico conceptual .....	53
Formulación de hipótesis .....	55
Objetivos .....	55
General .....	55
Específicos .....	55

Metodología .....	56
Tipo de investigación .....	56
Aspectos metodológicos propios de cada objetivo específico .....	58
Técnicas e instrumentos .....	67
Entrevistas semiestructuradas .....	67
Cuestionarios .....	68
Procedimientos .....	68
Fase de análisis.....	69
Fase de diseño .....	71
Fase de implementación.....	72
Fase de evaluación .....	73
Resultados .....	74
Fase de análisis.....	74
Evaluación al nivel de alfabetización científica de estudiantes de secundaria	74
Análisis del plan y programa de ciencias en México. Fundamentos que deben sustentar las actividades prácticas y de experimentación .....	85
Fase de diseño e implementación.....	94
Diseño de un laboratorio electrónico basado en Raspberry Pi.....	94
Evaluando primera intervención docente usando laboratorios electrónicos..	101

Fase de evaluación .....	106
Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje .....	107
Modelo ALES para la enseñanza de las ciencias .....	114
Metodología ALES .....	117
Conclusiones .....	119
Consideraciones finales y futuras líneas de investigación .....	125
Participación en eventos y artículos publicados.....	128
Congreso latinoamericano de educación.....	128
Capítulo de libro.....	128
Artículo 1 .....	128
Artículo 2 .....	128
Artículo 3 .....	129
Artículo 4 .....	129
Referencias.....	130
Anexos .....	152
Anexo 1 .....	152
Anexo 2.....	153
Anexo 3.....	155



Anexo 4.....	157
Anexo 5.....	160
Anexo 6.....	161

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Resumen analítico de estrategias didácticas utilizadas en la enseñanza de las ciencias .....	10
<b>Tabla 2</b> Resumen analítico de tipos de experimentos utilizados en la enseñanza de las ciencias .....	15
<b>Tabla 3</b> Distintos puntos de vista sobre la relevancia de la ciencia escolar .....	26
<b>Tabla 4</b> Bases teóricas que soportan el diseño de la SEA .....	48
<b>Tabla 5</b> Alumnado participante .....	59
<b>Tabla 6</b> Impacto por escuela para responder correctamente las afirmaciones .....	77
<b>Tabla 7</b> Reactivos seleccionados del apartado Cultura científica: diversas afirmaciones por nivel educativo .....	83
<b>Tabla 8</b> Aprendizajes esperados por finalidades de educación .....	86
<b>Tabla 9</b> Aprendizajes esperados por temas y por finalidades de educación. ....	87
<b>Tabla 10</b> Ejemplo de propuesta didáctica del tema estructura de la materia .....	91
<b>Tabla 11</b> Propuesta didáctica del tema estructura de la materia con una finalidad de tipo democrática .....	91
<b>Tabla 12</b> Diferencias de calificaciones por estudiante .....	102
<b>Tabla 13</b> Secuencias de enseñanza aprendizaje utilizadas .....	104
<b>Tabla 14</b> Porcentaje de respuestas correctas en la evaluación previa o pre-test ...	108
<b>Tabla 15</b> Modificaciones realizadas al prototipo 1. ....	109
<b>Tabla 16</b> Modificaciones realizadas al prototipo 2. ....	110

<b>Tabla 17</b> Impacto de las modificaciones a los prototipos en los dibujos representativos.....	111
<b>Tabla 18</b> Impacto de las modificaciones a los prototipos en las hipótesis de los estudiantes .....	112
<b>Tabla 19</b> Efectos de las intervenciones utilizando los prototipos 1 y 2 de la SEA	113

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Enfoque pedagógico de la enseñanza de las ciencias .....	29
<b>Figura 2</b> Modelo de enseñanza: ciclo de aprendizaje .....	34
<b>Figura 3</b> Modelo de enseñanza: descubrimiento guiado .....	36
<b>Figura 4</b> Modelo de enseñanza 5E .....	37
<b>Figura 5</b> Modelo 5E y dimensiones del enfoque pedagógico .....	39
<b>Figura 6</b> Integración del Modelo 5E y el enfoque pedagógico – Tema: Analiza el calor como energía .....	41
<b>Figura 7</b> Articulación teórico conceptual de la investigación .....	54
<b>Figura 8</b> Proceso general de la investigación basada en el diseño .....	57
<b>Figura 9</b> Organización de aprendizajes esperados en secundaria .....	62
<b>Figura 10</b> Esquema de implementación de la SEA .....	65
<b>Figura 11</b> Proceso de la investigación basada en el diseño realizada .....	69
<b>Figura 12</b> Desarrollo de laboratorio electrónico .....	70
<b>Figura 13</b> Esquema de aplicación de la planeación didáctica con respecto de la secuencia de IBD .....	73
<b>Figura 14</b> Respuestas a las afirmaciones seleccionadas del total de alumnos .....	75
<b>Figura 15</b> Respuestas a las afirmaciones seleccionadas por alumnos de primer grado .....	75
<b>Figura 16</b> Respuestas a las afirmaciones seleccionadas por alumnos de segundo grado .....	76

<b>Figura 17</b> Respuestas a las afirmaciones seleccionadas por alumnos de tercer grado. .....	76
<b>Figura 18</b> Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Cultura científica: Patrón genético.....	78
<b>Figura 19</b> Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Energía limpia Alternativas de generación de energía eléctrica. ....	79
<b>Figura 20</b> Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Energía limpia Generación de energía eléctrica.....	80
<b>Figura 21</b> Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Energía limpia Generación de energía eléctrica usando termoeléctricas y nucleares.....	82
<b>Figura 22</b> Configuración general de laboratorio electrónico .....	95
<b>Figura 23</b> Arquitectura física de laboratorio electrónico .....	96
<b>Figura 24</b> Configuración física del laboratorio electrónico .....	97
<b>Figura 25</b> Diagrama lógico del laboratorio electrónico .....	98
<b>Figura 26</b> Página web sensor BME280 con datos de presión y humedad .....	99
<b>Figura 27</b> Página web sensores DS18B20 con datos de temperatura .....	100
<b>Figura 28</b> Hardware, circuitería y cableado del laboratorio electrónico.....	101
<b>Figura 29</b> Medias de las diferencias de calificaciones .....	103
<b>Figura 30</b> Evidencias de trabajo grupo 1 .....	105
<b>Figura 31</b> Evidencias de trabajo grupo 2 .....	106
<b>Figura 32</b> Efectos entre la evaluación inicial y evaluación final .....	113
<b>Figura 33</b> Modelo ALES para la enseñanza de las ciencias .....	115

**Figura 34** Metodología ALES..... 118

## Abreviaturas y siglas

**AE:** Aprendizajes Esperados

**ALES:** Alfabetización científica, Laboratorios, Modelo 5E y Socioconstructivismo

**BABL:** Boundary Activity Based Learning

**CMS:** Content Management System

**CONACYT:** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**CTL:** Contextual Teaching and Learning

**ENLACE:** Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares

**ENPECYT:** Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología

**GPIO:** General-purpose input/output

**HTML:** HyperText Markup Language

**IBD:** Investigación Basada en el Diseño

**INEE:** Instituto Nacional de Evaluación de la Educación

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía

**JSON:** JavaScript Object Notation

**NTSA:** National Science Teaching Association

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

**PHP:** Hypertext Preprocessor

**PISA:** Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos

**PLANEA:** Plan Nacional para la Evaluación de los aprendizajes

**SARS-CoV-2:** Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2

**SBC:** Single Board Computer

**SEA:** Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje

**SEP:** Secretaría de Educación Pública

**STEM:** Science, Technology, Engineering and Mathematics

**USB:** Universal Serial Bus

**VPN:** Virtual Private Network

## Resumen

Desde hace muchas décadas, la ciencia y la tecnología son parte de la vida y el progreso de la sociedad. La pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2 ha puesto nuevamente de manifiesto la importancia que tiene la alfabetización científica desde edades tempranas, dado que aún prevalece un fuerte rezago en la materia. Para lograr mejores resultados, se ha demostrado la importancia de la indagación y experimentación científicas como eje de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, también es una realidad que la mayoría de las escuelas, en México, no cuentan con un laboratorio que facilite la indagación y experimentación. El objetivo de esta investigación es proponer una metodología de aprendizaje basada en experimentación de actividades prácticas implementadas en laboratorios electrónicos para mejorar los conocimientos, habilidades y actitudes de alumnos de telesecundaria desarrollando su nivel de alfabetización científica. Para lograr el objetivo planteado, se llevó a cabo un estudio con un enfoque mixto soportado por la metodología de investigación basada en el diseño la cual permite la recolección de datos tanto cuantitativos como cualitativos con la intención de dar solución a problemas encontrados en la realidad escolar por medio de la implementación de alguna innovación educativa. La implementación de la propuesta didáctica se realizó en dos grupos de telesecundaria diferentes. En cada iteración se puso a prueba una secuencia de enseñanza y aprendizaje que integra contenidos de termodinámica y el uso del laboratorio electrónico. De los resultados obtenidos, se tiene la certeza de que el uso de la secuencia de enseñanza y aprendizaje y el laboratorio electrónico impactó de manera positiva los aprendizajes de los estudiantes, es decir, los conocimientos y conceptos iniciales se complementan con nuevos conceptos trabajados durante las sesiones generando conceptos y conocimientos más refinados por parte de los estudiantes.

**Palabras clave:** Alfabetización científica, Enseñanza de las ciencias, Estrategias educativas, Laboratorio escolar, Tecnología educacional.



## **Abstract**

For many decades, science and technology have been part of the life and progress of society. The pandemic caused by SARS-CoV-2 has once again highlighted the importance of scientific literacy since an early age, given that there is still a strong lag in the matter. To achieve better results, the importance of scientific inquiry and experimentation as the axis of science teaching and learning has been demonstrated. However, it is also a reality that most schools in Mexico do not have a laboratory that facilitates inquiry and experimentation. The objective of this research is to propose a learning methodology based on the experimentation of practical activities implemented in electronic laboratories to improve the knowledge, skills and attitudes of telesecundaria students by developing their level of scientific literacy. To achieve the stated objective, a study was carried out with a mixed approach supported by the research methodology based on design, which allows the collection of both quantitative and qualitative data with the intention of solving problems found in the school reality. through the implementation of some educational innovation. The implementation of the didactic proposal was carried out in two different telesecundaria groups. In each iteration, a teaching and learning sequence was tested that integrates thermodynamics content and the use of the electronic laboratory. From the results obtained, we are certain that the use of the teaching and learning sequence and the electronic laboratory had a positive impact on student learning, that is, the initial knowledge and concepts are complemented by new concepts worked on during the sessions. generating more refined concepts and knowledge on the part of the students.

**Keywords:** Scientific literacy, Science teaching, Educational strategies, School laboratory, Educational technology.

## **Introducción**

### **Planteamiento del problema**

La época actual se encuentra marcada por los avances en ciencia y tecnología e impone retos de los que depende la permanencia misma de nuestra especie sobre la tierra. Lo demuestran las grandes consecuencias, medidas en pérdidas de vidas humanas y pérdidas en la economía internacional; actualmente generadas por la aparición del virus SARS-CoV-2 (Law, 2020). Superar este tipo de retos depende del progreso vertiginoso y de los resultados de la práctica científica, para crear tratamientos como vacunas o medicamentos para la enfermedad. Sin embargo, la velocidad de este proceso ha impedido que la población en general comprenda los hechos y fenómenos que han transformado al mundo.

Esta tendencia se refleja por un lado, en una cierta bizantinización de la práctica científica, y por el otro, en una deficiente alfabetización científica de las personas, definida como la capacidad de involucrarse con temas relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como ciudadano reflexivo (OCDE, 2019), generando creciente impopularidad de la ciencia entre la población en general, que, de hecho, puede poner en riesgo la continuidad de la empresa científica, con desastrosas consecuencias para el desarrollo de nuestra cultura como un todo.

Evaluaciones internacionales como PISA (Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos), y algunas evaluaciones nacionales como ENLACE (Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares) y PLANEA (Plan Nacional para la Evaluación de los aprendizajes) muestran que los estudiantes mexicanos obtienen deficientes niveles de desempeño relacionados con habilidades y conocimientos científicos. En la prueba ENLACE (SEP, 2013), los resultados que se obtuvieron en el 2013 indican que el 51% de los estudiantes cuentan con un nivel insuficiente y elemental en matemáticas para los grados de primaria evaluados. Por su parte, en los niveles de secundaria evaluados los resultados indican que el 78% de alumnos obtienen niveles insuficientes y elementales en matemáticas. En los dos casos los alumnos con evaluaciones de excelencia no pasan del 10%.

Un par de años después, en la prueba PISA llevada a cabo durante 2015, México aparece en la mayoría de los indicadores por debajo de la media de los países que pertenecen

a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). En el apartado de ciencias, el desempeño de México se encuentra por debajo del promedio con 416 puntos, mientras que en el apartado de matemáticas apenas alcanza 408 puntos. En estas áreas, menos del 1% de los estudiantes en México logran alcanzar niveles de competencia de excelencia (OCDE, 2016).

Para 2017, los resultados de la prueba PLANEA (INEE, 2018) indican que para el área de matemáticas el 64.5% de los alumnos logran solo el nivel I y el 27% el nivel II para la educación secundaria. Comparando los resultados de los años 2015 y 2017, se advierte que no hubo avance en el puntaje de la media nacional, lo que es indicativo de poca o nula mejoría entre una evaluación y otra. Para confirmar esta situación, en la última entrega de PISA 2018, los resultados muestran que durante todos los años en los que ha participado México en esta prueba, el desempeño promedio no ha sido significativamente distinto a los observados en la edición 2018 (OCDE, 2019).

Para mejorar los niveles de desempeño relacionados con habilidades y conocimientos científicos, se requiere reducir la brecha que existe entre los avances científicos y tecnológicos actuales y lo que se enseña y se aprende en las escuelas (Sañudo Guerra y Perales Ponce, 2014; Vázquez-Alonso et al., 2005), favoreciendo así el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior, de aprendizaje y de comunicación (Abdurrahman et al., 2019) que están estrechamente relacionadas con el pensamiento científico (Furman et al., 2018). Esto requiere que la escuela incorpore actividades que precisen de la utilización de estas habilidades de pensamiento como pueden ser el estudio de casos, el aprendizaje basado en proyectos y la experimentación con fenómenos naturales, favoreciendo experiencias de aprendizaje por indagación.

Desde el punto de vista de la alfabetización científica, para mejorar los resultados de aprendizaje de las ciencias se quiere integrar, orgánicamente, aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos, asegurando que las prácticas de enseñanza y aprendizaje logren integrar estas tres dimensiones, planteando la enseñanza de las ciencias como una actividad próxima a la investigación e innovación científica a través del uso de problemas relevantes para la construcción de conocimientos científicos (Gil Pérez y Vilches, 2006). Es

decir, proponer un abordaje holístico, con auténtica relevancia social (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2012) que deje atrás la orientación hacia los conceptos de ciencias desconectados de la realidad, logrando integrar aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos, beneficiando tanto a los futuros científicos como a la población en general.

Este cambio en la propuesta pedagógica se debe reflejar y ser soportada tanto por currículo de ciencias, que es el documento que plasma explícitamente lo que se intenta lograr con el proyecto educativo, como por la infraestructura escolar, que debe permitir el desarrollo de los procesos de indagación y experimentación científica antes mencionados.

Teniendo en cuenta que en México, el 46% de escuelas secundarias y hasta el 72% de las escuelas telesecundarias, a nivel nacional, no cuentan con un espacio dedicado como laboratorio (INEE, 2017) y los resultados que ofrecen las evaluaciones nacionales e internacionales sobre el estado que guarda la educación en México, se hace evidente la gran importancia que tiene proponer nuevas formas de trabajo en las escuelas y desarrollar tecnología que permita la indagación y experimentación dentro del salón de clases con la intención de avanzar en el sentido de la alfabetización científica.

### **Formulación del problema**

Esta investigación doctoral se plantea como pregunta central el impacto que existe entre las actividades prácticas de experimentación, basadas en laboratorios electrónicos, y la mejora de la alfabetización científica de alumnos de telesecundaria. En forma de pregunta, ¿De qué manera las actividades prácticas y de experimentación, basadas en laboratorios electrónicos, realizadas en el aula, impactan la resolución de problemas aplicando conocimientos, habilidades y actitudes con respecto a las ciencias, con énfasis en física, en alumnos de telesecundaria?

## **Estado del conocimiento**

### **Estrategias didácticas y tecnología utilizada en la enseñanza de las ciencias.**

La pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2, ha causado estragos en los sistemas de educación de los diferentes países y ha puesto de manifiesto lo necesaria que es la enseñanza de las ciencias y la tecnología, desde las edades más tempranas, con la intención de lograr que la mayor cantidad de personas en el mundo entiendan los procesos y beneficios de la investigación y desarrollo de la ciencia y la tecnología. Esto es evidente si tomamos en cuenta informes que indican que algunas personas han considerado tomar orina de vaca, jabón o cloro y hasta cocaína como tratamientos para curar la COVID-19 (Caulfield, 2020). Situaciones como estas permiten observar algunos problemas relacionados con la comunicación social de la ciencia y la divulgación científica así como el desarrollo de habilidades básicas científicas en nuestro paso por la escuela, ocasionando que las personas no puedan distinguir entre información de buena y mala calidad y a pensar soluciones a problemas complejos y abstractos (Fadel, 2008).

Algunas de las habilidades que se sugiere desarrollar son las del pensamiento de orden superior, de aprendizaje y de comunicación (Abdurrahman et al., 2019), y específicamente habilidades de lenguaje y lectura de comprensión, matemáticas, ciencias, humanidades y artes, historia y geografía (Fadel, 2008). Entre todas estas, las habilidades relacionadas con las ciencias y su enseñanza son señaladas como muy importantes, entre otras cosas, debido a la necesidad de disminuir el gran distanciamiento que existe entre los avances científicos y tecnológicos actuales y lo que se enseña y se aprende en las escuelas, que es de poca o nula aplicación en el entorno cercano de los alumnos (Sañudo Guerra y Perales Ponce, 2014; Vázquez-Alonso et al., 2005). Esto ayudará a mejorar la comprensión pública de la ciencia, debido a que es un producto determinado histórica y socioculturalmente (Priest, 2013), de todos los individuos, quienes en un futuro se enfrentarán, como ciudadanos, a la toma de decisiones sociotécnicas (Manassero et al., 2001) por lo que requerirán estar preparados para satisfacer necesidades científicas, técnicas y tecnológicas para participar en democracia como ciudadanos productivos (So et al., 2018).

Para mejorar el desarrollo de estas habilidades científicas, Sañudo (2014) sugiere que la enseñanza y aprendizaje de las ciencias ponga más atención en el desarrollo de la investigación para la formación ciudadana y la integración de estrategias que favorezcan la divulgación científica, que motiven la utilización de conceptos científicos modernos, que permitan el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología, que consideren la solución de problemas, prácticas en laboratorio y entornos de aprendizaje colaborativos que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias apoyándose en la tecnología.

Siguiendo las propuestas de Sañudo sobre qué se debe de considerar en la enseñanza de las ciencias para lograr desarrollar habilidades científicas y tecnológicas básicas en los estudiantes, en los siguientes párrafos se hace una descripción de las estrategias didácticas y las experiencias de experimentación y de laboratorio utilizadas en la enseñanza de las ciencias, descritas en la literatura científica en los últimos cinco años, con la intención de reconocer su aporte a la utilización de conceptos científicos modernos, el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología y la integración y solución de problemas y prácticas de laboratorio que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias. Además, se busca obtener información sobre las características deseables que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación que favorezcan el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes.

### **Conformación del corpus y estrategia de análisis**

Siguiendo la propuesta de Molina (2005), se realizó esta investigación bibliográfica en tres etapas: contextualización, clasificación y categorización. Para la contextualización, el acercamiento al objeto de estudio se hace desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias en entornos escolares o propuestos desde entornos escolares. En el proceso de clasificación, o estrategia de búsqueda, se tomaron en cuenta artículos de investigación, conferencias y libros indexados en la base de datos SCOPUS así como tesis encontradas en Dialnet, de los últimos 5 años, La búsqueda se realizó por medio de operadores booleanos lógicos, como AND, OR, NOT, buscando coincidencias dentro del título y resumen de los documentos utilizando términos o descriptores que hacían referencia a la enseñanza de las

ciencias, como son activity-based learning / teaching science, inquiry-oriented learning / teaching science, elementary school science laboratory, utilizando también su traducción al español. La búsqueda dio como resultado 1012 documentos, de los cuales, después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 54 documentos.

Los criterios de inclusión que se utilizaron en la etapa de clasificación fueron:

1. Investigaciones empíricas difundidas por comunicaciones científicas de la disciplina.
2. Trabajos indexados en la base de datos SCOPUS del 2016 al 2020 en inglés y español.
3. Investigaciones desarrolladas en entornos escolares en donde los participantes fueran docentes o estudiantes.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Comunicaciones que estuvieran dedicadas a trabajar con participantes con alguna discapacidad o condición especial.
2. Investigaciones que estuvieran dirigidas a personas adultas, que no fueran docentes.
3. Investigaciones documentales.

Por último, las variables de interés que se utilizaron para categorizar y analizar los documentos fueron:

### ***Estrategias didácticas***

En la literatura especializada se encuentran varias definiciones sobre qué son las estrategias didácticas. En general, se sabe que el proceso de enseñanza implica al proceso de aprendizaje y los dos se retroalimentan en una construcción conjunta entre docentes, alumnos y contexto (Díaz y Hernández, 2002). En esta relación constructiva, la estrategia didáctica es una acción deliberada que realizan los docentes con una intención pedagógica, de tal forma que ayude a lograr un propósito específico (Tobón, 2013). Son flexibles y reflexibles, lo que implica un proceso detonador de la reflexión propia de la actividad docente (Díaz y Hernández, 2002)

que, además, incluye métodos, medios y técnicas enfocados en obtener los mejores resultados en los procesos educativos (Montes y Pereida, 2019).

### ***Laboratorio escolar***

Se considera un espacio bien equipado para llevar a cabo actividades de aprendizaje de investigación científica auténtica (Braun et al., 2018), donde se facilita a los estudiantes conocer problemas, formular hipótesis, diseñar experimentos, verificar información y encontrar soluciones a problemas planteados (Irwanto et al., 2019).

En la realidad de muchas escuelas en México, la falta de infraestructura obliga a los profesores a enseñar ciencias sin un espacio físico equipado como laboratorio. Sin embargo, esta realidad no disminuye la importancia que tiene enfrentar a los estudiantes a ambientes de aprendizaje que impliquen la indagación y la experimentación, ya que los estudiantes que han tenido estas experiencias en su proceso formativo tienen un desempeño significativamente mejor que los que no lo han tenido (Musili, 2015).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, para este análisis se definen los laboratorios escolares como las actividades o las herramientas utilizadas con la intención deliberada de ofrecer experiencias prácticas y de experimentación enriquecidas para el estudio de las ciencias independientemente del espacio físico en donde se realizan.

### **Hallazgos del análisis realizado al corpus**

#### ***Estrategias didácticas.***

En este análisis, se reconocen dos grandes grupos de estrategias. El primer grupo, que llamaremos, estrategias basadas en la indagación, como el aprendizaje basado en la indagación y el aprendizaje basado en proyectos y el segundo, que llamaremos, estrategias basadas en la indagación en contextos complejos, como el aprendizaje basado en actividades límite (BABL, *Boundary Activity Based Learning*) y la enseñanza y aprendizaje contextual (CTL, *Contextual teaching and learning*).



### *Estrategias basadas en la indagación.*

Tienen como propósito principal fomentar las habilidades de indagación de los estudiantes mediante la implementación de procesos auténticos de investigación científica, tal y como lo hacen los científicos al estudiar el mundo natural (Greca et al., 2017), favoreciendo entornos de aprendizaje que facilitan la transferencia de conocimientos a nuevas situaciones, desarrollando competencias cognitivas, interpersonales e intrapersonales y el dominio y conocimiento de los contenidos y la comprensión de cómo, por qué y cuándo aplicar ese conocimiento para responder preguntas más complejas y resolver problemas (Abdurrahman et al., 2019), enfatizando el uso del pensamiento crítico y científico (Irwanto et al., 2019) con lo que se logra proponer explicaciones basadas en evidencia a través del debate entre compañeros utilizando argumentos coherentes (Greca et al., 2017).

Una derivación del aprendizaje basado en la indagación es la instrucción de laboratorio basada en la indagación, donde el escenario son los laboratorios escolares buscando mejorar las habilidades del pensamiento crítico y del proceso científico. En este caso, los participantes indagan, investigan y evalúan críticamente las cosas que los rodean y participan de la construcción de conceptos promoviendo una comprensión de la realidad más cercana a como lo hacen los científicos, desarrollando habilidades de investigación, como hacer preguntas, formular hipótesis y organizar experimentos a partir de las hipótesis planteadas (Irwanto et al., 2019).

El aprendizaje basado en proyectos es un tipo particular de aprendizaje basado en la indagación, en donde, por medio de preguntas auténticas y problemas reales se provee el contexto de aprendizaje al alumnado que culmina con la entrega de un producto final. El objetivo es que los estudiantes aprendan los contenidos que van necesitando conforme se sumergen en las actividades interactivas requeridas por el proyecto que incluyen, además de los contenidos, prácticas en laboratorio, investigación (Rivera et al., 2018) y todo lo necesario para situar a los estudiantes y favorecer el desarrollo de comportamientos propios de los científicos destacando la importancia que tiene el proceso de solución, es decir, se aprende al hacer y al reflexionar sobre lo que se está haciendo (Díaz Barriga, 2006).

*Estrategias basadas en la indagación en contextos complejos.*

La principal diferencia entre las estrategias basadas en la indagación y las basadas en la indagación en contextos complejos es la amplitud de las situaciones que se trabajan y la diversidad de conocimientos que se requiere poner en movimiento. Mientras que las estrategias basadas en la indagación en contextos complejos implican situaciones grandes, complejas, en donde el trabajo y su solución requiere de conocimientos de diferentes áreas y campos de conocimiento que se tocan o traslapan, las estrategias basadas en la indagación utilizan situaciones más pequeñas, sencillas, que requieren una base de conocimientos menor en donde se involucra solamente un área de conocimiento para ofrecer soluciones sin que ello implique que los conocimientos construidos son inferiores o deficientes, simplemente están “un paso atrás” en su interconexión con otras áreas y campos de conocimiento y deberá trabajarse en otro momento para lograrla.

La estrategia más interesante y retadora utilizada para la enseñanza de las ciencias, es la estrategia de aprendizaje basada en actividades límite, orientada a conectar la capacidad de los alumnos para conocer con los contextos de aprendizaje a través de “objetos límite” con la intención de movilizar a los estudiantes a través de prácticas sociales y culturales auténticas tratando de evitar con esto la fragmentación de los conocimientos (Akkerman y Bakker, 2011).

El concepto de objetos límite, se refiere a la utilización de situaciones que requieren de cooperación entre puntos de vista divergentes y la necesidad de hallazgos para ofrecer soluciones generalizables (Sun y Looi, 2019) en donde los alumnos tienen que pasar de una práctica de un nivel de dominio menor a otra de un nivel de dominio mayor. Esta estrategia se encuentra inscrita dentro del concepto del aprendizaje continuo, sin fronteras, o *seamless*, en su traducción al inglés, que se refiere a utilizar objetos de contorno, es decir, que tocan más de un dominio de conocimientos, más de una asignatura o curso, sirviendo de puente para interrelacionar diferentes contenidos y contextos formales e informales de aprendizaje.

Por su parte, la enseñanza y el aprendizaje contextual son estrategias que descansan sobre la idea de enseñar y aprender anclado en los múltiples contextos en que se desarrollan los estudiantes con la intención de prepararlos para aprender en los ambientes complejos que

encontrarán a lo largo de su vida (Selvianiresa y Prabawanto, 2017). Es una manera de pensar la enseñanza y el aprendizaje que enfatiza el interés y las experiencias de los estudiantes (Satriani et al., 2012), con el propósito de invitarlos a hacerse cargo de su aprendizaje, relacionando el conocimiento y su aplicación con los diversos contextos en los que participan, facilitando su articulación con los conocimientos y experiencias previas (Selvianiresa y Prabawanto, 2017).

La Tabla 1 muestra un resumen analítico sobre las estrategias utilizadas y las características sugeridas para mejorar la enseñanza de las ciencias.

**Tabla 1**

*Resumen analítico de estrategias didácticas utilizadas en la enseñanza de las ciencias*

Aportes en la enseñanza de las ciencias	Estrategias basadas en la indagación	Estrategias basadas en la indagación en contextos complejos
Utilización de conceptos científicos modernos	X	X
Permitan el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología	X	X
Consideren la solución de problemas	X	X
Prácticas en laboratorio y entornos de aprendizaje colaborativos que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias.	X	X

Fuente: Elaboración propia.

### ***Laboratorio escolar.***

En los documentos analizados para esta investigación se observan con claridad diferentes experiencias de práctica y experimentación. Se distinguen desde los experimentos físicos con los cuales los profesores, valiéndose de todos los medios a su alcance, generan actividades en donde los estudiantes puedan manipular e interactuar con situaciones prácticas, hasta la

utilización de dispositivos mucho más sofisticados que se basan en soluciones tecnológicas como laboratorios virtuales, laboratorios remotos y laboratorios electrónicos, los cuales permiten experiencias de indagación y experimentación más o menos cercanas a lo que pudiera desarrollarse en un laboratorio escolar de ciencias. Para facilitar su análisis, se dividen en experimentos científicos, que son todas aquellas actividades de indagación y experimentación que se realizan dentro del salón de clases o bien en laboratorios convencionales en las escuelas y laboratorios basados en tecnología, que pueden ser laboratorios virtuales, laboratorios remotos y laboratorios electrónicos, que son todas las experiencias realizadas a través de soluciones tecnológicas, principalmente digitales.

### *Experimentos científicos*

Los profesores utilizan experimentos científicos dentro del salón de clases como la principal herramienta para favorecer la enseñanza de las ciencias, atendiendo problemas o necesidades que se presentan en el camino. Bien puede ser para ayudar en la explicación de algunos fenómenos de la naturaleza (Palacios-Díaz, 2017), proveer alternativas prácticas, divertidas y de tipo *maker* o de “manos a la obra” tanto para los maestros como para los alumnos (Boyle et al., 2017; Chamrat, 2019; Irwansyah et al., 2019), logrando que, aun a falta de instalaciones convencionales de laboratorio, los jóvenes se perciban como jóvenes científicos (Boyle et al., 2017) logrando mejorar su comprensión de la ciencia (Schiefer et al., 2017).

La implementación de actividades científicas lúdicas en el aula permite incrementar el interés de los alumnos y motiva a los maestros a aplicar el concepto de aprendizaje con ciencia divertida (Irwansyah et al., 2019) favoreciendo que, a través del juego, emerjan, con transparencia, las grandes ideas de hacer ciencia (Peppler et al., 2019). Esto permite generalizar los aprendizajes escolares hasta el entorno familiar mejorando la actitud hacia la ciencia tanto de alumnos como de los integrantes de la comunidad (Gudiño Paredes, 2018; Palacios-Díaz, 2017) favoreciendo el desarrollo de habilidades STEM (So et al., 2018) y las competencias metodológicas relacionadas con la indagación, es decir, mejorando el entendimiento del proceso de indagación científica (Chamrat, 2019; Schellinger et al., 2017).

En este grupo se incluyen todas las actividades de experimentación que utilizan elementos de uso cotidiano, que se pueden encontrar fácilmente en casa o en la escuela. Un ejemplo es la utilización de globos, encendedores o cerillos y velas para demostrar el comportamiento de los gases o la transferencia de energía calorífica. En general, se basan en experimentos sencillos, que tienen como propósito principal la demostración de fenómenos de la naturaleza con intenciones explicativas, y que no requieren de equipo o aditamentos especializados. Para que estas experiencias sean exitosas, se requiere que el personal que las dirige posea ciertas habilidades, tanto técnicas como científicas, y conocimientos científicos, que faciliten no sólo la demostración de los fenómenos que se estén trabajando si no la incorporación de los estudiantes de manera activa para dejar de ser simples espectadores.

#### *Laboratorios virtuales, remotos y electrónicos.*

Los laboratorios virtuales (LV) y los laboratorios remotos (LR) son herramientas interactivas donde los estudiantes tienen la posibilidad de observar la evolución de sistemas o experimentos y modificar su funcionamiento variando los parámetros de la situación planteada (Galán, 2017). Los LV están basados completamente en aplicaciones multimedia enriquecidas con desarrollos de software, lo que permite tener un simulador de la realidad contenido en una computadora o una página de internet. Son herramientas que utilizan la tecnología de internet para simular experimentos de laboratorio a través de una computadora o un dispositivo móvil. Son una buena alternativa virtualizada de un laboratorio convencional, que en muchas ocasiones resulta costoso o con equipo insuficiente (Diwakar et al., 2016; Nedungadi et al., 2017), que permite simular el mundo real con el propósito de mediar el aprendizaje, proporcionando acceso a experimentos que de otra forma serían imposibles de realizar en un salón de clases (Prarono et al., 2019).

Los LV permiten la demostración de situaciones macro, como trabajar con los planetas y sus características y micro, como las células y sus componentes facilitando el conocimiento sobre la operación de sistemas complejos (Garcia et al., 2019) ofreciendo más ventajas que las actividades tradicionales sin elementos visuales (Rizman Herga et al., 2016). Además, tienen beneficios intrínsecos tanto para maestros como para alumnos. Los maestros

se ven beneficiados con la gran adaptabilidad de los procesos de experimentación realizados a través de los laboratorios virtuales (Diwakar et al., 2016), debido a que estas herramientas ofrecen la posibilidad de crear diferentes situaciones experimentales y compartirlas con los aprendices haciendo posible el seguimiento al progreso de los experimentos que se estén llevando a cabo (Louhab et al., 2019) y para los alumnos, han demostrado que se favorecen las habilidades relacionadas con los procesos científicos como la inferencia, medición, comunicación, y clasificación (Pramono et al., 2019).

Por su parte, los laboratorios remotos proveen a los estudiantes de una experiencia similar a la experiencia de un laboratorio convencional, ya que ofrecen el control, en tiempo real, de un experimento físico con equipamiento, aparatos y aditamentos, todo interconectado a través de internet, con lo que se pueden realizar actividades de experimentación en vivo (Galán, 2017). Los LR, resultan de un enfoque híbrido que proporciona acceso emulado o basado en Internet a salas de laboratorios físicos con acceso a experimentos y a datos científicos reales (Diwakar et al., 2016) a través de la pantalla de dispositivos móviles o de computadoras conectadas a internet. La arquitectura física de estos laboratorios requiere de tres niveles: nivel de usuario, en donde se desarrolla software que permita manipular el laboratorio desde un teclado y una computadora personal o un dispositivo móvil. Nivel de hardware, un servidor central al que se conecta tanto el laboratorio como el usuario y el nivel de laboratorio, en donde el equipo de laboratorio e instrumentos están físicamente conectados al servidor central (Galán, 2017)

El creciente desarrollo y popularización de estos laboratorios se debe a que las prácticas experimentales son necesarias para mejorar el aprendizaje, pero los laboratorios convencionales resultan costosos y requieren de equipo especializado que es poco accesible para la mayoría de las escuelas (Lustig et al., 2018). Esta es la principal razón para utilizar los LR, ya que se pueden desarrollar proyectos económicos, de bajo consumo, autónomos y con requerimientos moderados para su instalación (Cvjetkovic y Stankovic, 2017) logrando que, con la interconexión de laboratorios convencionales con los maestros y estudiantes, se obtengan los mismos resultados que cuando se utiliza tecnología más costosa (Rocha et al., 2016). Una muestra de la capacidad de estos laboratorios es el proyecto RexLab, un

laboratorio convencional con equipo sofisticado, conectado a una computadora Raspberry Pi, es utilizado, a distancia, por estudiantes para la experimentación con la propagación del calor (Silva et al., 2016).

Por último, los laboratorios electrónicos (LE) se basan en la integración y uso de dispositivos electrónicos tangibles como pueden ser celulares, equipos de medición analógicos y hasta microcontroladores programables con sensores y actuadores que permiten interactuar con el entorno y fenómenos naturales. Este tipo de laboratorios resultan difíciles de definir, debido a que la palabra electrónico, en la actualidad, se utiliza para referirnos a todo lo que tiene que ver con dispositivos electrónicos, todo lo que está contenido en computadoras y todo lo referente a internet. Así podemos decir archivo electrónico, refiriéndonos al contenido digital de una memoria USB o un disco duro. También podemos decir página electrónica, refiriéndonos a un sitio web, o bien, hablar de un dispositivo electrónico, refiriéndonos a un aparato tangible que contiene circuitos electrónicos.

A manera de definición, un laboratorio electrónico se refiere a un mecanismo o artefacto que funciona mediante la electrónica, es decir, un dispositivo tangible que contiene circuitos electrónicos, análogos o digitales, con o sin software añadido, dotado de los medios necesarios para realizar actividades de indagación y experimentación científica y que puede ser manipulado presencialmente por los usuarios. Es así que, como se decía antes, bien puede ser considerado como laboratorio electrónico un celular, que contiene alguna aplicación específica, un termómetro electrónico o un dispositivo más sofisticado como un microcontrolador programable, siendo lo importante que permitan la realización de actividades de experimentación científica.

Este tipo de laboratorios son utilizados, principalmente, para la enseñanza de las ciencias en sustitución de las prácticas en un laboratorio convencional, debido a su gran capacidad de interconectar sensores y actuadores y a que ofrecen la interfaz necesaria para desarrollar prácticas con dispositivos de bajo costo (Wang, 2018), facilitando la experimentación con situaciones y fenómenos relacionados con la naturaleza, conectando la vida real con el trabajo escolar, potenciando así aprendizajes significativos. Un ejemplo de este tipo de laboratorios es la utilización de teléfonos celulares con aplicaciones que permiten

medir distancia utilizando su bocina y micrófono como sensores (Rivera et al., 2018) o bien el uso de computadoras de una sola placa como la Raspberry Pi y la RedPitaya (Limpraptono y Nurcahyo, 2021), que facilita el trabajo con señales análogas y digitales en sustitución de un osciloscopio.

La Tabla 2 muestra un resumen analítico sobre las experiencias de indagación y experimentación utilizadas y las características sugeridas para mejorar la enseñanza de las ciencias.

**Tabla 2**

*Resumen analítico de tipos de experimentos utilizados en la enseñanza de las ciencias*

Aportes en la enseñanza de las ciencias	Experimentos científicos	Laboratorios Virtuales	Laboratorios Remotos	Laboratorios electrónicos
Utilización de conceptos científicos moderno	X	X	X	X
Permitan el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología	X	-	X	X
Consideren la solución de problemas	-	-	-	-
Prácticas en laboratorio y entornos de aprendizaje colaborativos que faciliten el diálogo y la exposición de ideas propias.	-	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

### **Discusión de los hallazgos**

La presente revisión bibliográfica buscó conocer las estrategias didácticas y las experiencias de experimentación y de laboratorio utilizadas en la enseñanza de las ciencias encontradas en la literatura científica con la intención de describir su aporte sobre la utilización de conceptos científicos modernos, el desarrollo de habilidades propias de la ciencia y la tecnología, la integración y solución de problemas y prácticas de laboratorio que faciliten el diálogo , así como la exposición de ideas propias. Además, obtener información sobre las



características deseables que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación que favorezcan el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes

En este sentido, es importante reconocer que para desarrollar habilidades de investigación, observación y experimentación y conocimientos y conceptos básicos en ciencias, el método más importante es el trabajo práctico, la experimentación científica, el cual ayuda a entender fenómenos naturales así como a descubrir principios científicos (Braun et al., 2018; Pramono et al., 2019; Rizman Herga et al., 2016) facilitando examinar la naturaleza de las cosas, lo cual es importante para entender, no solo lo que hasta el momento se sabe, sino cómo se ha logrado obtener ese conocimiento (Dwikoranto et al., 2018).

Las estrategias didácticas analizadas son del tipo “manos a la obra” y cumplen a cabalidad con las características sugeridas para mejorar la enseñanza y aprendizaje científico como se observó en la Tabla 1. Estas estrategias logran que los estudiantes participen activamente en la construcción de sus conocimientos. Favorecen las actividades interactivas basadas en la indagación lo que permite desarrollar conocimientos y comprensión de ideas científicas, del mismo modo que los científicos estudian el mundo natural, con el potencial de integrar grandes grupos de conocimientos, habilidades y actitudes en escenarios complejos, por lo que se proponen como estrategias atractivas para el desarrollo de las llamadas habilidades del siglo 21, STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Sin embargo, esa misma capacidad de integración de diversos campos y dominios de conocimientos representa un reto para su implementación en las escuelas, ya que depende de la habilidad de trabajo en equipo entre los diferentes actores educativos involucrados, así como de los propios conocimientos que requieren los docentes para lograr proponer actividades que logren la integración de contextos complejos auténticos.

Sobre las experiencias de experimentación, ya sea en un laboratorio convencional o en un salón de clases utilizando cualquiera de las alternativas analizadas, el reto es la necesidad de construir experiencias de aprendizaje que permitan que los alumnos experimenten y vivan la experiencia de hacer ciencia. Como se muestra en la Tabla 2, existe un vacío general en la integración de situaciones problemáticas que den pie, a través de su

solución, al aprendizaje de las ciencias tal y como lo hacen los científicos, sabiendo que después de estas experiencias se consiguen ganancias significativas en la capacidad de discutir conceptos científicos por parte de los alumnos (Pepler et al., 2019). Además, es importante dejar atrás la idea, centrada en el maestro, de que las actividades experimentales y de indagación son útiles sólo para que el profesor pueda demostrar conceptos o situaciones en clase (Koul y Verma, 2018).

En cuanto a las características deseables que deberían considerar las herramientas o dispositivos tecnológicos aplicados a la educación, se alerta que no se encontró información al respecto en los trabajos revisados, por lo que resulta importante desarrollar investigaciones cuyo objetivo sea ofrecer principios de diseño y características específicas de implementación sobre herramientas tecnológicas que permitan mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en general y en particular en entornos menos favorecidos como el 72% de las escuelas telesecundarias, en México, que no cuentan con un salón dedicado a la enseñanza de las ciencias como un laboratorio (INEE, 2017) y en donde las alternativas tecnológicas podrían ser una solución asequible.

Otro espacio para la investigación es el relacionado al impacto que tienen los diferentes dispositivos tecnológicos utilizados en las habilidades, actitudes y satisfacción de los usuarios participantes y la evaluación sobre qué tan preparados están los padres de familia y los tutores para cooperar con los docentes y las instituciones de educación para la incorporación de estas tecnologías en el proceso de enseñanza aprendizaje.

A nivel curricular, la integración de dispositivos tecnológicos emergentes encuentra su límite en la rígida estructura del currículo en sí mismo, como de la infraestructura disponible para su aplicación. Esto abre la puerta a la investigación sobre un currículo que permita desarrollar experiencias de aprendizaje que promuevan la construcción de conocimientos, el desarrollo de habilidades y actitudes con respecto de la ciencia, favoreciendo la integración de dispositivos tecnológicos en función de sus características de construcción y utilización.

