



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
QUÍMICA**

**DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL MODELO CINÉTICO
CORPUSCULAR DE LA MATERIA EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN QUÍMICA

PRESENTA:
ALEJANDRO LÓPEZ ALVAREZ

DIRECTOR DE TESIS: Dr. LUIS MIGUEL TREJO CANDELAS
FACULTAD DE QUÍMICA

CIUDAD DE MÉXICO

JUNIO, 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi Señor **Jesucristo** por darme la vida, capacidad, ánimo y fuerza para terminar este trabajo. Y me ha dicho: *Bástate mi gracia; porque mi poder se perfecciona en la debilidad. Por tanto, de buena gana me gloriaré más bien en mis debilidades, para que repose sobre mí el poder de Cristo.*

A mi esposa P. Jazmín y a mis hijos Elisabeth y Andrés, quienes me animaron con su amor y cariño al término de este trabajo. A pesar de los desvelos y el no poder jugar en muchas ocasiones, al final lo entendieron. Los amo.

A mi familia que me apoyo dándome aliento y palabras de ánimo para concluir este trabajo de forma satisfactoria.

Gracias Mamá, Papá y hermano Luis, les estoy muy agradecido por todo su apoyo. Los quiero.

Al Dr. Luis Miguel Trejo por su paciencia y su amplio conocimiento en la ciencia de la didáctica de la química y educación científica. Agradezco la dirección y visión que dirigió mi trabajo de principio a fin.

Al programa de Becas PASPA-DGAPA-UNAM, por su inmenso apoyo al sustento económico durante toda mi trayectoria dentro del programa de maestría MADEMS.

A la Facultad de Química de la UNAM campus Ciudad Universitaria (CU), por abrir sus puertas y permitir la continuidad de mi formación académica .

Al Dr. Javier Consuelo Hernández, actual director del Colegio Nacional de Ciencias y Humanidades plantel Azcapotzalco, por su amable apoyo en abrirme las puertas del colegio siendo la institución sede para la implementación de la secuencia didáctica desarrollada en este trabajo.

A la M. en D. Fabiola Margarita Torres García que a través de su paciencia y experiencia, pudo realizar comentarios acertados al trabajo de grado los cuales retornaron en la adecuación de algunas ideas que impactaron en el beneficio y finalización del mismo.

A los alumnos del grupo 108-B por compartir el empeño y entusiasmo durante el desarrollo de cada una de las sesiones del trabajo presente. ¡Gracias chicos!.

A mi comité integrado por la Dra. Clara Alvarado Zamorano, Dra. Leticia Gallegos Cazares, Dra. Esther Agacino Valdez y el Dr. Adolfo Obaya quienes me brindaron su apoyo y retroalimentación a este trabajo de tesis mejorando sustancialmente el mismo.

2 Corintios 12:9 *Y me ha dicho: Bástate mi gracia; porque mi poder se perfecciona en la debilidad. Por tanto, de buena gana me gloriaré más bien en mis debilidades, para que repose sobre mí el poder de Cristo.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Selección del problema a estudiar.....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Justificación.....	5
1.4 Ubicación del tema	6
1.5 Instrucción. ¿Cómo se enseña este tema en el programa de estudio 2016 del CCH?.....	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Enseñanza de la ciencia en el siglo XXI	8
2.2 Indagación en la enseñanza de la ciencia	9
2.3 Enseñanza de la ciencia basada en modelos	10
2.3.1 Modelos escolares de simulación en la enseñanza de la ciencia	12
2.4 Enseñanza de la ciencia bajo el enfoque de la Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia.....	13
2.4.1 Fase 1. Planeación para el enganche con ideas científicas importantes.....	14
2.4.2 Fase 2. Extraer las ideas previas de los estudiantes.....	16
2.4.3 Fase 3. Apoyar cambios continuos en el pensamiento de los estudiantes	17
2.4.4 Fase 4. Presionando a los estudiantes para la construcción de explicaciones basadas en evidencia	18
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	20
3.1 Objetivo general.....	20
3.1.1 Objetivos particulares.....	20
3.2 Pregunta de investigación.....	21
3.3 Fase 1 (planificación) de 4 de la metodología de la EAC.....	21
3.3.1 Identificar las ideas centrales del modelo a enseñar	21
3.3.2 Selección de fenómeno-problema ancla asociados al modelo a enseñar.....	21
3.3.3 Desarrollo de explicación causal deseada del fenómeno-problema ancla	21
3.3.4 Selección de experiencias de aprendizaje e instrumentos de evaluación para integrar en la secuencia didáctica.....	22
3.4 Selección y análisis de los datos recopilados durante las diversas fases de aplicación de la SD para dar respuesta a la pregunta de investigación	24
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	25
4.1 Ubicación geográfica y temporal para la aplicación de la SD	25
4.2 Características de la muestra para la aplicación de la SD.....	27

4.2.1 Selección del modelo a