Por último, resulta interesante destacar que, a nivel de hardware, existe un amplio espacio para la investigación sobre principios de diseño y características propias de los

dispositivos tecnológicos utilizados para la educación y su desarrollo, ya que, en general, los profesores y las instituciones educativas hacen uso de dispositivos tecnológicos que han sido desarrollados como parte del propio desarrollo tecnológico para otras áreas y que se han ido adaptando e incorporando a los procesos educativos sin que necesariamente cuenten con las especificaciones más apropiadas para propósitos pedagógicos.

Al finalizar este exhaustivo análisis de literatura, sabemos que el trabajo docente relacionado con la enseñanza de las ciencias debe ser fundamentalmente práctico, que la naturaleza de las intervenciones docentes debe intentar en todo momento favorecer una práctica educativa centrada en el alumno y que puede ser potenciada por la integración de dispositivos tecnológicos, con la intención de desarrollar, de manera integral, habilidades básicas relacionadas con las ciencias y sus procesos que permitan a las personas resolver los problemas que se les presenten y participar, democráticamente, en las decisiones colectivas que se tengan que tomar en el futuro cercano.

## **Fundamentación teórica**

### **Alfabetización científica y el programa educativo de ciencias en México.**

#### **Alfabetización científica**

El término “alfabetización”, es interpretado como la habilidad de leer y escribir, sin embargo, como una metáfora, también es utilizado para definir la capacidad de un individuo o grupo para interactuar significativamente en contextos específicos, tal y como se ejemplificaría en las frases alfabetización cultural, digital, política y científica (R. Laugksch, 1999).

Actualmente existe un interesante debate sobre la definición de alfabetización científica a causa de que no existe un acuerdo definitivo sobre sus componentes y sus alcances tanto teóricos como prácticos. Esto se debe a que depende del contexto, de la situación o problemática de la que se trate, del nivel escolar en donde se esté trabajando, entre muchos otros factores, y de lo que se consideren conocimientos básicos en esos contextos. Sin embargo, existe un consenso mínimo que indica que se trata de una buena idea, de una utopía, hacia la que sería bueno caminar permitiendo que sus alcances sean integradores, flexibles e incluyentes. En este trabajo se retoman tres propuestas que se complementan. Una de las primeras definiciones ofrecida por la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias (NTSA) como un antecedente histórico, la propuesta de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) que ha sido la base de pruebas estandarizadas y de propuestas educativas de varios países y, por último, una definición que integra las primeras dos en una propuesta escolar.

Una definición clásica de alfabetización científica, fue la propuesta por la NTSA en 1982, la cual considera que una persona científicamente alfabetizada es “aquella capaz de comprender que la sociedad controla la ciencia y la tecnología a través de la provisión de recursos, que usa conceptos científicos, destrezas procedimentales y valores en la toma de decisiones diaria, que reconoce las limitaciones así como las utilidades de la ciencia y la tecnología en la mejora del bienestar humano, que conoce los principales conceptos, hipótesis, y teorías de la ciencia y es capaz de usarlos, que diferencia entre evidencia científica y opinión personal, que tiene una rica visión del mundo como consecuencia de la

educación científica, y que conoce las fuentes fiables de información científica y tecnológica y usa fuentes en el proceso de toma de decisiones” (Sabariego y Manzanares, 2006, p. 3).

Es decir, la alfabetización científica requiere de la capacidad de conocer temas y conceptos de ciencias que permitan consolidar la comprensión, significado y aplicación del lenguaje científico en contextos determinados de uso (Aguilar Pérez y Ortega Pérez, 2008) logrando que una persona comprenda cómo se genera el conocimiento científico, cómo se modifica y qué tipo de representación mental se utiliza (Gómez Díaz, 2018), lo que implica la capacidad de apreciar la naturaleza, objetivos y limitaciones de la actividad científica, así como una comprensión general de sus teorías principales (R. Laugksch, 1999).

La OCDE define la alfabetización científica como “la capacidad de involucrarse con temas relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como ciudadano reflexivo. Una persona con conocimientos científicos, por tanto, está dispuesta a participar en un discurso razonado sobre ciencia y tecnología” (OCDE, 2019, p. 100) y asocia tres competencias fundamentales, a saber, explicación científica de fenómenos naturales, que se refiere a la capacidad de reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para variedad de fenómenos naturales y tecnológicos, evaluar y diseñar procesos de investigación científica, asociado a la habilidad de describir y valorar procesos de investigación científica; así como proponer formas científicas de abordar preguntas o problemas, y, por último, interpretar científicamente datos y evidencias, lo que permite analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos en presentaciones varias y sacar conclusiones científicas apropiadas.

Las definiciones que se han mencionado resultan importantes ya sea por su importancia en la historia de la construcción del concepto o porque son utilizadas como referentes teóricos para la evaluación de la competencia científica en evaluaciones internacionales. Si bien tienen un peso específico en términos de proponer una definición que sea la base para las políticas educativas que implementan los países, resulta más importante conceptualizar la alfabetización científica desde una perspectiva escolar, de forma que quede claro para los profesores y estudiantes qué es lo que se espera de su participación en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, sobre todo, para la educación obligatoria.

En este sentido, y para propósitos de este trabajo, se recurre a una conceptualización de alfabetización científica propuesta por Garmendia y Guisasola (2015) que retoma las definiciones anteriores y que asume la idea de que el objetivo principal es promover una cultura científica, entendiendo sus relaciones y consecuencias sociales, culturales, económicas y ambientales. Para lograr este objetivo es necesario el aprendizaje de un sistema de adquisición de conocimientos en donde la ciencia y la práctica científica se entrelazan y son soportadas por conceptos y modelos científicos, logrando con esto la comprensión de ideas clave, que permiten interpretar el mundo, sus fenómenos naturales y la tecnología utilizada mediante modelos científicos.

### **Plan y programa de ciencia y tecnología para la enseñanza de las ciencias en México**

El plan y programa de ciencia y tecnología es el documento, parte del currículo, donde se plasma, de manera explícita, lo que la política educativa intenta lograr en tanto proyecto cultural, social y educativo (Rangel Torrijo, 2015). Es el camino que se traza, proponiendo actividades planeadas, con la intención de lograr consecuencias o metas educativas en los estudiantes (Eisner, 1985), modelando el tipo de ciudadano que se pretende formar al término de la educación obligatoria. Es desde el diseño de este documento donde se intenta influir en los procesos pedagógicos sirviendo de guía para las actividades escolares (Zambrano-mendoza, 2020).

En México, la Secretaría de Educación Pública (SEP) es responsable de diseñar, organizar y distribuir los planes y programas de estudio, que contienen toda la información como contenidos, aprendizajes esperados, enfoques didácticos, sugerencias de trabajo, evaluación y teorías en que se fundamentan, con el objetivo de asegurar que la educación básica proporcione aprendizajes y conocimientos significativos, relevantes y útiles para la vida, con la intención de formar ciudadanos que “tengan la capacidad de desarrollo personal, laboral y familiar, dispuestas a mejorar su entorno natural y social, así como a continuar aprendiendo a lo largo de la vida en un mundo complejo que vive acelerados cambios” (SEP, 2017, p. 24).

El plan y programa de ciencia y tecnología más reciente (SEP, 2017), llamado *Aprendizajes Clave para la educación. Ciencias y Tecnología. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación* (en adelante plan y programa de ciencias), pretende responder a las características de la sociedad, asumiendo que la educación no debe ser estática, buscando siempre anclar y asimilar las necesidades y prácticas sociales de los estudiantes, y de la sociedad que los rodea, para que encuentren sentido a lo que aprenden y puedan vincularlo con su realidad y contexto (como propone Rangel Torrijo, 2015). Con un enfoque humanista y holístico, con auténtica relevancia social (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2012), se busca desarrollar lo cognitivo, físico, social y afectivo facilitando la plena participación en los temas y tareas que conciernen a la sociedad tanto en lo local como en lo global, identificando los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que los estudiantes requieren para alcanzar su máximo potencial (SEP, 2017).

Desde la perspectiva del plan y programa de ciencias, la manera en la que se lleva a la práctica la propuesta curricular es a través del desarrollo de tres dimensiones entrelazadas, conocimientos, habilidades y actitudes, a lo que llama *enfoque competencial*. En esta perspectiva, las competencias se entienden como la movilización de saberes en situaciones particulares, que para ser evidenciadas se requiere de una acción deliberada y que alcanza su máximo nivel cuando se movilizan, simultáneamente, las tres dimensiones mencionadas, es decir, la meta de formación que plantea alcanzar al final de la educación básica será resultado de adquirir conocimientos, desarrollar habilidades y adoptar actitudes y valores (SEP, 2017).

Para el caso de ciencia y tecnología, dentro del plan y programa encontramos el apartado llamado *campo de formación académica exploración y comprensión del mundo natural y social*. Este campo de formación se compone por los enfoques de disciplinas de las ciencias sociales, la biología, la física y la química, además de variados aspectos sociales, políticos, económicos, culturales y éticos relacionados.

En este apartado se describen las aproximaciones a los fenómenos y procesos naturales y sociales en los que se inscribe la educación científica, pasando de explicaciones objetivas y descriptivas, en los primeros grados de la educación obligatoria, a niveles más complejos, que trascienden la descripción, favoreciendo el desarrollo del pensamiento crítico

basado en la interpretación o cuestionamiento de ideas, situaciones y datos logrando analizar y evaluar la coherencia y consistencia de diversos razonamientos, desarrollando un escepticismo informado. “El objetivo es que los educandos adquieran una base conceptual para explicarse el mundo en que viven, que desarrollen habilidades para comprender y analizar problemas diversos y complejos; en suma, que lleguen a ser personas analíticas, críticas, participativas y responsables” (SEP, 2017, p. 159).

### **De la teoría a la práctica dentro del salón de clases.**

Desde el punto de vista de la alfabetización científica, pasar de la teoría a la práctica, demanda cambiar el reduccionismo conceptual, que concibe a la ciencia como sinónimo de conocimientos, y el desarrollo de algunas habilidades y actitudes descontextualizadas, a integrar, orgánicamente, aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos. Es decir, se hace necesario converger la propuesta curricular con la experiencia educativa, haciendo que el currículo esté vivo (Rangel Torrijo, 2015). Para lograr esto, se requiere asegurar que las prácticas de enseñanza y aprendizaje logren integrar conocimientos conceptuales, habilidades y actitudes y valores planteando la enseñanza de las ciencias como una actividad próxima a la investigación científica (Gil Pérez y Vilches, 2006), en donde los contenidos del plan y programa de ciencia y tecnología y las destrezas del profesorado se suman a las actividades de aprendizaje para, en conjunto, propiciar un ambiente de aprendizaje científicamente auténtico que procure situaciones que reflejen la interpretación del mundo desde la realidad local del estudiante.

En este sentido, la SEP recupera el planteamiento original de César Coll que habla sobre “proporcionar al alumnado el bagaje mínimo de conocimientos, habilidades, actitudes y valores necesarios para incorporarse a la sociedad de hoy y de mañana” (Coll Salvador, 2006, p. 7). Esta idea se incorpora en el plan y programa usando el concepto de *aprendizajes clave*, que se refiere a los conocimientos mínimos que se deben considerar en la enseñanza en general, incluida la enseñanza de las ciencias. De este modo, la selección y definición de los contenidos específicos que conforman el plan y programa de ciencia y tecnología asume a los aprendizajes clave como el eje articulador, de tal forma que resultan en un conjunto de



conocimientos, prácticas, habilidades, actitudes y valores que contribuyen al crecimiento integral del estudiante, privilegiando contenidos que propician aprendizajes relevantes y duraderos, útiles para resolver problemas, sopesar opciones, tomar decisiones y que ayudan a comprender mejor el mundo que nos rodea (SEP, 2017).

De este modo, la selección y definición de los contenidos específicos que conforman el plan y programa de ciencia y tecnología asume a los aprendizajes clave como el eje articulador de la enseñanza y el aprendizaje, de tal forma que resultan en un conjunto de conocimientos, prácticas, habilidades, actitudes y valores que contribuyen al crecimiento integral del estudiante, privilegiando contenidos que propician aprendizajes relevantes y duraderos, útiles para resolver problemas, sopesar opciones, tomar decisiones y que ayudan a comprender mejor el mundo que nos rodea (SEP, 2017).

Para traducir los aprendizajes clave en propuestas operativas, la SEP (2017) define enunciados que describen los aprendizajes que se espera que los alumnos logren al término de una secuencia de sesiones de enseñanza y aprendizaje. A estos enunciados los llama aprendizajes esperados y condensan los propósitos y finalidades de la propuesta educativa. Cada aprendizaje esperado se formula en términos del dominio de conocimientos, habilidades, y actitudes y valores (SEP, 2017) y son apuntalados por principios pedagógicos como poner al estudiante y su aprendizaje al centro del proceso educativo, reconocer la naturaleza social del conocimiento y propiciar el aprendizaje por medio de afrontar circunstancias auténticas..

### **Finalidades de la enseñanza de las ciencias para promover la alfabetización científica**

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, se reconoce que en el currículo de ciencias en México subyace una intención de encaminar los esfuerzo educativos hacia la alfabetización científica, en donde se considera que la escuela debe de promover una cultura científica, entendiendo sus relaciones y consecuencias sociales, culturales, económicas y ambientales, por medio de la adquisición de bases conceptuales que permitan interpretar y

explicar el mundo en que se vive y sus fenómenos naturales, desarrollando habilidades para comprender, analizar y resolver problemas mediante modelos científicos.

Gil y Vilches (2006) proponen plantear el aprendizaje de las ciencias y la tecnología como un trabajo de investigación e innovación, todo a través de atender situaciones problemáticas relevantes para la construcción de conocimientos científicos y el desarrollo de innovaciones tecnológicas para satisfacer determinadas necesidades. Por su parte, Vázquez y Manassero (2012), mencionan que la educación debe ser holística, con auténtica relevancia social, considerando para ello el desarrollo de competencias.

Coincidiendo con estas ideas, y retomando un trabajo previo de Aikenhead, Acevedo (2004) distingue un conjunto de siete finalidades (ver propuesta en tabla 3) que puede perseguir la ciencia escolar, en función de la relevancia que tienen, y cómo se ven reflejadas en el currículo. Esta propuesta ha sido la base de numerosas investigaciones (Acevedo et al., 2005; Daza Pérez et al., 2009; García-Ruiz y Orozco, 2008; Vázquez-Alonso et al., 2005) en las cuales se coincide con la idea general de establecer finalidades educativas amplias, holísticas, destinadas a alfabetizar científicamente a todas las personas, motivando a los estudiantes a interesarse por temas tecnocientíficos, contribuyendo con esto a formar mejores ciudadanos.

De las finalidades que menciona Acevedo (2004), destaca la importancia de utilizar las finalidades democrática, útil y cultural con la intención de conciliar las experiencias e intereses personales y socioculturales de los estudiantes y su relación con los contenidos científicos y el contexto social y tecnológico del que emanan, lo que favorece la participación de las personas en cuestiones científicas y tecnológicas socialmente relevantes, como salud, higiene, consumo, nutrición, educación sexual, seguridad en el trabajo y educación vial, a través del ejercicio de la ciudadanía, facilitando la toma de decisiones razonadas.

**Tabla 3***Distintos puntos de vista sobre la relevancia de la ciencia escolar*

Finalidad	Características
Propedéutica	Se centra en los contenidos más ortodoxos de la ciencia.
Democrática	Presta especial atención al ejercicio de la ciudadanía en una sociedad democrática. Prepara para enfrentarse en la vida real a muchas cuestiones de interés social relacionadas con la ciencia y la tecnología y tomar decisiones razonadas sobre ellas.
Funcional	No se ignoran los contenidos científicos más ortodoxos, pero éstos se subordinan a la adquisición de capacidades más generales. Punto de vista preferido por empresarios e industria.
Seductora	Habitual en medios de comunicación de masas: documentales de televisión, revistas de divulgación científica, internet, etc. A veces se tiende a mostrar los contenidos más espectaculares y sensacionalistas.
Útil	Incluye muchos contenidos de los denominados transversales, tales como salud e higiene, consumo, nutrición, educación sexual, seguridad en el trabajo, educación vial, etc.
Personal	Presta especial atención a los temas científicos que más pueden interesar a los propios estudiantes, por lo que son éstos los que deciden qué es relevante.
Cultural	Se promueven contenidos globales, más centrados en la cultura de la sociedad que en las propias disciplinas científicas, pudiendo incluir a otros de los tipos anteriores.

Fuente: Acevedo Díaz (2004).

Con base en la revisión teórica, vale decir que para favorecer la alfabetización científica es necesario que los propósitos declarados por el plan y programa de ciencia y tecnología, concretados en aprendizajes esperados, integren una visión democrática, útil y cultural en el tratamiento de los contenidos científicos y tecnológicos promoviendo una cultura científica que permita entender relaciones y consecuencias a través de la comprensión de ideas que permitan interpretar el mundo y sus fenómenos naturales.

### **Enfoque pedagógico de las ciencias en México**

Gran parte del éxito o fracaso del aprendizaje de los estudiantes recae en los docentes por medio de sus prácticas de enseñanza. La organización de las actividades y contenidos debe

crear las condiciones que permitan a los estudiantes adquirir conocimientos, habilidades y actitudes y valores cruciales para el desarrollo de su pensamiento científico, además de contribuir a la construcción de una comunidad de aprendizaje solidaria y afectiva, donde todos sus miembros se apoyen entre sí (SEP, 2017).

Esta responsabilidad la comparte el profesor con sus estudiantes a través de proponer organizar las actividades en clase basadas en un enfoque socioconstructivista, en reconocimiento a que el proceso de aprendizaje involucra a los estudiantes y sus relaciones activas entre ellos, docentes, contenidos y contexto.

Esta forma de abordar la intervención docente propone la utilización de situaciones reales, cercanas a los participantes, también llamadas actividades o aprendizaje situado. En particular, para la enseñanza de las ciencias, las estrategias que comparten esta intención son las que promueven la indagación, la creatividad, colaboración facilitando la transferencia de conocimientos, habilidades y actitudes y valores a situaciones o problemas nuevos dejando atrás el aprendizaje repetitivo que resulta insuficiente (SEP, 2017).

En este sentido, el currículum de ciencias en México (SEP, 2017) prevé tres dimensiones que deben ser consideradas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. La primera se refiere a las estructuras conceptuales y procesos cognitivos que se orientan al desarrollo de procesos de representación de observaciones, relaciones y concepciones. La segunda se refiere al marco epistemológico para el desarrollo y la evaluación del conocimiento en donde se favorezca la indagación, entendida como un proceso complejo que atiende las características generales de la naturaleza de la ciencia, cuestionar y argumentar. La tercera se relaciona con los procesos sociales y contextuales necesarios para favorecer la argumentación, la comunicación y las actitudes y valores en torno a fenómenos naturales y su relación con la naturaleza y la sustentabilidad.

En la práctica, estas tres dimensiones deben ser integradas por los docentes desde el momento de la construcción de sus planes de clase, con la intención de que sean el eje que articule todas las actividades y productos o evidencias de aprendizaje. Esto incluye considerar las representaciones y preconcepciones de los estudiantes. Los procesos de experimentación e indagación, motivando activamente la formulación de preguntas generales que sean

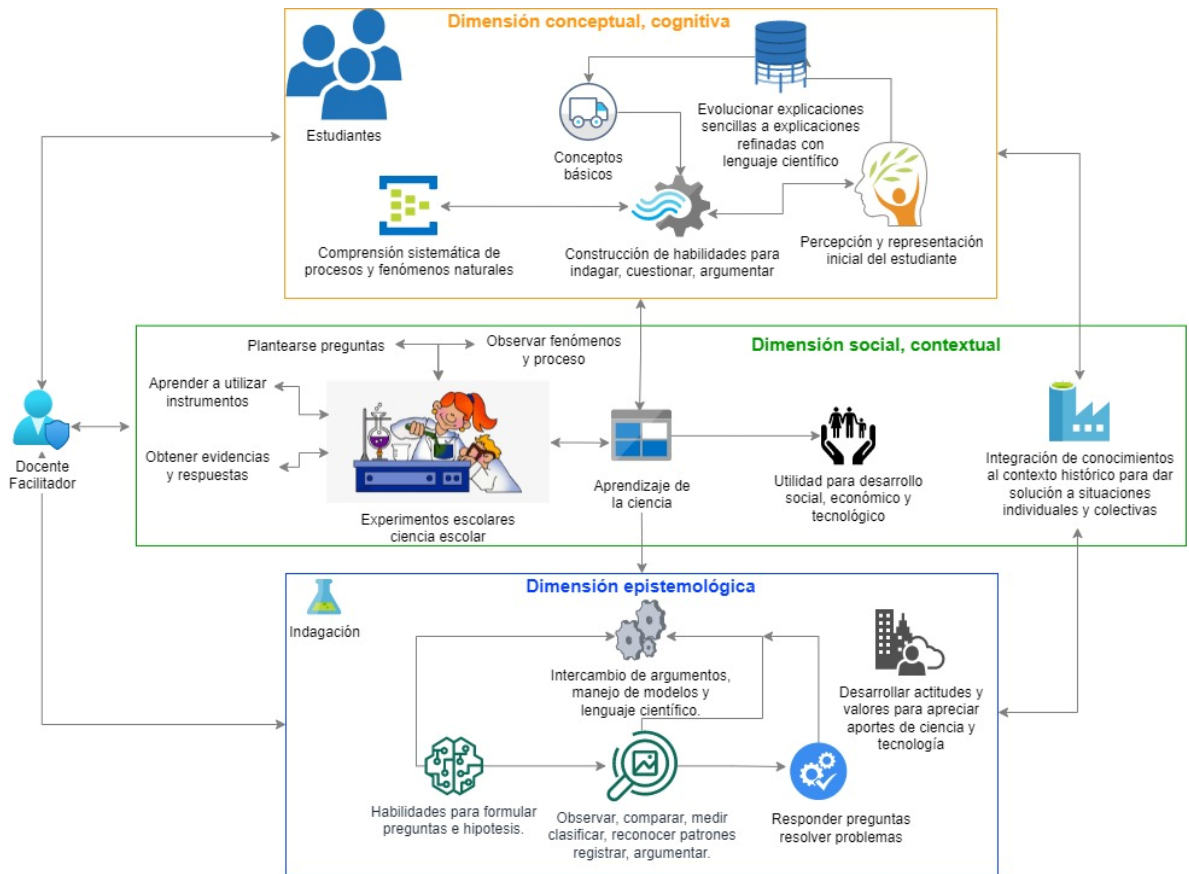
respondidas, *a priori*, por medio de hipótesis. La propuesta de experimentos y actividades que permitan observar, comparar, medir, clasificar, reconocer patrones, entre otras, con lo que se elaboren sólidos argumentos que ayuden a comprobar o rechazar las hipótesis y preguntas planteadas hasta lograr formas más refinadas de comprender, sistemáticamente, los procesos y fenómenos naturales.

En este contexto las actividades prácticas y de experimentación e indagación científica, según el currículum de ciencias (SEP, 2017), pueden tener diferentes propósitos pedagógicos como observar a detalle aspectos específicos sobre algún fenómeno o proceso. Plantearse preguntas, aprender a usar instrumentos, medir y hacer registros, obteniendo datos y evidencias que permitan plantear una posición a favor o en contra de una explicación. Y robustecer un modelo explicativo que a través de la manipulación de fenómenos científicos facilite la obtención de respuestas a preguntas relevantes y significativas.

A manera de resumen se presenta la siguiente figura con un diagrama que sintetiza el enfoque pedagógico que servirá de base para el desarrollo de este trabajo de investigación.

**Figura 1**

*Enfoque pedagógico de la enseñanza de las ciencias*



Fuente: Elaboración propia.

### **Cómo evaluar la alfabetización científica**

Aunque el concepto de alfabetización científica, entendido como la familiaridad del público en general con la ciencia, apareció desde finales de la década del 50 del siglo pasado y ha venido ganando terreno en tiempos recientes (Balastegui et al., 2020), su definición en la actualidad está lejana a ser definitiva, y esto debido a que diferentes autores van agregando, quitando, modificando, detallando, resignificando su definición en función de las necesidades del momento, el contexto y de nuevos hallazgos emanados de la investigación científica. Esta condición cambiante, hace difícil la evaluación del nivel de alfabetización

científica ya que depende de la noción y propósitos de la definición sobre la que se esté trabajando.

Aun con la complejidad que representa su evaluación, algunos autores se han propuesto la tarea de alcanzar una medición que permita delinear el camino por el que se anda y poder tomar decisiones sobre si se va por buen camino o es necesario hacer modificaciones. En este sentido y tomando como referencia que la alfabetización científica busca definir qué necesita un individuo saber, valorar y saber hacer para desenvolverse en situaciones relacionadas con la ciencia y la tecnología (Rosales Sánchez et al., 2020), encontramos la propuesta desarrollada por Miller (1998), que hace énfasis en la construcción de un sistema de medición duradero en el tiempo enfocado en la medición de términos y conceptos científicos básicos asumiendo que son estos conocimientos los que capacitan a las personas para involucrarse, de manera reflexiva, en aspectos relacionados con políticas de ciencia y tecnología. A esta conceptualización la denominó alfabetización científica cívica.

Tomando como base el trabajo de Miller, Laugksch y Spargo (1996) desarrollan una evaluación detallada de las tres dimensiones que, según Miller, conforman el concepto de alfabetización científica: naturaleza de la ciencia, conocimientos de ciencia y el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Este trabajo es retomado por varios investigadores y adaptado a diferentes idiomas como el propuesto por Özdem, et al. (2010).

En tiempos recientes, y en un contexto esencialmente educativo, la OCDE ha propuesto un sistema de medición de la alfabetización científica a partir de su evaluación llamada PISA (*Programme for International Student Assessment*) que incluye las dimensiones: explicar científicamente fenómenos, evaluar y diseñar investigaciones científicas e interpretar datos y pruebas científicamente (OCDE, 2019) haciendo énfasis en la importancia de que los estudiantes que egresan de la educación obligatoria sean capaces de aplicar el conocimiento científico en situaciones de la vida real.

Teniendo en cuenta la conceptualización de alfabetización científica que se elige para este trabajo, en donde se entiende que el objetivo principal es promover una cultura científica, entendiendo sus relaciones y consecuencias sociales, culturales, económicas y ambientales y coincidiendo con Pedrinaci (2017) en que una persona científicamente alfabetizada es una

persona científicamente competente, en donde la alfabetización científica implica pasar de *saber* a *saber hacer* aplicando sus conocimientos en problemas reales, se propone una evaluación de tipo PISA, es decir, un instrumento compuesto por reactivos que integren conocimientos teóricos, prácticos y actitudinales puestos en práctica en situaciones reales cercanas al contexto de los estudiantes.

## **Modelo 5E o cómo enseñar ciencias**

### **Bases teóricas del modelo**

#### ***Socioconstructivismo***

Para la ciencia cognitiva existen dos tipos principales de conocimientos (Lawson, 1994), el relacionado con los hechos que sabemos; es decir, *saber qué*, llamado declarativo, y el relativo a los procedimientos, *saber cómo*, llamado procedimental. Desde el punto de vista de la aplicación o uso de los conocimientos, es importante *saber qué* son los hechos y fenómenos naturales, así como *saber cómo* ocurren estos hechos y fenómenos naturales, asumiendo que los conocimientos declarativos están compuestos de un conjunto de conceptos con variados grados de complejidad, abstracción e importancia y los conocimientos procedimentales se refieren a las destrezas del individuo, entendidas como habilidades para desarrollar o hacer algo bien, lo que incluye saber qué hacer, cómo hacerlo y cuándo hacerlo.

El conocimiento declarativo resulta de un proceso de construcción relacionado explícita o implícitamente con los conocimientos procedimentales y viceversa (Lawson, 1994), dicho de otra manera, los estudiantes pueden aprender de memoria la primera ley de la termodinámica, pero no saber cómo explicar, en esos términos, la fotosíntesis, entendida como el proceso que utilizan las plantas para convertir energía solar en energía química. Este ejemplo muestra cómo, memorizar el conocimiento declarativo no ayuda a mejorar el conocimiento procedimental. Esto implica que la enseñanza y aprendizaje de las ciencias debe considerar que los estudiantes se hagan cargo de su proceso de construcción conceptual desarrollando tanto su conocimiento declarativo como la conciencia y generalización del



conocimiento procedimental. Dicho de otra forma, se requiere del uso de propuestas didácticas con la participación activa de los estudiantes que eviten una reconstrucción puramente individual de conocimientos proporcionados por el profesor (Pérez y Alís, 1999).

Sobre el conocimiento declarativo o formación de conceptos, podemos decir que ocurre cuando dos o más objetos o eventos son agrupados en función de alguna propiedad común entre ellos, formando una entidad coherente y consistente que posee una regularidad determinada y que las personas caracterizan mediante el lenguaje (Lawson, 1994). Lawson menciona que existen tres tipos de conceptos, los formados por estímulos sensoriales llamados conceptos por aprehensión, los formados por el lenguaje haciendo descripciones por interacción directa con el mundo exterior llamados conceptos descriptivos y los que son formados por atributos que no son perceptibles llamados conceptos teóricos.

De manera similar, la tipología compartida por Forcada (2014) menciona que la formación de conceptos es de dos tipos: por descubrimiento y por instrucción. La construcción por descubrimiento ocurre desde los primeros años de la infancia en donde se descubren significados conceptuales de manera autónoma, usando los sentidos, y posteriormente, cuando los infantes adquieren el lenguaje, forman y asimilan nuevos conceptos asociando las palabras que los adultos asignan a estas nuevas entidades. Y la construcción conceptual por instrucción, que es el proceso por el cual se adquieren nuevos conceptos y significados mediante el uso del lenguaje y el aprendizaje por recepción.

Este proceso constructivo de conceptos, o constructivismo, se refiere a la idea, desarrollada por Piaget y Vigotsky entre muchos otros, ampliamente extendida y aceptada, sobre cómo aprendemos individualmente y en grupo. Esta teoría supone que se construyen ideas sobre cómo funciona el mundo, ideas más o menos estáticas, que se van modificando y adaptando conforme pasa el tiempo, lo que genera nuevos conceptos, la extensión de los que se tienen y el reconocimiento de relaciones entre conceptos que perfeccionan nuestras estructuras conceptuales (Novak, 2006).

Para que el proceso de construcción sea eficiente, el constructivismo enfatiza la necesidad de conocer y reconocer los conceptos que los estudiantes poseen antes de la enseñanza, conocimientos previos, para ser tomados en cuenta en las estrategias didácticas

con la intención de evitar que sean un obstáculo para el aprendizaje de la ciencia (Ausbel et al., 1983; Sebastià, 2006), ya que son la base, el fundamento, que las personas utilizan para construir nuevos conceptos y conocimientos sobre ellos. Este proceso de *equilibrio cognitivo* es la raíz de la propuesta de Piaget (Sebastià, 2006) el cual supone que para modificar las estructuras cognitivas de los estudiantes se requiere de un proceso mental que inicia con el equilibrio de los conocimientos, conocimientos previos, se genera un desequilibrio al integrar nueva información a la estructura conceptual, nuevos conceptos, para que, después de realizar un proceso intrapsicológico, se alcance un nuevo equilibrio coherente y consistente entre los conceptos formados.

Una de las aportaciones más importantes del trabajo de Vygotsky a la teoría constructivista es lo referente a la importancia de la interacción social en el aprendizaje, integrando al proceso personal de equilibrio cognitivo la relación de este proceso con las circunstancias y el contexto en el que se produce (García-Carmona, 2013). Entonces, el socioconstructivismo adiciona al proceso de aprendizaje la interacción social entre estudiantes y con el profesor destacando el compromiso mutuo en la construcción compartida de conocimientos (Waldegg, 2002). Esto favorece la cooperación y colaboración en el intercambio de ideas con la intención de llegar a conclusiones de grupo que posteriormente cada estudiante utiliza para reconstruir sus propios conocimientos (García-Carmona, 2013). Es decir, esta propuesta se concreta al realizar actividades sociales, considerando que las actividades son el proceso de participación de los individuos en acciones socioculturales, lo que define cómo se construye el conocimiento. Pasando por procesos interpsicológicos, de las relaciones sociales, y, posteriormente, por procesos intrapsicológicos, en la medida que se reconstruyen y se interiorizan las nuevas estructuras conceptuales (Vygotsky en Luna et al., 2018).

### ***Construcción del modelo 5E***

Con el paso del tiempo se han desarrollado diferentes modelos de enseñanza con la intención de responder a diferentes necesidades propias de cada momento, teniendo en cuenta los

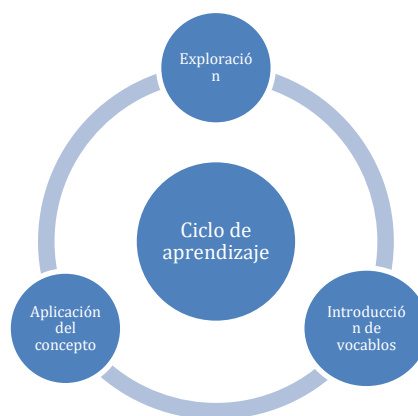
contextos sociales y culturales de cada época. Estos modelos pedagógicos incluyen algunos elementos importantes como estrategias basadas en evidencias científicas, secuencias descritas en términos prácticos y pautas específicas con el propósito de fortalecer los procesos de enseñanza tratando de mejorar los logros de aprendizaje.

Partiendo de la necesidad de promover una cultura científica escolar en donde la ciencia y la práctica científica sean soportadas por conceptos y modelos científicos, se requiere proponer un modelo de enseñanza que integre funcionalmente el concepto de alfabetización científica, los planes y programas de estudios y las dimensiones planteadas en el enfoque pedagógico propuesto por la SEP. Para lograr esta integración se recurre al modelo de enseñanza 5E.

El modelo 5E tiene sus bases teóricas en modelos anteriores como los históricos desarrollados por Herbart, Dewey o Heiss, Obourn y Hoffman y modelos contemporáneos como el propuesto por Atkin y Karplus (Bybee, 2015). En particular, sus cimientos están anclados en lo que se ha conocido, desde la década del 1950, como el ciclo de aprendizaje, ver Figura 2, un método de enseñanza que pretende reproducir la manera como construimos espontáneamente el conocimiento, compuesto de tres fases, exploración, introducción de vocablos, aplicación del concepto (Lawson, 1994).

## **Figura 2**

*Modelo de enseñanza: ciclo de aprendizaje*



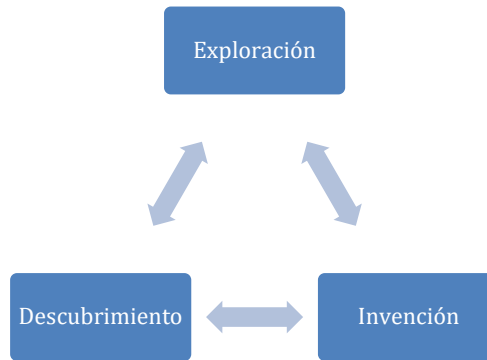
Fuente: Elaboración propia.

Según Lawson (1994), el ciclo de aprendizaje se fundamenta en cómo se crean, modifican y descartan los conceptos a aprender teniendo como base las ideas de Piaget sobre el proceso de como nueva información desequilibra las estructuras de pensamiento, se realiza un proceso de adaptación e integración para finalizar con un nuevo equilibrio. En la literatura se reconocen tres tipos de ciclo de aprendizaje, el descriptivo, empírico-abductivo e hipotético-deductivo, siendo la principal diferencia entre ellos el cómo los estudiantes se acercan a los datos para formar sus nuevas estructuras de conocimiento. De manera puramente descriptiva o desde el primer momento se exponen hipótesis y formas de comprobación de ideas previas.

Años más tarde, Karplus y Atkin (en Lawson, 1994) desarrollan, sobre la base del ciclo de aprendizaje, un método mejorado llamado descubrimiento guiado. Este enfoque, que considera que un concepto es una unidad de conocimiento que existe en la mente de las personas y se organizan en sistemas de conceptos ya que no están aislados, pone su atención en cómo se crean los conceptos y busca emular la forma en que los científicos crean o inventan un modelo conceptual, derivado de observaciones iniciales, para describir fenómenos. Es decir, un concepto que se acaba de crear se pone a prueba en diferentes situaciones o fenómenos tratando de comprobar el concepto base y de descubrir otros nuevos. Después de varios intentos, el concepto original se va refinando si tiene éxito su aplicación y si no tiene éxito, se descubren sus límites o termina por ser remplazado. Este modelo proponía dos fases; la primera llamada invención, en donde se trabaja la comprensión inicial de un nuevo concepto, y la segunda llamada descubrimiento, en donde se realiza la verificación o extensión del nuevo concepto. Al final de la década de 1960, Karplus junto con Thier le dan el toque final a su modelo, Figura 3, agregando una fase de exploración inicial con la intención de que los alumnos pongan a prueba sus preconcepciones.

### Figura 3

*Modelo de enseñanza: descubrimiento guiado*



Fuente: Elaboración propia.

Para la década de 1980, Robert Bybee (2015) tomando como base el ciclo de aprendizaje y las propuestas constructivistas de Piaget, también subyacente al modelo que proponen Karplus y Thier, y Vigotsky propone el modelo 5E poniendo especial atención al proceso de equilibración como medio para modificar las estructuras cognitivas de los estudiantes y al aprendizaje cooperativo.

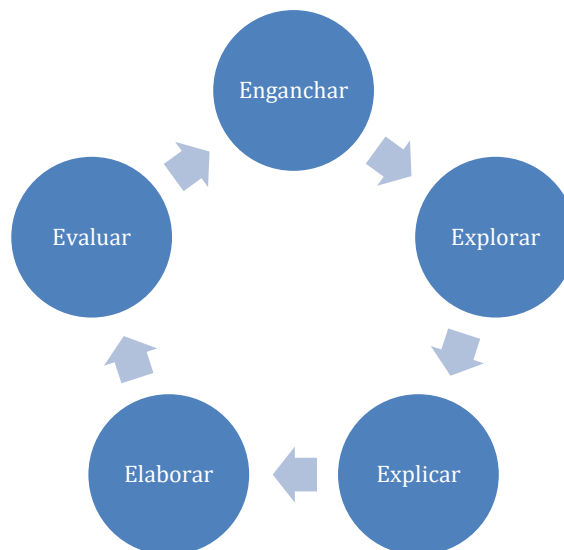
Este modelo retoma la idea de que el aprendizaje de conceptos nuevos requiere de un proceso mental de equilibrio – desequilibrio – equilibrio, descrito por Piaget, y las ideas de Vygotsky en cuanto a la importancia de la interacción social en el aprendizaje y la idea de la zona de desarrollo próximo. Estas ideas se concretan por medio del uso de secuencias de actividades, considerando que las actividades son el proceso de participación de los individuos en acciones socioculturales, lo que define cómo se construye el conocimiento pasando por procesos interpsicológicos, de las relaciones sociales, y, posteriormente, por procesos intrapsicológicos, en la medida que se reconstruyen y se interiorizan las nuevas estructuras conceptuales (Vygotsky en Luna et al., 2018).

Por último, es importante mencionar que es en estos procesos interpsicológicos entre estudiantes en donde encontramos la llamada zona de desarrollo próximo, que se entiende como el espacio o momento en donde un estudiante, con sus conocimientos previos, no es capaz de resolver o explicar por completo un problema pero que, con un poco de ayuda, que

proporciona el docente o bien otro estudiante más aventajado, éste logra resolver o explicar la situación planteada (Guitart, 2009).

El modelo 5E (Figura 4) se compone de cinco momentos o fases que se desarrollan durante una secuencia de intervenciones didácticas con la intención de facilitar la adaptación e integración de conceptos y conocimientos científicos, el contexto en que tienen sentido estos conceptos y conocimientos y la forma en cómo se generaron los conocimientos permitiendo su reconstrucción dentro del salón de clases.

**Figura 4**  
*Modelo de enseñanza 5E*



Fuente: Elaboración propia.

La fase inicial, enganchar, se agrega al ciclo de aprendizaje con la intención explícita de focalizar el pensamiento de los estudiantes, exponiendo sus ideas y concepciones previas, generando un estado de desequilibrio que abre la puerta al *momento de enseñanza*, entendido como un espacio de relevancia personal, perplejidad y motivación intelectual y disposición para aprender. La fase explorar, del ciclo de aprendizaje, cuenta con un sólido soporte científico por lo que se agregó solo con una adición referente al aprendizaje cooperativo. Es decir, esta es la fase donde, entre pares, los estudiantes comienzan a resolver el desequilibrio

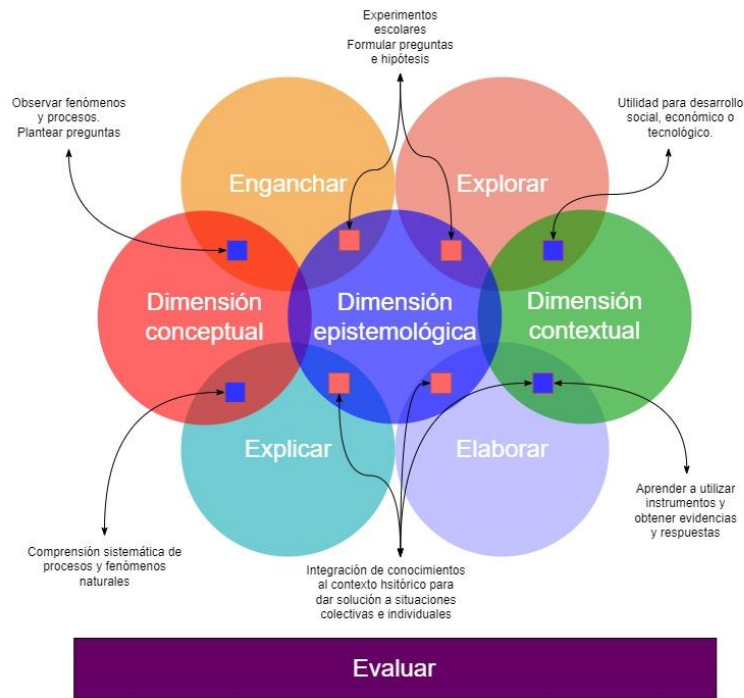
creado durante la fase inicial, tratando de formular explicaciones posibles al evento o fenómeno que se esté trabajando.

La fase explicar resulta ser una variación de la fase de invención del ciclo de aprendizaje. Aquí es donde los estudiantes intentan explicar las experiencias que se utilizaron en las etapas anteriores, favoreciendo el proceso que hace comprensible una idea. Visto desde otro ángulo, un momento de enseñanza proporciona una situación en la que los alumnos están motivados y abiertos a una explicación (Bybee, 2015). La cuarta fase, elaborar, retoma algo de la fase de descubrimiento del ciclo de aprendizaje en el sentido de ser el espacio en donde los estudiantes aplican los conceptos (Lawson, 1994). Para Bybee (2015) la palabra elaborar recupera mejor la perspectiva piagetana sobre la elaboración de las estructuras mentales en el sentido de extender el pensamiento de los alumnos a otras situaciones.

Por último, la fase evaluar se agrega al ciclo de aprendizaje reconociendo la importancia y la necesidad de los profesores de evaluar los aprendizajes. En este punto es importante resaltar que la evaluación aquí planteada no se limita a conocer qué aprendieron los alumnos, esto también se puede ir haciendo conforme se avanza en las fases anteriores, también permite conocer la efectividad del planteamiento de trabajo en clase respondiendo a las preguntas ¿fue efectivo el momento de enseñanza? ¿ayudó el momento de enseñanza al aprendizaje del alumno? Esto permite incidir, como una forma de mejora continua, en el diseño curricular.

El modelo 5E, y sus cinco fases (enganchar, explorar, explicar, elaborar, evaluar), proponen un método, un camino, que ha de servir de guía para ordenar tanto las actividades de aprendizaje declarativo como procedimental con el propósito de integrarlas orgánicamente y en forma pertinente facilitando que los estudiantes construyan su conocimiento. En la figura 5 se observa un esquema que muestra la relación que guardan las fases del modelo con el enfoque pedagógico de las ciencias según la SEP (2017).

**Figura 5**  
*Modelo 5E y dimensiones del enfoque pedagógico*



Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes párrafos hacen una recapitulación, a manera de resumen, sobre cómo integra el modelo 5E, la teoría que lo sustenta y el enfoque pedagógico de las ciencias.

- **Enganchar:** En esta fase se propone que una secuencia de enseñanza inicie con un problema, un evento o fenómeno natural sorprendente con la intención de captar la atención del estudiante y crear una demanda por conocer qué explica ese fenómeno o evento. En términos de la teoría de Piaget se inicia con la fase de desequilibrio.
- **Explorar:** Se ponen a disposición de los estudiantes los medios que le permitan interactuar físicamente con el fenómeno observado al inicio, haciendo pruebas, variando variables, proponiendo modificaciones al ejercicio, y se solicita que proponga explicaciones o hipótesis que sirvan para entender el fenómeno o problema planteado. Posteriormente se



podrán validar o rechazar estas explicaciones o hipótesis, en este momento solo se hacen presentes concepciones alternas que tendrán que ser verificadas o descartadas para luego integrarlas a los conceptos previos de los alumnos.

- Explicar: el profesor formaliza los conceptos y explicaciones científicas que intervienen y explican el fenómeno estudiado en términos de sus elementos y los procesos implicados. Este es el momento en donde se modifican o descartan los conceptos teóricos inapropiados en favor de otros conceptos más apropiados para comenzar el proceso de equilibrio cognitivo.
- Elaborar: Una vez que se conocen los elementos y procesos científicos implicados se recurre a la extensión de estos conocimientos a otras situaciones similares con la intención de elaborar nuevas estructuras mentales.
- Evaluar: Es el proceso con el que se interroga tanto la construcción de la secuencia de aprendizaje como los aprendizajes logrados por los estudiantes. Si bien existe este momento específico al finalizar las fases del modelo, en cada una de las fases el profesor va obteniendo información sobre los conceptos de los alumnos y como se van o no modificando en el paso de las actividades.

Para concluir se puede decir que el modelo 5E facilita que los estudiantes construyan sus conocimientos por medio de secuencias de aprendizaje diseñadas con la intención de retar las ideas y concepciones iniciales, correctas o incorrectas, ofreciendo tiempo y oportunidades suficientes para la reconstrucción (Bybee, 2015). La Figura 6 muestra un ejemplo de secuencia de intervenciones basadas en el modelo 5E.

**Figura 6**

*Integración del Modelo 5E y el enfoque pedagógico – Tema: Analiza el calor como energía*



Fuente: Elaboración propia.

### **Modelo 5E y la enseñanza de la termodinámica.**

Durante muchas décadas la enseñanza y aprendizaje de la termodinámica ha formado parte de los contenidos básicos de la educación obligatoria, en particular lo referente a los conceptos de calor y temperatura. Sin embargo, ha sido documentado en múltiples ocasiones que los estudiantes, en los diferentes grados escolares, siguen utilizando concepciones alternativas para explicar fenómenos que involucran estos conceptos (véase Baierlein, 1990; Bauman, 1992). Resultados de investigación educativa mencionan que algunos de los problemas más comunes están relacionados con asociar la temperatura como la medida del

calor (Barragán y Hernández, 2010), considerar al calor como la energía que poseen los cuerpos (Ruiz Macías et al., 2003), pensar el calor en función del estado de los sistemas en lugar de asociarlo con su existencia a partir de un proceso (Domínguez et al., 1998), dificultad para comprender que en una transferencia o transformación de formas de energía en otras existe degradación de una parte de estas, es decir, se convierte en formas de energía no utilizable (Ruiz Macías et al., 2003) y hasta problemas relacionados con el lenguaje, debido a que calor no es un nombre en sí mismo, es el nombre de un proceso, y se utiliza para decir *tengo calor o hace calor* (Jewett, 2008).

Para lograr mejores resultados en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, además de tener en cuenta las diferentes concepciones alternativas, se ha propuesto, por diversos autores y en diversas circunstancias y contextos, el uso de la indagación como eje de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia escolar (Andrini, 2016; Bevins y Price, 2016; Mendoza Vergara y Barreto Tovar, 2017; SEP, 2017; Tecpan y Hernández-Silva, 2017), sin embargo, existe un problema asociado con esto; y es que la palabra indagación resulta ser poco clara o polisémica dentro de la investigación y la literatura educativa (Couso, 2014). Bien se hace referencia a aprender capacidades de indagación, como la capacidad de investigar. Aprender sobre la indagación, es decir, aprender sobre los métodos utilizados por los científicos para responder preguntas. O bien, estrategias didácticas utilizadas por docentes con la intención de desarrollar tanto capacidades de indagación como sobre la indagación mientras se aprenden conceptos científicos (Barrow, 2006). Estas distinciones no son menores ya que de ellas dependen las metas que se persiguen y las estrategias que se utilicen.

Un tercer elemento para tener en cuenta es la planeación de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA), que sirven para organizar las intervenciones docentes frente a grupo. Si bien son una actividad cotidiana para los profesores, la literatura científica y educativa reporta escasos marcos teóricos que detallen tanto los factores y los procesos involucrados en el diseño de las SEA como de su evaluación (Greca et al., 2021). Los modelos teóricos que se conocen parten de definir problemas que deben resolver los estudiantes y a partir de ahí se integran las dimensiones epistemológica, cognitiva y didáctica.

Este apartado describe el diseño teórico de una SEA sobre calor y temperatura, con la intención de profundizar los conocimientos sobre el desarrollo de secuencias de enseñanza y aprendizaje que ayuden a solucionar problemas de concepciones alternativas sobre conceptos básicos de la termodinámica haciendo uso del modelo 5E con lo que se pretende integrar las dimensiones epistemológica, cognitiva y didáctica.

### ***Modelo teórico que soporta el diseño y construcción de la SEA***

En esta sección se detalla la información más relevante sobre los referentes teóricos utilizados para comprender el proceso de diseño, implementación y evaluación de la SEA.

#### *Concepciones alternativas*

Para la ciencia cognitiva existen dos tipos principales de conocimientos (Lawson, 1994), el relacionado con los hechos que sabemos; es decir, *saber qué*, llamado declarativo, y el relativo a los procedimientos, *saber cómo*, llamado procedimental. Desde el punto de vista de la indagación, es importante *saber qué* son los hechos y fenómenos naturales, así como *saber cómo* ocurren estos hechos y fenómenos naturales, asumiendo que los conocimientos declarativos están compuestos de un conjunto de conceptos con variados grados de complejidad, abstracción e importancia y los conocimientos procedimentales se refieren a las destrezas del individuo, entendidas como habilidades para desarrollar o hacer algo bien, lo que incluye saber qué hacer, cómo hacerlo y cuándo hacerlo.

El conocimiento declarativo resulta de un proceso de construcción relacionado explícita o implícitamente con los conocimientos procedimentales y viceversa (Lawson, 1994), dicho de otra manera, los estudiantes pueden aprender de memoria la primera ley de la termodinámica, pero no saber cómo explicar, en esos términos, la fotosíntesis, entendido como el proceso que utilizan las plantas para convertir energía solar en energía química. Este ejemplo muestra cómo, memorizar el conocimiento declarativo no ayuda a mejorar el conocimiento procedimental. Esto implica que la enseñanza y aprendizaje de las ciencias debe considerar que los estudiantes se hagan cargo de su proceso de construcción conceptual

desarrollando tanto su conocimiento declarativo como la conciencia y generalización del conocimiento procedimental.

Sobre el conocimiento declarativo o formación de conceptos, se puede decir que ocurre cuando dos o más objetos o eventos son agrupados en función de alguna propiedad común entre ellos formando una entidad coherente y consistente que posee una regularidad determinada y que las personas caracterizan mediante el lenguaje (Lawson, 1994). Lawson menciona que existen tres tipos de conceptos, los formados por estímulos sensoriales llamados conceptos por aprehensión, los formados por el lenguaje haciendo descripciones por interacción directa con el mundo exterior llamados conceptos descriptivos y los que son formados por atributos que no son perceptibles llamados conceptos teóricos.

De manera similar, la tipología compartida por Forcada (2014) menciona que la formación de conceptos es de dos tipos: por descubrimiento y por instrucción. La construcción por descubrimiento ocurre desde los primeros años de la infancia en donde se descubren significados conceptuales de manera autónoma, usando los sentidos, y posteriormente, cuando los infantes adquieren el lenguaje, forman y asimilan nuevos conceptos asociando las palabras que los adultos asignan a estas nuevas entidades. Y la construcción conceptual por instrucción, que es el proceso por el cual se adquieren nuevos conceptos y significados mediante el uso del lenguaje y el aprendizaje por recepción.

Es en la formación de conceptos teóricos o por recepción, donde se comienza a privilegiar el aprendizaje puramente verbal y memorístico, haciendo difícil internalizar y asociar a las nuevas entidades un conjunto de propiedades, magnitudes, abstracciones, comprensión del espacio y tiempo, etcétera, que se requieren para la correcta comprensión de los conceptos científicos, resultando difícil la formación de estructuras coherentes y consistentes con el conocimiento científico. Esta situación genera errores en la comprensión de los conceptos y es a lo que llamamos conceptos o concepciones alternativas, es decir, ideas erróneas, que poseen un grado de coherencia y consistencia, que se utilizan para explicar una situación, evento o fenómeno.

Para este diseño, se consideran las siguientes concepciones alternativas previas de los estudiantes para la construcción de la SEA:

- Considerar que la temperatura es la medida del calor, es decir, asumir que el calor es una característica, más o menos estática, de un objeto (Barragán y Hernández, 2010).
- Considerar al calor como la energía que poseen los cuerpos (Ruiz Macías et al., 2003).
- El calor, al ser una energía, no es una función del estado del sistema, por lo que no tiene sentido preguntar cuánto calor tiene un sistema. El calor está definido como un proceso, por lo tanto antes y después del proceso no existe transferencia de energía entre el sistema y su entorno (Domínguez et al., 1998).
- La idea de degradación de la energía apenas y aparece en los estudiantes, por lo que se suelen elegir *cambios imposibles* en los procesos de transformación de la energía utilizando solo criterios de conservación (Ruiz Macías et al., 2003).
- Suponer que en las transferencias y las transformaciones que experimentan los sistemas se conserva el 100% de energía, es decir, que tienen una eficiencia perfecta. Esto es incorrecto ya que en estos procesos siempre hay una parte de la energía que se degrada convirtiéndose en energía no utilizable (Ruiz Macías et al., 2003).
- Utilizar términos que tienen un significado diferente para la ciencia que para el lenguaje cotidiano. Por ejemplo, decir *hace calor* (Ruiz Macías et al., 2003).

#### *Aprendizaje por indagación*

Para hablar del conocimiento procedimental, se hace referencia al concepto de indagación. Como ya se había mencionado, la palabra indagación resulta polisémica y dependen de la definición utilizada las metas que se persiguen y las estrategias empleadas para lograr esas metas. Para este trabajo, consideramos que el aprendizaje basado en la indagación supone la reintegración del descubrimiento, autónomo o guiado, el contexto y por tanto el acercamiento a las propiedades, magnitudes, comprensión del espacio y tiempo, etcétera, de los eventos o situaciones con la intención de ayudar a formar conceptos científicos coherentes y

consistentes que permanezcan en el tiempo, es decir, la indagación como una propuesta didáctica que emplea estrategias con la intención de desarrollar tanto capacidades de indagación como sobre la indagación mientras se aprenden conceptos científicos.

Esta definición se fundamenta en los planteamientos que se recuperan del enfoque pedagógico previsto para la educación secundaria en México (SEP, 2017). El cual hace énfasis en que la enseñanza y aprendizaje de las ciencias utilice procesos en donde los estudiantes desarrollen habilidades cognitivas y habilidades para indagar, cuestionar y argumentar, en lugar de adquirir conocimientos específicos fuera de contexto. Todo esto, sobre la idea de que la ciencia tiene un contexto histórico orientado a la solución de problemas derivados de la interacción humana con su entorno, construyendo sus conocimientos a partir de lo perceptible y de representaciones previas de los estudiantes para avanzar hacia formas refinadas que expliquen sistémicamente los eventos y fenómenos naturales.

Para lograr este objetivo, el currículum de ciencias en México (SEP, 2017) prevé tres dimensiones que deben ser consideradas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. La primera se refiere a las estructuras conceptuales y procesos cognitivos que se orientan al desarrollo de procesos de representación de observaciones, relaciones y concepciones. La segunda se refiere al marco epistemológico para el desarrollo y la evaluación del conocimiento en donde se favorezca la indagación, entendida como un proceso complejo que atiende las características generales de la naturaleza de la ciencia, cuestionar y argumentar. La tercera se relaciona con los procesos sociales y contextuales necesarios para favorecer la argumentación, la comunicación y las actitudes y valores en torno a fenómenos naturales y su relación con la naturaleza y la sustentabilidad.

En la práctica, estas tres dimensiones deben ser integradas por los docentes desde el momento de la construcción de sus planes de clase, siendo el eje que articula las actividades y productos o evidencias de aprendizaje. Esto incluye considerar las representaciones y preconcepciones de los estudiantes y los procesos de experimentación e indagación, motivando activamente la formulación de preguntas generales que sean respondidas, *a priori*, por medio de hipótesis. La propuesta de experimentos y actividades que permitan observar,

comparar, medir, clasificar, reconocer patrones, entre otras, con lo que se elaboren sólidos argumentos que ayuden a comprobar o rechazar las hipótesis y preguntas planteadas.

Para lograr una propuesta coherente que integre el aprendizaje de conocimientos declarativos y procedimentales, se utiliza el modelo didáctico 5E, debido a que este modelo tiende puentes entre la dimensión cognitiva de construcción de conceptos y conocimientos y las actividades prácticas de indagación y experimentación de manera orgánica, tratando de recrear la forma en que el conocimiento científico se ha ido construyendo durante el paso del tiempo.

La siguiente tabla muestra un resumen de las bases teóricas que se consideran y como se propone su concreción en la construcción de la SEA.



**Tabla 4***Bases teóricas que soportan el diseño de la SEA*

Contenido	Intención didáctica	Concepciones alternativas	Actividades
Analiza el calor como energía.	Reconocer las formas de propagación del calor y sus efectos en diversos materiales (metales, plástico, unicel, etcétera)	Suponer que la temperatura es la medida del calor (Barragán y Hernández, 2010).  Considerar el calor como la energía que poseen los cuerpos (Ruiz Macías et al., 2003).	Sesiones 1, 2 y 3. El calor: otra forma de energía. Modelo 5E. ¿Por qué se calientan las cosas?, ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con otro frío? Hipótesis sobre Los efectos del calor en distintos materiales.
Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.	Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.	El calor es una característica del estado de un sistema (Domínguez et al., 1998).  La transformación de energía es total, no existe degradación en el proceso (Ruiz Macías et al., 2003).	Sesiones 4, 5, 6, 7, 8, 9. Maquinas térmicas. Modelo 5E. ¿Cómo funciona una máquina térmica?, En las máquinas térmicas ¿Toda la energía calorífica se convierte en energía mecánica? Hipótesis sobre toda la energía térmica se convierte en movimiento o una cantidad se disipa en el ambiente.

Fuente: Elaboración propia.

### **Computadoras de placa reducida para la enseñanza de las ciencias**

En un sentido amplio, material didáctico se refiere a todos los recursos tangibles e intangibles que ayudan al profesor y alumnos a alcanzar los objetivos de aprendizaje planteados. Los materiales intangibles incluyen estrategias didácticas, organización del grupo o principios educativos. Los materiales tangibles incluyen libros de texto, mobiliario escolar, equipos de cómputo, software, dispositivos digitales entre otros (Skutil et al., 2013). En este apartado nos vamos a referir al material didáctico tangible (en adelante material didáctico).

Existen varias definiciones de material didáctico en la literatura especializada, para el caso de la enseñanza de las ciencias y el enfoque constructivista retomamos la definición que considera que el material didáctico son todos los recursos y medios que utiliza el profesor para facilitar y mediar el proceso de enseñanza y aprendizaje que ocurre en un entorno educativo global y sistemático, que estimula los sentidos de los alumnos con la intención deliberada de facilitar la adquisición de conceptos y habilidades así como la formación de actitudes y valores (Fernández y León, 2016).

El material didáctico resulta fundamental para contextualizar el conocimiento, ya que permite llenar los vacíos de procesos previos de aprendizaje, facilitando la construcción de concepciones del conocimiento científico en relación con el conocimiento común, integrando al conocimiento previo esta construcción de nuevos y más elaborados conocimientos (Clemes Cardoso et al., 2009).

En la enseñanza de las ciencias se observa la utilización de gran variedad de material didáctico. Desde cómics o imágenes y videos sencillos para mejorar la experiencia narrativa en estudiantes que están aprendiendo a leer (Syarah et al., 2019) o para integrar los conocimientos y la sabiduría local en el aprendizaje de conceptos científicos (Nasrudin et al., 2019), software especializado en gestión del aprendizaje como soporte para clases presenciales, hasta utilización de laboratorios remotos y virtuales, que permiten la experimentación científica aun en contextos de escasez de recursos económicos y materiales (Cvjetkovic y Stankovic, 2017; Lustig et al., 2018).

El material didáctico más sencillo, basado en tecnología, es el que utiliza herramientas multimedia integrando textos, gráficos, dibujos, imágenes fijas y en

movimiento, animación, audio y cualquier otro medio que contenga información que puede ser significada, almacenada, comunicada y manejada digitalmente (Pavithra et al., 2018; Qistina et al., 2019) y que su uso pedagógico presenta ventajas y ayudas importantes en el campo de la educación.

Quizá la ventaja más importante que presenta, además de facilitar imágenes reales de procesos científicos (Qistina et al., 2019) y permitir la exploración de conceptos científicos complejos (Hammang et al., 2018), es que puede ayudar a corregir deficiencias en las habilidades de los profesores relacionadas con la tecnología mientras mejoran su enseñanza (Laherto y Laherto, 2018) ya que el éxito de las actividades de aprendizaje no solo está determinado por el maestro y el uso instruccional que este da al material, también está determinado por la capacidad que tienen los estudiantes para manejar y manipular los recursos que el maestro pone a su disposición, ayudando a resolver el problema que representa la falta de entusiasmo de los aprendices, frente a contenidos de ciencias, así como creando ambientes relajados, placenteros y divertidos para el aprendizaje (Hapsari et al., 2019).

Una herramienta multimedia novedosa, basada en imágenes, es la llamada realidad aumentada. Estos elementos se basan en representar imágenes, muchas de ellas tridimensionales a velocidades tales que engañan al ojo humano, generando sensaciones de realismo (Lara y Benitez, 2004). Esta tecnología ha probado que puede mejorar el acceso a la información y a contenidos complejos de ciencias, desarrollando la creatividad y habilidades de exploración y resolución de problemas en los estudiantes (Kasinathan et al., 2018), facilitando una alternativa tecnológica que cambia conceptos abstractos, que pertenecen al campo científico, a representaciones concretas, en imágenes, que ayudan a disminuir la carga cognitiva de los alumnos logrando un método mejorado de aprendizaje de conocimientos y conceptos científicos (Chang y Chung, 2018; Kasinathan et al., 2018).

En el otro extremo, encontramos material didáctico que utiliza tecnología avanzada permitiendo la incorporación de robots con fines educativos. Desde robots humanoides, con medidas antropomórficas, hasta pequeños dispositivos robotizados que permiten modificar su programación, facilitando cumplir funciones y objetivos distintos dependiendo de la

necesidad educativa con la que se estén incorporando. En particular, la utilización de pequeños dispositivos robotizados programables, como autos con paneles solares o sistemas mecánicos con dispositivos ópticos, facilitan la experimentación con actividades del tipo “manos a la obra”.

La utilización de robots resulta importante no solo porque facilita el trabajo con contenidos de ciencias, también porque facilita el desarrollo de habilidades sociales de trabajo en equipo y colaboración a través de la exploración y solución a problemas del mundo real con excelentes resultados; creando experiencias de aprendizaje interesantes, que atrapan al alumnado con mejoras significativas en sus logros escolares (Vease Julià y Antolí, 2019; Lin y Wang, 2017).

Con los robots humanoides, se ha intentado mediar procesos educativos utilizando estos dispositivos como maestros con resultados positivos. En algunas investigaciones (Polishuk y Verner, 2018; Verner et al., 2016) para probar la efectividad de los robots, ofrecieron sesiones didácticas de ciencia a jóvenes en donde utilizaron propuestas pedagógicas que incluían explicaciones teóricas, experimentos y evaluaciones, todo esto mediado por un maestro-robot. Los resultados sugieren la factibilidad de utilizar robots como asistentes en clases de ciencias con los que se pueden lograr los objetivos educativos planteados, teniendo en cuenta que el nivel de interacción está influenciado tanto por el propio diseño de actividades, el comportamiento del maestro-robot como de la percepción de distanciamiento a nivel psicológico de los estudiantes frente al robot.

La investigación en didáctica de las ciencias muestra que utilizar actividades prácticas y experimentales en laboratorios escolares es una condición necesaria, debido a que muchos de los conceptos científicos tienen que ver con la experiencia directa que se tiene con ellos (Barragán y Hernández, 2010), además de que mejora las actitudes hacia la ciencia en los estudiantes (Cifaldi, 2018; Huang et al., 2019) y mejora las competencias metodológicas relacionadas con los ciclos de indagación científica (Schiefer et al., 2017). Por su parte, el currículo de ciencias en México (SEP, 2017) considera que el uso de tecnología ayuda a trascender el aula y potenciar el trabajo académico vinculando la realidad local, nacional y mundial.

Teniendo en cuenta la importancia que tienen los procesos de indagación y experimentación y las posibilidades que ofrece la tecnología, como material didáctico electrónico, es que en este trabajo se propone el diseño y construcción de un laboratorio electrónico soportado por computadoras de placa reducida como herramienta didáctica para la enseñanza de las ciencias.

### **Raspberry Pi como herramienta para la enseñanza de las ciencias**

El desarrollo tecnológico que ha experimentado el diseño y producción de equipos de cómputo desde la década de 1980 a la fecha ha sido vertiginoso; permitiendo, entre otras cosas, la posibilidad de acceso por parte de gran número de personas, a tecnología de cómputo y en últimas décadas a la conexión a internet a precios reducidos. Además, ha facilitado el desarrollo de dispositivos electrónicos, relativamente pequeños, con gran capacidad de cómputo, como los teléfonos inteligentes, tabletas electrónicas y en últimos años el diseño, desarrollo y producción de una línea de microcomputadoras llamadas computadoras de placa reducida, en inglés *Single Board Computer* (SBC), que entre sus cualidades más importantes se encuentra su tamaño reducido y su gran capacidad de almacenamiento y procesamiento de información. Entre las tecnologías más conocidas se encuentran los dispositivos Raspberry Pi y Arduino, aunque existen una gran variedad de dispositivos de este tipo en el mercado.

Este trabajo de investigación utiliza la microcomputadora Raspberry Pi, modelos 3 B+ y 4 (8Gb), debido a sus cualidades tanto de hardware como de software. En cuanto al *hardware*, esta SBC cuenta con múltiples puertos de entrada y salida lo que permite interconectar gran cantidad de dispositivos periféricos destacando un ratón (*mouse*), teclado y monitor. El puerto GPIO (*general-purpose input/output*) resulta de particular interés debido a que es el que permite la conexión y manipulación de múltiples y diversos sensores y actuadores. Este es un puerto fundamental para el diseño y construcción del laboratorio electrónico ya que es el medio por el que se logra la interconexión de los sensores requeridos por el proyecto para su implementación.

Además de esta característica única, la SBC mencionada cuenta con una ranura para tarjetas de memoria SD (*Secure Digital*) que funcionan como disco duro, lo que permite una gran capacidad de almacenamiento tanto para el software que se utiliza como para las bases de datos utilizadas en el proyecto. Por último, el puerto ethernet y su tarjeta de red inalámbrica facilitan la conexión a una red local con o sin internet y facilitan también la posibilidad de generar una red local convirtiéndose en un punto de acceso para otros dispositivos como teléfonos inteligentes.

En cuanto al *software*, los dispositivos Raspberry Pi utilizan el sistema operativo Raspberry Pi OS, un derivado del sistema Linux Debian (Raspberry Pi, 2021), lo que permite la ejecución de software desarrollado en diversos lenguajes de programación. Para la construcción del laboratorio electrónico se utiliza el lenguaje de programación Python, como medio de comunicación con los sensores, y PHP, HTML y JavaScript para la interfaz con el usuario.

Para cerrar, es importante mencionar que según el INEGI, con la información más reciente del censo de población 2020 (INEGI, 2021), las familias en México han modificado su acceso y sus hábitos tecnológicos. Por ejemplo, en cuanto al acceso a internet, en el año 2010 aproximadamente el 20% de las viviendas estaba conectada a internet, para 2020 creció a un poco más del 50%. En cuanto a computadoras personales y equipos móviles pasó de 29% a 37%. Esta tendencia, que hace evidente un mayor acceso a la tecnología en México, facilita el uso de los laboratorios electrónicos en las escuelas ya que para utilizarlo sólo se requiere disponer de algún dispositivo que se pueda conectar a una red local o a internet y un navegador web.

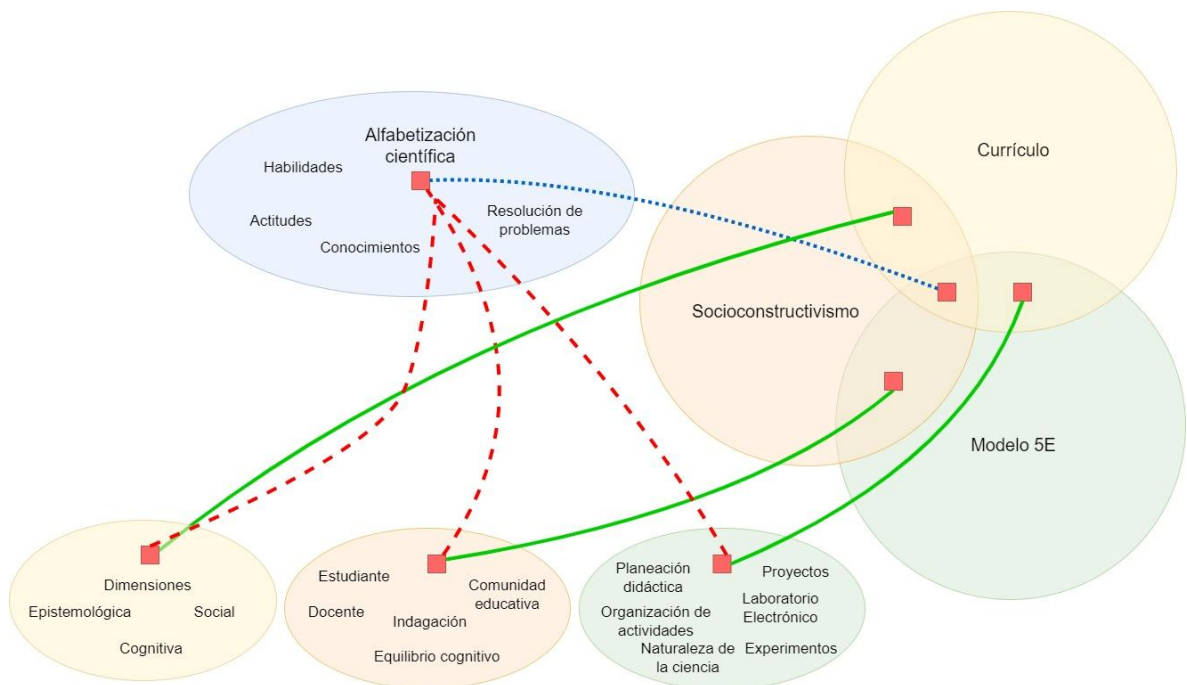
### **Articulación teórico conceptual**

La revisión teórica que se realiza en este apartado es la base conceptual que se sirve para fortalecer la revisión de resultados y evidencias empíricas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Esta aproximación teórica, toma como referencia el socioconstructivismo, como explicación del proceso de aprendizaje, para construir una propuesta didáctica que sirva

para trabajar contenidos de ciencias en la educación básica prescritos en el currículo vigente. Para lograrlo, se utiliza el modelo 5E, el cual reconoce e integra los preceptos del constructivismo social para organizar actividades que favorecen el aprendizaje contextualizado de las ciencias, lo que nos acerca a alcanzar la alfabetización científica de los estudiantes.

La Figura 7 contiene un esquema que muestra cómo la relación entre el socioconstructivismo, el currículo y el modelo 5E favorecen la alfabetización científica de los estudiantes.

**Figura 7**  
*Articulación teórico conceptual de la investigación*



Fuente: Elaboración propia.

## **Formulación de hipótesis**

La utilización de una metodología de aprendizaje basada en experimentación de actividades prácticas implementadas en laboratorios electrónicos mejora los conocimientos, habilidades y actitudes desarrollando el nivel de alfabetización científica de alumnos de telesecundaria.

## **Objetivos**

### **General**

Proponer una metodología de aprendizaje basada en experimentación de actividades prácticas implementadas en laboratorios electrónicos para mejorar los conocimientos, habilidades y actitudes de alumnos de telesecundaria desarrollando su nivel de alfabetización científica.

### **Específicos**

- Evaluar la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes científicos, con énfasis en física de estudiantes de escuelas telesecundaria.
- Identificar los fundamentos que deben sustentar las actividades prácticas y de experimentación que promuevan la modificación de los conocimientos, habilidades y actitudes de los estudiantes desarrollando su alfabetización científica.
- Desarrollar un laboratorio electrónico que permita y facilite el desarrollo de actividades prácticas y de experimentación científica en telesecundarias.
- Diseñar estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en la resolución de problemas utilizando actividades prácticas y de experimentación científica incorporando los laboratorios electrónicos.
- Evaluar el impacto de las estrategias de enseñanza y aprendizaje en la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes con respecto de las ciencias de los alumnos de telesecundarias.



## Metodología

### Tipo de investigación

Para lograr los objetivos planteados en esta investigación se propone un estudio con un enfoque mixto, que permita la recolección de datos que provean información de corte cuantitativo, así como un acercamiento directo con los participantes que colaboran en el desarrollo del proyecto lo que posibilita, con un enfoque cualitativo, la construcción de conocimientos de manera integral.

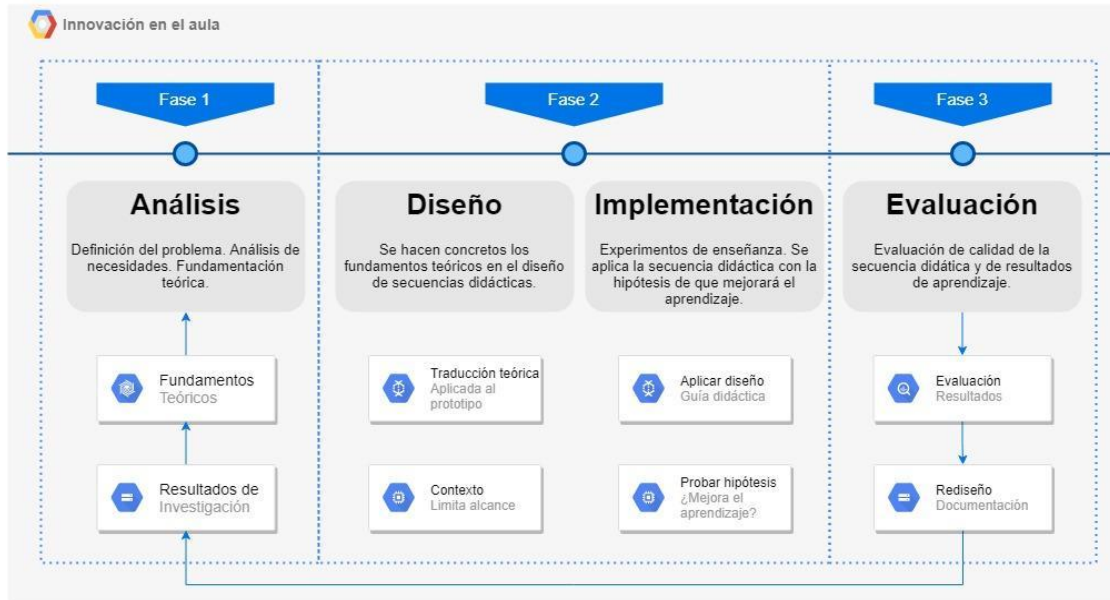
La investigación basada en el diseño o IBD (DBR por sus siglas en inglés; *Design-Based Research*) permite, durante el tiempo que se lleva a cabo el proyecto, la recolección de datos tanto cuantitativos como cualitativos (De Benito Crosetti y Salinas Ibáñez, 2016; Tinkler et al., 2018), teniendo como propósito principal dar solución a problemas encontrados en la realidad escolar (De Benito Crosetti y Salinas Ibáñez, 2016) por medio de la implementación de alguna innovación educativa (Tour et al., 2019) ahí donde se suscitan los problemas y dificultades en su contexto y con sus actores. Como lo mencionan Guisasola, Ametller y Zuza (2021), la IBD busca generar conocimiento que visibilice, tanto la naturaleza como las condiciones de la enseñanza y el aprendizaje a través del diseño y desarrollo de innovaciones educativas dentro del aula.

Para lograr las innovaciones educativas mencionadas, la IBD propone realizar tres fases generales que incluyen el diseño de planes de clase o secuencias didácticas, su implementación y aplicación en el aula para terminar con una evaluación y reflexión de lo ocurrido lo que genera nuevo conocimiento didáctico (Guisasola Aranzabal et al., 2021). Estas fases no son perfectamente lineales, además de ser recursivas o iterativas. Resultan ser un proceso en donde se repiten algunas fases con la intención de mejorar, ya sea, el currículo, el material didáctico, los productos educativos, entre otros, que se estén utilizando como insumos para la innovación que se busca desarrollar (De Benito Crosetti y Salinas Ibáñez, 2016).

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques que sintetiza la metodología de investigación basada en el diseño adaptando las propuestas de Reeves (en De Benito Crosetti y Salinas Ibáñez, 2016) y de Guisasola (2021).

## Figura 8

### Proceso general de la investigación basada en el diseño



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior muestra la estructura general, y las iteraciones propuestas, que se utilizan en este trabajo. La fase uno se dirige a la selección de todos los fundamentos teóricos que guiarán la investigación como pueden ser teorías de aprendizaje, epistemología de la disciplina, resultados de investigación, propuestas metodológicas. La fase dos implica tanto el diseño del prototipo, plan de clase o secuencia didáctica, en donde explícitamente y de manera deliberada se traducen los fundamentos teóricos elegidos, concretándose en una secuencia didáctica que será utilizada como guía para el docente durante la intervención educativa, como la implementación y aplicación de la secuencia didáctica. Por último, en la fase 3 se evalúa y reflexiona sobre todo el proceso con especial énfasis en la calidad de la secuencia didáctica y de los resultados de aprendizaje con la intención de documentar los hallazgos; lo que permitirá el rediseño del plan de clase, así como la generación de conocimiento sobre la didáctica del contenido.

### **Aspectos metodológicos propios de cada objetivo específico**

Debido a la naturaleza recursiva de la investigación basada en diseño y con la intención de lograr los diferentes objetivos específicos se hace necesaria tanto la participación de diferentes grupos escolares como de diferentes instrumentos y tratamientos estadísticos que requieren ser descritos y detallados a profundidad. En los siguientes párrafos se ofrece la información puntual sobre los aspectos metodológicos propios de cada objetivo específico como población, muestras, instrumentos utilizados, entre otros.

**Objetivo:** Evaluar la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes científicos, con énfasis en física de estudiantes de escuelas telesecundaria.

### **Metodología**

La metodología utilizada tiene un propósito correlacional debido a que busca conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más variables (Hernandez et al., 2010), como lo es la relación que guardan los conocimientos de estudiantes de telesecundaria sobre términos y conceptos científicos necesarios para solucionar problemas e interpretar el mundo y sus fenómenos naturales y su paso por los tres grados de educación secundaria.

### **Pregunta a responder**

¿El paso por los tres años de educación telesecundaria, en México, favorecen el conocimiento de términos y conceptos científicos necesarios para resolver problemas e interpretar el mundo y sus fenómenos naturales?

### **Hipótesis**

Se plantean un par de hipótesis de tipo correlacional con la intención de valorar la relación entre dos variables tratando de alcanzar un nivel predictivo (Hernandez et al., 2010).

**H0:** Los estudiantes de telesecundaria pertenecientes a distintos grados no muestran diferencias estadísticamente significativas con respecto a sus conocimientos sobre términos y conceptos científicos necesarios para solucionar problemas e interpretar el mundo y sus fenómenos naturales, lo cual puede interpretarse como una falta de mejoría en su nivel de alfabetización científica cívica durante su paso por los tres años de educación secundaria.

**H1:** Los estudiantes de telesecundaria pertenecientes a distintos grados muestran diferencias estadísticamente significativas con respecto a sus conocimientos sobre términos y conceptos científicos necesarios para solucionar problemas e interpretar el mundo y sus fenómenos naturales, lo cual puede interpretarse como una mejoría en su nivel de alfabetización científica cívica obtenida durante su paso por los tres años de educación secundaria.

### **Muestra**

La muestra, no probabilística, corresponde a estudiantes de cuatro escuelas telesecundarias de contexto rural o semiurbano. Tres de las escuelas se encuentran en el estado de Veracruz, en los municipios de Tuzamapan, Miradores del Mar y José Azueta y la cuarta escuela se encuentra en el estado de Querétaro en el municipio de San Juan del Río. La composición de la muestra es de 69 estudiantes de primero a tercero distribuidos como lo muestra la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Alumnado participante*

Escuela	Grado escolar	Mujeres	Hombres
Tuzamapan	Segundo	6	6
Miradores	Primero	10	8
José Azueta	Primero	9	7
José Azueta	Tercero	2	3
San Juan del Rio	Segundo	8	10

Fuente: Elaboración propia

## **Instrumento**

Para evaluar el nivel de alfabetización científica cívica, a través de los años de educación básica, se utiliza el desarrollado por Miller (1998), el que, además, ha sido implementado con modificaciones menores por distintos países miembros de la OCDE. Este instrumento hace énfasis en la construcción de un sistema de medición duradero en el tiempo y para lograrlo se enfoca en la medición de términos y conceptos científicos básicos asumiendo que son estos conocimientos los que capacitan a las personas para involucrarse, de manera reflexiva, en aspectos relacionados con políticas de ciencia y tecnología.

Es precisamente esta característica la que hace este instrumento pertinente para llevar a cabo esta investigación.

En México, dicho instrumento ha sido aplicado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) en colaboración con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el marco de la Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT), durante 1997, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017.

Se seleccionaron los apartados relevantes de dicho cuestionario en las que se incluyen términos y conceptos científicos que los alumnos deberían haber logrado al término de sus estudios de educación básica según el currículo actual llamado Aprendizajes clave.

El extracto del cuestionario consta de 22 reactivos, divididos en tres apartados. El primero se compone de 20 preguntas del tipo verdadero y falso llamado Cultura científica: Diversas afirmaciones y dos apartados más con preguntas de opción múltiple Cultura científica: Patrón genético y Energía limpia. Además, se incluyen tres preguntas de información general de los participantes. Estos apartados fueron seleccionados de la ENPECYT (INEGI-CONACyT, 2013).

**Objetivo:** Identificar los fundamentos que deben sustentar las actividades prácticas y de experimentación que promuevan la modificación de los conocimientos, habilidades y actitudes de los estudiantes desarrollando su alfabetización científica.

## **Metodología**

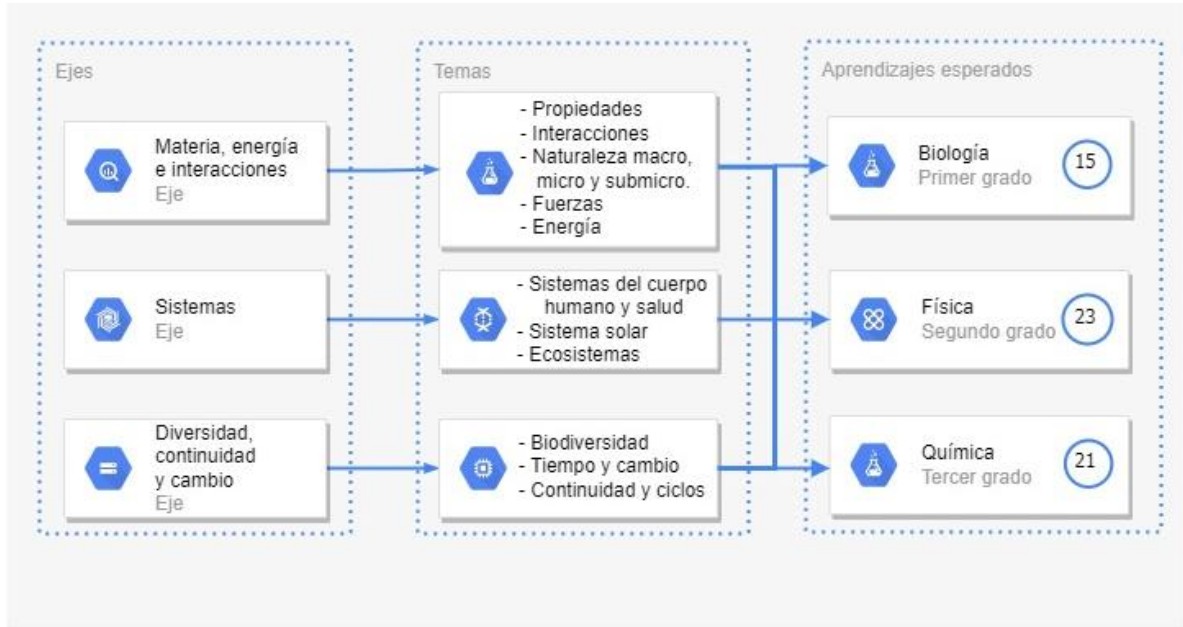
Para este objetivo específico se utiliza una estrategia analítica cualitativa deductiva, ya que se cuenta con el fundamento teórico suficiente para definir las categorías de análisis previo a la revisión documental (Mayring, 2020). El documento base a analizar se llama *Aprendizajes Clave para la educación. Ciencias y Tecnología. Educación secundaria. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación* debido a que es la fuente de información principal y, en particular, el apartado *aprendizajes esperados* que son, como ya se mencionó, los enunciados en donde se condensa y se hace concreta la propuesta curricular en términos de conocimientos, habilidades, y actitudes y valores propuestos para la educación científica secundaria.

Se utilizó el software libre QCAmap, que permite trabajar con diferentes documentos, de manera conjunta, y facilita el desglose, comparación y clasificación de todos los datos encontrados, lo que posibilita el posterior análisis y reflexión. De manera general, las etapas del modelo que propone Mayring, incluyen:

1. Búsqueda de referentes teóricos.
2. Definición del sistema de categorías (asignando códigos a cada una).
3. Asignación de códigos y revisión de consistencia, en procesos iterativos y
4. Análisis de los resultados (Mayring, 2014).

Los aprendizajes esperados para los tres grados de educación secundaria suman 59 y están distribuidos como lo muestra la Figura 9.

**Figura 9**  
*Organización de aprendizajes esperados en secundaria*



Fuente: Elaboración propia.

La asignación de categorías a cada aprendizaje esperado se realizó en un proceso recursivo de tres iteraciones. La primera iteración se utilizó para probar tanto las categorías como los códigos y colores utilizados. En la segunda iteración se revisó y corrigió la asociación de categorías y códigos a cada uno de los 59 enunciados, resaltando los enunciados que fueran ambiguos o que su redacción no facilitara la asociación de códigos siguiendo los lineamientos de codificación. La tercera y última iteración se dedicó a revisar los enunciados marcados como ambiguos, utilizando como ayuda el apartado de orientaciones didácticas y de evaluación que ofrece el plan y programa con la intención de distinguir y asignar las categorías faltantes. Para finalizar, la información se exportó a Excel en donde se terminó de realizar el análisis y clasificación de los datos, generando algunas tablas y gráficos que sintetizan la información obtenida.

**Objetivo:** Diseñar estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en la resolución de problemas utilizando actividades prácticas y de experimentación científica incorporando los laboratorios electrónicos.

### **Metodología**

Para alcanzar este objetivo específico se requiere un diseño cuasiexperimental pre-test – post-test con grupo de control no equivalente debido a que busca conocer el grado de asociación que existe entre dos o más variables en un contexto determinado (Hernandez et al., 2010).

#### Esquema experimental

G1 O1 – O2

G2 O1 X O2

Como se muestra en el esquema experimental, para trabajar con el grupo control (G1) termodinámica, en especial los temas de calor y temperatura, se solicitó a la maestra titular el diseño y aplicación de una secuencia de enseñanza y aprendizaje estándar en donde se incluyeran todos los requisitos y sugerencias que se desprenden del currículo, las actividades a realizar y el material didáctico a utilizar.

Para el grupo experimental (G2) se facilitaron dos laboratorios remotos y se capacitó a la maestra en su uso. La capacitación consistió en una sesión de una hora en donde se mostró el uso del dispositivo, el cual permite medir la temperatura, humedad, presión y altitud. Después de la capacitación, se solicitó a la maestra que hiciera las modificaciones que considerara necesarias a la secuencia de enseñanza y aprendizaje utilizada con el G1 incluyendo, también, todos los requisitos y sugerencias que se desprenden del currículo, las actividades a realizar y el uso del laboratorio remoto.

### **Hipótesis**

Se plantean un par de hipótesis de tipo correlacional de la diferencia entre grupos con la intención de comparar los resultados obtenidos por dos grupos (Hernandez et al., 2010).



## **H0**

La utilización de laboratorios remotos no mejora los conocimientos, habilidades y actitudes y no desarrolla el nivel de alfabetización científica de alumnos de telesecundaria.

## **H1**

La utilización de laboratorios remotos mejora los conocimientos, habilidades y actitudes desarrollando el nivel de alfabetización científica de alumnos de telesecundaria.

## **Muestra**

Se utiliza una muestra no probabilística por conveniencia (Hernandez et al., 2010), compuesta de dos grupos de segundo grado de una escuela telesecundaria semiurbana de la localidad de Acajete del estado de Veracruz, México. Las edades de los estudiantes que participaron rondan los 13 años. Esta selección se debe a que es en segundo grado de la educación secundaria en donde se trabajan contenidos de termodinámica, en particular contenidos sobre calor y temperatura.

## **Instrumento**

La recogida de datos se hace mediante la aplicación de dos cuestionarios (pre-test y post-test) tipo examen que evalúan la alfabetización científica. La elaboración de los cuestionarios fue el resultado del trabajo colaborativo entre el investigador y dos maestras frente a grupo funcionando como juicio de expertos. Los cuestionarios constan de preguntas cerradas de opción múltiple.

Para efectos de validez, se realizó un pilotaje en un grupo de segundo de secundaria de otra escuela que no participa del estudio. Para llevar a cabo los análisis estadísticos se utilizó el lenguaje de programación R (versión 3.6.0), mediante la interfaz gráfica de usuario Rcmdr. Además, se recogieron evidencias de aprendizaje realizadas en clase con la intención de triangular los datos cuantitativos con una mirada cualitativa de lo ocurrido durante la aplicación.

**Objetivo:** Evaluar el impacto de las estrategias de enseñanza y aprendizaje en la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes con respecto de las ciencias de los alumnos de telesecundarias

## Metodología

Para evaluar el impacto de la SEA se utiliza la metodología de investigación basada en diseño. La fase 1 se dirige a la selección de todos los fundamentos teóricos que guiarán la construcción de la SEA. La fase 2 implica tanto el diseño de la SEA, en donde explícitamente y de manera deliberada se traducen los fundamentos teóricos elegidos. Y la fase 3 en donde se evalúa y reflexiona sobre el proceso y los resultados de aprendizaje con la intención de documentar los hallazgos.

Debido a la característica recursiva de la IBD, la implementación de la propuesta didáctica se realiza en dos momentos diferentes. En cada iteración se pone a prueba la SEA diseñada y, al finalizar, se evalúan los resultados para proponer modificaciones que se apliquen al prototipo siguiente. La implementación de la SEA se organizó de la siguiente manera:

### Figura 10

*Esquema de implementación de la SEA*



Fuente: Elaboración propia.

## **Muestra**

La SEA consta de 9 sesiones que se llevaron a cabo durante dos o tres semanas, el prototipo 1 se aplicó, en la última semana de noviembre y las primeras de diciembre de 2021, en la escuela Ejército mexicano en la ciudad de Xalapa, México. El prototipo 2 se aplicó, en el mes de febrero de 2022, en la escuela Benito Juárez García en la localidad de Jose Azueta, México. Todas las sesiones se llevaron a cabo durante el tiempo dedicado al curso de ciencias como parte del contenido que se tenía que trabajar en clase. En los dos casos fue el docente tutor del grupo quien hizo la aplicación.

Debido a los efectos que tuvo la pandemia en la deserción escolar, en el estudio solo participaron los estudiantes que asistían a la escuela los cuales sumaron un total de 19, divididos en dos grupos,  $n=12$  y  $n=7$  respectivamente. Todos tenían edades de entre 11 a 13 años y estaban inscritos en segundo grado de educación secundaria. La escuela de la ciudad de Xalapa está enclavada en una zona urbano marginal, la otra escuela pertenece a un contexto rural-semi urbano. En los dos casos las escuelas son públicas.

## **Pregunta a responder**

¿Qué impacto genera la implementación de la SEA en la evaluación de lo aprendido por el alumnado?

¿Qué modificaciones ocurren en la SEA después de las implementaciones realizadas que favorezcan el desarrollo de conceptos científicos del alumnado?

## **Recolección de datos.**

La recolección de datos se hace principalmente por medio del análisis de dibujos y de descripciones escritas realizadas por los alumnos. Se eligió esta estrategia cualitativa debido a que el dibujo es un medio eficiente para la incorporación de información que se ha obtenido por medio de actividades prácticas y de observación, emergiendo los modelos o representaciones mentales de quien los elabora. Esto mejora significativamente las representaciones conceptuales si se utiliza como actividad recurrente después de cada

actividad práctica o de observación lo que facilita cambios conceptuales (Gómez Llombart y Gavidia Catalán, 2015).

Para la recolección cuantitativa se utilizaron evaluaciones tipo examen que incluyeron cinco reactivos de opción múltiple y cuyas respuestas requerían movilizar los conocimientos construidos para dar la mejor solución o explicación a las situaciones planteadas. La estrategia incluyó una aplicación pre-test y una post-test, que se hizo de dos a tres semanas después de finalizada la aplicación de la SEA, esto con la intención de valorar los conocimientos a mediano plazo. Para el análisis de estos datos se utilizó un diseño cuasiexperimental pre-test/post-test sin grupo de control, tomando en cuenta los dos grupos de escuelas distintas. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software JASP versión 0.16.1 (JASP team, 2022; <https://jasp-stats.org/>).

## **Técnicas e instrumentos**

### **Entrevistas semiestructuradas**

La entrevista es una conversación para intercambiar información entre el entrevistador y los entrevistados a través de preguntas con la intención de construir algunos significados o conceptos respecto del tema que se está tratando (Hernandez et al., 2010). La entrevista semiestructurada tiene la característica de utilizar una guía de preguntas con la intención de comenzar y guiar la conversación con la flexibilidad y libertad del entrevistador de introducir preguntas adicionales para indagar con mayor profundidad sobre los temas que se están conversando.

Para esta investigación se realizaron entrevistas semiestructuradas a las maestras que participaron en la intervención docente con la intención de conocer su punto de vista sobre el uso y potencial académico de los laboratorios electrónicos, así como sobre las características y prestaciones físicas del dispositivo, lo que permite el rediseño funcional del dispositivo para lograr un producto que ofrezca una experiencia de uso agradable y eficaz.

## **Cuestionarios**

Esta técnica de recolección de datos se compone de una serie de preguntas que intentan medir una o más variables (Hernandez et al., 2010) específicas que deben ser coherentes con la hipótesis que se espera probar. Para la construcción de los cuestionarios que sirvieron para la recolección de datos se incluyeron preguntas de tipo PISA, cerradas, que contienen opciones de respuesta delimitadas desde el principio.

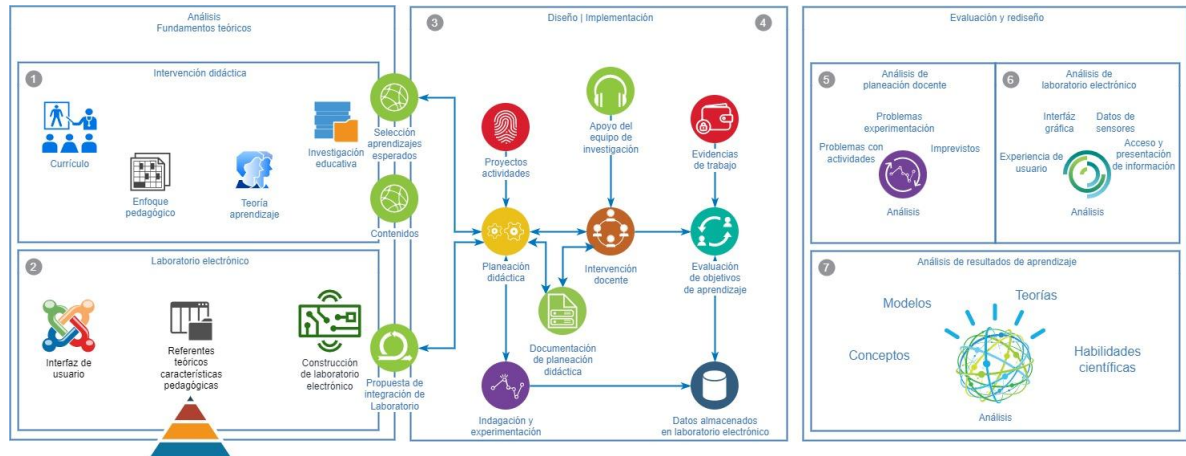
Estos instrumentos se utilizaron para medir el impacto en los conocimientos, habilidades y actitudes que tuvieron las intervenciones docentes en los estudiantes que participaron. Se aplicaron al inicio, como pretest, y al final, como posttest, lo que permitió comparar los resultados de estas pruebas.

## **Procedimientos**

Como ya se ha mencionado, la IBD supone cuatro fases generales que se repiten en ciclos iterativos dependiendo del avance y las necesidades del proyecto de investigación. A continuación, se describen las diferentes iteraciones que se han realizado en las distintas fases con la intención de recuperar la mayor cantidad de información posible.

En la Figura 11 se muestran los detalles que componen cada fase.

**Figura 11**  
*Proceso de la investigación basada en el diseño realizada*



Fuente: Elaboración propia.

### Fase de análisis

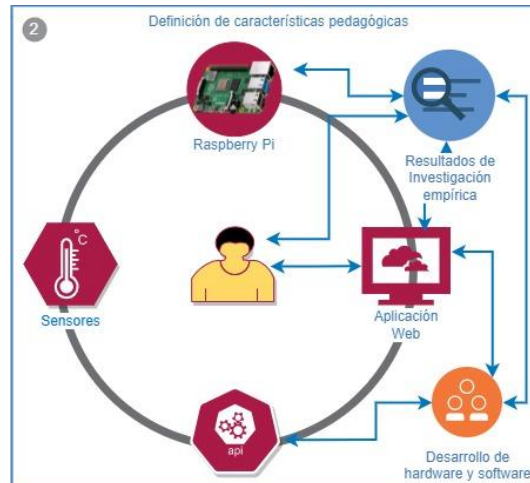
En la fase inicial de análisis, se realiza la revisión detallada de los fundamentos teóricos que soportan el diseño de la intervención docente. Se revisan con detalle el currículum de ciencias para telesecundaria, con especial interés en propósitos educativos y aprendizajes esperados, el enfoque pedagógico y el modelo de enseñanza que se propone utilizar, todo sustentado en la teoría de aprendizaje socioconstructivista que propone el plan de estudios. Además, se revisa la literatura científica relacionada con la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, en particular lo relacionado con ideas alternativas tanto de docentes como de alumnos y cómo superar estos retos conceptuales durante la fase de diseño e implementación.

En cuanto a las características que se deben contemplar en la construcción del laboratorio electrónico, no se encontró información específica por lo que se realizó una investigación empírica original sobre las características que se deberían de considerar en la construcción de herramientas pedagógicas para las ciencias, en este caso para la construcción de un laboratorio electrónico.

En la siguiente imagen se muestra el proceso de investigación dedicado al laboratorio electrónico.

## Figura 12

### Desarrollo de laboratorio electrónico



Fuente: Elaboración propia.

El proceso inicia con la integración de una computadora de placa reducida marca Raspberry Pi y dos diferentes sensores de temperatura. Una vez integrado el hardware se desarrolló un sistema de servicios web, en lenguaje Python, que sirve como proxy entre la interfaz gráfica y el hardware. Por último, se desarrolló una página web que sirve como interfaz para el usuario final, docentes y estudiantes, en la que se puede observar los datos en vivo de los sensores, así como en gráficas el registro histórico de las mediciones que se hubieran registrado.

El primer prototipo se probó durante tres semanas con el apoyo de una maestra experimentada en un grupo de quinto de primaria. Se propusieron algunos proyectos en donde se pudiera utilizar el laboratorio de los cuales la maestra seleccionó, eligió y adaptó el más adecuado para su grupo. Al término de las tres semanas se realizó una entrevista con la docente para conocer sus opiniones y puntos de vista sobre el uso y aplicación del laboratorio. Además, se analizó el logro de aprendizajes de los alumnos utilizando una metodología cuasi experimental con pretest – postest.

Después de realizar las modificaciones que se sugirieron en la primera iteración, el segundo prototipo se puso a prueba durante dos semanas con una maestra principiante en un

grupo de segundo de telesecundaria. Esta intervención utilizó una metodología experimental con grupo experimental y grupo control. La recogida de datos se hizo mediante la aplicación de dos cuestionarios (pretest – postest) tipo examen. La elaboración de los cuestionarios fue el resultado del trabajo colaborativo entre el investigador y dos maestras frente a grupo funcionando como juicio de expertos. Por último, se recogieron evidencias de aprendizaje realizadas por los estudiantes con la intención de triangular los datos cuantitativos con una mirada cualitativa de lo ocurrido durante la implementación.

### **Fase de diseño**

En esta fase es donde se genera el vínculo entre los fundamentos teóricos y los resultados de investigación con la propuesta pedagógica del currículum, incorporando aprendizajes esperados, contexto y alcance de la intervención, lo que, en conjunto, determina la selección de actividades de aprendizaje. Esta integración se concreta en una secuencia de enseñanza y aprendizaje, también llamada planeación didáctica, que es el principal soporte para la implementación e intervención docente.

Para la construcción de la planeación didáctica se utiliza el modelo 5E, el cual sirve como eje articulador tanto de los elementos curriculares como de la integración de resultados de investigación y las sugerencias aportadas por las maestras que participaron de su construcción.

El primer paso de este diseño se dedicó a la revisión y reorganización de las actividades de aprendizaje que considera el currículum con la intención de integrarlas a los diferentes momentos que prevé el modelo. En este caso se seleccionó la secuencia 5 del bloque 1 del curso de ciencias para segundo de telesecundaria, en la cual se abordan las nociones básicas de la termodinámica, en particular lo referente a calor, energía térmica, y temperatura y su impacto en el medio ambiente.

El siguiente paso se dedicó al enriquecimiento, mejoramiento y modificación de las actividades planteadas a partir de las sugerencias hechas por la investigación educativa. En particular se incorpora lo referente a las ideas alternativas, concepciones erróneas que tienen



las personas respecto de un hecho o fenómeno, con base en dos ideas principales; la primera es que los estudiantes, y profesores, generalmente confunden los conceptos de temperatura y calor, ya que conceptualizan al calor como la energía que posee un cuerpo basados en intuiciones y modelos científicos en desuso (Ruiz Macías et al., 2003) y la segunda es que para llegar al concepto adecuado de calor es conveniente tener una experiencia directa, por lo que resulta de suma importancia convertir el aula en un laboratorio rudimentario (Barragán y Hernández, 2010) y la inclusión de la historia de la ciencia como parte fundamental de su enseñanza, de forma que se muestren algunos aspectos del complejo proceso de evolución del conocimiento científico en los diferentes momentos históricos (Castro García et al., 2012).

Para finalizar, previo a cada implementación, se presenta, a manera de capacitación, a las maestras de grupo la secuencia de enseñanza y aprendizaje solicitando en todo momento la retroalimentación que pudieran hacer a partir de sus conocimientos y su experiencia docente.

### **Fase de implementación**

Debido a la característica recursiva de la metodología IBD, la implementación de la propuesta didáctica se realizó en tres momentos diferentes. En cada iteración se puso a prueba el prototipo diseñado y al finalizar se evalúan los resultados para proponer modificaciones que se aplicaban al prototipo siguiente. La organización de la implementación se organiza de la siguiente manera:

**Figura 13**

*Esquema de aplicación de la planeación didáctica con respecto de la secuencia de IBD*



Fuente: Elaboración propia.

### **Fase de evaluación**

Para finalizar, en la etapa de evaluación se revisan y analizan los datos obtenidos de las diferentes iteraciones que se realizan en la fase anterior. Se aplican análisis estadísticos a los resultados de las evaluaciones pre-test y post-test, obtenidas en cada iteración, la calidad general de la secuencia, en particular los problemas relacionados con las actividades seleccionadas y problemas imprevistos inherentes a la actividad docente y la utilización del laboratorio electrónico lo que permite, también, generar prototipos de este dispositivo más detallados y avanzados que faciliten la experimentación en los salones de clases.

## **Resultados**

La presentación de los resultados está organizada conforme las fases que componen la metodología de investigación basada en diseño con el propósito de mostrarlos ordenados en función del momento en que fueron ocurriendo.

### **Fase de análisis**

Los resultados que aquí se presentan cubren los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes científicas, con énfasis en física de estudiantes de escuelas telesecundaria.
- Identificar los fundamentos que deben sustentar las actividades prácticas y de experimentación que promuevan la modificación de los conocimientos, habilidades y actitudes de los estudiantes desarrollando su alfabetización científica.

### **Evaluación al nivel de alfabetización científica de estudiantes de secundaria**

Para realizar esta evaluación o diagnóstico del nivel de alfabetización científica se retoman los datos recolectados durante la aplicación del instrumento construido a partir de la ENPECYT. Este instrumento está conformado por 20 preguntas sobre cultura científica, patrón genético y energía limpia. Para el análisis de los resultados se seleccionaron, del primer apartado del instrumento, los 10 ítems que están relacionados explícitamente con conocimientos de términos y conceptos científicos que se desarrollan en el transcurso de la educación básica. De los 10 reactivos seleccionados, algunos se relacionan con conocimientos que podrían lograrse desde el nivel primaria para continuar su desarrollo en secundaria y otros involucran conocimientos que se construyen en alguno de los tres años de la educación secundaria. Los apartados dos y tres se utilizaron completos.

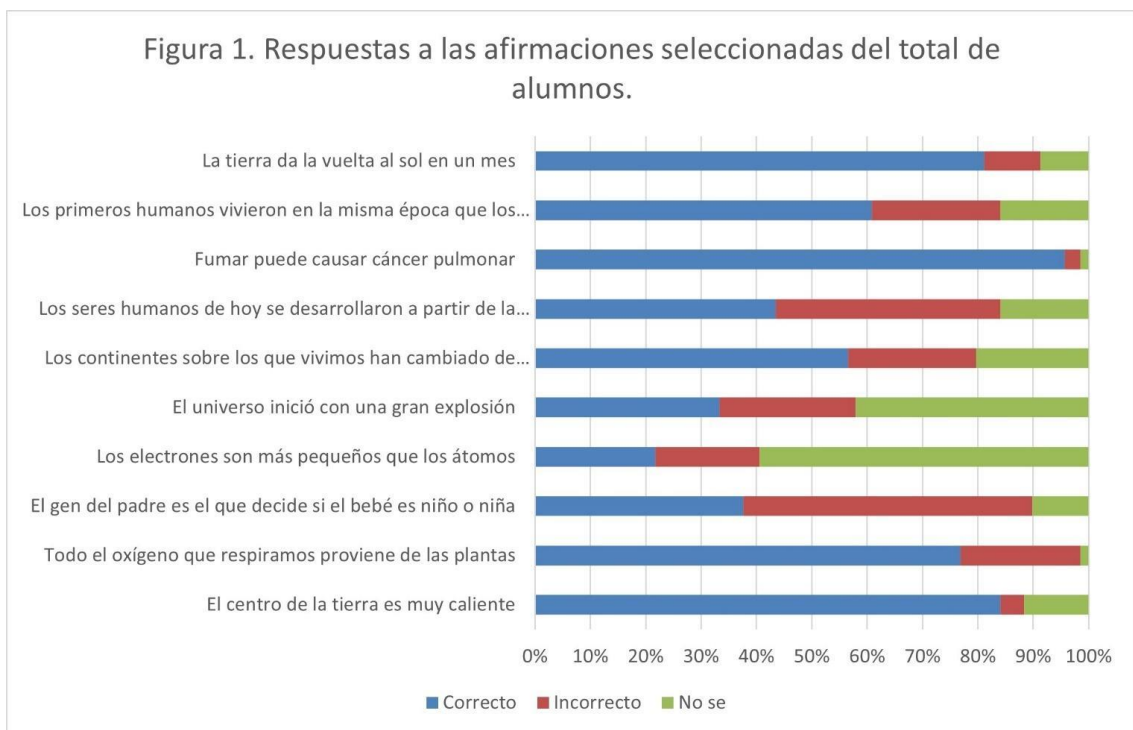
#### *Apartado Cultura científica: Diversas afirmaciones*

En la figura 14, se puede observar que solo en cinco reactivos se obtienen respuestas correctas por al menos el 60% o más de los alumnos participantes. Este comportamiento es esperable

ya que dentro de los ítems de la encuesta se incluyen conocimientos que se deben desarrollar, algunos en nivel primaria como; la tierra da la vuelta al sol en un mes con más del 80% de respuestas correctas y otros que se logran al finalizar el segundo y tercer grado de secundaria como los electrones son más pequeños que los átomos.

**Figura 14**

*Respuestas a las afirmaciones seleccionadas del total de alumnos*

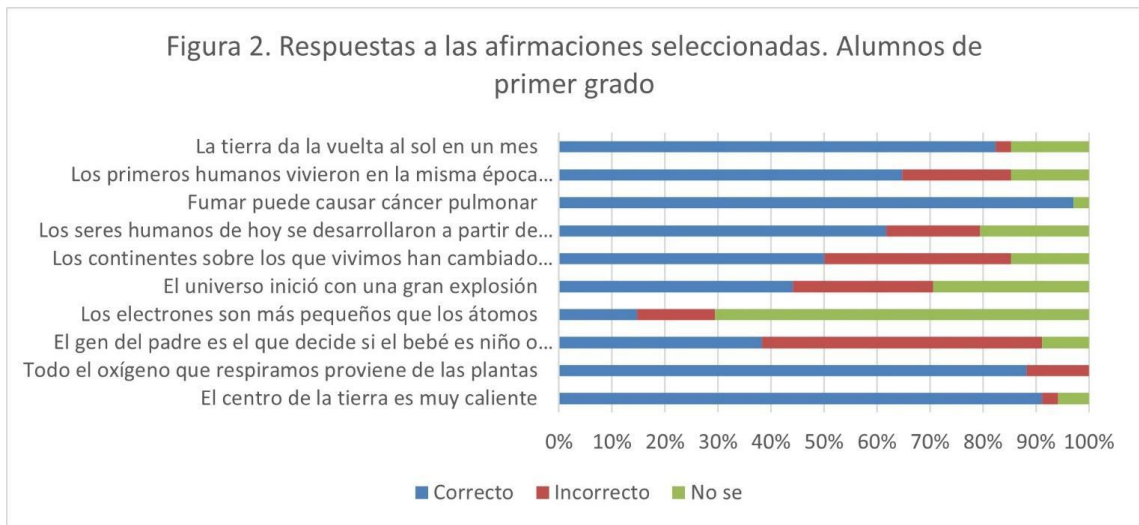


Fuente: Elaboración propia.

Las Figuras 15, 16 y 17 muestran los datos desagregados por año escolar. En ellas se observa que si existen diferencias entre los distintos grados escolares. Como ya se mencionó, estos conocimientos se van construyendo de manera articulada entre niveles educativos, así como entre los grados de educación secundaria lo cual podría explicar este comportamiento.

**Figura 15**

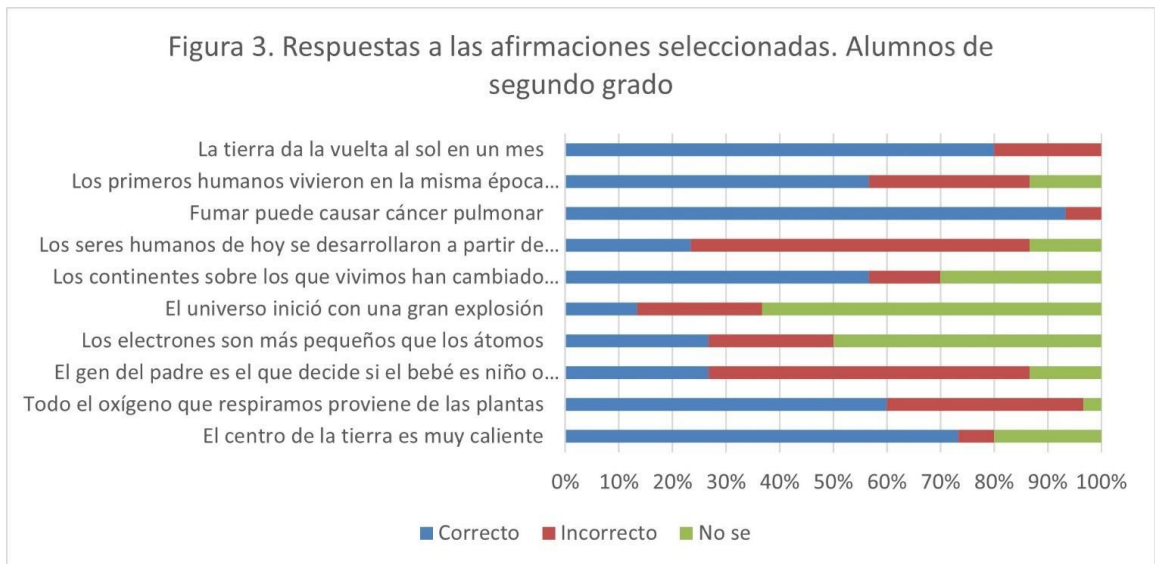
*Respuestas a las afirmaciones seleccionadas por alumnos de primer grado.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16**

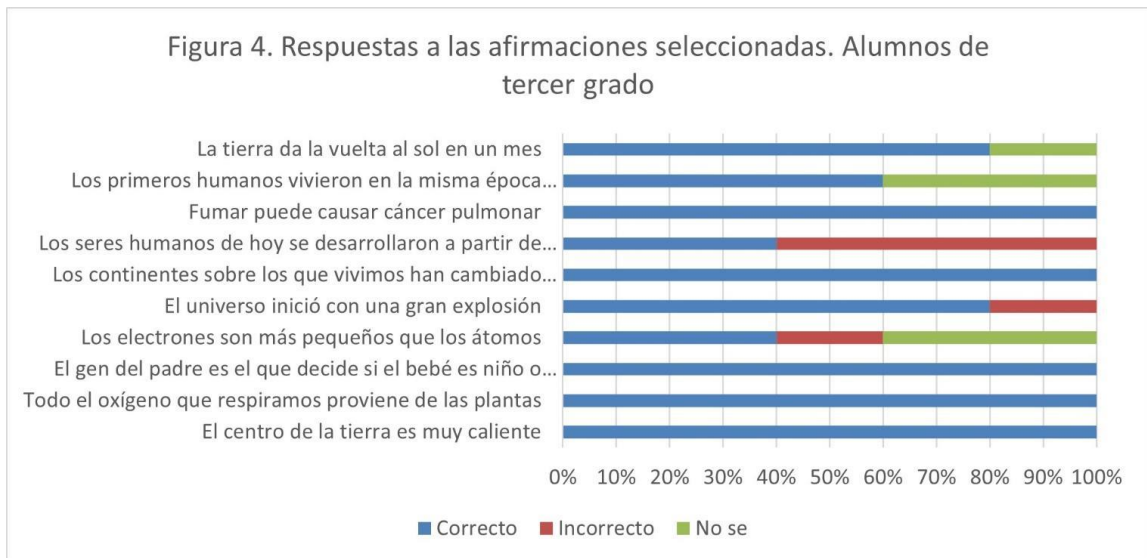
*Respuestas a las afirmaciones seleccionadas por alumnos de segundo grado.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 17**

*Respuestas a las afirmaciones seleccionadas por alumnos de tercer grado.*



Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de hacer una prueba de hipótesis que permita evaluar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas, se realizó una prueba estadística de asociación exacta de Fisher con la intención de corroborar si existe algún tipo de asociación entre estas diferencias. A partir de una tabla de contingencia, esta prueba se utiliza para valorar el nivel de significación de la contingencia o asociación que guardan dos tipos de clasificación. Para llevar a cabo la prueba se utilizaron tablas de contingencia mediante la librería Rcmdr del lenguaje de programación R (versión 3.6.0).

Una vez realizado este proceso estadístico, encontramos que las preguntas en las que existe una asociación estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre el grado que el alumno está cursando y la probabilidad de responder correctamente las afirmaciones son:

1. Todo el oxígeno que respiramos proviene de las plantas ( $p = 0.02$ ).
2. El gen del padre es el que decide si el bebé es niño o niña ( $p = 0.006$ ).
3. El universo inició con una gran explosión ( $p = 0.0014$ ).
4. Los seres humanos de hoy se desarrollaron a partir de la evolución de otras especies animales ( $p = 0.0051$ ).

**Tabla 6**

*Impacto por escuela para responder correctamente las afirmaciones*

Escuela	Afirmación 1	Afirmación 2	Afirmación 3	Afirmación 4
Tuzamapan	75%	17%	8%	25%
Miradores	89%	33%	56%	72%
Azueta	90%	57%	43%	48%
San Juan	50%	33%	17%	22%

Fuente: Elaboración propia

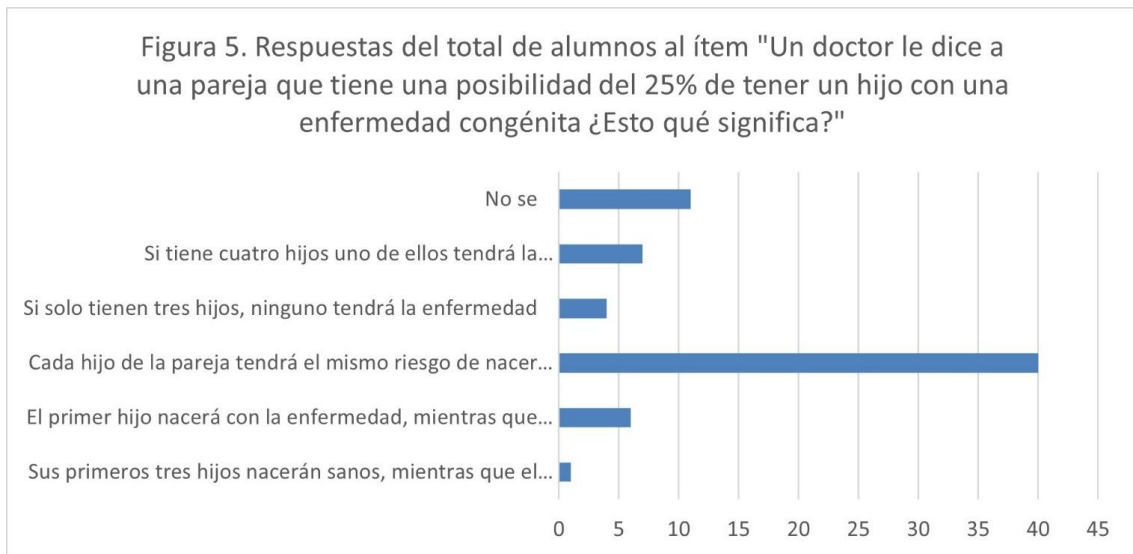
Estos resultados son evidencia de que, al menos en esas preguntas, efectivamente existe un cambio en los conocimientos que los estudiantes tienen en función del grado de estudios que están cursando con lo que se puede desechar la hipótesis nula,  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa,  $H_1$ .

#### *Apartado Cultura científica: Patrón genético*

En este apartado se mide la habilidad para aplicar el concepto de probabilidad. En la Figura 18 se observa que la mayoría de los participantes responden de manera correcta, sin embargo, es interesante observar que las respuestas incorrectas corresponden al 42% de los participantes y que, de todas las respuestas incorrectas, la que tiene mayor incidencia es la respuesta No sé, que suma casi el 12%. Esto indica que los estudiantes conocen los algoritmos relacionados con la probabilidad, pero no son capaces de aplicar el concepto para resolver una situación problema.

#### **Figura 18**

*Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Cultura científica: Patrón genético.*



Fuente: Elaboración propia.

#### *Apartado Energía limpia*

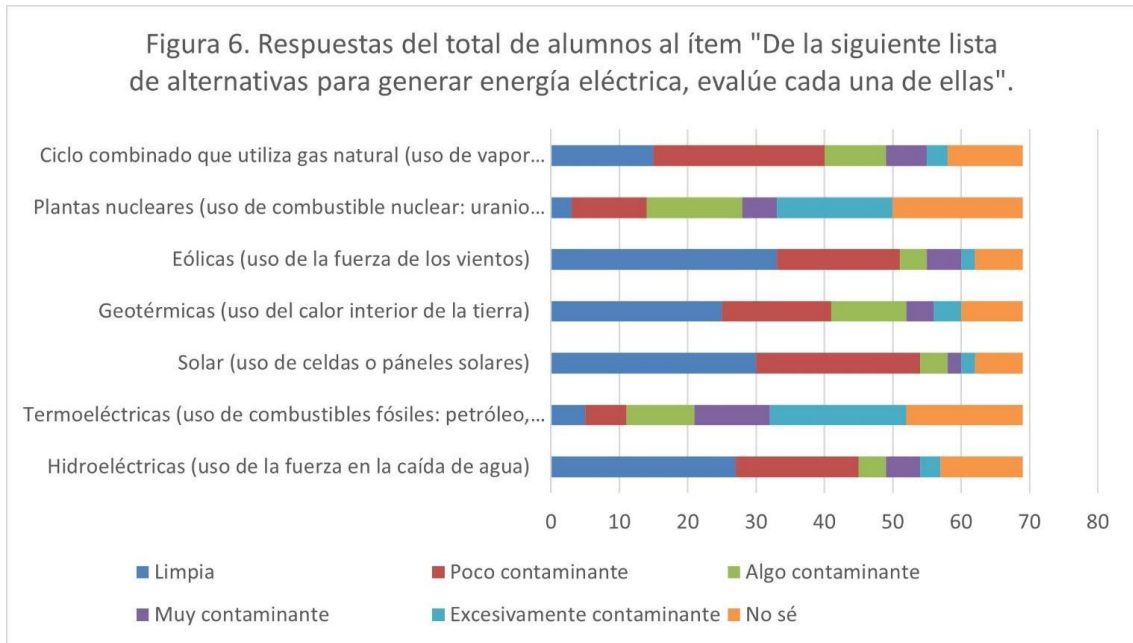
En este apartado se presentan los resultados sobre los conocimientos de los participantes sobre la generación de energía eléctrica y su relación con la contaminación del medio ambiente.

En la Figura 19, se muestra que la mayoría de los alumnos participantes consideran entre limpia y poco contaminante a la generación de energía eléctrica por medio de fuentes como solar, eólica, geotérmicas, hidroeléctricas y ciclo combinado siendo aproximadamente del 60% o mayor el acuerdo. Caso contrario la generación de energía eléctrica por medio de plantas termoeléctricas. Esta se encuentra casi al mismo nivel que las plantas nucleares en donde hay un acuerdo de que son contaminantes o muy contaminantes con un rango entre 52% y 59% de acuerdo.

#### **Figura 19**

*Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Energía limpia Alternativas de generación de energía eléctrica.*



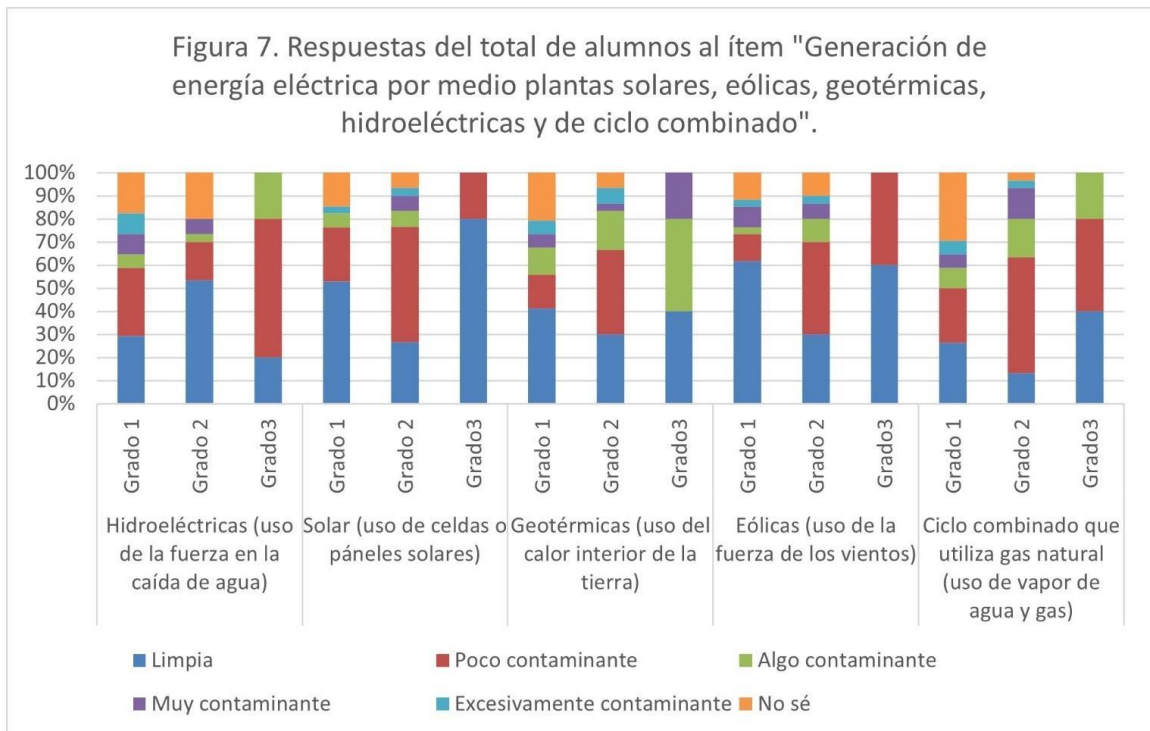


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20, se muestran las alternativas para generar energía eléctrica que fueron consideradas limpias o poco contaminantes por los estudiantes encuestados. En las plantas hidroeléctricas, eólicas y plantas solares destaca el cambio de opinión entre los alumnos de los distintos grados académicos. En las otras dos alternativas de generación de energía eléctrica la opinión no muestra una variación importante.

**Figura 20**

*Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Energía limpia Generación de energía eléctrica.*



Fuente: Elaboración propia.

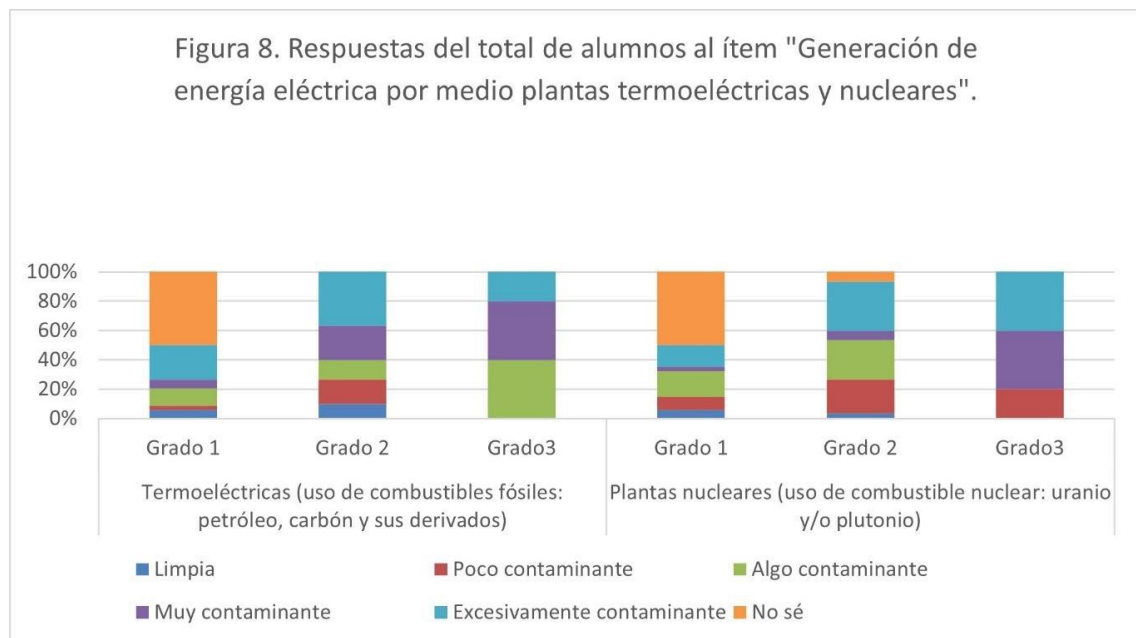
Esto se puede explicar si recurrimos a la organización curricular del plan y programa Aprendizajes Claves. Es en segundo grado de secundaria donde se revisan a profundidad las diversas alternativas de generación de energía eléctrica (SEP, 2017). Las plantas hidroeléctricas, por ejemplo, son consideradas como algo contaminantes debido a la modificación y alteración ambiental que generan por la inundación de amplias zonas aledañas a los ríos y embalses de las presas construidas. Esto puede explicar el cambio de opinión entre las respuestas de los alumnos de tercer grado y los de grados anteriores. Del mismo modo ocurre con la opinión referente a las plantas solares.

El caso de las plantas nucleares, figura 21, es interesante, ya que este tipo de generación de energía eléctrica, junto con las plantas de ciclo combinado, no son revisadas en los planes y programas mencionados; sin embargo, son consideradas muy contaminantes al igual que las plantas termoeléctricas, que sí son mencionadas en el currículo y las considera contaminantes. El acuerdo entre los alumnos de primer grado es más cercano a no saber con una tendencia a considerar que son contaminantes, pero entre los alumnos de segundo y tercer

grado ya no tienen dudas, con un rango de entre 70% y 100% las dos alternativas son consideradas entre contaminantes y excesivamente contaminantes.

**Figura 21**

*Respuestas del total de alumnos al ítem relacionado con el apartado Energía limpia Generación de energía eléctrica usando termoeléctricas y nucleares.*



Fuente: Elaboración propia.

**Análisis de resultados**

A partir del análisis de los resultados podemos decir que existen datos positivos pero ambivalentes. Por un lado, tomando la prueba de hipótesis realizada, es claro que asistir a la escuela y transitar por los tres grados de educación secundaria impacta positivamente en los conocimientos de los alumnos, en al menos cuatro de los 10 reactivos analizados (ver Tabla 7). Los otros seis reactivos, la mayoría se relacionan con conocimientos que se construyen en el nivel de educación primaria, por tanto, es lógico que no haya un cambio sustancial después de cursar la educación secundaria. En otras palabras, esto quiere decir que la mayoría

de los alumnos tienen un piso de conocimientos homogéneo al ingresar a la educación secundaria.

**Tabla 7**

*Reactivos seleccionados del apartado Cultura científica: diversas afirmaciones por nivel educativo*

<b>Reactivo</b>	<b>Cambio</b>	<b>Nivel</b>
Los primeros humanos vivieron en la misma época que los dinosaurios	No	Primaria
Fumar puede causar cáncer pulmonar	No	Primaria
Los continentes sobre los que vivimos han cambiado de posición al paso del tiempo y lo seguirán haciendo en el futuro	No	Primaria
El centro de la tierra es muy caliente	No	Primaria
La tierra da la vuelta al sol en un mes	No	Primaria
Los electrones son más pequeños que los átomos	No	Secundaria
El gen del padre es el que decide si el bebé es niño o es niña	Si	Primaria
Todo el oxígeno que respiramos proviene de las plantas	Si	Primaria
Los seres humanos de hoy se desarrollaron a partir de la evolución de otras especies animales	Si	Secundaria
El universo inició con una gran explosión	Si	Secundaria

Fuente: Elaboración propia.

En sentido contrario, si vemos a detalle los resultados, encontramos ejemplos como el ítem Los electrones son más pequeños que los átomos. Las respuestas en su mayoría son incorrectas y no muestra cambios estadísticamente significativos, aunque corresponde a conocimientos que se deberían desarrollar justo en el segundo grado de educación secundaria. Es decir, los alumnos, después de trabajar este tema en clase, no responden correctamente el cuestionamiento.

Otros dos ejemplos que vale la pena destacar son Los seres humanos de hoy se desarrollaron a partir de la evolución de otras especies animales y El universo inició con una gran explosión. En el primero, si bien se muestra una diferencia estadísticamente significativa que nos indica que el paso por la secundaria modifica la respuesta a esta pregunta, esta modificación no es positiva, es decir, más del 60% de alumnos de primer grado contestaron

correctamente a esta pregunta, los estudiantes de segundo grado que contestan correctamente no alcanzan el 25% y para tercero apenas se alcanza el 40% de respuestas correctas. Esto indicaría que los alumnos aprenden conceptos erróneos en su paso en la educación secundaria. En el segundo caso, casi el 45% de los alumnos de primer grado contestan correctamente. En segundo grado apenas el 12% contesta correctamente y más del 60% dice no saber. Para terminar en tercer grado con 80% de respuestas correctas. Quizá este comportamiento poco intuitivo se debe a que los estudiantes están desarrollando conocimientos antes de su ingreso al nivel de secundaria o que están aprendiendo en otros espacios que favorecen el aprendizaje que no dependen exactamente del grado escolar.

También es importante mencionar que los términos y conceptos científicos que los alumnos deberían lograr construir o terminar de construir durante su paso por cada uno de los tres grados de secundaria, son insuficientes. Por ejemplo, tomando en cuenta los resultados del primer apartado, donde se hace referencia a términos y conceptos científicos, y el segundo apartado, donde se evidencia la dificultad que presenta la noción de porcentaje, revelando que los alumnos conocen el algoritmo, que representa una división de un entero en partes, de las cuales deben elegir una de las partes, pero les es difícil resolver una situación problema relacionada con este conocimiento. Si se asocian estos resultados con calificaciones, tendríamos calificaciones similares a los reportes de las evaluaciones como PISA, ENLACE y PLANEA, en donde no se rebasa del 5% o 10% los alumnos que obtienen resultados excelentes y que la mayoría se encuentran en la media o debajo de la media.

Por su parte, el apartado tres, requiere que los alumnos no solo utilicen conocimientos específicos relacionados con la generación de energía eléctrica, implica también que utilicen estos conocimientos y los relacionen con el cuidado del medio ambiente y cómo esto impacta el desarrollo de las personas en el ámbito económico, social y de salud. Con base en las respuestas que se analizaron, parece que logran hacer la reflexión general sobre cómo funcionan las distintas alternativas de generación de energía eléctrica y el impacto que tienen sobre el medio ambiente. Aunque dejan de lado que las plantas hidroeléctricas generan un importante daño al inundar grandes extensiones de tierras que antes no tenían agua o bien el impacto ambiental que genera la modificación del cauce y caudal de los ríos. Por otro lado,

consideran que las plantas geotérmicas, que utilizan el calor del interior de la tierra que se traslada a estratos superiores, son contaminantes.

Por último, hay que destacar un caso particular. Las plantas de generación de energía eléctrica utilizando combustible nuclear, que producen energía limpia, que no renovable, y que no se consideran en los libros de texto. ¿Por qué los alumnos tienen la opinión de que son muy contaminantes si las plantas nucleares no generan emisiones a la atmósfera como lo hacen las plantas termoeléctricas y no producen residuos que sean depositados fuera de las centrales de generación eléctrica? Esto se explica, quizá, por la idea, apoyada por algunos grupos y organizaciones no gubernamentales principalmente, de que son peligrosas. Que cuando ocurre algún accidente, como el ocurrido en la planta de Fukushima en Japón o anteriormente en la planta de Chernóbil en Ucrania, los riesgos pueden sobrepasar a los beneficios. Si bien en alguna medida esto es cierto, es un falso debate. La energía nuclear es segura y existe la tecnología y el conocimiento científico suficiente para beneficiarnos de ella sin riesgos para la salud y el medio ambiente, por lo que sería pertinente agregarla al currículo para que las personas puedan opinar de manera informada sobre su uso, riesgos y beneficios.

### **Análisis del plan y programa de ciencias en México. Fundamentos que deben sustentar las actividades prácticas y de experimentación**

Como parte de la fase de análisis, se realizó un estudio detallado sobre los aprendizajes esperados del plan y programa de ciencias y tecnología, con la intención de conocer el grado de congruencia que existe entre la propuesta pedagógica del contenido curricular y su traducción concreta en la definición de aprendizajes esperados. Para identificar los fundamentos que deben sustentar las actividades prácticas y de experimentación se analizaron las finalidades que persiguen los aprendizajes esperados, utilizando la propuesta de Acevedo (2004), con la intención de evaluar si existe coherencia y consistencia entre los propósitos y los aprendizajes esperados, lo que favorecería la alfabetización científica.

En la Tabla 8 se presenta un resumen de los 59 aprendizajes esperados (AE) que componen el currículo de ciencia y tecnología para la educación secundaria y las finalidades que persiguen, agrupados por curso y por eje temático. En donde se observa que un poco más

de la mitad, 33, tienen una finalidad propedéutica. 10 una finalidad útil. Democrática y cultural 8 cada una. En donde la mayoría, 84%, de los AE con finalidades propedéuticas se concentran en los cursos de física y química.

**Tabla 8**  
*Aprendizajes esperados por finalidades de educación*

Finalidades	#	Cursos			Ejes		
		Biología	Física	Química	Materia, energía e interacciones	Sistemas	Diversidad, continuidad y cambio
Propedéutica	33	5	13	15	18	3	12
Útil	10	5	3	2	1	9	0
Democrática	8	1	4	3	4	2	2
Cultural	8	4	3	1	1	0	5

Fuente: Elaboración propia.

En los resultados destaca que, proporcionalmente, el curso de biología es el que integra más AE democráticos, útiles y culturales con 67%. Le sigue física, con 43% y, por último, química con 28%. Haciendo este mismo análisis por ejes temáticos, observamos que el 78% de los AE que componen el eje «Sistemas» corresponden a las finalidades útil, democrática y cultural. Por el contrario, el eje «Materia, energía e interacciones» se compone solamente del 30% y «Diversidad, continuidad y cambio» contiene una proporción del 36% del total.

En la Tabla 9, se presentan los resultados agrupados por temas que componen el currículo en donde claramente los temas relacionados con los sistemas del cuerpo humano y salud están orientados al aprendizaje utilitario. En contraste, los temas relacionados con el tiempo y cambio tienen una clara tendencia hacia el aprendizaje propedéutico. A manera de resumen, se agrega la columna *diferencial* que corresponde al porcentaje de AE útiles, democráticos y culturales que componen ese tema resaltando en color verde los que tienen más de 50%.

**Tabla 9***Aprendizajes esperados por temas y por finalidades de educación.*

	Propedéutica	Útil	Democrática	Cultural	Diferencial
Propiedades	5	0	1	0	16.70%
Interacciones	5	1	0	0	16.70%
Naturaleza macro, micro y submicro	2	0	0	3	60.00%
Fuerzas	2	0	0	0	0.00%
Energía	4	0	3	0	42.90%
Sistema del cuerpo humano y salud	0	9	0	0	100.00%
Ecosistemas	1	0	2	0	66.70%
Sistema Solar	2	0	0	0	0.00%
Biodiversidad	0	0	1	2	100.00%
Tiempo y cambio	9	0	1	3	30.80%
Continuidad y ciclos	3	0	0	0	0.00%

Nota. Destacados en verde los temas que mayoritariamente son útiles, democráticos o culturales.

Fuente: Elaboración propia.

La consistencia entre los aprendizajes esperados y la propuesta curricular de aprendizajes clave muestra una tensión entre el discurso y propósitos del currículo, más orientados hacia la alfabetización científica, y su concreción en la propuesta operativa que se elabora y concreta a través de los aprendizajes esperados. Esta tensión se evidencia con 56% de AE con finalidad propedéutica y el 44% de los AE con finalidad, útil, democrática o cultural. Ya lo advertía Blancas (2017), refiriéndose a los planes y programas anteriores, y



persistente en Aprendizajes Clave, si bien la imagen de la ciencia y tecnología que se encuentra en los fundamentos del currículo es moderna y en la dirección correcta hacia la alfabetización científica, la concreción en sus contenidos y métodos educativos presenta obstáculos dejando algunos pendientes.

Es importante resaltar que la tensión que se observa no resulta igual entre los cursos y los ejes temáticos que articulan el currículo. Para el caso de biología, claramente se ha dado el paso hacia una formación más holística, útil, democrática y ciudadana teniendo sólo uno de cada tres AE con finalidades propedéuticas. Caso contrario con física y química en donde faltan varios pasos para modificar la proporción de un AE propedéutico por cada AE útil, democrático o cultural para física y química tan solo tres AE con finalidad útil, democrática o cultural por siete propedéuticos.

Revisando la composición de AE por ejes, *Materia, energía e interacciones* es por mucho el que contiene mayor cantidad de AE de tipo propedéutico. *Diversidad, continuidad y cambio* está compuesto por seis AE propedéuticos por cada nueve. Por el contrario, *Sistemas* concentra la mayor cantidad de AE de tipo útil, democrático y cultural. Esta situación contrasta con lo que se menciona en el plan y programa, en la descripción de los organizadores curriculares, en donde se destaca, que especialmente, el eje *Materia, energía e interacciones* articula las disciplinas científicas con los contextos cotidianos y sociales.

La descripción que ofrece el currículo sobre el eje *Materia, energía e interacciones* plantea el acercamiento a la noción de materia y las características de los materiales, como los estados de agregación de la materia y su relevancia para las actividades humanas. Aunque pareciera, en esta descripción, que los contenidos se relacionan de manera natural con alguna finalidad democrática, útil o cultural, los fines que predominan en sus AE son propedéuticos, lo que pone el énfasis en los contenidos propios de la disciplina científica dejando a un lado el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes individuales, colectivas y contextuales relacionadas.

Caso similar con el eje *Diversidad, continuidad y cambio* que está relacionado con los procesos naturales que implican cambios y continuidades, los ciclos y la diversidad que generan tanto en los seres vivos como en la materia. Con especial énfasis en la relación de la

biodiversidad y los cambios al medioambiente por procesos naturales y los provocados por el ser humano, valorando las funciones reguladoras para transformar la energía y la materia. En este caso también se hace evidente la dificultad de pasar del énfasis en contenidos especializados de ciencias para dar entrada a una visión democrática y holística que haga evidente la relación orgánica que existe entre la sociedad, los individuos y temas relacionados con la biodiversidad o los cambios medioambientales como el cambio climático, por mencionar algunos.

Por el contrario, el eje *Sistemas* tiene una composición cualitativamente distinta ya que integra la mayor cantidad de AE con una finalidad útil, democrática o cultural. Esto se explica porque está conceptualizado como el espacio en donde los alumnos se estudian a sí mismos, estudian su cuerpo y sus procesos, los sistemas que componen al cuerpo humano, sus órganos, tejidos y células y los problemas de salud asociados a sus fallas. Del mismo modo se atiende la relación entre los humanos y los ecosistemas y la importancia de evitar su deterioro para fortalecer la toma de decisiones responsables para el cuidado de la salud y el medioambiente.

Esta dificultad para trasladar los conceptos y conocimientos científicos a situaciones cercanas y contextualizadas a los alumnos quizá se deba a que los diseñadores curriculares y especialistas que participan en la construcción del currículo valoran más los conocimientos conceptuales, específicos, profundos y detallados de la disciplina y les resulta difícil encontrar las situaciones educativas que permitan integrar conocimientos de física y química en contextos cotidianos y sociales más allá de explicar y reconocer sus teorías fundamentales. Quizá parten de la creencia de que primero hay que conocer los contenidos y, una vez que los dominamos, seremos capaces de *descubrirlos* y, posteriormente, relacionarlos con nuestro entorno para explicarnos los fenómenos naturales o resolver problemas, aunque esto vaya en contra de lo que la investigación didáctica ha mostrado (Gil Pérez y Vilches, 2006) y del propio enfoque pedagógico que el currículo plantea.

Otra explicación plausible es que la física y la química son *difíciles de observar* sin instrumentos y equipo de laboratorio por la naturaleza macro, micro y submicro de sus contenidos, ¿quién puede ver un átomo? ¿quién puede ver un campo electromagnético? En

cambio, en el otro extremo, encontramos el planteamiento curricular de biología que mayoritariamente se sustenta en situaciones cercanas al alumnado y que son de uso cotidiano, imprescindibles para su formación y desarrollo como es todo lo relacionado con la salud sexual, la salud y su relación con la alimentación, o bien, su relación con el medioambiente.

Es importante continuar con el análisis del currículo y sus propósitos y finalidades con la intención de avanzar en el camino de la alfabetización científica. Es una actividad que debe apuntalar los sistemas educativos y las posibles reformas al sistema educativo que se planteen en un futuro. También es cierto, que hasta que esto ocurra, la responsabilidad de la educación de los estudiantes recae en los hombros de los docentes frente a grupo, es por lo que en el siguiente apartado se ofrece una propuesta que pretende apoyar la reconstrucción de los aprendizajes esperados con el objetivo de favorecer la alfabetización científica recuperando los temas y contenidos propuestos en el currículo actual.

***Propuesta para la construcción de aprendizajes esperados que favorezcan la alfabetización científica***

Cualesquiera que sean las razones que expliquen la dificultad para avanzar en el camino de la alfabetización científica, resulta importante proponer algunos fundamentos básicos que sustenten las actividades prácticas y de experimentación dentro del aula. Con esta intención, en los siguientes párrafos se presenta una propuesta sobre cómo abordar el tema *estructura de la materia* con una finalidad educativa democrática desde la perspectiva de la alfabetización científica.

La Tabla 10, presenta los aprendizajes esperados, los subtemas y la intención didáctica que propone el plan y programa de ciencia y tecnología para el tema estructura de la materia. Como se puede observar, está enfocado en los conceptos, teorías y modelos científicos, ciertamente, necesarios para explicar algunos fenómenos de la naturaleza y comprender la estructura interna de la materia y cómo, el calor, se puede modificar su estructura. Desde la óptica científica es un tema y contenidos muy importantes. Desde el

punto de vista de los estudiantes, es un tema y contenidos sin ningún tipo de contexto por lo que resulta poco menos que insustancial.

**Tabla 10**

*Ejemplo de propuesta didáctica del tema estructura de la materia*

Título. Estructura de la materia		
Aprendizaje esperado	Subtemas	Intención didáctica
Describe las características del modelo de partículas y comprende su relevancia para representar la estructura de la materia.	Estados de agregación de la materia	Conocer las características del modelo cinético de partículas, para reconocer su importancia en las explicaciones sobre la estructura de la materia. Comprender y analizar los cambios de estados de agregación y propiedades de la materia a partir del modelo cinético de partículas. Establecer la diferencia entre temperatura y calor e identificar la transferencia de calor y el equilibrio térmico, y que la relacione con la conservación de la energía. Comprender las escalas termométricas.
Explica los estados y cambios de estado de agregación de la materia, con base en el modelo de partículas.		
Interpreta la temperatura y el equilibrio térmico con base en el modelo de partículas		

Fuente: Libro para el maestro (SEP, 2019)

En la Tabla 11, se presenta una alternativa que, teniendo como base el tema y los contenidos propuestos, propone un abordaje distinto, con una finalidad democrática. Desde una óptica social que resulta cercana a los estudiantes, profesores y la comunidad en general.

**Tabla 11**

*Propuesta didáctica del tema estructura de la materia con una finalidad de tipo democrática*

---

Título. Relación de la central nuclear de generación eléctrica Laguna Verde con el medioambiente

---

Aprendizaje esperado	Subtemas	Intención didáctica
Analiza los efectos del sistema de enfriamiento de la central nuclear Laguna Verde sobre el sistema lagunar de Punta Limón en Alto Lucero, Veracruz.	Calentando agua para generar energía eléctrica utilizando vapor.	Describir, utilizando conceptos relacionados con la estructura de la materia, cómo se integra la central nuclear de generación eléctrica Laguna Verde con el medioambiente, valorando los efectos que se producen sobre el sistema lagunar, donde se ubica la central nuclear.

---

Fuente: Elaboración propia.

Metodología para la construcción de aprendizajes esperados que favorezcan la alfabetización científica:

- **Definición de temas y contenidos** que se desean abordar:

Los temas y contenidos fueron seleccionados del currículo propuesto por la SEP (2019).

- **Selección de una situación relevante**, con finalidad democrática, útil o cultural, dentro del contexto de estudiantes y profesores que permita el trabajo de los contenidos.

Desde el inicio de su construcción, en 1977, la central nuclear de generación eléctrica Laguna Verde ha sido parte de un debate sobre su pertinencia, beneficios y riesgos entre diferentes actores de la sociedad, en México y en el estado de Veracruz. El debate entre las personas que carecen de conocimientos científicos y técnicos avanzados sobre centrales nucleares ocurre sin mayores fundamentos, por lo que resulta estéril. Además, el debate es presa de las voces más conspicuas, a favor y en contra, lo que provoca que las personas tomen partido sin que necesariamente entiendan el fondo del debate tomando como base sus creencias y preconcepciones.

- **Revisión de los procesos que intervienen** en la situación seleccionada.

En una central nuclear de generación eléctrica, al igual que en una termoeléctrica, la energía térmica contenida en el vapor de agua se transforma en energía mecánica que hace girar la turbina de un generador eléctrico. Posteriormente, el vapor de agua es enfriado para regresar en estado líquido a la vasija del reactor que almacena el agua para poder continuar el ciclo de generación de vapor.

- **Selección de los procesos a utilizar** que puedan ser explicados desde la teoría y contenidos definidos.

Las teorías de calor y temperatura, transmisión de calor y dilatación de cuerpos pueden ser utilizadas para explicar el proceso por el que el agua se calienta hasta evaporar y la condensación del vapor al enfriarse. Esto sirve como base para revisar la teoría de los estados de agregación de la materia y cómo se producen estos cambios, lo que explicaría los procesos de evaporación y condensación del agua. Por último, los modelos de partículas, modelo cinético de partículas y el movimiento de partículas se pueden utilizar para explicar cómo funciona el sistema de enfriamiento del condensador de vapor que utiliza agua de la laguna como refrigerante.

- **Redacción de la estructura formal del currículo** que guiará la intervención didáctica en función de conocimientos, habilidades y actitudes y valores.

En este último paso es donde se redactan, en función de conocimientos, habilidades y actitudes y valores, los apartados que sean necesarios para cumplir con los requerimientos de forma y estructura del plan y programa, tratando de que sea breve y descriptivo, haciendo énfasis en la situación relevante seleccionada y evitando enfocarse en los contenidos y teorías definidos. En este caso los apartados son aprendizajes esperados, título, subtemas e intención didáctica.

Con esta propuesta de construcción de aprendizajes esperados, se abre la posibilidad para que los estudiantes y profesores puedan tener una opinión fundada en conocimientos científicos que les permita participar del debate sobre la pertinencia, beneficios y riesgos de la central nuclear en sus propios términos, exponiendo sus ideas, compartiendo sus intereses

y preocupaciones. Sin convertirse en expertos, desarrollarán herramientas para participar del diálogo democrático que ocurre en su comunidad.

### **Fase de diseño e implementación**

La presentación de resultados de esta fase incluye lo relacionado con el diseño e implementación de los laboratorios electrónicos, en tanto dispositivos electrónicos, así como el diseño e implementación de las secuencias de enseñanza y aprendizaje utilizadas por las maestras durante sus intervenciones docentes y cubre los objetivos específicos:

- Desarrollar un laboratorio electrónico que permita y facilite el desarrollo de actividades prácticas y de experimentación científica en telesecundarias.
- Diseñar estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en la resolución de problemas utilizando actividades prácticas y de experimentación científica incorporando los laboratorios electrónicos.

### **Diseño de un laboratorio electrónico basado en Raspberry Pi**

Teniendo en cuenta que la indagación y experimentación es la base para lograr mejores resultados en la enseñanza de las ciencias y que existe falta de recursos tanto físicos como materiales y económicos en las escuelas, este trabajo propone una arquitectura general para la construcción de laboratorios electrónicos basada en la utilización de computadoras o dispositivos móviles, conectados a internet. Esta arquitectura consta de un sistema embebido en una Raspberry Pi 4 (8GB). Este servidor facilita el control remoto del laboratorio electrónico y permite ejecutar algunas aplicaciones con las que interactúan los usuarios. El experimento propuesto está equipado con sensores que se pueden consultar de forma remota con una aplicación basada en una página web.

El enfoque didáctico de este trabajo se sirve de experimentos sobre calor, transferencia de calor y temperatura, dentro de un invernadero, adecuados a la educación secundaria en México. Aunque el análisis detallado de los experimentos no es la intención del presente, se da información suficiente para entender el contexto de utilización del laboratorio electrónico.

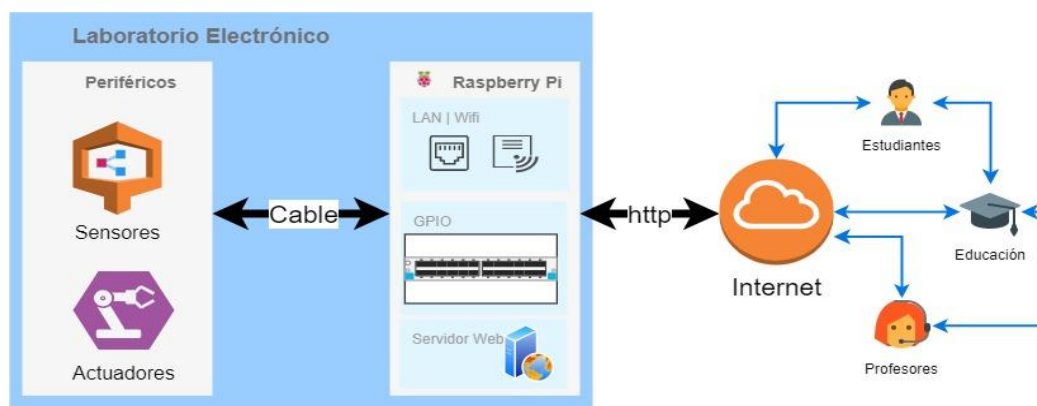
### *Diseño de la arquitectura del laboratorio electrónico*

Este apartado analiza la factibilidad de utilizar la microcomputadora Raspberry Pi, modelo 4 (8Gb), como laboratorio electrónico haciendo uso de sus cualidades tanto de *hardware* como de *software*. En cuanto al *hardware*, esta SBC (*Single Board Computer*) cuenta con múltiples puertos de entrada y salida, lo que permite interconectar gran cantidad de dispositivos periféricos como un ratón (*mouse*), teclado y monitor. El puerto GPIO (*general-purpose input/output*) resulta de interés debido a que permite la conexión y manipulación de múltiples sensores y actuadores fundamentales para el diseño y construcción del laboratorio remoto.

En cuanto al *software*, los dispositivos Raspberry Pi utilizan el sistema operativo Raspberry Pi OS, un derivado del sistema Linux Debian (Raspberry Pi, 2021), lo que permite la ejecución de programas desarrollados en diversos lenguajes de programación como Python, para el manejo de puertos de entrada y salida y PHP, HTML y JavaScript, para la interfaz de usuario.

En la siguiente figura se muestra la configuración general que se propone para el desarrollo del laboratorio electrónico.

**Figura 22**  
*Configuración general de laboratorio electrónico*



Fuente: Elaboración propia.

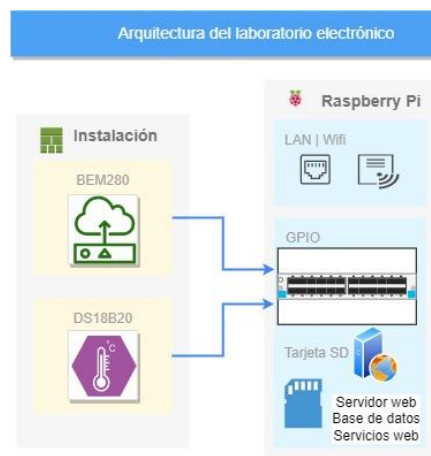


### *Plataforma de hardware*

El módulo experimental se compone de dos bloques. El primero corresponde al conjunto de sensores utilizados en el experimento y el segundo corresponde a la Raspberry Pi. En la Figura 23 se muestra la configuración del laboratorio electrónico.

**Figura 23**

*Arquitectura física de laboratorio electrónico*



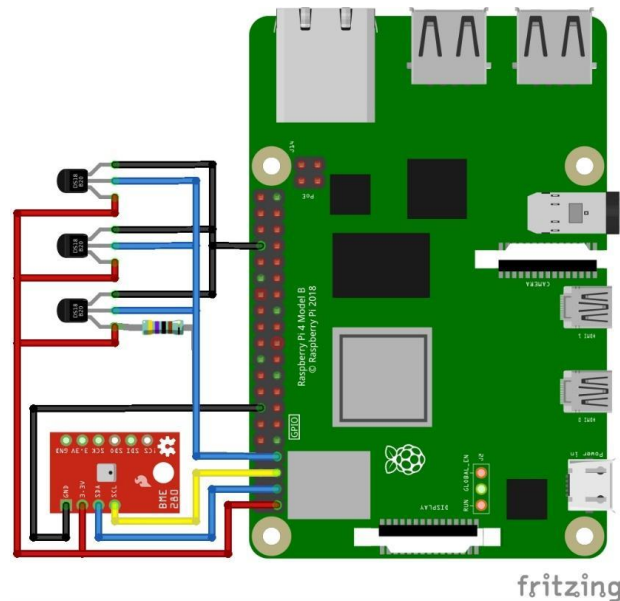
Fuente: Elaboración propia.

Dentro del primer bloque encontramos sensores de temperatura y humedad. El primer sensor, modelo BME280, proporciona temperatura, humedad, presión y altitud. Se conecta al puerto GPIO utilizando el protocolo I2C, de dos cables para comunicación entre dispositivos en donde uno de los cables provee los datos y el segundo la línea de sincronización o reloj (Damien P y Sokolovsky, 2021). El segundo sensor, modelo DS18B20, proporciona temperatura y cuenta con un bulbo protector impermeable que facilita su utilización en exteriores. Este sensor se conecta al puerto GPIO utilizando el protocolo *1 wire*, que es una interfaz que facilita la conexión de varios dispositivos al mismo tiempo proporcionando datos, señalización y alimentación a dispositivos de baja velocidad a través de un solo conductor.

En el segundo bloque, la Raspberry Pi 4 cuenta con un procesador Arm Cortex-A72 de cuatro núcleos, 8 GB de RAM, puerto Ethernet, puertos USB, GPIO de 40 pines, wifi y Bluetooth. Almacenamiento de datos en tarjeta microSD de 128GB, puertos HDMI y sistema operativo GNU-Linux. La configuración de hardware se muestra en la siguiente imagen.

### **Figura 24**

*Configuración física del laboratorio electrónico*



Fuente: Elaboración propia.

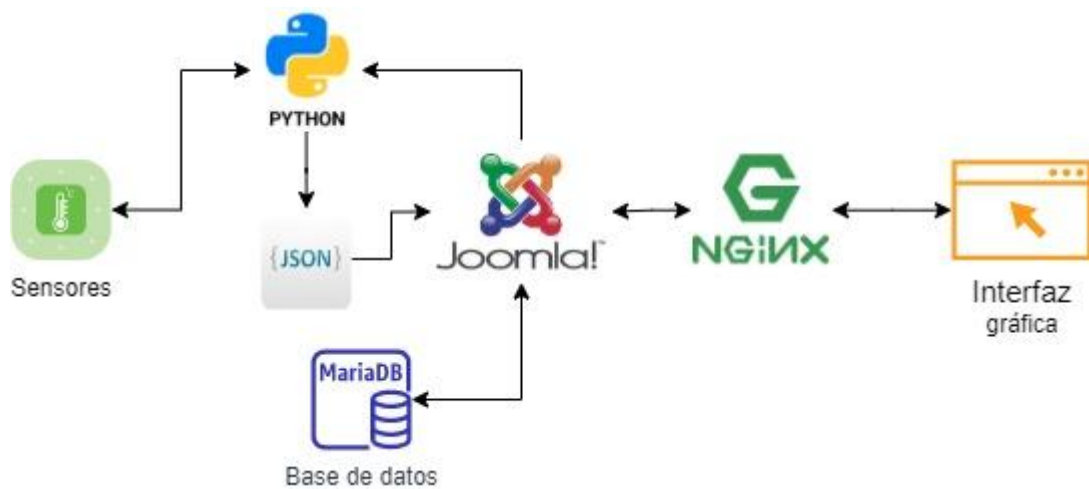
### *Plataforma de software*

A nivel lógico, se instalaron todos los programas y servicios necesarios para la gestión y administración del experimento. Para dotar de acceso remoto al dispositivo se utiliza el protocolo de comunicación http y el servidor web NGINX (*engine x*, en inglés). La interfaz gráfica fue desarrollada sobre el CMS (*Content Management System*) Joomla, el cual permite construir sitios web y potentes aplicaciones en línea siendo muy flexible, personalizable y seguro.

El motor de base de datos utilizado es MariaDB. Aquí se almacena la información de la interfaz gráfica y los datos que entregan los sensores. Para la recolección de los datos de

los sensores, se desarrolló un conjunto sencillo de servicios web sobre el *framework* CherryPy (Python), que permite crear aplicaciones web con un código fuente pequeño y eficiente. Estos servicios web entregan la información en formato JSON (*JavaScript Object Notation*) listos para ser consumidos por la interfaz gráfica y para ser almacenados en la base de datos. En la siguiente figura se observa un diagrama que sintetiza el nivel lógico del laboratorio electrónico.

**Figura 25**  
*Diagrama lógico del laboratorio electrónico*



Fuente: Elaboración propia.

Por último, es importante señalar que el laboratorio electrónico se conecta a internet a través de una red privada virtual (VPN), lo que genera una conexión virtual entre el usuario y el laboratorio electrónico, enrutada a través de internet, ofreciendo seguridad en la conexión, al no exponer los puntos de acceso reales entre los usuarios, además de permitir el acceso remoto sin necesidad de configuración especial o una dirección IP fija. La VPN utilizada fue proporcionada por dataplicity.com, que permite el control y acceso a la Raspberry Pi desde cualquier dispositivo conectado a internet.

### *Ejemplo y discusión de aplicación*

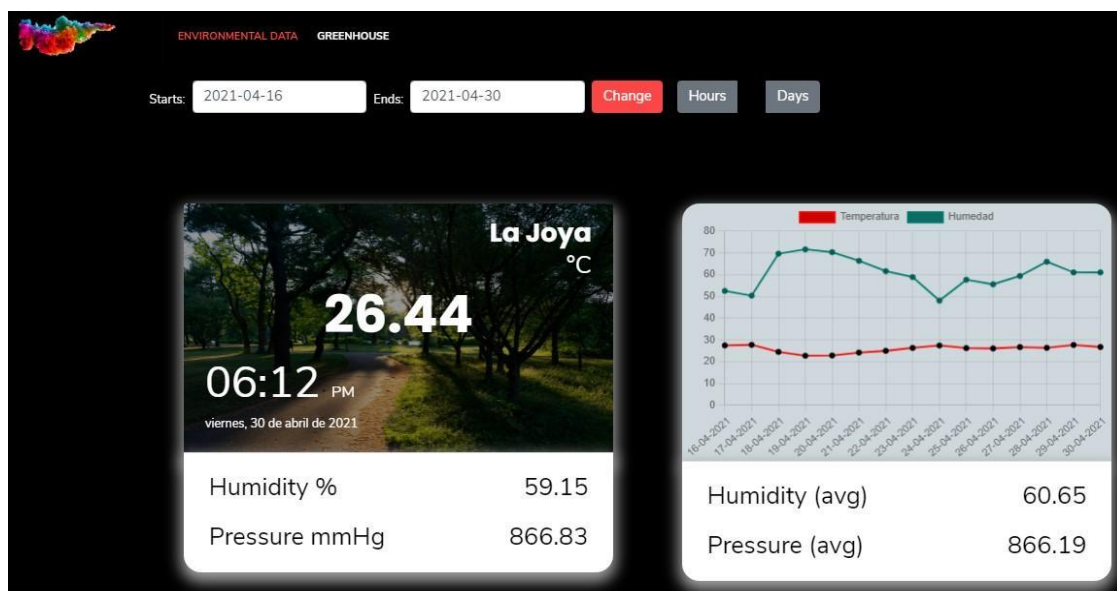
Este apartado explica el acceso y el funcionamiento del laboratorio remoto y el experimento propuesto, sobre el efecto invernadero, para estudiantes de educación secundaria.

Cuando hablamos de efecto invernadero, nos referimos a un fenómeno natural el cual implica que algunos gases, que se encuentran presentes en la atmósfera del planeta, ayudan a retener parte de la radiación térmica emitida por la superficie de la tierra después de ser calentada por el sol. Para ejemplificar esto, se utiliza un invernadero sencillo que consiste en un lugar cerrado, con acceso limitado, que generalmente está destinado al cultivo de plantas y hortalizas con la finalidad de protegerlas del frío en ciertas épocas del año y para mantener algunos factores ambientales más controlados como temperatura y humedad.

La siguiente Figura 26 muestra la página web que se presenta al momento de ingresar al experimento. Es importante destacar que debido a que este experimento no proporciona acciones de control, el laboratorio electrónico puede gestionar múltiples conexiones concurrentes sin colisiones de usuario.

**Figura 26**

*Página web sensor BME280 con datos de presión y humedad*



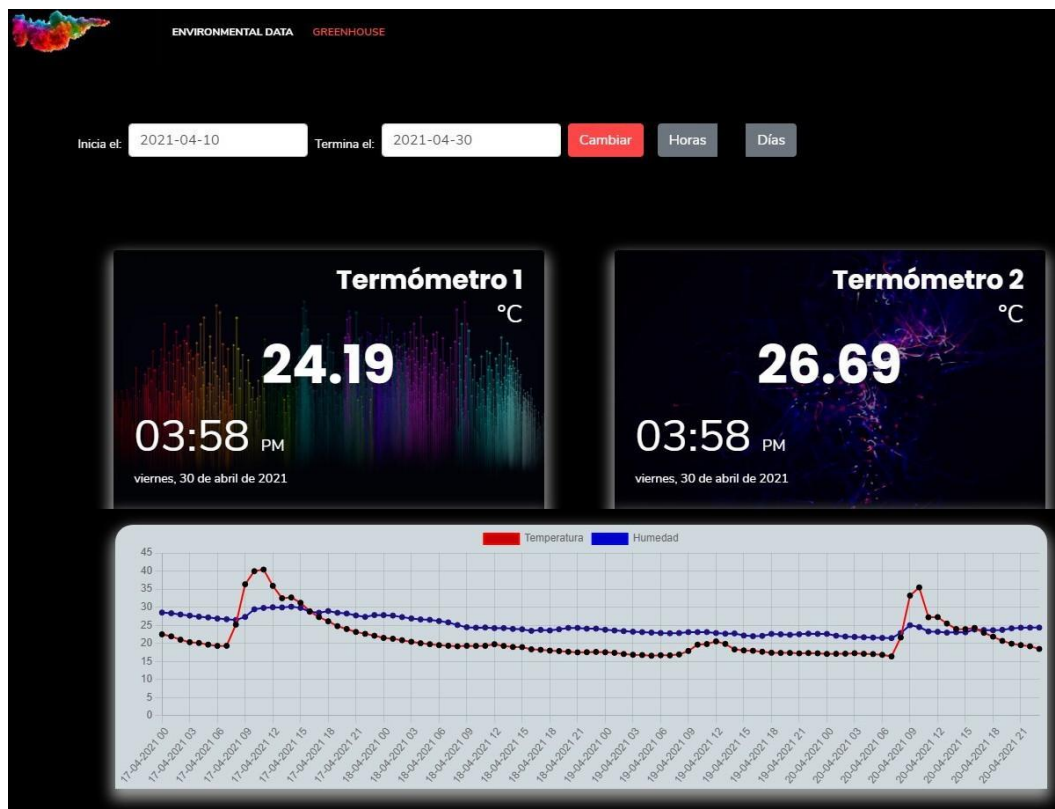
Fuente: Elaboración propia.

Esta figura muestra información del sensor BME280 en tiempo real y un gráfico con los datos históricos almacenados en la base de datos. En la parte superior, los usuarios cuentan con opciones para modificar las fechas de inicio y fin, así como la opción de modificar la vista de la gráfica para mostrar los datos por horas o por días.

En el menú superior, el usuario puede navegar a la siguiente página web que muestra los datos que se están generando en tiempo real por los sensores DS18B20 y gráficos con datos históricos, ver Figura 27, con la intención de motivar la observación y reflexión sobre qué ocurre con la temperatura adentro y afuera del invernadero facilitando la comparación de las mediciones.

**Figura 27**

*Página web sensores DS18B20 con datos de temperatura*



Fuente: Elaboración propia.

La última figura, Figura 28, muestra una fotografía del hardware, circuitería y cableado que utiliza el laboratorio remoto.

**Figura 28**

*Hardware, circuitería y cableado del laboratorio electrónico*



Fuente: Elaboración propia.

**Evaluando primera intervención docente usando laboratorios electrónicos**

Los resultados obtenidos después de la primera intervención docente que hizo uso del laboratorio electrónico como parte fundamental de su material didáctico para la enseñanza de las ciencias, se muestran organizados en la Tabla 11. En esta tabla se observan las diferencias entre las calificaciones que obtuvo cada estudiante entre el pretest y el postest. A estos datos se les aplicó la prueba de Shapiro – Wilk ( $p < 0.05$ ) para determinar si su distribución era normal.

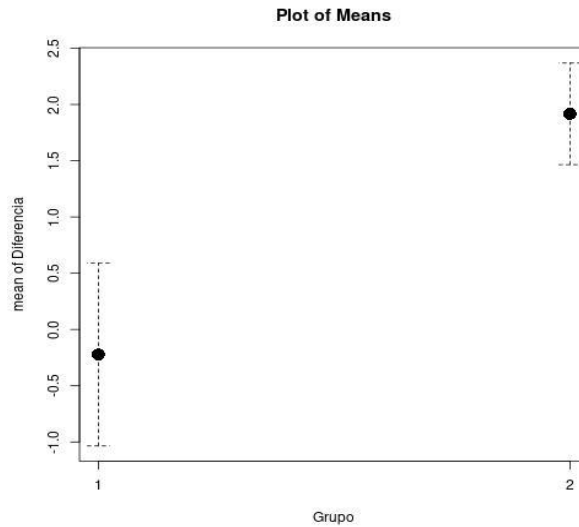
**Tabla 12**  
*Diferencias de calificaciones por estudiante*

Grupo 1				Grupo 2			
Estudiante	Calificación Pre-test	Calificación Post-test	Delta	Estudiante	Calificación Pre-test	Calificación Post-test	Delta
1	3	4	1	1	3	5	2
2	2	4	2	2	4	7	3
3	4	5	1	3	5	4	-1
4	4	8	4	4	7	8	1
5	6	5	-1	5	7	8	1
6	6	2	-4	6	3	6	3
7	3	1	-2	7	1	6	5
8	8	6	-2	8	4	7	3
9	5	4	-1	9	6	7	1
				10	7	8	1
				11	2	5	3
				12	6	7	1

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, se procedió a realizar una prueba T de student, sin asumir igualdad de varianzas, con la intención de determinar si existe una diferencia significativa en la media de las diferencias de calificación pretest – posttest (delta) para ambos grupos ( $p < 0.05$ ). Para este caso se encontró una diferencia estadísticamente significativa  $p = 0.01944$ . Esto se observa claramente en la figura 22.

**Figura 29**  
*Medias de las diferencias de calificaciones*



Nota. Las barras de error indican el error estándar.

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados del análisis estadístico de prueba de hipótesis, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Esto permite afirmar que el grupo que utilizó los laboratorios remotos, como parte de su material didáctico, mejoró su rendimiento académico, medido entre pretest – postest, en comparación con el grupo que no lo utilizó.

Los resultados del análisis cualitativo se muestran en la Tabla 12, secuencias de enseñanza y aprendizaje utilizadas, y la Figura 30 y Figura 31 que muestran las evidencias de aprendizaje que se recolectaron de los dos grupos.



**Tabla 13**  
*Secuencias de enseñanza aprendizaje utilizadas*

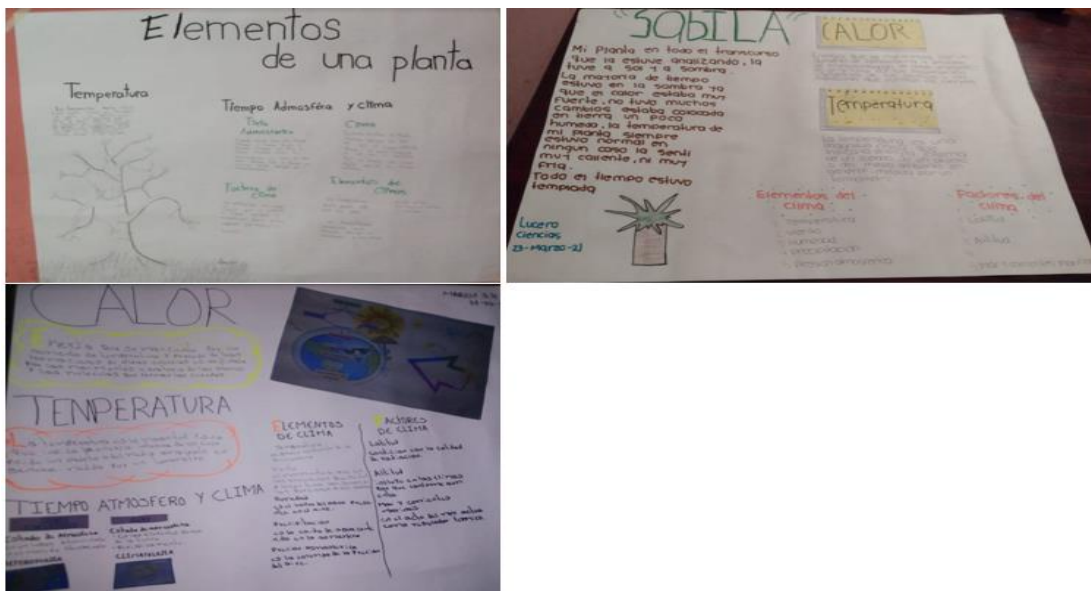
<b>Proyecto “Cambio climático en mi localidad”</b>				
<b>Grupo 1</b>			<b>Grupo 2</b>	
Proyecto	Durante tres días observa los cambios que se producen en una planta de tu huerto familiar. Utiliza un diario para anotar las observaciones realizadas agregando imágenes.		Durante tres días observa los cambios en temperatura, humedad y presión que se producen dentro y fuera de un invernadero. Utiliza un diario para anotar las observaciones realizadas con énfasis en la evolución de la temperatura, humedad y presión, a lo largo del día, relacionando las condiciones climáticas.	
<b>Actividades</b>	<b>Detalles</b>	<b>Evidencias</b>	<b>Detalles</b>	<b>Evidencia</b>
¿Cómo producir calor?	Explicación con diapositivas	Notas en cuaderno de trabajo	Explicación en vivo utilizando el laboratorio remoto	Experimento con globos y fuego
	Revisión de video en YouTube Diferencia entre temperatura y calor	Cuadro comparativo	Diferencia entre temperatura y calor	Informe y socialización de resultados
Factores y elementos del clima	Revisión de video en clase	Mapa mental	Revisión de datos almacenados en el laboratorio remoto	
	Factores y elementos del clima Observación de una planta	Responder preguntas propuestas Cuadro comparativo sobre los climas de diferentes localidades	Factores y elementos del clima Observación de planta	Responder preguntas propuestas Cuadro comparativo sobre los climas de diferentes localidades
Evidencia final	Elaboración de cartel sobre el calor como una energía que incide en el cambio climático de su localidad.		Elaboración de un termómetro casero explicando cómo la energía calorífica incide en él. Explicar con esto el cambio climático de su localidad	

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 13 se puede observar cómo la integración de los laboratorios electrónicos propició no solo el enriquecimiento o mejora de las actividades que se tenían planeadas para el grupo 1, sino que propició un cambio en las propias actividades y evidencias que solicitaba la maestra titular. Pasó de una clase enfocada en conceptos y demostración de aprendizajes logrados por memorización a una clase principalmente experimental, en donde el foco estaba puesto en la demostración de conceptos y su utilización para explicar fenómenos naturales.

A manera de ejemplo, basta observar los cambios entre las actividades y evidencias de aprendizaje que se requieren en el apartado “¿Cómo producir calor?” (Ver Tabla 13). Mientras el grupo 1, a partir de un video de YouTube, tiene que crear un cuadro comparativo, el grupo 2 pone a prueba estos conocimientos en un experimento, que resulta mucho más divertido que la creación de un cuadro comparativo. Al terminar, realizan un informe de prácticas que es socializado entre todos los integrantes del grupo, lo que permite la obtención de conclusiones generales además de integrar las experiencias nuevas a sus conocimientos previos.

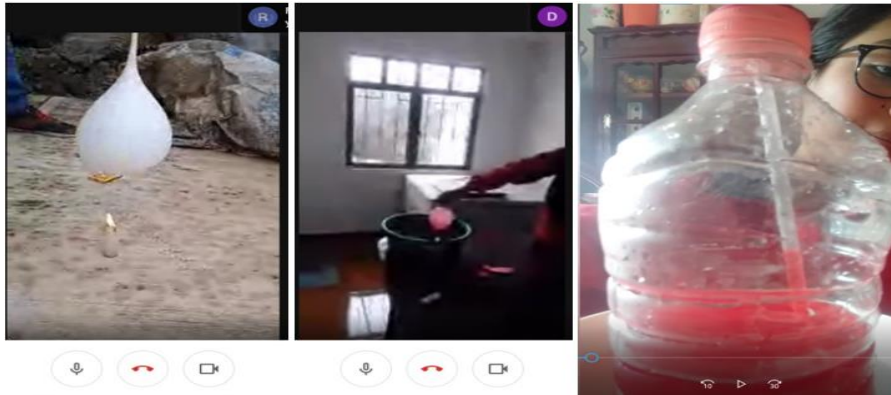
**Figura 30**  
*Evidencias de trabajo grupo 1*



Fuente: Archivo del investigador

### **Figura 31**

*Evidencias de trabajo grupo 2*



Fuente: Archivo del investigador

Los cambios que se observan en el desarrollo de la alfabetización científica de los estudiantes, evaluada a través de cuestionarios y corroborada con las evidencias de aprendizaje recolectadas, concuerdan con el soporte teórico que se menciona en párrafos anteriores respecto a que el material didáctico basado en tecnología facilita el desarrollo de habilidades a través de la exploración y la solución de problemas del mundo real y logra estimular los sentidos de los estudiantes favoreciendo la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes y valores.

### **Fase de evaluación**

En este apartado se documenta el proceso de diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje que aplica el modelo de enseñanza 5E y basa sus experiencias de experimentación en laboratorios electrónicos para el tratamiento de los conceptos de calor y temperatura. La secuencia fundamenta sus bases teóricas en las concepciones alternativas más comunes por parte del alumnado, las cinco etapas del modelo 5E y el enfoque pedagógico para la enseñanza de las ciencias vigente en México.

Con esto se cubre el último objetivo específico:

- Evaluar el impacto de las estrategias de enseñanza y aprendizaje en la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes con respecto de las ciencias de los alumnos de telesecundarias.

### **Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje**

Como ya se mencionó, las secuencias de enseñanza y aprendizaje sirven para organizar las intervenciones docentes frente a grupo y son una actividad que los docentes realizan de forma permanente. Sin embargo, los marcos teóricos o metodológicos para construir estos planes de clase son escasos y en ocasiones insuficientes. En este apartado se analiza, evalúa y se proponen mejoras a una SEA para la enseñanza de temas relacionados con termodinámica, calor y temperatura y termina con una serie de principios de diseño que pueden ser retomados por otros docentes para construir sus propios planes de clase

#### ***Concepciones alternativas***

A partir del análisis del pretest que se administró a los estudiantes que participan del estudio, se sabe que más de la mitad de los alumnos tanto del grupo 1 como del grupo 2 reconocen que se consigue congelar agua, cubos de hielo, con temperaturas bajas cercanas al punto de congelación del agua y que este punto se encuentra en cero grados o por debajo de eso (sin considerar presión atmosférica y otros factores que podrían modificar el punto de congelación del agua). Sin embargo, se observa que emerge la idea errónea de que la temperatura es una propiedad de los objetos (revisar Barragán y Hernández, 2010) y que depende del tamaño o masa, en este caso de la cantidad de agua a congelar. También se observa una mayoría de estudiantes que supone que, aunque dos cuerpos estén a la misma temperatura dentro de un refrigerador, uno de aluminio y otro de plástico, la temperatura interior del objeto de aluminio será menor que la temperatura del objeto de plástico confiriéndole un mayor *poder de frio* al metal en comparación con el plástico.

Sobre el concepto de calor, como una transferencia de energía que ocurre cuando dos objetos, a diferentes temperaturas, entran en contacto, se pone de manifiesto que se concibe a la energía calorífica como la energía que tiene un cuerpo o como sinónimo de temperatura

alta (como menciona Ruiz Macías et al., 2003), siendo la respuesta incorrecta más frecuente la que menciona que la temperatura se traslada de un cuerpo a otro, otras que el frío es el que se traslada entre objetos y, en menor medida, que el enfriamiento ocurre de manera natural.

**Tabla 14**

*Porcentaje de respuestas correctas en la evaluación previa o pre-test*

Pregunta	Grupo 1	Grupo 2
¿Cuál es la temperatura más probable de los cubos de hielo que se encuentran en el congelador del refrigerador de tu casa?	58%	86%
Imagina que tienes una lata de refresco y una botella de plástico de 600ml del mismo refresco en el refrigerador. Ambos refrescos permanecieron dentro del refrigerador durante toda la noche. Por la mañana sacas los dos refrescos y rápidamente mides la temperatura del refresco en lata utilizando un termómetro que introduces en el líquido. La temperatura es de $7^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál será la temperatura más probable del refresco en la botella de plástico?	50%	14%
Después de cocer unos huevos en agua hirviendo, los enfrías poniéndolos en un recipiente de agua fría. ¿Cuál de los siguientes procesos explica mejor el enfriamiento?	50%	58%
¿Cuál de las siguientes afirmaciones te parece más adecuada?	75%	57%
El calor es ...	8%	0%

Nota. En los anexos se encuentra completo el instrumento utilizado

Fuente: Elaboración propia

### ***Modificaciones de la SEA***

A partir de los datos obtenidos en las aplicaciones de la SEA, tanto cualitativos como cuantitativos se propusieron cambios de una aplicación a otra. En la siguiente tabla se hace un resumen de los cambios relacionados con la organización de actividades, dificultad percibida tanto por docentes como por estudiantes y la efectividad en la formación de conceptos científicos coherentes y consistentes del prototipo 1.

**Tabla 15***Modificaciones realizadas al prototipo 1.*

Prototipo 1	
Áreas de mejora	Propuestas de cambio
El concepto de hipótesis resulta desconocido para los estudiantes.	-Explicación breve ¿Qué es y para qué utiliza una hipótesis?
Comprensión deficiente sobre la finalidad de dibujos representativos.	-Mostrar dibujos similares como modelo. -Discutir en equipos lo que se representará en el dibujo.
Problemas con el tiempo. Los alumnos hacían preguntas involucrados en el tema. Se requerían 10 a 20 minutos más	-Reestructura de actividades para optimizar el tiempo para permitir mayor discusión de ideas en clase.
Conocimientos previos deficientes que retrasaban el avance general del grupo.	-Revisión sencilla de conocimientos previos necesarios.

Fuente: Elaboración propia.

Como parte de los resultados obtenidos después de la aplicación inicial y de la entrevista informal realizada con la docente tutor del grupo se proponen cambios dirigidos principalmente a la comprensión, por parte de los estudiantes, de la importancia y función de las hipótesis en las ciencias y de la importancia y construcción de los dibujos representativos como una estrategia de aprendizaje. También se destaca que en las sesiones que se basan en la realización de experimentos los alumnos presentan una actitud más cooperativa hacia el trabajo logrando una mejor comprensión de los contenidos trabajados. En la tabla siguiente se integra un resumen de los cambios propuestos para el prototipo 2.

**Tabla 16***Modificaciones realizadas al prototipo 2.*

Prototipo 2	
Áreas de mejora	Propuestas de cambio
Problemas de tiempo por la cantidad de actividades.	-Realizar más actividades en plenaria o equipos.
El concepto de hipótesis resulta difícil para los estudiantes. Falta de oportunidades para proponer hipótesis.	-Se agrega una sesión previa en donde se explique qué es una hipótesis y se observen diferentes ejemplos de uso y aplicación.
Problemas para elaborar dibujo representativo por falta de comprensión de qué se espera que hagan.	-Se agrega a la sesión previa explicación sobre qué se espera de los dibujos representativos. -Exposición amplia de dibujos que representan procesos de la naturaleza. -Oportunidad de representar procesos con dibujos sencillos.
Escasa reflexión por falta de tiempo al realizar dibujos representativos.	-Terminar los dibujos como tarea. -Revisar los dibujos como conocimientos previos al inicio de la siguiente sesión.
-Pérdida de atención y motivación por videos largos (14 minutos)	-Sustitución de videos <i>largos</i> por videos de no más de cinco minutos.
- Deficiencias técnicas de audio y video impidieron la comprensión del contenido del video.	-En video largo se hacen pausas (para lograr secciones de no más de 5 min.) para reflexionar en grupo el contenido del video.

Fuente: Elaboración propia.

Para una mejor comprensión del impacto que se logra con los cambios cualitativos de la SEA que se mencionan en las tablas anteriores se muestran un par de ejemplos de cómo,

estos cambios, provocaron cambios significativos en las evidencias de aprendizaje entregadas por los estudiantes. En las Tablas 17 y 18 se muestran dos ejemplos sobre la evolución que tuvieron los dibujos representativos y del planteamiento de hipótesis realizados por los alumnos.

**Tabla 17**  
*Impacto de las modificaciones a los prototipos en los dibujos representativos*

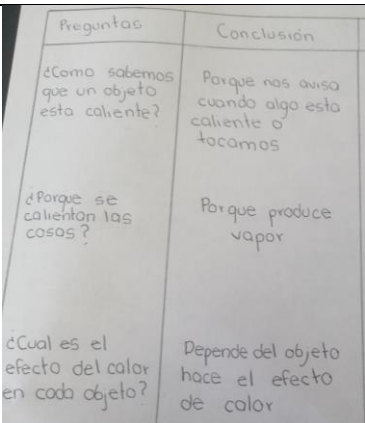
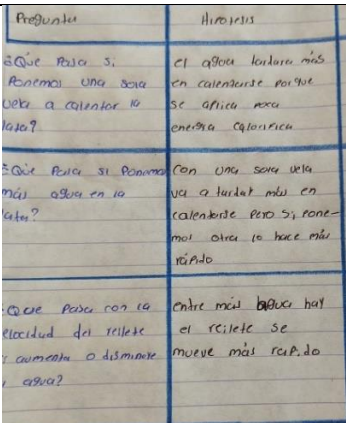
Prototipo 1	
	
Prototipo 2	
	

Fuente: Archivo del investigador



**Tabla 18**

*Impacto de las modificaciones a los prototipos en las hipótesis de los estudiantes*

Prototipo 1	Prototipo 2																
 <table border="1"><thead><tr><th>Preguntas</th><th>Conclusión</th></tr></thead><tbody><tr><td>¿Cómo sabemos que un objeto está caliente?</td><td>Porque nos avisa cuando algo está caliente o tocamos</td></tr><tr><td>¿Porque se calientan las cosas?</td><td>Porque produce vapor</td></tr><tr><td>¿Cual es el efecto del calor en cada objeto?</td><td>Depende del objeto hace el efecto de calor</td></tr></tbody></table>	Preguntas	Conclusión	¿Cómo sabemos que un objeto está caliente?	Porque nos avisa cuando algo está caliente o tocamos	¿Porque se calientan las cosas?	Porque produce vapor	¿Cual es el efecto del calor en cada objeto?	Depende del objeto hace el efecto de calor	 <table border="1"><thead><tr><th>Preguntas</th><th>Hipótesis</th></tr></thead><tbody><tr><td>¿Que pasa si ponemos una taza de agua a calentar lo hace más caliente?</td><td>El agua hervirá más en calentarse porque se aplica esa energía calorífica</td></tr><tr><td>¿Que pasa si ponemos más agua en la taza?</td><td>Con una same vela va a hervir más en calentarse pero si ponemos otra se hace más rápido</td></tr><tr><td>¿Que pasa con la velocidad del resaca o dismate o agua?</td><td>Entre más agua hay el resaca se mueve más rápido</td></tr></tbody></table>	Preguntas	Hipótesis	¿Que pasa si ponemos una taza de agua a calentar lo hace más caliente?	El agua hervirá más en calentarse porque se aplica esa energía calorífica	¿Que pasa si ponemos más agua en la taza?	Con una same vela va a hervir más en calentarse pero si ponemos otra se hace más rápido	¿Que pasa con la velocidad del resaca o dismate o agua?	Entre más agua hay el resaca se mueve más rápido
Preguntas	Conclusión																
¿Cómo sabemos que un objeto está caliente?	Porque nos avisa cuando algo está caliente o tocamos																
¿Porque se calientan las cosas?	Porque produce vapor																
¿Cual es el efecto del calor en cada objeto?	Depende del objeto hace el efecto de calor																
Preguntas	Hipótesis																
¿Que pasa si ponemos una taza de agua a calentar lo hace más caliente?	El agua hervirá más en calentarse porque se aplica esa energía calorífica																
¿Que pasa si ponemos más agua en la taza?	Con una same vela va a hervir más en calentarse pero si ponemos otra se hace más rápido																
¿Que pasa con la velocidad del resaca o dismate o agua?	Entre más agua hay el resaca se mueve más rápido																

Fuente: Archivo del investigador

### ***Evaluación de lo aprendido por el alumnado***

Para el tratamiento y análisis de los resultados cuantitativos, se analizaron los datos obtenidos de las evaluaciones pre-test/post-test como un factor de medidas repetidas intra-sujetos, debido a que los mismos estudiantes participan de todas las condiciones del estudio, mientras que la utilización de prototipo 1 y prototipo 2 fue considerada como factor inter-sujetos.

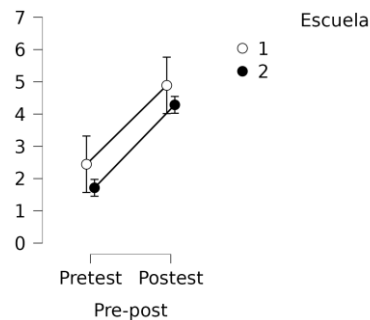
El primero paso de este análisis consistió en corroborar los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk ( $p=0.087$ ) y Levene ( $p=0.890$ ). Debido a que no se cumplen con los criterios de normalidad, se utiliza la ANOVA de dos factores para procesar los datos, ver Tabla 19.

**Tabla 19***Efectos de las intervenciones utilizando los prototipos 1 y 2 de la SEA*

Intra-sujetos		Inter-sujetos	
Casos	Valor p	Casos	Valor p
Pretest – posttest (estudiantes)	0.004	Prototipo	0.309
Pretest – posttest (prototipo)	0.931		

Fuente: Elaboración propia

De este análisis se destaca el efecto estadísticamente significativo ( $p=0.004$ ) para el factor intra-sujetos. Esto es evidencia de que los estudiantes muestran una mejoría en sus evaluaciones posttest con respecto al pretest, en ambos grupos, lo que es un indicativo de que mejoraron sus conocimientos sobre calor y temperatura comparativamente entre la evaluación inicial y la evaluación final (ver Figura 32).

**Figura 32***Efectos entre la evaluación inicial y evaluación final*

Fuente: Elaboración propia

Para el factor inter-sujetos, no se encontró un efecto significativo cuando se considera el prototipo utilizado ( $p=0.309$ ) ni para la interacción entre ambos factores ( $p=0.931$ ). Esto indica que, en alguna medida, el éxito de una intervención docente no depende tanto de la calidad en el diseño de la SEA que se utilice, mientras tenga un planteamiento coherente y consistente, sino de la habilidad y experiencia de las maestras frente a grupo para trabajar los

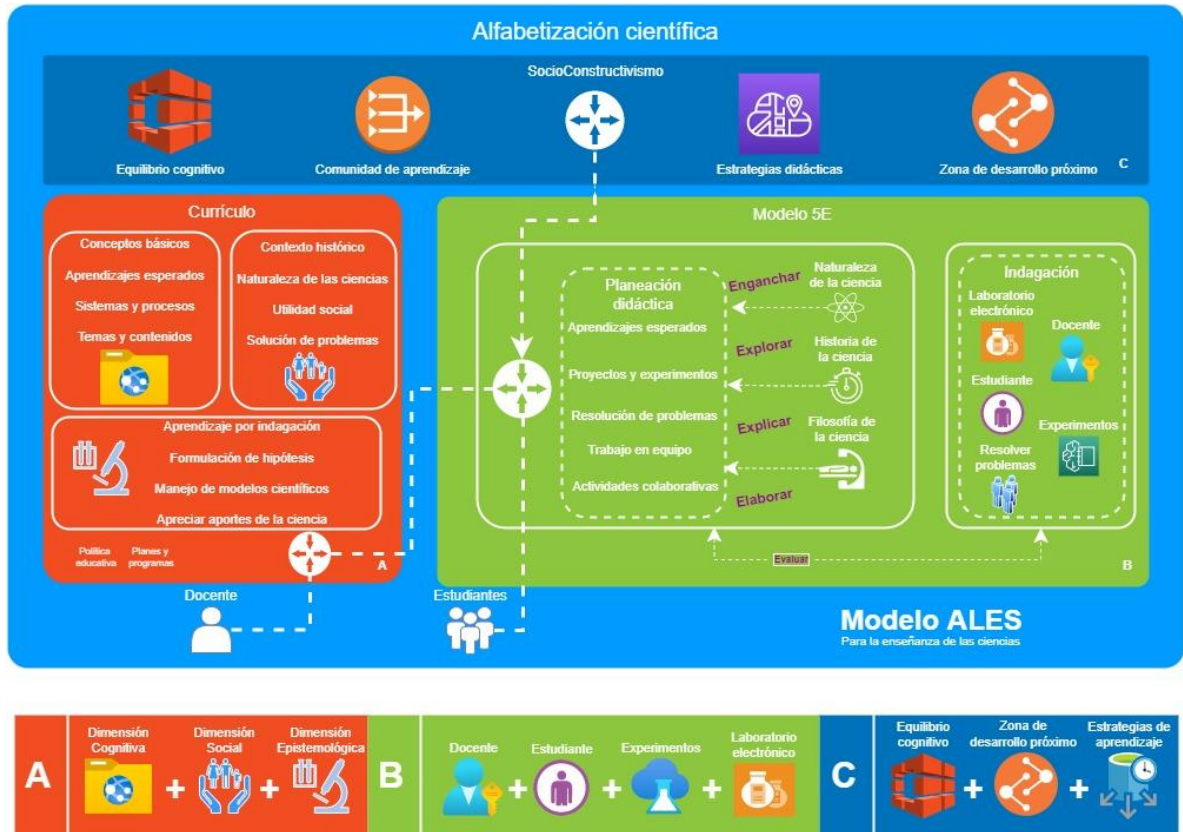
temas de calor y temperatura y solventar problemas y adaptarse a las necesidades de los estudiantes para lograr los objetivos de aprendizaje planteados. Es muy importante tener esto en cuenta durante la construcción de las SEA con la intención de integrar la experiencia de los docentes frente a grupo en el proceso de diseño lo que permitirá desarrollar prototipos más potentes para situaciones y contextos determinados.

### **Modelo ALES para la enseñanza de las ciencias**

En México, para los años 2022 y 2023 se espera tener construido un nuevo plan y programas de estudio tanto para educación básica como para educación normal. Como ha ocurrido en otros momentos, esta propuesta curricular no está exenta de críticas (Mancera Corcuera, 2022; Montero, 2022) y es susceptible de cambios que permitan comprender las deficiencias del enfoque tradicional para permitir la asimilación de un nuevo modelo (Castro García et al., 2012) moderno encaminado a lograr mejores resultados en cuanto a la enseñanza de la ciencia y su aporte a la alfabetización científica de los estudiantes.

En este sentido y reconociendo que la responsabilidad de la educación es compartida por todos los actores educativos, es que se propone el modelo ALES para la enseñanza de las ciencias. Este modelo relaciona los conceptos de Alfabetización científica, Socioconstructivismo, el Modelo didáctico 5E y el uso de Laboratorios electrónicos con el propósito de mejorar los conocimientos, habilidades y actitudes de los estudiantes.

**Figura 33**  
*Modelo ALES para la enseñanza de las ciencias*



Fuente: Elaboración propia

El modelo ALES (acrónimo de Alfabetización científica, Laboratorios, modelo 5E y Socioconstructivismo) toma como meta la alfabetización científica de los estudiantes. Para lograr esto, se fundamenta en la teoría de aprendizaje socioconstructivista, haciendo eco del amplio consenso que existe entre las investigaciones en didáctica de la ciencia sobre las ventajas y resultados que se obtienen utilizando esta orientación social constructiva (Castro García et al., 2012; Chacón-Ramírez et al., 2016; Chade Vergara, 2014; Furió y Furió, 2009; Novak, 2006; Pérez y Alís, 1999; Serrano y Pons, 2011) para mejorar la enseñanza de las ciencias. En particular, destaca la importancia del equilibrio cognitivo y la zona de desarrollo próximo para evolucionar los conceptos científicos enseñados, reconectando estos con las

complejas relaciones que tienen con la sociedad y los avances de la tecnología (Chade Vergara, 2014).

Aunque los conceptos, temas y contenidos a aprender, están definidos y organizados por el currículo oficial y son la principal fuente de información utilizada por los docentes en las escuelas, se conoce que en ocasiones contienen tergiversaciones o errores conceptuales (Chade Vergara, 2014) y hay inconsistencias entre los hechos o fenómenos naturales, las ideas que los representan y las palabras que se utilizan para explicarlo (Slisko, 2005). Es aquí donde el modelo 5E puede ayudar a solventar esta situación ya que es una herramienta que ayuda a organizar las sesiones de clase de tal manera que los estudiantes puedan interactuar con eventos o fenómenos de la naturaleza de manera reiterada, con la intención de explorarlos, experimentarlos y extenderlos a otras situaciones. Esto provee una organización flexible de las actividades en clase, con múltiples momentos en los que, a través de la indagación, se consigue aclarar las imprecisiones e inconsistencias que se puedan encontrar en los contenidos del currículo. Además, sus diferentes fases están organizadas pensando en los procesos de equilibrio cognitivo y la zona de desarrollo próximo, lo que coincide con una visión socioconstructivista de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

También la experimentación e indagación escolar facilitan la comprensión de las ciencias y su naturaleza, lo que constituye un componente importante de la alfabetización científica (Acevedo-Díaz et al., 2017). Si, además, esta experimentación e indagación incluye una perspectiva histórica, contextual, social, cultural, de forma que emerjan aspectos del complejo proceso de evolución del conocimiento científico y su relación con otras áreas como la tecnología y la sociedad, puede constituir un motivador para el aprendizaje de las ciencias y superar visiones erróneas (Castro García et al., 2012). Es entonces que, para favorecer las actividades de experimentación escolar, se propone el uso de laboratorios electrónicos basados en computadoras de placa única, con los cuales no se pretende sustituir la infraestructura científica que deberían de tener las escuelas, su propósito principal es el de proveer de la infraestructura mínima para la experimentación en escuelas que por cualquier razón no cuentan con un laboratorio físico equipado suficientemente.

Por último, la evaluación de los aprendizajes es fundamental tanto en el proceso de construcción de conocimientos como a nivel administrativo en las escuelas. Si consideramos que el aprendizaje es el resultado de un proceso constructivo que añade significado a los conocimientos previos y crea nuevos conocimientos entonces esto requiere que la evaluación se centre en las evidencias sobre los procesos que sirven para elaborar los conocimientos. En otras palabras, para que la evaluación apoye el aprendizaje, tiene que privilegiar las evidencias que demuestren la comprensión de los estudiantes en contraposición a la simple memorización. Es decir, los conceptos y conocimientos específicos de ciencias deben formar parte de los procesos de indagación que lleven a cabo los estudiantes para la solución de problemas o la explicación de fenómenos naturales y son estos procesos los que deben participar de la evaluación que hagan los docentes.

Aunado a lo anterior, el sistema de evaluación que se utilice debe considerar la enseñanza, las actividades y los objetivos de aprendizaje previamente definidos de manera que cada uno de estos componentes sirvan como apoyo para el aprendizaje de los estudiantes (Biggs, 2004). Esto implica que la enseñanza siempre debe considerar la evaluación, con la intención de que las propias actividades desarrolladas sirvan de evidencia del desarrollo de los aprendizajes de los estudiantes.

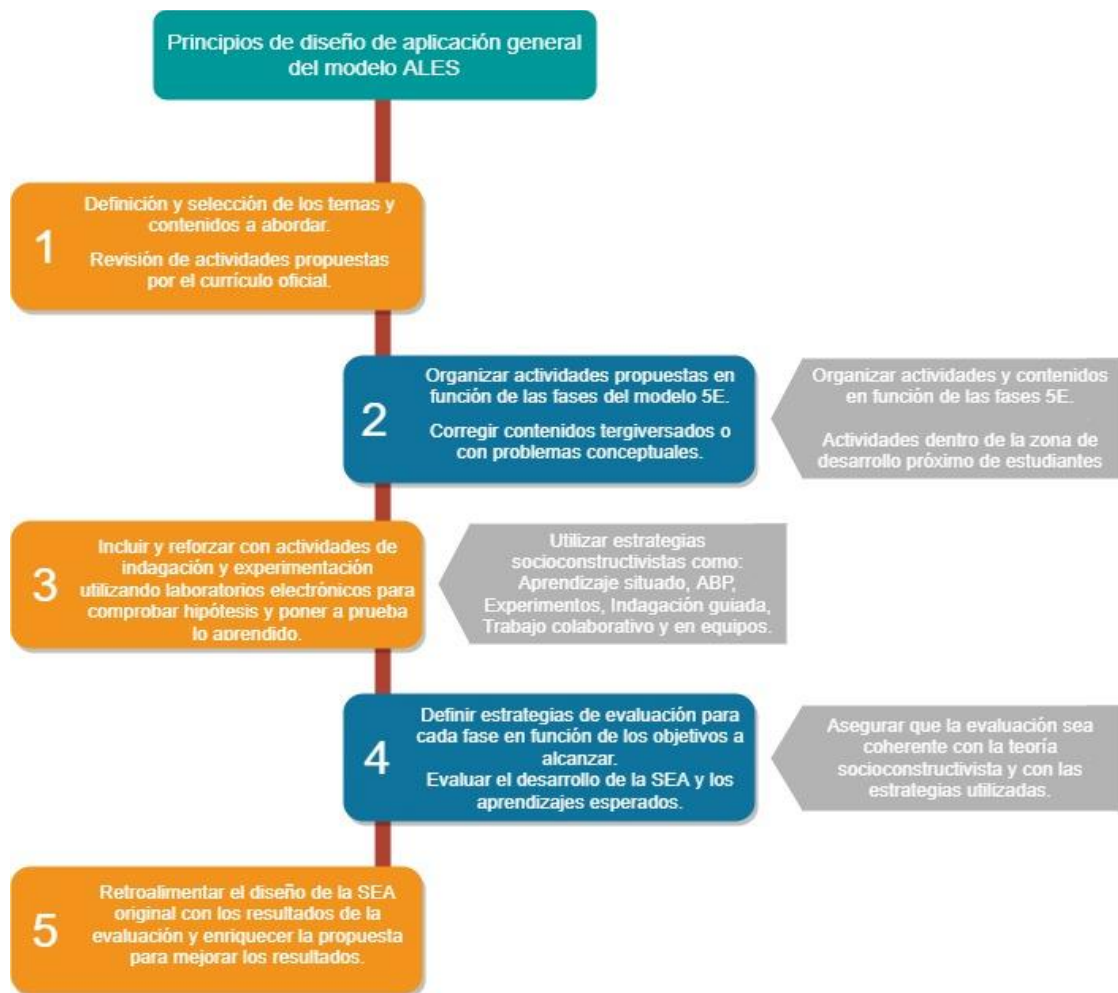
Con la propuesta del modelo ALES, se pretende incidir en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias con el propósito de favorecer la alfabetización científica de estudiantes y profesores. El fin último es que desarrollen sus conocimientos, habilidades y actitudes y valores lo suficiente para que puedan tanto resolver problemas como participar de los debates públicos, exponiendo sus ideas, compartiendo sus intereses y preocupaciones siempre fundamentados en información científica para participar del diálogo democrático que ocurre en su comunidad.

### **Metodología ALES**

El propósito general de esta investigación es proponer una metodología de aprendizaje basada en experimentación de actividades prácticas implementadas en laboratorios

electrónicos para mejorar los conocimientos, habilidades y actitudes de alumnos de telesecundaria desarrollando su nivel de alfabetización científica. A continuación, se enuncia la metodología, entendida como el conjunto de métodos o pasos a seguir, para la implementación del modelo ALES en forma de principios de diseño para la construcción de una secuencia de enseñanza y aprendizaje.

**Figura 34**  
*Metodología ALES*



Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

La discusión de resultados y las conclusiones a las que se llegan están organizadas en función de los objetivos específicos que se definieron para esta investigación y se fundamentan en la triangulación de todas las evidencias recogidas en el proceso investigativo y los estudios más recientes encontrados en la literatura científica.

### **Evaluar la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes científicos, con énfasis en física de estudiantes de escuelas telesecundaria.**

En términos generales, los resultados dan cuenta de que los alumnos de nivel secundaria, en este caso telesecundaria, durante su trayecto escolar logran acumular conocimientos sobre términos y conceptos científicos con algún grado de coherencia y consistencia interna, pero parcialmente desconectados entre sí, por lo que no logran integrar sus conocimientos, conceptos y modelos en un pensamiento científico que les permita resolver problemas, así como entender o dar explicaciones sobre algunos fenómenos de la naturaleza. Esto quiere decir que el problema no radica tanto en la cantidad de información que manejan sino en la calidad de la información y en su capacidad para entenderla, seleccionarla, organizarla y transformarla para ofrecer soluciones a problemas o entender situaciones de la naturaleza.

En otras palabras, utilizando los tres niveles de alfabetización científica cívica que propone Miller, alfabetizado, parcialmente alfabetizado y no alfabetizado, podemos decir que los alumnos que participaron del estudio están parcialmente alfabetizados. Debido a que conocen algunos términos y conceptos científicos pero su nivel de entendimiento de procesos sobre cuestiones científicas tiene algunas áreas de oportunidad que se deben mejorar. Esto bien podría ser parte de la explicación sobre por qué, con base en alguna información y datos científicos sesgados, las personas tienden a creer en movimientos pseudocientíficos y antivacunas en estos momentos en donde la ciencia es nuestra única y mejor oportunidad de encontrar soluciones de largo aliento para la pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2.

Esto es particularmente importante si pensamos que vivimos en la sociedad del conocimiento, en donde los jóvenes se ven influenciados por distintos medios de



comunicación y que tienen a su alcance, de manera inmediata, mucha información que es consumida y desechada de forma acelerada. Y que es por estos medios por donde los jóvenes construyen su propia idea acerca del mundo en el que viven a partir de esquemas alternativos que son resultado de mezclar la experiencia cotidiana y comprensión limitada de lo que debieron aprender en las escuelas. Esto implica que si lo que se aprende diariamente en la escuela y lo que se recibe de la sociedad y los medios de comunicación no es fidedigno o es presentado como un dogma, tiende a convertirse en un obstáculo enorme para el desarrollo de la alfabetización científica, lo que en sí mismo representa un reto mayúsculo para el desarrollo de la sociedad.

**Identificar los fundamentos que deben sustentar las actividades prácticas y de experimentación que promuevan la modificación de los conocimientos, habilidades y actitudes de los estudiantes desarrollando su alfabetización científica**

Como ya se ha mencionado, aunque el objetivo de la educación sea principalmente preparar para el ingreso a la universidad esto no implica dejar a un lado la alfabetización científica de la ciudadanía. Esta propuesta deja atrás la orientación de la educación científica hacia aspectos puramente conceptuales, facilitando la (re)construcción de conocimientos científicos lo que permite la comprensión de conceptos compuestos por aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos, beneficiando a los futuros científicos y a la población en general.

El camino hacia la alfabetización científica es un camino que no está terminado, es necesario que se construya con mucha creatividad. Desde el currículo es necesario terminar de dar el paso para integrar contenidos y estrategias de enseñanza y aprendizaje que permita a los docentes favorecer procesos de investigación en clase, que facilite la participación de los alumnos en la solución de problemas y que evite el rechazo de hombres y mujeres a los cursos y carreras que se asocian con la ciencia y la tecnología.

Y desde la práctica y la intervención docente, es necesario que los profesores propongan actividades y situaciones complejas, fundamentadas en el contexto, útiles y democráticas, que se sirvan de temas y contenidos de la ciencia para resolverlas, utilizando

todas las herramientas a su alcance y desarrollando las que hagan falta para dejar atrás el aprendizaje de conceptos y conocimientos inertes para favorecer la alfabetización científica y lograr aprendizajes significativos en el medio en que se desenvuelven los estudiantes.

### **Desarrollar un laboratorio electrónico que permita y facilite el desarrollo de actividades prácticas y de experimentación científica en telesecundarias**

Los dispositivos de placa única y bajo costo, como la computadora Raspberry Pi, se pueden utilizar con gran éxito para implementar diferentes actividades de experimentación científica en la escuela, en particular actividades que requieran de la medición de variables que intervienen en fenómenos naturales. La gran flexibilidad que ofrece para combinar tanto sensores y actuadores como otros dispositivos permite lograr configuraciones experimentales complejas con gran confiabilidad y a bajo costo, lo que hace de estas minicomputadoras candidatas ideales para convertirse en herramientas imprescindibles en la implementación de actividades científicas escolares que requieran de interacción con el entorno, operación continua y, en caso de necesitarlo, acceso remoto.

A partir de la configuración general que se propone en los resultados, se implementó una instalación experimental, con propósitos educativos, que permitió realizar diversas actividades científicas contextualizadas, con una perspectiva útil y democrática, a los estudiantes que participaron de la implementación, tanto de manera presencial como por medio de una conexión remota, utilizando dispositivos móviles o computadoras de escritorio conectados a una red local o al internet y un navegador web.

En cuanto a las posibilidades pedagógicas, este experimento puede tener diferentes propósitos educativos dentro de los que se destacan los siguientes:

- Estudiantes de ingeniería electrónica como ejemplo didáctico de interconexión de sensores y actuadores y su control por medio del dispositivo Raspberry Pi.
- Estudiantes de ingeniería informática como ejemplo de consumo de datos, en tiempo real, por medio de servidores web con acceso remoto.
- Docentes y estudiantes de educación básica como apoyo para la comprensión de conceptos como efecto invernadero, cambio climático, calor y temperatura.

Por último, si se agrega gestión y administración de usuarios, puede resultar de utilidad si el alcance de la actividad incluye la evaluación de los aprendizajes o de las actividades realizadas por los estudiantes con el laboratorio electrónico.

### **Diseñar estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en la resolución de problemas utilizando actividades prácticas y de experimentación científica incorporando los laboratorios electrónicos**

La enseñanza de las ciencias requiere incorporar algunos cambios para lograr mejores resultados. Estos cambios deben estar sustentados en la certeza de que la experimentación científica escolar es fundamental, no solo para favorecer la motivación y el interés por aprender, también se requiere favorecer el trabajo en colectivo teniendo como base el trabajo práctico para la construcción de conocimientos.

Los resultados cuantitativos obtenidos aportan evidencias muy importantes para asegurar, con sólida evidencia, que el uso de material didáctico innovador como los laboratorios electrónicos, alineado con la idea de aprender ciencias a través de la experimentación y la indagación, mejora la alfabetización científica de los estudiantes. Esta afirmación se corrobora con las evidencias cualitativas, en donde se puede observar que los estudiantes están utilizando sus conocimientos y habilidades para demostrar fenómenos naturales, lo que sirvió para reflexionar sobre fenómenos como la contaminación ambiental y el cambio climático, sus causas y sus efectos.

Por su parte, los resultados cualitativos también evidencian cómo la introducción de material didáctico, laboratorios electrónicos en este caso, motiva una serie de modificaciones instruccionales logrando que el énfasis docente este en las evidencias experimentales y de demostración de fenómenos naturales y no en las evidencias conceptuales y teóricas y tampoco en el uso del propio laboratorio.

Parafraseando a Claudia Broitman en su texto *Cambian los problemas, cambian los procedimientos de resolución*, en donde el argumento principal es que un cambio en alguna de las variables que intervienen en la construcción de un problema matemático determina la elección de un procedimiento de solución sobre otros por parte de los estudiantes (Broitman,

2000), podemos decir que un cambio en el material didáctico utilizado determina las actividades que el docente plantea y las evidencias de aprendizaje que solicita para una clase de ciencias. Esto resalta la importancia que tiene que los docentes busquen, de manera permanente, adaptarse a los contextos históricos y sociales, de tal forma que se apropien de estrategias y herramientas enriqueciendo sus procesos de aprendizaje. En este caso, los laboratorios electrónicos, utilizados como material didáctico, son herramientas de enseñanza que brindan un enfoque interdisciplinario para el aprendizaje de las ciencias que demuestran ser bastante prácticos y atractivos para los estudiantes, lo que ayuda a mejorar la comprensión y aplicación práctica de leyes y principios científicos favoreciendo el desarrollo de su alfabetización científica.

### **Evaluar el impacto de las estrategias de enseñanza y aprendizaje en la resolución de problemas mediante el uso de conocimientos, habilidades y actitudes con respecto de las ciencias de los alumnos de telesecundarias**

La intención principal de este trabajo de investigación es responder, a partir de evidencias, qué impacto genera el uso de una metodología de aprendizaje basada en experimentación de actividades prácticas implementadas en laboratorios electrónicos sobre los conocimientos, habilidades y actitudes de los estudiantes. Además, se considera importante dejar constancia de las modificaciones que se realizan al diseño de la metodología conforme se implementa y se recuperan, de primera mano, datos que permiten su mejora continua, favoreciendo el desarrollo de conceptos científicos en los estudiantes.

De los resultados obtenidos, tenemos la certeza de que la implementación del modelo ALES a través de la secuencia de enseñanza y aprendizaje impactó, en general, de manera positiva los aprendizajes de los estudiantes independientemente del prototipo utilizado, es decir, los conocimientos y conceptos iniciales se complementan con nuevos conceptos trabajados durante las sesiones generando conceptos y conocimientos más refinados por parte de los estudiantes. Sin embargo, es necesario reconocer la persistencia de concepciones alternativas al finalizar la intervención, lo que implica, por un lado, rediseñar la SEA poniendo más énfasis en la modificación de estas concepciones. Y, por otro lado, es

pertinente analizar tanto el currículo oficial como los programas de actualización magisterial con la intención de proponer modificaciones, cambios y mejoras que se vean concretados en las actividades y estrategias propuestas en donde se incluyan contenidos específicos que permitan atender esta situación.

Sobre las modificaciones realizadas a la SEA, estas estuvieron enfocadas en mejorar la concreción de actividades y metodologías utilizadas sin necesidad de modificaciones mayores en cuanto a su estructura y su organización. Esto sirve como constancia de que el modelo 5E permite la organización de actividades de manera coherente y consistente facilitando el trabajo en clase a los docentes, además de favorecer la interacción entre estudiantes mejorando sus aprendizajes evaluados a través de sus evidencias de aprendizaje.

Por último, la metodología IBD permite intercambiar conocimientos y propuestas generadas en contextos diferentes pero que comparten algunas características. Esto quiere decir que a partir del diseño y la implementación previa de una SEA, utilizada para una situación y contexto particular, un docente la puede retomar y modificar, haciendo uso de su experiencia y atendiendo su contexto y necesidades específicas, beneficiándose así del conocimiento generado con anterioridad. Es por lo que se sugiere a los docentes utilizar la IBD como herramienta metodológica para el diseño, implementación y evaluación de sus SEA para mejorar la educación científica.

### **Consideraciones finales y futuras líneas de investigación**

La enseñanza y aprendizaje de las ciencias apoyada por tecnologías, como los laboratorios electrónicos, y su impacto en la alfabetización científica de los estudiantes es una tarea en permanente construcción. Es importante considerar las abundantes evidencias que ofrece la investigación educativa para proponer reformas curriculares que integren orgánicamente los fundamentos democráticos, útiles y culturales de las ciencias y la tecnología, en particular el uso de laboratorios electrónicos, fomentando la indagación y experimentación como un método de aprendizaje y solución a problemas reales.

La investigación sobre el currículo y la integración de tecnología ha avanzado en el desarrollo de propuestas que incorporan herramientas soportadas por internet, pero en las condiciones actuales de las escuelas mexicanas, como en otras latitudes, la infraestructura escolar dista mucho de ser suficiente para soportar estas iniciativas. Sin embargo, existe un amplio campo de investigación que fundamente y genere modelos y metodologías para incorporar herramientas que aprovechen la tecnología web, la gran capacidad de cómputo de los dispositivos electrónicos y la electrónica moderna instalados localmente, sin necesidad de una conexión a internet. El laboratorio electrónico desarrollado en este trabajo es un buen ejemplo de tecnología de punta, configurada para ser utilizada en contextos de escasos recursos y deficiente infraestructura escolar.

La línea de investigación que se propone sobre currículo e integración de tecnologías como los laboratorios electrónicos, se puede complementar con la incorporación de sistemas de gestión del aprendizaje, como Moodle. Con la intención de dar luz sobre opciones y posibilidades, una vez más, en entornos escolares desfavorecidos. Las herramientas existen y son de uso común por docentes y centros escolares, pero hay poco fundamento teórico que permita la propuesta de modelos y metodologías efectivas y eficientes que puedan ser replicables por las comunidades escolares a gran escala. En este sentido, la actualización y capacitación magisterial también entra en juego y debería considerarse como parte de las variables de investigación.

Otra posible veta de exploración sistemática es la investigación sobre la implantación de tecnología educativa, pero con un enfoque de transferencia de tecnología. Que una tecnología exista y sea de utilidad, no quiere decir que los docentes tengan las habilidades para incorporarlas y explotarla lo suficiente en sus actividades escolares. Se requiere un método, un sistema, que permita transmitir el conocimiento científico y tecnológico generado por la investigación educativa y en tecnología educativa con la intención de entregar el soporte suficiente al docente que genere un círculo virtuoso entre investigación y desarrollo y la aplicación a gran escala.

En relación con materiales y contenidos didácticos, es interesante la explosión que ha tenido la utilización de videos y objetos interactivos, favorecido por el amplio uso del internet durante los años que ha durado la pandemia ocasionada por el SARS-CoV-2, relacionados con la enseñanza de las ciencias. Esto no quiere decir que todos los materiales multimedia sean de buena calidad y tengan la orientación democrática, útil y cultural que se requiere para la educación científica. Por tanto, es pertinente dedicar esfuerzos de investigación que nos permitan agrupar, seleccionar y catalogar estos materiales de tal forma que sean integrados a la enseñanza solo las mejores producciones multimedia para lograr los objetivos deseados. Esto incluye la revisión de visiones deformadas de la historia de la ciencia, tergiversaciones sobre la naturaleza de la ciencia o utilización de concepciones alternativas, entre otras.

Por último, se deberían de dedicar esfuerzos de investigación con la intención de desarrollar tecnología específica para la enseñanza en general y de las ciencias en particular, así como la adaptación de tecnologías existentes con enfoques educativos y escolares. Es decir, la gran mayoría de la tecnología que se utiliza en la educación tuvo su nacimiento y desarrollo gracias a la necesidad de resolver problemas compartidos con otros ámbitos, como la industria o el desarrollo de software para el procesamiento de información. Trasladar esas tecnologías a las aulas requiere de adaptaciones, a veces importantes, debido a que las condiciones de las escuelas, en cuanto a infraestructura y conectividad, no son comparables. Es, entonces, un buen momento para hacer que los procesos de creación y desarrollo de tecnología partan de buscar soluciones a problemas que menoscaban los aprendizajes de los alumnos que asisten a escuelas marginadas y con escasos recursos y que posteriormente

puedan ser utilizados por un gran público debido a su eficacia para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.



## Participación en eventos y artículos publicados

### Congreso latinoamericano de educación

Congreso ELE 2021

**Ponencia:** *Evaluación al nivel de alfabetización científica cívica de estudiantes de secundaria en México.*

**Lugar:** Medellín, Colombia.

**Fecha:** 15 de octubre 2021

### Capítulo de libro

**Libro:** Revolución en la formación y la capacitación para el siglo XXI.

**Capítulo:** Evaluación al nivel de alfabetización científica cívica de estudiantes de secundaria en México.

**ISBN:** 978-958-53278-7-0

**DOI:** <https://doi.org/10.5281/zenodo.5708730>

**Fecha:** 22 de noviembre 2021

### Artículo 1

**Nombre:** *Remote Laboratory, Based on Raspberry Pi, to Facilitate Scientific Experimentation for Secondary School Students.*

**Revista:** International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE).

**Indexación:** Scopus, SJR. Q3.

**DOI:** <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i14.25525>

**Fecha:** 14 de diciembre 2021

### Artículo 2

**Nombre:** *Estrategias didácticas y tecnología utilizada en la enseñanza de las ciencias. Una revisión sistemática.*

**Revista:** IE Revista De Investigación Educativa De La REDIECH.

**Indexación:** CRMCYT - CONACYT

**DOI:** [https://doi.org/10.33010/ie\\_rie\\_rediech.v13i0.1396](https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v13i0.1396)

**Fecha:** 28 de abril 2022

### **Artículo 3**

**Nombre:** *La influencia del material didáctico en el desarrollo de la alfabetización científica. Una experiencia con laboratorios remotos.*

**Revista:** Revista Electrónica Educare.

**Indexación:** Scopus, SJR. Q3.

**Fecha:** 18 de febrero 2022

Aceptado.

### **Artículo 4**

**Nombre:** *Modelo 5E y la enseñanza de la termodinámica. Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje.*

**Revista:** Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (REurEDC).

**Indexación:** Scopus, SJR. Q2.

**Fecha:** 30 de marzo 2022

Enviado a dictaminación.

## Referencias

- Abdurrahman, Ariyani, F., Achmad, A., y Nurulsari, N. (2019). Designing an Inquiry-based STEM Learning strategy as a Powerful Alternative Solution to Enhance Students' 21st-century Skills: A Preliminary Research. *Journal of Physics: Conference Series*, 1155, 12087. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1155/1/012087>
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., y Aragón, M. del M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3), 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.12.003>
- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 1(1), 3–16. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2004.v1.i1.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i1.01)
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, M. F., y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 2(2), 121–140. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2005.v2.i2.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.01)
- Aguilar Pérez, M. G., y Ortega Pérez, J. R. (2008). Alfabetización científica, epistemología y docencia. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 13(1), 177–185.
- Akkerman, S. F., y Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational Research*, 81(2), 132–169. <https://doi.org/10.3102/0034654311404435>

- Andrini, V. S. (2016). The Effectiveness of Inquiry Learning Method to Enhance Students ' Learning Outcome : A Theoretical and Empirical Review. *Journal of Education and Practice*, 7(3), 38–42.
- Ausbel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1983). *Función y alcances de la psicología educativa*. Trillas.
- Baierlein, R. (1990). The meaning of temperature. *The Physics Teacher*, 28(2), 94–96.  
<https://doi.org/10.1119/1.2342948>
- Balastegui, M., Palomar, R., y Solbes, J. (2020). ¿En qué aspectos es más deficiente la alfabetización científica del alumnado de Bachillerato? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 1–15.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3302)
- Barragán, A., y Hernández, A. (2010). Detección y Clasificación de Errores Conceptuales en Calor y Temperatura. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(2), 399–407.
- Barrow, L. H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265–278. <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9008-5>
- Bauman, R. P. (1992). Physics that textbook writers usually get wrong: II. Heat and energy. *The Physics Teacher*, 30(6), 353–356. <https://doi.org/10.1119/1.2343574>
- Bevins, S., y Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17–29.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>

- Biggs, J. (2004). *Calidad del aprendizaje universitario*. Narcea.
- Blancas Hernández, J. L. (2017). *Mejorar la enseñanza de las ciencias: ¿qué se puede hacer desde el currículo?* Distancia por tiempos.  
<https://educacion.nexos.com.mx/?p=510>
- Boyle, T. J., Sears, J. M., Hernandez-Sanchez, B. A., Casillas, M. R., y Nguyen, T. H. (2017). Chemistry Science Investigation: Dognapping Workshop, An Outreach Program Designed To Introduce Students to Science through a Hands-On Mystery. *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1425–1434.  
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00114>
- Braun, M., Kirkup, L., y Chadwick, S. (2018). The impact of inquiry orientation and other elements of cultural framework on student engagement in first year laboratory programs. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(4), 30–48.  
<https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/CAL/article/view/12508>
- Broitman, C. (2000). Cambian los problemas, cambian los procedimientos de resolución. *Introducción a la enseñanza de: Matemáticas. Programa y materiales de apoyo para el estudio, 2º semestre. Licenciatura en educación secundaria*, 37–46.
- Bybee, R. W. (2015). *El modelo de enseñanza 5E del BSCS. Creando momentos de enseñanza*. National Science Teachers Association.
- Castro García, E., Gómez Fernández, P., y Llavona Díaz, L. (2012). La historia de la ciencia como recurso didáctico en Física y Química desde un punto de vista constructivista. *Tiempo y sociedad, ISSN-e 1989-6883, N.º. 8, 2012, págs. 68-88, 8,*

68–88.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4193622&info=resumen&idioma=EN>  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4193622&info=resumen&idioma=SPA>

Caulfield, T. (2020). Pseudoscience and COVID-19 — we've had enough already. *Nature*.  
<https://doi.org/10.1038/d41586-020-01266-z>

Chacón-Ramírez, N., Saborío-García, F., y Nova-Bustos, N. (2016). El uso de recursos didácticos de la química para estudiantes, en los colegios académicos diurnos de los circuitos 09 y 11, San José, Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, 20(3), 1.  
<https://doi.org/10.15359/ree.20-3.2>

Chade Vergara, P. O. (2014). Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11(1), 34–53.  
[https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i1.05](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i1.05)

Chamrat, S. (2019). Teachers as Makers: The Key Provision of Teacher Preparations for STEM Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340, 12085.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012085>

Chang, R., y Chung, L. (2018). Integrating Augmented Reality Technology into Subject Teaching: The Implementation of an Elementary Science Curriculum. En Y. N. Yen & J. C. Hung (Eds.), *Frontier Computing. Theory, Technologies and Applications FC 2016. Lecture Notes in Electrical Engineering* (Vol. 422, pp. 187–195). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-10-3187-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3187-8_20)

- Cifaldi, B. (2018). *Scholar commons impact of a STEAM lab on science achievement and attitudes for girls* [University of South Carolina - Columbia].  
<https://scholarcommons.sc.edu/etd/4927/>
- Clemes Cardoso, D., Maykon Passos, C., y Camila Orlandi, A. (2009). Development of New Didactic Materials for Teaching Science and Biology: The Importance of the New Education Practices. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 9(1), 1–5.  
<https://doi.org/10.3844/ojbsci.2009.1.5>
- Coll Salvador, C. (2006). Lo básico en la educación básica. Reflexiones en torno a la revisión y actualización del currículo de la educación básica. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 8(1), 1–17.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
- Cvjetkovic, V. M., y Stankovic, U. (2017). Arduino Based Physics and Engineering Remote Laboratory. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 13(01), 87.  
<https://doi.org/10.3991/ijoe.v13i01.6375>
- Damien P, G., y Sokolovsky, P. (2021). *class I2C – a two-wire serial protocol — MicroPython 1.15 documentation*.  
<https://docs.micropython.org/en/latest/library/machine.I2C.html>
- Daza Pérez, E. P., Gras-Marti, A., Gras-Velázquez, À., Guevara, N. G., Togasi, A. G., Joyce, A., Mora-Torres, E., Pedraza, Y., Ripoll, E., y Santos, J. (2009). Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC. *Educación Química*, 20(3), 320–329. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30032-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30032-6)

- De Benito Crosetti, B., y Salinas Ibáñez, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 44–59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>
- Díaz Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. McGraw-Hill Interamerican.
- Díaz, F., y Hernández, G. (2002). *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo* (2a ed.).
- Diwakar, S., Kumar, D., Radhamani, R., Sasidharakurup, H., Nizar, N., Achuthan, K., Nedungadi, P., Raman, R., y Nair, B. (2016). Complementing Education via Virtual Labs: Implementation and Deployment of Remote Laboratories and Usage Analysis in South Indian Villages. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 12(3), 8–15. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i03.5391>
- Domínguez, J. M., de Pro, A., y García-Rodeja, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual del calor y temperatura. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 461–475.
- Dwikoranto, Surasmi, W. A., Suparto, A., Tresnaningsih, S., Sambada, D., Setyowati, T., Faqih, A., y Setiani, R. (2018). Designing laboratory activities in elementary school oriented to scientific approach for teachers SD-Kreatif Bojonegoro. *Journal of Physics: Conference Series*, 997(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/997/1/012041>
- Eisner, E. (1985). *The educational imagination on design and evaluation of school programs*. Macmillan.



- Fadel, C. (2008). 21st Century Skills: How can you prepare students for the new prepare Global Economy? *OECD/CERI International Conference, Learning in the 21st Century: Research, Innovation and Policy*.  
<https://www.oecd.org/site/educeri21st/40756908.pdf>
- Fernández, M., y León, G. (2016). Principles for the Use, Adaptation, and Development of Didactic Material. *Mextesol Journal*, 40(3), 1–10.  
[http://www.mextesol.net/journal/index.php?page=journal&id\\_article=1491](http://www.mextesol.net/journal/index.php?page=journal&id_article=1491)
- Forcada Romanos, I. (2014). *Errores conceptuales en Física en alumnos de E.S.O. y Bachillerato. Propuestas de resolución* [Universidad Pública de Navarra].  
<https://hdl.handle.net/2454/14503>
- Furió, C., y Furió, C. (2009). ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista? *Educación Química*, 20, 246–251.  
[https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30059-4](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30059-4)
- Furman, M., Luzuriaga, M., Taylor, I., Anauati, M. V., y Podestá, M. E. (2018). Abriendo la «caja negra» del aula de ciencias: un estudio sobre la relación entre las prácticas de enseñanza sobre el cuerpo humano y las capacidades de pensamiento que se promueven en los alumnos de séptimo grado. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(2), 81.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2519>
- Galán, V. (2017). *Towards the open experimentation with interactive laboratories* [Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)]. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-TecInd->

Pplaza/PLAZA\_MERINO\_\_Pedro\_Tesis.pdf

García-Carmona, A. (2013). Educación científica y competencias docentes: Análisis de las reflexiones de futuros profesores de Física y Química. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(extra), 552–567.

[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2013.v10.iextra.05](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.iextra.05)

García-Ruiz, M., y Orozco, L. (2008). Orientando un cambio de actitud hacia las Ciencias Naturales y su enseñanza en profesores de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7, 539–568.

[http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART3\\_Vol7\\_N3.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART3_Vol7_N3.pdf)

García, C. A., Caiza, G., Naranjo, J. E., Ortiz, A., y García, M. V. (2019). An Approach of Training Virtual Environment for Teaching Electro-Pneumatic Systems. *IFAC-PapersOnLine*, 52(9), 278–284. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.221>

Garmendia Mujika, M., y Guisasola Aranzabal, J. (2015). Alfabetización científica en contextos escolares: El Proyecto Zientzia Live! *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 12(2), 294–310.

[https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i2.05](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i2.05)

Gil Pérez, D., y Vilches, A. (2006). Educación ciudadanía y alfabetización científica: Mitos y Realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 31–53.

<https://rieoei.org/historico/documentos/rie42a02.htm>

Gómez Díaz, M. J. (2018). *Alfabetización científica en la escuela: propuesta de una nueva metodología.* <http://digital.csic.es/bitstream/10261/171151/1/alfab-cientifica-nueva-metodologia.pdf>

- Gómez Llombart, V., y Gavidia Catalán, V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 12(3), 441–455.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i3.04](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.04)
- Greca, I. M., Meneses Villagrà, J. A., y Ojeda, M. D. (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 231–256.  
[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC\\_16\\_2\\_4\\_ex1068.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_2_4_ex1068.pdf)
- Greca, I. M., Ortiz-Revilla, J., y Arriasecq, I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1–20.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1802](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802)
- Gudiño Paredes, S. (2018). Innovating science teaching with a transformative learning model. *Journal of Education for Teaching*, 44(1), 107–111.  
<https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1422619>
- Guisasola Aranzabal, J., Ametller, J., y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1–18.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1801](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801)
- Guitart, M. E. (2009). Las ideas de Bruner: “de la revolución cognitiva” a la “revolución cultural”. *Educere: Revista Venezolana de Educación*, 13(44), 235–241.

<https://doi.org/1316-4910>

Hammang, C., Gough, P., Liu, W., Jiang, E., Ross, P., Cook, J., y Poronnik, P. (2018). Life Sciences in Virtual Reality: First-Year Students Learning as Creators. *SIGGRAPH Asia 2018 Posters*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3283289.3283328>

Hapsari, A. S., Hanif, M., Gunarhadi, y Roemintoyo. (2019). Motion Graphic Animation Videos To Improve The Learning Outcomes Of Elementary School Students. *European Journal of Educational Research*, 8(4), 1245–1255.

<https://doi.org/10.12973/eu-jer.8.4.1245>

Hernandez, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5ta. ed.). DF. En *DF México: McGraw Hill*.

Huang, Q. Z., Hsu, C. C., y Wang, T. I. (2019). An Open-Ended Question Self-Explanation Classification Methodology for a Virtual Laboratory Learning System. *Proceedings - 2018 7th International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2018*, 232–237. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2018.00052>

INEE. (2017). *Infraestructura escolar en las primarias y secundarias de México*.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN.

<https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/01/infarestructuracompletoa.pdf>

INEGI-CONACYT. (2013). *Encuesta sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología 2013*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2013/default.html>

INEGI. (2021). *Panorama sociodemográfico de México*.

<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>

Irwansyah, F. S., Yusuf, Y. M., Sugilar, H., Nasrudin, D., Ramdhani, M. A., y Salamah, U.

- (2019). Implementation of fun science learning to increase elementary school students' skill in science and technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318, 012063. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012063>
- Irwanto, Saputro, A. D., Rohaeti, E., y Prodjosantoso, A. K. (2019). Using inquiry-based laboratory instruction to improve critical thinking and scientific process skills among preservice elementary teachers. *Eurasian Journal of Educational Research*, 80, 151–170. <https://doi.org/10.14689/ejer.2019.80.8>
- Jewett, J. W. (2008). Energy and the Confused Student III: Language. *The Physics Teacher*, 46(3), 149–153. <https://doi.org/10.1119/1.2840978>
- Julià, C., y Antolí, J. Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(2), 303–327. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9441-8>
- Kasinathan, V., Mustapha, A., Hasibuan, M. A., y Abidin, A. Z. Z. (2018). First Discovery: Augmented Reality for learning solar systems. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(6), 149–154. <https://doi.org/10.30880/ijie.2018.10.06.021>
- Koul, A., y Verma, R. (2018). Science kits as resource: issues and challenges. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19(2), 6. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1227849>
- Laherto, A., y Laherto, J. (2018). Video-Mediated Physics Instruction From Preservice Teachers to Elementary Students: Experiences and Reflections. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(2), 103–114. <https://doi.org/10.1080/21532974.2017.1416712>

- Lara, L. H., y Benitez, J. L. V. (2004). La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios. *Revista Digital Universitaria*, 5(7).
- Laugksch, R. (1999). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. En *Inc. Sci. Ed* (Vol. 84). John Wiley & Sons.  
[http://www.kcvs.ca/martin/EdCI/literature/literacy/Laugksch\\_Scientific\\_Literacy.pdf](http://www.kcvs.ca/martin/EdCI/literature/literacy/Laugksch_Scientific_Literacy.pdf)
- Laugksch, R. C., y Spargo, P. E. (1996). Development of a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals. *Science Education*, 80(2), 121–143.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199604\)80:2<121::AID-SCE1>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<121::AID-SCE1>3.0.CO;2-I)
- Law, P. K. (2020). COVID-19 Pandemic: Its Origin, Implications and Treatments. *Open Journal of Regenerative Medicine*, 09(02), 43–64.  
<https://doi.org/10.4236/ojrm.2020.92006>
- Lawson, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(2), 165–187.  
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21356>
- Limpraptono, F. Y., y Nurcahyo, E. (2021). The Development of Electronics Telecommunication Remote Laboratory Architecture Based on Mobile Devices. *International journal of online and biomedical engineering*, 17(3), 26–36.  
<https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i03.20179>
- Lin, Y. wen, y Wang, T. I. (2017). The design of a STEM-oriented project-based course for the higher grades of elementary schools. En *Emerging Technologies for Education. SETE 2017. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10676, pp. 137–143). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-71084-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71084-6_15)

Louhab, F. E., Khiat, A., Bahnasse, A., Bensalah, F., Khiat, Y., y Talea, M. (2019).

Towards an E-Lab Solution for Network Assisted Learning. *Procedia Computer Science*, 155, 386–393. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.054>

Luna, M. T., Fortich, É. P., Pinto, L. C., y Silva, A. (2018). La lengua escrita en preescolar:

una propuesta socioconstructivista con apoyo de recursos informáticos. *Actualidades Investigativas en Educación*, 19(1). <https://doi.org/10.15517/aie.v19i1.34584>

Lustig, F., Brom, P., Kuriscak, P., y Dvorak, J. (2018). “Hands-on-Remote” Laboratories.

En M. E. Auer & R. Langmann (Eds.), *Smart Industry & Smart Education. REV 2018. Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 47, pp. 118–127). Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-3-319-95678-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95678-7_13)

Manassero, M. A., Vázquez, Á., y Acevedo, J. A. (2001). *La evaluación de las actitudes*

CTS. <http://formacionib.org/noticias/?La-evaluacion-de-las-actitudes-CTS>

Mancera Corcuera, C. (2022). *Currículo improvisado y empobrecimiento educativo.*

*Segunda parte.* Distancia por tiempos – Blog de educación de Nexos.

<https://educacion.nexos.com.mx/curriculo-improvisado-y-empobrecimiento-educativo-segunda-parte/>

Mayring, P. (2014). Qualitative Content Analysis. En *Qualitative content analysis:*

*theoretical foundation, basic procedures and software solution.* <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssnar-395173>

Mayring, P. (2020). *QCAmap Step by Step – a Software Handbook Introduction :*

*Foundations of Qualitative Content Analysis.* 2019, 1–21.

- Mendoza Vergara, C. M., y Barreto Tovar, C. H. (2017). El aprendizaje por indagación hacia la alfabetización científica de los estudiantes en la IE No. 3 Santa Catalina de Siena de Maicao - La Guajira. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 10(19), 1238. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7296>
- Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7(3), 203–223. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/7/3/001>
- Molina, N. P. (2005). ¿Qué es el estado del arte? *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 5, 73. <https://doi.org/10.19052/sv.1666>
- Montero, A. (2022). *Primeras reflexiones sobre las asambleas del Plan 2022*. Distancia por tiempos. <https://educacion.nexos.com.mx/primeras-reflexiones-sobre-el-plan-2022/>
- Montes, D., y Pereida, M. A. (2019). *Estrategias Didácticas Digitales*. United Academic Journals.
- Musili, O. (2015). Effects of Laboratory Learning Environment on Students' Learning Outcomes in Secondary School Chemistry. *International Journal of Arts and Sciences*, 8(2), 507–525. <http://www.universitypublications.net/ijas/0802/html/T4N145.xml>
- Nasrudin, D., Irwansyah, F. S., Sugilar, H., Ramdhani, M. A., y Aulawi, H. (2019). Packaging science and local wisdom in digital devices for primary school students: Challenges and obstacles. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012033>
- Nedungadi, P., Prabhakaran, M., y Raman, R. (2017). Benefits of Activity Based Learning Pedagogy with Online Labs (OLabs). *2017 5th IEEE International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*, 52–56.



<https://doi.org/10.1109/MITE.2017.00015>

Novak, J. D. (2006). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 6(3), 213–223.

<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5097>

OCDE. (2016). *Programa para la evaluación internacional de alumnos (PISA) PISA 2015 - Resultados Mexico*. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>

OCDE. (2019). *PISA. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) PISA 2018 - Resultados* (Vol. 1, Número Extraordinario).

[https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_MEX\\_Spanish.pdf](https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_MEX_Spanish.pdf)

Özdem, Y., Çavas, P., Çavas, B., Çakıroglu, J., y Ertepinar, H. (2010). An investigation of elementary student's Scientific Literacy levels. *Journal of baltic science education*, 9(1), 6–19. <https://oaji.net/articles/2014/987-1404740965.pdf>

Palacios-Díaz, R. (2017). *Aprendizaje de propiedades elementales de la materia: volumen, masa y densidad, en estudiantes de ESO* [Universidad de Sevilla].

<https://idus.us.es/handle/11441/70860>

Pavithra, A., Aathilingam, M., y Murukanantha, S. (2018). Multimedia and Its Applications. *International Journal for Research and Development in Technology*, 10(5), 271–276. [http://www.ijrdt.org/full\\_paper/36049/20/MULTIMEDIA-AND-ITS-APPLICATIONS](http://www.ijrdt.org/full_paper/36049/20/MULTIMEDIA-AND-ITS-APPLICATIONS)

Pedrinaci, E. (2017). Fundamentos conceptuales y didácticos: Alfabetización en ciencias de la Tierra y competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 208–232. <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/274153>

- Peppler, K., Wohlwend, K., Thompson, N., Tan, V., y Thomas, A. M. (2019). Squishing Circuits: Circuitry Learning with Electronics and Playdough in Early Childhood. *Journal of Science Education and Technology*, 28(2), 118–132.  
<https://doi.org/10.1007/s10956-018-9752-2>
- Pérez, G. I. L., y Alís, C. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(3), 503-512–512.  
<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21612/21447>
- Polishuk, A., y Verner, I. (2018). An Elementary Science Class with a Robot Teacher. En W. Lepuschitz, M. Merdan, G. Koppensteiner, R. Balogh, & D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in Education. RiE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 630, pp. 263–273). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62875-2_24)
- Pramono, S. E., Prajanti, S. D. W., y Wibawanto, W. (2019). Virtual Laboratory for Elementary Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387, 012113.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012113>
- Priest, S. (2013). Critical Science Literacy: What Citizens and Journalists Need to Know to Make Sense of Science. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 33(5–6), 138–145.  
<https://doi.org/10.1177/0270467614529707>
- Qistina, M., Hermita, N., Alpusari, M., Noviana, E., Antosa, Z., Witri, G., Munjiatun, M., y Indarni, A. (2019). Improving Science Learning Outcomes of Elementary Students by Using Interactive Multimedia on Human Order Materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351, 012075. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012075>

- Rangel Torrijo, H. (2015). Una mirada internacional de la construcción curricular. Por un currículo vivo, democrático y deliberativo. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 17(1), 1–16. <http://redie.uabc.mx/vol17no1/contenido-rangelt.html>
- Raspberry Pi. (2021). *Teach, learn and make with raspberry pi*.  
<https://www.raspberrypi.org/>
- Rivera, S., Banavar, M. K., y Barry, D. (2018). Mobile apps for Incorporating Science and Engineering Practices in K-12 STEM Labs. *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659105>
- Rizman Herga, N., Čagran, B., y Dinevski, D. (2016). Virtual Laboratory in the Role of Dynamic Visualisation for Better Understanding of Chemistry in Primary School. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(3), 593–608. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1224a>
- Rocha, M., Cardoso, J. P., Rochadel, W., Bento, J., y Schardosim, J. (2016). Remote experimentation in basic education using an architecture with Raspberry Pi. *exp.at 2015 - 3rd Experiment International Conference: Online Experimentation*, 75–78. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2015.7463218>
- Rosales Sánchez, E. M., Rodríguez Ortega, P. G., y Romero Ariza, M. (2020). Conocimiento, demanda cognitiva y contextos en la evaluación de la alfabetización científica en PISA. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 17(2), 1–22.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i2.2302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2302)
- Ruiz Macías, C., Bañas Sierra, C., y Mellado Jiménez, V. (2003). Las ideas alternativas

sobre la conservación de la energía, calor y temperatura del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria. *Campo abierto: Revista de educación*, 24, 99–126.

Sabariago, J. M., y Manzanares, M. (2006). Alfabetización científica. *Memoria del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS +1*, 1–9.

Sañudo Guerra, M. I., y Perales Ponce, R. (2014). Aprender ciencia para el bien común.

*Perfiles Educativos*, 36(143), 29–38.

<http://www.iisue.unam.mx/perfiles/articulo/2014-143-retos-de-la-reforma-de-la-educacion-basica.pdf>

Satriani, I., Emilia, E., y Gunawan, H. (2012). CONTEXTUAL TEACHING AND LEARNING APPROACH TO TEACHING WRITING. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.17509/ijal.v2i1.70>

Schellinger, J., Mendenhall, A., Alemanne, N. D., Southerland, S. A., Sampson, V.,

Douglas, I., Kazmer, M. M., y Marty, P. F. (2017). “Doing Science” in Elementary School: Using Digital Technology to Foster the Development of Elementary Students’ Understandings of Scientific Inquiry. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 4635–4649.

<https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00955a>

Schiefer, J., Golle, J., Tibus, M., Trautwein, U., y Oschatz, K. (2017). Elementary school children’s understanding of science: The implementation of an extracurricular science intervention. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 447–463.

<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.09.011>

Sebastià, J. M. (2006). El Constructivismo: un marco teórico problemático. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 7(2), 158–161.

<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5020>

Selvianiresa, D., y Prabawanto, S. (2017). Contextual Teaching and Learning Approach of Mathematics in Primary Schools. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 012171. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012171>

SEP. (2013). Resultados ENLACE 2013: Resultados Históricos Nacionales 2006-2013. En *Enlace*.

[http://www.enlace.sep.gob.mx/content/gr/docs/2013/historico/00\\_EB\\_2013.pdf](http://www.enlace.sep.gob.mx/content/gr/docs/2013/historico/00_EB_2013.pdf)

SEP. (2017). Aprendizajes Clave para la educación. Ciencias y Tecnología. Educación secundaria. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación. En *Aprendizajes clave* (Vol. 136, Número 1). Secretaría de Educación Pública.

<https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/descargables/biblioteca/secundaria/ciencias/1-LpM-sec-Ciencias-y-Tecnologia.pdf>

SEP. (2019). Libro para el maestro. Ciencias y Tecnología. Física. En D. G. de M. E. de la S. de E. Pública (Ed.), *Cuarto grado ciencias naturales* (Vol. 1). Dirección General de Materiales Educativos de la Secretaría de Educación Pública.

Serrano, J. M., y Pons, R. M. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1), 1–27.

<http://redie.uabc.mx/vol13no1/contenido-serranopons.html>

- Silva, J. B. da, Simão, J. P. S., Cristiano, M. A. da S., Nicolete, P. C., Heck, C., y Coelho, K. D. S. (2016). A DC Electric Panel Remote Lab. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 12(04), 30. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i04.5096>
- Skutil, M., Havlíčková, K., y Matějčková, R. (2013). Didactic Material Resources in the Teaching of National History and Geography : Selected Results of a Qualitative Survey. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences*, 7(10), 2744–2748. <https://publications.waset.org/vol/82>
- Slisko, J. (2005). Errores en los libros de texto de física: ¿cuáles son y por qué persisten tanto tiempo? *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, 27, 13–23. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99815895003>
- So, W. W. M., Zhan, Y., Chow, S. C. F., y Leung, C. F. (2018). Analysis of STEM Activities in Primary Students' Science Projects in an Informal Learning Environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1003–1023. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9828-0>
- Sun, D., y Looi, C.-K. (2019). Crossing border: Mobile technologies integrating into STEM activity in and out of classroom. *Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education*, 2, 203–207. <https://repository.eduhk.hk/en/publications/crossing-border-mobile-technologies-integrating-into-stem-activit>
- Syarah, E. S., Yetti, E., Fridani, L., Yufiarti, Hapidin, y Pupala, B. (2019). Electronic Comics in Elementary School Science Learning for Marine Conservation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 500–511. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i4.19377>

- Tecpan, S., y Hernández-Silva, C. (2017). Aprendizaje por indagación para la construcción de arquetipos en física; el caso de un curso para formación de profesores en Chile. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 20.  
[http://www.lajpe.org/jun17/2320\\_AAPT\\_2017.pdf](http://www.lajpe.org/jun17/2320_AAPT_2017.pdf)
- Tinkler, T., Kelly, M., y Florez, I. R. (2018). *2018 Learning how to think like an engineer: a design-based research study of kid spark education's curriculum in kindergarten*.  
<https://digital.sandiego.edu/mpi-youth/4>
- Tobón, S. (2013). *Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación* (4ta ed.). ECOE.
- Tour, E., Gindidis, M., y Newton, A. (2019). Learning digital literacies through experiential digital storytelling in an EAL context: an exploratory study. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 0(0), 1–16. <https://doi.org/10.1080/17501229.2019.1659278>
- Vázquez-Alonso, Á., Acevedo-Díaz, J. A., y Manassero Mas, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 1–30.  
[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5\\_Vol4\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf)
- Vázquez-Alonso, Á., y Manassero-Mas, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 9(1), 2–31.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2012.v9.i1.02](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.02)
- Verner, I. M., Polishuk, A., y Krayner, N. (2016). Science Class with RoboThespian: Using

- a Robot Teacher to Make Science Fun and Engage Students. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 74–80. <https://doi.org/10.1109/MRA.2016.2515018>
- Waldegg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 4(1), 95–116. <http://redie.ens.uabc.mx/vol4no1/contenido-waldegg.html>
- Wang, C. (2018). Applying interactive devices to an elementary nature science course. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(3), 531–542. <https://doi.org/10.1002/cae.21905>
- Zambrano-mendoza, H. J. (2020). Ciencias de la educación Artículo de revisión. *Dominio de las ciencias*, 6(2), 261–275. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1217>



## Anexos

### Anexo 1

#### D. Cultura científica

19. CULTURA CIENTÍFICA: DIVERSAS AFIRMACIONES	
Son ciertas o falsas cada una de las siguientes afirmaciones.	
<small>ANOTA EL CÓDIGO SEGÚN CORRESPONDA Verdadero = V, FALSO = F, NO SABE = N</small>	
1 El centro de la tierra es muy caliente .....	<input type="checkbox"/>
2 Toda la radioactividad está hecha por el hombre .....	<input type="checkbox"/>
3 Todo el oxígeno que respiramos proviene de las plantas .....	<input type="checkbox"/>
4 El gen del padre es el que decide si el bebé es niño o niña .....	<input type="checkbox"/>
5 El rayo láser trabaja por el enfoque de ondas sonoras .....	<input type="checkbox"/>
6 Los electrones son más pequeños que los átomos .....	<input type="checkbox"/>
7 Los antibióticos sirven para tratar enfermedades causadas tanto por virus como por bacterias .....	<input type="checkbox"/>
8 El universo inició con una gran explosión .....	<input type="checkbox"/>
9 Los continentes sobre los que vivimos han cambiado de posición al paso del tiempo y lo seguirán haciendo en el futuro .....	<input type="checkbox"/>
10 Los seres humanos de hoy se desarrollaron a partir de la evolución de otras especies animales .....	<input type="checkbox"/>
11 Fumar puede causar cáncer pulmonar .....	<input type="checkbox"/>
12 Los primeros humanos vivieron en la misma época que los dinosaurios .....	<input type="checkbox"/>
13 Los agujeros en la capa de ozono causan cáncer en la piel .....	<input type="checkbox"/>
14 El efecto invernadero puede elevar el nivel de los océanos .....	<input type="checkbox"/>
15 La lluvia ácida puede causar daños a los bosques .....	<input type="checkbox"/>
16 La emisión de gases de los escapes de los automóviles no tiene nada que ver con la lluvia ácida .....	<input type="checkbox"/>
17 La tierra da la vuelta al sol en un mes .....	<input type="checkbox"/>
18 El sonido viaja más rápido que la luz .....	<input type="checkbox"/>
19 La automedicación favorece la resistencia de las bacterias a los antibióticos .....	<input type="checkbox"/>
20 Debido a los agujeros en la capa de ozono ocurrirán cada vez más tormentas y huracanes .....	<input type="checkbox"/>

20. CULTURA CIENTÍFICA: PATRÓN GENÉTICO	
Un doctor le dice a una pareja que tiene una posibilidad del 25% de tener un hijo con una enfermedad congénita, ¿esto significa que. . .	
<small>CIRCULA EL CÓDIGO DE LA RESPUESTA AFIRMATIVA</small>	
a) sus primeros tres hijos nacerán sanos, mientras que el cuarto tendrá la enfermedad? .....	1
b) el primer hijo nacerá con la enfermedad, mientras que los siguientes tres no la tendrán? .....	2
c) cada hijo de la pareja tendrá el mismo riesgo de nacer con la enfermedad? .....	3
d) si sólo tienen tres hijos, ninguno tendrá la enfermedad? .....	4
e) No sabe .....	5

22. ENERGÍA LIMPIA	
22.1 De la siguiente lista de alternativas para generar energía eléctrica, evalúa cada una de ellas como nada contaminante (limpia), poco contaminante, algo contaminante, muy contaminante y excesivamente contaminante.	
<small>ANOTA EL CÓDIGO SEGÚN CORRESPONDA NADA CONTAMINANTE (LIMPIA) = 1, POCO CONTAMINANTE = 2, ALGO CONTAMINANTE = 3, MUY CONTAMINANTE = 4, EXCESIVAMENTE CONTAMINANTE = 5, NO SABE = 6</small>	
1 Plantas nucleares (uso de combustible nuclear: uranio y/o plutonio) .....	<input type="checkbox"/>
2 Hidroeléctricas (uso de la fuerza en la caída de agua) .....	<input type="checkbox"/>
3 Termoeléctricas (uso de combustibles fósiles: petróleo, carbón y sus derivados).....	<input type="checkbox"/>
4 Eólicas (uso de la fuerza de los vientos) .....	<input type="checkbox"/>
5 Solar (uso de celdas o paneles solares) .....	<input type="checkbox"/>
6 Geotérmicas (uso del calor interior de la tierra).....	<input type="checkbox"/>

## Anexo 2

### Diagnóstico inicial sobre Calor y temperatura

El siguiente cuestionario tiene fines exclusivamente de diagnóstico; no influirá en tu calificación. Contéstalo de manera individual. Los resultados serán de utilidad para mejorar los procesos educativos de tu escuela, por lo que agradecemos tu valiosa colaboración.

1. Escribe tu nombre completo
2. ¿Cuál es la temperatura más probable de los cubos de hielo que se encuentran en el congelador del refrigerador de tu casa?

*Marca solo un óvalo.*

- 20 °C
- 0 °C
- 5 °C
- Depende del tamaño de los cubos

3. Imagina que tienes una lata de refresco y una botella de plástico de 600ml del mismo refresco en el refrigerador. Ambos refrescos permanecieron dentro del refrigerador durante toda la noche. Por la mañana sacas los dos refrescos y rápidamente mides la temperatura del refresco en lata utilizando un termómetro que introduces en el líquido. La temperatura es de 7°C. ¿Cuál será la temperatura más probable del refresco la botella de plástico?

*Marca solo un óvalo.*

- Ambas son menores a 7°C
- Ambas son iguales a 7°C
- Ambas son mayores a 7°C
- El refresco está a 7°C, pero la botella a una temperatura mayor
- Depende de la cantidad de refresco y del tamaño de la botella

4. Después de cocer unos huevos en agua hirviendo, los enfrías poniéndolos en un recipiente de agua fría. ¿Cuál de los siguientes procesos explica mejor el enfriamiento?

*Marca solo un óvalo.*

- La temperatura se transfiere de los huevos al agua
- El frío se mueve del agua a los huevos
- Los objetos se enfrían de manera natural
- Se transfiere la energía calorífica de los huevos al agua

5. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones te parece más adecuada?

*Marca solo un óvalo.*

- El frío es la ausencia de calor
- El frío es una sustancia invisible que puede fluir de un cuerpo a otro
- El frío es ausencia de temperatura
- Frío y caliente es lo mismo sólo que a temperatura diferentes

6. El calor es ...

*Marca solo un óvalo.*

- La cantidad de energía que tiene un cuerpo
- La temperatura alta que tiene un cuerpo
- Una sustancia invisible que puede fluir de un cuerpo a otro
- La energía que se transfiere de un cuerpo caliente a otro frío

### Anexo 3

## Diagnóstico final sobre Calor y temperatura

El siguiente cuestionario tiene fines exclusivamente de diagnóstico; no influirá en tu calificación. Contéstalo de manera individual. Los resultados serán de utilidad para mejorar los procesos educativos de tu escuela, por lo que agradecemos tu valiosa colaboración.

1. Escribe tu nombre completo
2. Imagina que sacas cuatro cubos de hielo del congelador y los pones en agua hasta que éste se derrita por completo. ¿Cuál es la temperatura más probable del agua en ese momento?

*Marca solo un óvalo.*

- 20 °C

0 °C

5 °C

10 °C

3. Imagina que dejas una lata de refresco en el refrigerador durante toda la noche. Por la mañana sacas la lata y la pones sobre una mesa. 5 minutos después levantas la lata de refresco y te das cuenta de que la superficie de la mesa que estaba debajo de la lata está más fría que el resto de la mesa. ¿Cuál de las siguientes explicaciones es la mejor para ese hecho?

*Marca solo un óvalo.*

Se ha transferido el frío de la lata a la mesa

No queda energía debajo de la lata

Algo del calor de la mesa se ha transferido a la lata

La lata hace que el calor por debajo de ella se aleje a través de la mesa

4. ¿Por qué utilizamos suéteres o chamarras cuando hace frío?

*Marca solo un óvalo.*

- Para mantener el frío afuera
- Para generar calor
- Para reducir la pérdida de calor
- Las tres anteriores

5. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones te parece la mejor definición de temperatura?

*Marca solo un óvalo.*

- La medida de la energía calorífica de un cuerpo
- La medida de qué tan caliente está un objeto en una escala adecuada
- La lectura en un termómetro
- La medida de qué tan frío está un objeto en una escala adecuada.
- Opción 5

6. Cuando tocas la superficie de un objeto metálico que se encuentra a la sombra, la sientes fría. Esta sensación es porque ...

*Marca solo un óvalo.*

- Lo frío del metal se transfiere a la mano
- Hay flujo de calor de la mano al metal
- Los metales siempre son más fríos que el cuerpo
- Las sensaciones de frío y caliente dependen de la situación

## Anexo 4

### 9. APRENDIZAJES ESPERADOS POR GRADO

CIENCIAS Y TECNOLOGÍA. BIOLOGÍA. SECUNDARIA. 1º		
EJES	Temas	Aprendizajes esperados
MATERIA, ENERGÍA E INTERACCIONES	Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica a la célula como la unidad estructural de los seres vivos.</li> </ul>
	Interacciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infiere el papel que juegan las interacciones depredador-presa y la competencia en el equilibrio de las poblaciones en un ecosistema.</li> </ul>
	Naturaleza macro, micro y submicro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica las funciones de la célula y sus estructuras básicas (pared celular, membrana, citoplasma y núcleo).</li> </ul>
SISTEMAS	Sistemas del cuerpo humano y salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explica la coordinación del sistema nervioso en el funcionamiento del cuerpo.</li> <li>Explica cómo evitar el sobrepeso y la obesidad con base en las características de la dieta correcta y las necesidades energéticas en la adolescencia.</li> <li>Argumenta los beneficios de aplazar el inicio de las relaciones sexuales y de practicar una sexualidad responsable, segura y satisfactoria, libre de miedos, culpas, falsas creencias, coerción, discriminación y violencia como parte de su proyecto de vida en el marco de la salud sexual y reproductiva.</li> <li>Compara la eficacia de los diferentes métodos anticonceptivos en la perspectiva de evitar el embarazo en la adolescencia y prevenir ITS, incluidas VPH y VIH.</li> <li>Explica las implicaciones de las adicciones en la salud personal, familiar y en la sociedad.</li> </ul>
	Ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Representa las transformaciones de la energía en los ecosistemas, en función de la fuente primaria y las cadenas tróficas.</li> </ul>
DIVERSIDAD, CONTINUIDAD Y CAMBIO	Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explica la importancia ética, estética, ecológica y cultural de la biodiversidad en México.</li> <li>Compara la diversidad de formas de nutrición, relación con el medio y reproducción e identifica que son resultado de la evolución.</li> <li>Valora las implicaciones éticas de la manipulación genética en la salud y el medioambiente.</li> </ul>
	Tiempo y cambio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconoce que el conocimiento de los seres vivos se actualiza con base en las explicaciones de Darwin acerca del cambio de los seres vivos en el tiempo (relación entre el medioambiente, las características adaptativas y la sobrevivencia).</li> <li>Identifica cómo los cambios tecnológicos favorecen el avance en el conocimiento de los seres vivos.</li> </ul>
	Continuidad y ciclos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describe la importancia, funciones y ubicación de los cromosomas, genes y ADN.</li> </ul>

CIENCIAS Y TECNOLOGÍA. FÍSICA. SECUNDARIA. 2º		
EJES	Temas	Aprendizajes esperados
MATERIA, ENERGÍA E INTERACCIONES	<b>Propiedades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describe las características del modelo de partículas y comprende su relevancia para representar la estructura de la materia.</li> <li>Explica los estados y cambios de estado de agregación de la materia, con base en el modelo de partículas.</li> <li>Interpreta la temperatura y el equilibrio térmico con base en el modelo de partículas.</li> </ul>
	<b>Interacciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describe, explica y experimenta con algunas manifestaciones y aplicaciones de la electricidad e identifica los cuidados que requiere su uso.</li> <li>Analiza fenómenos comunes del magnetismo y experimenta con la interacción entre imanes.</li> <li>Describe la generación, diversidad y comportamiento de las ondas electromagnéticas como resultado de la interacción entre electricidad y magnetismo.</li> </ul>
	<b>Naturaleza macro, micro y submicro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Explora algunos avances recientes en la comprensión de la constitución de la materia y reconoce el proceso histórico de construcción de nuevas teorías.</li> <li>Describe algunos avances en las características y composición del Universo (estrellas, galaxias y otros sistemas).</li> <li>Describe cómo se lleva a cabo la exploración de los cuerpos celestes por medio de la detección y procesamiento de las ondas electromagnéticas que emiten.</li> </ul>
	<b>Fuerzas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describe, representa y experimenta la fuerza como la interacción entre objetos y reconoce distintos tipos de fuerza.</li> <li>Identifica y describe la presencia de fuerzas en interacciones cotidianas (fricción, flotación, fuerzas en equilibrio).</li> </ul>
	<b>Energía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza la energía mecánica (cinética y potencial) y describe casos donde se conserva.</li> <li>Analiza el calor como energía.</li> <li>Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.</li> <li>Analiza las formas de producción de energía eléctrica, reconoce su eficiencia y los efectos que causan al planeta.</li> <li>Describe el funcionamiento básico de las fuentes renovables de energía y valora sus beneficios.</li> </ul>
SISTEMAS	<b>Sistemas del cuerpo humano y salud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica las funciones de la temperatura y la electricidad en el cuerpo humano.</li> <li>Describe e interpreta los principios básicos de algunos desarrollos tecnológicos que se aplican en el campo de la salud.</li> </ul>
	<b>Sistema Solar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Describe las características y dinámica del Sistema Solar.</li> <li>Analiza la gravitación y su papel en la explicación del movimiento de los planetas y en la caída de los cuerpos (atracción) en la superficie terrestre.</li> </ul>
DIVERSIDAD, CONTINUIDAD Y CAMBIO	<b>Tiempo y cambio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza cambios en la historia, relativos a la tecnología en diversas actividades humanas (medición, transporte, industria, telecomunicaciones) para valorar su impacto en la vida cotidiana y en la transformación de la sociedad.</li> <li>Comprende los conceptos de velocidad y aceleración.</li> <li>Identifica algunos aspectos sobre la evolución del Universo.</li> </ul>

CIENCIAS Y TECNOLOGÍA. QUÍMICA. SECUNDARIA. 3º		
EJES	Temas	Aprendizajes esperados
MATERIA, ENERGÍA E INTERACCIONES	<b>Propiedades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deduce métodos para separar mezclas con base en las propiedades físicas de las sustancias involucradas.</li> <li>• Caracteriza propiedades físicas y químicas para identificar materiales y sustancias, explicar su uso y aplicaciones.</li> </ul>
	<b>Interacciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracteriza cómo responden distintos materiales a diferentes tipos de interacciones (mecánicas, térmicas, eléctricas).</li> <li>• Explica y predice propiedades físicas de los materiales con base en modelos submicroscópicos sobre la estructura de átomos, moléculas o iones y sus interacciones electrostáticas.</li> </ul>
	<b>Naturaleza macro, micro y submicro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa y diferencia mediante esquemas, modelos y simbología química, elementos y compuestos, así como átomos y moléculas.</li> </ul>
	<b>Energía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce intercambios de energía entre el sistema y sus alrededores durante procesos físicos y químicos.</li> <li>• Explica, predice y representa intercambios de energía en el transcurso de las reacciones químicas con base en la separación y unión de átomos o iones involucrados.</li> </ul>
SISTEMAS	<b>Sistemas del cuerpo humano y salud</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica componentes químicos importantes (carbohidratos, lípidos, proteínas, ADN) que participan en la estructura y funciones del cuerpo humano.</li> <li>• Analiza el aporte calórico de diferentes tipos de alimentos y utiliza los resultados de su análisis para evaluar su dieta personal y la de su familia.</li> </ul>
	<b>Ecosistemas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deduce métodos para detectar, separar o eliminar sustancias contaminantes en diversos sistemas (aire, suelo, agua).</li> <li>• Argumenta acerca de las implicaciones del uso de productos y procesos químicos en la calidad de vida y el medioambiente.</li> </ul>
DIVERSIDAD, CONTINUIDAD Y CAMBIO	<b>Tiempo y cambio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argumenta sobre los factores que afectan la rapidez de las reacciones químicas (temperatura, concentración de los reactivos) con base en datos experimentales.</li> <li>• Explica y predice el efecto de la temperatura y la concentración de los reactivos en la rapidez de las reacciones químicas, a partir del modelo corpuscular de la materia.</li> <li>• Identifica la utilidad de modificar la rapidez de las reacciones químicas.</li> <li>• Argumenta acerca de posibles cambios químicos en un sistema con base en evidencias experimentales (efervescencia, emisión de luz o energía en forma de calor, precipitación, cambio de color, formación de nuevas sustancias).</li> <li>• Argumenta sobre la cantidad de reactivos y productos en reacciones químicas con base en la ley de la conservación de la materia.</li> <li>• Explica, predice y representa cambios químicos con base en la separación y unión de átomos o iones, que se conservan en número y masa, y se recombinan para formar nuevas sustancias.</li> <li>• Reconoce y valora el uso de reacciones químicas para sintetizar nuevas sustancias útiles o eliminar sustancias indeseadas.</li> <li>• Reconoce la utilidad de las reacciones químicas en el mundo actual.</li> </ul>
	<b>Continuidad y ciclos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce regularidades en las propiedades físicas y químicas de sustancias elementales representativas en la tabla periódica.</li> <li>• Deduce información acerca de la estructura atómica a partir de datos experimentales sobre propiedades atómicas periódicas.</li> </ul>

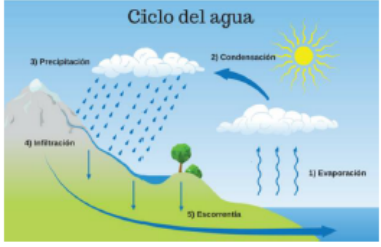


## Anexo 5


### Secuencia 5. El calor: otra forma de energía (LT, Vol. I, págs. 62-73)

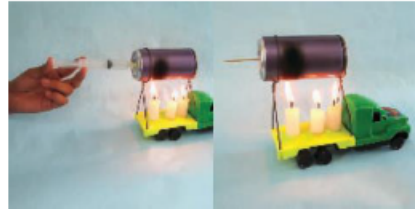
Tiempo de realización	11 sesiones
Eje	Materia, energía e interacciones
Tema	Energía
Aprendizaje esperado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analiza el calor como energía.</li><li>• Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.</li></ul>
Intención didáctica	Reconocer las formas de propagación del calor y sus efectos en diversos materiales (metales, plástico, unicel, etcétera). Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.
Vínculo con otras asignaturas	Matemáticas Al realizar procedimientos algebraicos.
Materiales	Termómetros, globos, pelotas, botellas con agua, plastilina, objetos metálicos (pinzas, cucharas), servilletas, carritos de juguete, latas de refresco (330 ml) llenas y vacías, jeringas, alambre (2 m por equipo), palillos de madera, velas, pinzas para doblar metal, tijeras, cerillos. Para elaborar los carteles y periódico mural: cartulinas o papel kraft, plumones, cinta adhesiva.
Recursos audiovisuales o informáticos para el alumno	<b>Audiovisuales</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Calor como forma de energía</i></li><li>• <i>Calentamiento global</i></li></ul>
Materiales y recursos de apoyo para el maestro	<b>Bibliografía</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bennett, Clarence E. (2012). <i>Física sin matemáticas</i>, México, Grupo Patria Cultural, 2012.</li><li>• Hewitt, Paul G. (2007). <i>Física conceptual</i>, México, Pearson Educación.</li><li>• Larousse (2006). <i>Larousse. Diccionario esencial. Física</i>, México, Larousse.</li><li>• Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (s.f.). 2. <i>La transformación de la energía</i>. Disponible en <a href="http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena3/2q3_contenidos_2c.htm">http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena3/2q3_contenidos_2c.htm</a> (Consultado el 16 de julio de 2019).</li></ul>

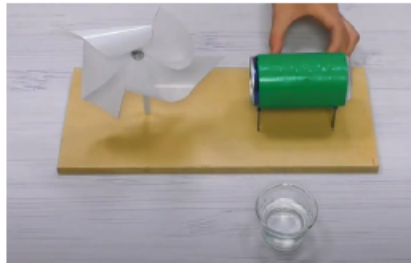
## Anexo 6

Clase 1		Planeación telesecundaria					Enganchar, Explorar																				
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física		Bloque	1	Semana	6																
Tema		Energía					Duración	50 minutos																			
Aprendizaje esperado		Analiza el calor como energía																									
Intención didáctica		Reconocer las formas de propagación del calor y sus efectos en diversos materiales (metales, plástico, unícel, etcétera)																									
Fases	Pag.	Minutos	Actividades					Recursos																			
Inicio		10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la secuencia “El calor: otra forma de energía”. Comentar el aprendizaje esperado y competencias a desarrollar.</li> <li>Presentar el laboratorio electrónico. Su uso y función.</li> <li>Rescate de conocimientos previos. (De preferencia realizar el experimento) <ul style="list-style-type: none"> <li>Observar el video 1 (virtual) o realizar experimento 1 en clase (síncrona)</li> </ul> </li> <li>Mediante una lluvia de ideas, responder preguntas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué sucede con el globo con aire? ¿Por qué explota el globo?</li> <li>¿Qué pasará con el globo con agua?</li> <li>¿Por qué uno se rompe y otro no?</li> <li>¿Qué pasa con la energía calorífica que recibe el globo con agua?</li> </ul> </li> </ul>					<p>Video 1:  <a href="https://youtu.be/grSpRW9MfH0?t=77">https://youtu.be/grSpRW9MfH0?t=77</a>  (iniciar en minuto 1:17; Terminar en el minuto 2:00, antes de la explicación)</p> <p>Globos, Agua, Vela, Encendedor</p> <p><b>Experimento alternativo “calentar en vaso de papel”:</b> Doblar una hoja como si fuera un vaso, con agua y calentar con encendedor.</p>																			
Desarrollo	64	15	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Para explorar a detalle lo que pasó con el globo, realizan el experimento 2 “Los efectos del calor” <ul style="list-style-type: none"> <li>Plantean hipótesis sobre las siguientes cuestiones</li> </ul> </li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Preguntas</th> <th>Hipótesis</th> <th>Confirma / Rechaza</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>¿Cómo sabemos que un objeto está caliente?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿Por qué se calientan las cosas?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿Cuál es el efecto del calor en cada objeto?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conclusión:</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Preguntas	Hipótesis	Confirma / Rechaza	¿Cómo sabemos que un objeto está caliente?			¿Por qué se calientan las cosas?			¿Cuál es el efecto del calor en cada objeto?			Conclusión:			<p>Globo, pelota, botella de PET, plastilina, objeto metálico, servilleta de papel. (Objetos diversos que se tengan a la mano)</p>				
Preguntas	Hipótesis	Confirma / Rechaza																									
¿Cómo sabemos que un objeto está caliente?																											
¿Por qué se calientan las cosas?																											
¿Cuál es el efecto del calor en cada objeto?																											
Conclusión:																											
Cierre	64	25	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar, individualmente, un dibujo que explique por qué se calientan las cosas y los efectos del calor en los materiales. El dibujo debe utilizar las palabras: <ul style="list-style-type: none"> <li>Calentar</li> <li>Transferencia de calor</li> <li>Energía calorífica</li> <li>Frio</li> <li>Caliente</li> </ul> </li> <li>Comparten sus resultados en plenaria.</li> </ul>					<p><b>Ciclo del agua</b></p>  <p>Mostrar esta imagen como ejemplo.</p>																			
Evaluación	Participación en las diferentes actividades grupales Elaboración de tabla concentradora del experimento con sus hipótesis y descripción de lo sucedido y dibujo realizado.																										
Observaciones	Proponer como tarea la Actividad 2 - Diferencia entre calor y temperatura. Puede ser utilizada como base para recuperar conocimientos previos la siguiente clase.																										

Clase 2		Planeación telesecundaria				Explicar, Elaborar					
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física		Bloque	1	Semana	6
Tema		Energía				Duración	50 minutos				
Aprendizaje esperado			Analiza el calor como energía								
Intención didáctica			Reconocer las formas de propagación del calor y sus efectos en diversos materiales (metales, plástico, uncel, etcétera)								
Fases	Pag.	Minutos	Actividades	Recursos							
Inicio	62	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responder preguntas como las siguientes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Después de los experimentos que hicimos ayer.</li> <li>¿Por qué un globo se rompe y otro no?</li> <li>¿Qué pasa con la energía calorífica de la vela en el agua?</li> <li>¿Cómo piensan que se puede medir la energía calorífica y de donde proviene?</li> </ul> </li> </ul>								
Desarrollo	63	40	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observan el video 2: Breve historia sobre la termodinámica. (14 min)</li> <li>Leen el texto de la página 63 "El calor como energía"               <ul style="list-style-type: none"> <li>Al terminar el video y la lectura, en equipos, proponen una explicación sobre por qué el globo sin agua explota y el globo con agua no explota. <i>La explicación será utilizando un dibujo que muestre lo que está sucediendo en el experimento (Volver a realizar el experimento 1 si es necesario)</i></li> <li>Revisar y corregir, de ser necesario, las explicaciones de los estudiantes dejando claro que el agua absorbe la energía calorífica, por lo que el plástico del globo no se daña y explota.</li> <li>El dibujo debe utilizar las palabras:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>Calentar</li> <li>Transferencia de calor</li> <li>Energía calorífica</li> <li>Frio</li> <li>Caliente</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	<p>Video 2: <a href="https://youtu.be/wiFkJebegwk">https://youtu.be/wiFkJebegwk</a></p> <p>Libreta: Hacer un dibujo que ejemplifique la explicación que se proponga.</p> <p>Colores</p> <p>Globos</p> <p>Agua</p> <p>Vela</p> <p>Encendedor</p>							
Cierre		5	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparten sus explicaciones en plenaria haciendo énfasis en la transferencia de calor entre cuerpos asumiendo el calor como energía térmica.</li> </ul>								
Evaluación		<p>Participación en las diferentes actividades grupales</p> <p>Elaboración de dibujo que contiene la explicación de lo sucedido con los experimentos.</p>									
Observaciones											

Clase 3		Planeación telesecundaria				Elaborar, Evaluar									
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física		Bloque	1	Semana	6				
Tema		Energía				Duración	50 minutos								
Aprendizaje esperado		Analiza el calor como energía													
Intención didáctica		Reconocer las formas de propagación del calor y sus efectos en diversos materiales (metales, plástico, unicel, etcétera)													
Fases	Pag.	Minutos	Actividades						Recursos						
Inicio	65	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responden preguntas como las siguientes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Es correcto decir “cierren las ventanas porque va a entrar el frío”?</li> <li>¿Qué pasa si en el exterior del salón la temperatura es más baja / alta?</li> <li>¿Qué materiales nos ayudan a conservar / transferir el calor?</li> </ul> </li> </ul>												
Desarrollo		35	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizan el experimento “Baño María”. La idea es lograr explicar la transferencia de calor entre objetos con distintas temperaturas.               <ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar con la pregunta ¿Qué ocurre cuando ponemos en contacto un objeto caliente con otro frío?” (Evitar explicaciones usando temperatura, privilegiar la explicación sensorial <i>el frío se calienta, el caliente se enfría</i>)</li> <li>¿cómo podemos cuantificar qué tan caliente está el agua en cada recipiente? (Es así como se llega a conceptualizar la temperatura como la medida de qué tan caliente está un objeto en una escala adecuada.)</li> <li>Realizar, en equipo, un dibujo que responda las preguntas ¿Qué ocurre con las temperaturas cuando juntamos 2 objetos, uno caliente y otro frío? Y ¿Qué sucede cuando juntamos 2 objetos de diferentes temperaturas? utilizando las palabras:</li> </ul> </li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Calentar</li> <li>Transferencia de calor</li> <li>Energía calorífica</li> </ul> </td> <td style="width: 33%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Frio</li> <li>Caliente</li> <li>Temperatura</li> </ul> </td> <td style="width: 33%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferencia de temperatura</li> </ul> </td> </tr> </table>						<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentar</li> <li>Transferencia de calor</li> <li>Energía calorífica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frio</li> <li>Caliente</li> <li>Temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferencia de temperatura</li> </ul>	<p><b>Experimento Baño María:</b> consiste en un recipiente con agua fría, se introduce en otro recipiente con agua caliente y medir la temperatura de los dos recipientes con el laboratorio electrónico.</p>  <p>La energía calorífica o térmica se transmite del objeto más caliente al más frío. Experimentamos calor cuando se transfiere energía térmica hacia nosotros. Sentimos frío en el momento que nuestro cuerpo transfiere energía térmica a un objeto de menor temperatura.</p>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Calentar</li> <li>Transferencia de calor</li> <li>Energía calorífica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frio</li> <li>Caliente</li> <li>Temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferencia de temperatura</li> </ul>													
Cierre		10	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observan el video 3 y responden qué tipo de transferencia de calor se presenta en los siguientes ejemplos: Calentar agua en la estufa, calentar tortillas en comal, enfriar agua con hielos, Calentar un cuarto con chimenea, asar carne en un anafre con carbón, etc.</li> </ul>						<p>Video 3: <a href="https://youtu.be/mgOs7VEOu4I">https://youtu.be/mgOs7VEOu4I</a></p>						
Evaluación	Participación en las diferentes actividades grupales. Dibujo realizado por los equipos.														
Observaciones	Pedir de tarea los materiales necesarios para realizar el experimento “Rehilete de vapor”														

Clase 4		Planeación telesecundaria				Enganchar																							
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física		Bloque	1	Semana	6																		
Tema		Energía				Duración	50 minutos																						
Aprendizaje esperado			Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.																										
Intención didáctica			Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.																										
Fases	Pag.	Minutos	Actividades				Recursos																						
Inicio	67	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responden preguntas como las siguientes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Conocen los barcos de vapor?</li> <li>¿Conocen otra máquina que funcione con vapor?</li> <li>¿De qué manera funcionan las máquinas de vapor?</li> </ul> </li> </ul>																										
Desarrollo	67	35	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> <li>En equipos, observan el carro construido por el docente y llenan el siguiente cuadro en el que plantean su hipótesis.</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Preguntas</th> <th style="width: 25%;">Hipótesis</th> <th style="width: 25%;">Confirma / Rechaza</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>¿cómo funciona una máquina de vapor?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿qué pasará con el carro al prender las velas?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿por qué piensan que ocurrirá eso?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿el carro es una máquina de vapor?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Conclusión:</td> </tr> </tbody> </table>				Preguntas	Hipótesis	Confirma / Rechaza	¿cómo funciona una máquina de vapor?			¿qué pasará con el carro al prender las velas?			¿por qué piensan que ocurrirá eso?			¿el carro es una máquina de vapor?			Conclusión:			Carro de plástico, lata de refresco, jeringa, 50 ml de agua, 3 velas, alambre, pinzas.  La explicación es que la energía calorífica o térmica se transmite al agua hasta generar vapor y la expulsión de ese vapor genera movimiento.				
			Preguntas	Hipótesis	Confirma / Rechaza																								
¿cómo funciona una máquina de vapor?																													
¿qué pasará con el carro al prender las velas?																													
¿por qué piensan que ocurrirá eso?																													
¿el carro es una máquina de vapor?																													
Conclusión:																													
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizan el experimento en grupo y ponen a prueba sus hipótesis.           <ul style="list-style-type: none"> <li>El experimento "Carro de vapor".</li> </ul> </li> </ul>																													
Cierre	67	10	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Comentan en plenaria sus resultados y escriben una conclusión en la que expliquen si su carro es una máquina de vapor y si confirman o rechazan su hipótesis.</li> </ul>																										
Evaluación		Participación en las diferentes actividades grupales Responder en su libreta si se confirma su hipótesis y una explicación sencilla de lo que ha ocurrido con el carro de vapor.																											
Observaciones																													

Clase 5		Planeación telesecundaria				Explorar																				
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física			Bloque	1	Semana	6														
Tema		Energía				Duración	50 minutos																			
Aprendizaje esperado		Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.																								
Intención didáctica		Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.																								
Fases	Pag.	Minutos	Actividades				Recursos																			
Inicio	67	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responden preguntas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué pasa si ponemos una sola vela a calentar la lata?</li> <li>- ¿Qué pasa si ponemos menos / más agua en la lata?</li> <li>- ¿Qué pasa a la velocidad del rehilete si aumenta o disminuye el agua?</li> </ul> </li> </ul>																							
Desarrollo	67	35	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En equipos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Plantean hipótesis que respondan las preguntas del inicio sesión.</li> <li>Proponen formas de indagar para responder las preguntas. (Medir temperaturas)</li> </ul> </li> <li>En plenaria definen las formas de indagación para probar sus hipótesis.</li> <li>Realizar las pruebas necesarias para validar o rechazar las hipótesis. <ul style="list-style-type: none"> <li>El experimento "Rehilete de vapor".</li> </ul> </li> <li>Anotan sus observaciones en la tabla y plantean nuevas ideas e hipótesis si fuera necesario.</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Preguntas</th> <th style="width: 25%;">Hipótesis</th> <th style="width: 25%;">Confirma / Rechaza</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>¿Qué pasa si ponemos una sola vela a calentar la lata?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿Qué pasa si ponemos menos / más agua en la lata?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿Qué pasa a la velocidad del rehilete si aumenta o disminuye el agua?</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>¿El rehilete con la lata es una máquina térmica?</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Conclusión:</td> </tr> </tbody> </table>				Preguntas	Hipótesis	Confirma / Rechaza	¿Qué pasa si ponemos una sola vela a calentar la lata?			¿Qué pasa si ponemos menos / más agua en la lata?			¿Qué pasa a la velocidad del rehilete si aumenta o disminuye el agua?			¿El rehilete con la lata es una máquina térmica?	Conclusión:		<p>Lata, agua, jeringa, etc ... Laboratorio electrónico</p> 				
Preguntas	Hipótesis	Confirma / Rechaza																								
¿Qué pasa si ponemos una sola vela a calentar la lata?																										
¿Qué pasa si ponemos menos / más agua en la lata?																										
¿Qué pasa a la velocidad del rehilete si aumenta o disminuye el agua?																										
¿El rehilete con la lata es una máquina térmica?	Conclusión:																									
Cierre	67	10	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizan, en equipos, un dibujo que explique el funcionamiento de la máquina térmica utilizando las palabras: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 33%;">▪ Calentar</td> <td style="width: 33%;">▪ Vapor</td> <td style="width: 33%;">▪ Energía calorífica</td> </tr> <tr> <td>▪ Enfriar</td> <td>▪ Máquina térmica</td> <td>▪ Energía mecánica</td> </tr> <tr> <td>▪ Transferencia de calor</td> <td>▪ Contaminación</td> <td>▪ Energía disipada</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>Comentan en plenaria sus resultados.</li> </ul>				▪ Calentar	▪ Vapor	▪ Energía calorífica	▪ Enfriar	▪ Máquina térmica	▪ Energía mecánica	▪ Transferencia de calor	▪ Contaminación	▪ Energía disipada											
▪ Calentar	▪ Vapor	▪ Energía calorífica																								
▪ Enfriar	▪ Máquina térmica	▪ Energía mecánica																								
▪ Transferencia de calor	▪ Contaminación	▪ Energía disipada																								
Evaluación	Participación en las diferentes actividades grupales Responder en su libreta si se confirma su hipótesis y una respuesta sencilla a las preguntas iniciales.																									
Observaciones																										

Clase 6		Planeación telesecundaria				Explicar															
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física			Bloque	1	Semana	6									
Tema		Energía				Duración	50 minutos														
Aprendizaje esperado			Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.																		
Intención didáctica			Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.																		
Fases	Pag.	Minutos	Actividades				Recursos														
Inicio		5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responden preguntas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entonces ¿cómo funciona una máquina térmica?</li> <li>- ¿Qué relación existe entre la cantidad de calor y el desplazamiento del carro?</li> <li>- ¿Toda la energía calorífica se convierte en energía mecánica?</li> </ul> </li> </ul>																		
Desarrollo	68  69	40	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observan el video 4 con una breve historia sobre las máquinas de vapor. <ul style="list-style-type: none"> <li>Comentan lo que más les llama la atención de las máquinas de vapor</li> </ul> </li> <li>De manera individual leen los primeros 2 párrafos de la página 68 y el último, que define lo que es una máquina térmica.</li> <li>En plenaria comentan ¿qué es una máquina térmica? Y ¿Qué consecuencias negativas tiene quemar carbón o gasolina con estas máquinas?</li> <li>Observan el video 5 "Motores de combustión interna" <ul style="list-style-type: none"> <li>Hacen un dibujo sencillo con el que responda la pregunta "En las máquinas térmicas ¿Toda la energía calorífica se convierte en energía mecánica?". Utilizar las siguientes palabras en el dibujo:</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">▪ Calentar</td> <td style="width: 33%;">▪ Máquina térmica</td> <td style="width: 33%;">▪ Energía calorífica</td> </tr> <tr> <td>▪ Enfriar</td> <td>▪ Contaminación</td> <td>▪ Energía mecánica</td> </tr> <tr> <td>▪ Transferencia de calor</td> <td></td> <td>▪ Energía disipada</td> </tr> </table> </li> </ul>				▪ Calentar	▪ Máquina térmica	▪ Energía calorífica	▪ Enfriar	▪ Contaminación	▪ Energía mecánica	▪ Transferencia de calor		▪ Energía disipada	<p>Video 4: <a href="https://youtu.be/93o-wBnpndY">https://youtu.be/93o-wBnpndY</a> (16 min, se puede cortar al minuto 10)</p> <p>Video 5: <a href="https://youtu.be/N3DsCq5uRQ">https://youtu.be/N3DsCq5uRQ</a> (3 minutos)</p> <p>Papel Colores</p> <p>Deben llegar a la conclusión de que una parte de la energía térmica se convierte en movimiento y otra cantidad de disipa en el ambiente. Se transfiere al medioambiente.</p>					
▪ Calentar	▪ Máquina térmica	▪ Energía calorífica																			
▪ Enfriar	▪ Contaminación	▪ Energía mecánica																			
▪ Transferencia de calor		▪ Energía disipada																			
Cierre	67	5	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resuelven problema 1 "¿Cuál es la eficiencia del carro de vapor?" para reforzar la idea de eficiencia y energía disipada en el medio ambiente.</li> <li>Comentan en plenaria el resultado del problema haciendo énfasis sobre "en dónde quedó la energía que no se convirtió en movimiento".</li> </ul>																		
Evaluación		Participación en las diferentes actividades grupales Responder en su libreta el problema del anexo 1.																			
Observaciones																					

Clase 7		Planeación telesecundaria				Elaborar																	
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física			Bloque	1	Semana	6											
Tema		Energía				Duración	50 minutos																
Aprendizaje esperado			Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.																				
Intención didáctica			Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.																				
Fases	Pag.	Minutos	Actividades				Recursos																
Inicio		5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responder preguntas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>¿qué es eficiencia? ¿lo han escuchado?</li> <li>¿qué significa que un carro sea eficiente?</li> <li>¿cuál es la eficiencia de nuestro carro de vapor?</li> </ul> </li> </ul>																				
Desarrollo	70	35	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Resuelven problema 1 “¿Cuál es la eficiencia del carro de vapor?” <ul style="list-style-type: none"> <li>¿En dónde “pierde” el 87% de energía que no se utilizó para mover el carro?</li> <li>¿Qué relación tiene esta energía disipada y la contaminación ambiental?</li> </ul> </li> <li>Comentan en plenaria el resultado del problema. Haciendo énfasis sobre “en dónde quedó la energía que no se convirtió en movimiento”.</li> <li>Resuelven la siguiente actividad, utilizando la fórmula de eficiencia.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Problema 1 refuerza la idea de eficiencia y energía disipada en el medio ambiente.</li> </ul> Libreta Bolígrafo <ul style="list-style-type: none"> <li>Ningún motor puede tener eficiencia de 100%. Siempre existe una pérdida, aunque sea muy pequeña.</li> <li>Deben llegar a la conclusión de que el más eficiente es el vehículo eléctrico.</li> </ul>																
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Máquina a</th> <th>Energía</th> <th>Trabajo</th> <th>Eficiencia</th> <th>E disipada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gasolina (1 litro)</td> <td>34780000 J</td> <td>12520800 J</td> <td>36%</td> <td>64%</td> </tr> <tr> <td>Diesel (1 litro)</td> <td>38650000 J</td> <td>15460000 J</td> <td>40%</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>Eléctrico</td> <td>9000000 J</td> <td>7650000 J</td> <td>85%</td> <td>15%</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>¿Cuál es el motor que más cuida el medio ambiente y por qué?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparten en plenaria sus resultados y argumentan cuál de los vehículos es más eficiente y cuál cuida mejor el medio ambiente.</li> </ul>										Máquina a	Energía	Trabajo	Eficiencia	E disipada	Gasolina (1 litro)	34780000 J	12520800 J	36%	64%	Diesel (1 litro)
Máquina a	Energía	Trabajo	Eficiencia	E disipada																			
Gasolina (1 litro)	34780000 J	12520800 J	36%	64%																			
Diesel (1 litro)	38650000 J	15460000 J	40%	60%																			
Eléctrico	9000000 J	7650000 J	85%	15%																			
Cierre	70	10	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Para corroborar sus argumentos, individualmente, leen el último párrafo de la página 70 en donde se define disipación y su contribución a la contaminación.</li> </ul>																				
Evaluación		Participación en las diferentes actividades grupales Tabla de eficiencia resuelta.																					
Observaciones		Tarea: Investigar la relación del uso de gasolina y petróleo y la contaminación ambiental y el calentamiento global.																					



Clase 8		Planeación telesecundaria				Elaborar, Evaluar								
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física		Bloque	1	Semana	6			
Tema		Energía				Duración	50 minutos							
Aprendizaje esperado		Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.												
Intención didáctica		Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.												
Fases	Pag.	Minutos	Actividades				Recursos							
Inicio		5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responder preguntas como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué dijimos ayer sobre la disipación de calor?</li> <li>- ¿Qué encontraron sobre el uso de petróleo y la contaminación ambiental?</li> <li>- ¿Qué es el efecto invernadero? ¿Cómo funciona un invernadero?</li> <li>- ¿A qué nos referimos cuando hablamos de calentamiento global?</li> </ul> </li> </ul>											
Desarrollo	71	30	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizan el experimento "Mi invernadero". <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué pasa con la temperatura adentro y afuera del invernadero durante el día?</li> <li>- ¿Qué pasa con la temperatura cuando es de día y está a la luz del sol?</li> <li>- ¿Qué pasa con la temperatura dentro del invernadero cuando es de noche?</li> <li>- ¿Qué pasa si usamos una máquina térmica (un carro) dentro del invernadero?</li> </ul> </li> <li>Revisan el video 6 (efecto invernadero).</li> </ul>				<p>2 botes de litro transparentes 2 plantas pequeña (dentro de los botes) Incienso Encendedor Laboratorio electrónico.</p> <p>Video 6: <a href="https://youtu.be/1d1lpp144DM?t=14">https://youtu.be/1d1lpp144DM?t=14</a> <b>Efecto invernadero:</b> Detener en minuto 1:11</p>							
Cierre	71	15	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizan, en equipo, un dibujo que muestre el efecto invernadero utilizando las palabras:</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Energía calorífica</li> <li>Calentar</li> <li>Enfriar</li> </ul> </td> <td style="width: 33%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transferencia de calor por radiación.</li> <li>Atmósfera</li> </ul> </td> <td style="width: 33%;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gases de efecto invernadero</li> <li>Contaminación</li> </ul> </td> </tr> </table>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía calorífica</li> <li>Calentar</li> <li>Enfriar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transferencia de calor por radiación.</li> <li>Atmósfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gases de efecto invernadero</li> <li>Contaminación</li> </ul>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía calorífica</li> <li>Calentar</li> <li>Enfriar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transferencia de calor por radiación.</li> <li>Atmósfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gases de efecto invernadero</li> <li>Contaminación</li> </ul>												
Evaluación	Participación en las diferentes actividades grupales. Preguntas resueltas y Actividad "Mi invernadero". Dibujo realizado.													
Observaciones														

Clase 9		Planeación telesecundaria				Evaluar														
Nivel Escolar		Secundaria	Grado	2do grado	Asignatura	Ciencias: énfasis en física			Bloque	1	Semana	6								
Tema		Energía				Duración	50 minutos													
Aprendizaje esperado			Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.																	
Intención didáctica			Explicar algunos ejemplos que muestren la transformación de la energía calorífica y los efectos que producen el calor y los gases en la atmósfera.																	
Fases	Pag.	Minutos	Actividades				Recursos													
Inicio		5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rescate de conocimientos previos.</li> <li>Mediante una lluvia de ideas responder preguntas como las siguientes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué es el efecto invernadero? ¿Es útil para nuestra vida en la tierra?</li> <li>- ¿A qué se debe el calentamiento global y el cambio climático? ¿qué relación tiene con las máquinas térmicas? ¿Cómo podemos ayudar a evitarlo?</li> </ul> </li> </ul>																	
Desarrollo	72	35	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisan el video 6 (calentamiento global): explicación del cambio climático.</li> <li>Leen, de manera individual, los 4 párrafos de la página 72 buscando dar respuesta a las preguntas planteadas al inicio.</li> <li>Realizan, en equipo, un dibujo que responda a la pregunta “Ahora que sabemos que el “invernadero” del planeta tierra se forma de gases. ¿Qué relación tiene la contaminación de vehículos, el efecto invernadero y el calentamiento global?”. Utilizando las palabras:</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">▪ Energía calorífica</td> <td style="width: 33%;">▪ Transferencia de calor por radiación.</td> <td style="width: 33%;">▪ Gases de efecto invernadero</td> </tr> <tr> <td>▪ Calentar</td> <td>▪ Atmósfera</td> <td>▪ Calentamiento global</td> </tr> <tr> <td>▪ Enfriar</td> <td>▪ Contaminación</td> <td></td> </tr> </table>				▪ Energía calorífica	▪ Transferencia de calor por radiación.	▪ Gases de efecto invernadero	▪ Calentar	▪ Atmósfera	▪ Calentamiento global	▪ Enfriar	▪ Contaminación		<p>Video 6:  <a href="https://youtu.be/1d1lpp144DM?t=71">https://youtu.be/1d1lpp144DM?t=71</a>  <b>Calentamiento global:</b> A partir del minuto 1:12. Detener minuto 4:55</p>				
▪ Energía calorífica	▪ Transferencia de calor por radiación.	▪ Gases de efecto invernadero																		
▪ Calentar	▪ Atmósfera	▪ Calentamiento global																		
▪ Enfriar	▪ Contaminación																			
Cierre	71	10	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizan la actividad “Disminución del calentamiento global”.               <ul style="list-style-type: none"> <li>De manera individual, escriben en su cuaderno qué acciones pueden realizar en casa y la escuela para reducir el calentamiento global.</li> <li>Comparten en plenaria sus propuestas.</li> </ul> </li> </ul>																	
Evaluación		Participación en las diferentes actividades grupales. Periódico mural realizado en equipo																		
Observaciones																				

## Anexos

### Anexo 1

#### Problema "Eficiencia térmica del carro de vapor"

Para evitar desperdiciar energía calorífica, se requiere máquinas que sean eficientes, es decir, máquinas que hagan mucho trabajo con poca energía. La eficiencia térmica de una máquina se define como: La relación de movimiento o trabajo que se produce debido a la energía calorífica proporcionada a la máquina. ¿Qué tan eficiente es mover un carro de juguete con vapor de agua?

#### Datos:

$$W = 1012.9 \text{ J}$$
$$E = 8040$$

#### Fórmula:

$$e = \frac{W}{E}$$

$$e = \frac{1012.9 \text{ J}}{8040 \text{ J}} = 0.1259$$

$$e = 0.12 * 100\% = 12.59\%$$

e = eficiencia  
W = trabajo realizado  
E = energía para evaporar agua

#### De donde salen los datos:

Patm = 101290Pa (en Xalapa)  
V1vapor = 50ml = 0.05Kg  
Temp ebullición = 100°C = 373°k  
Temp final vapor = 180°C = 453°k  
Calor específico agua = 2010J/Kg°k  
Q(calor) = Ce \* Vo \* DeltaTemp  
**Q = E = 2010\*0.05\*80 = 8040J**

V1/T1 = V2/T2  
V2 = 0.05\*453/373 = 60ml  
W = Patm \* DeltaVolumen  
W = 101290 \* (0.06L-0.05L)  
**W = 1012.9 J**

#### Referencia

[https://youtu.be/\\_UKNn\\_vEC7o](https://youtu.be/_UKNn_vEC7o)

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/calor/fusion/fusion.html>

Eficiencia: La eficiencia térmica, representa la fracción de calor, que se convierte en trabajo. Es una medida de rendimiento sin dimensiones de un motor térmico que utiliza energía térmica, como una turbina de vapor, un motor de combustión interna o un refrigerador.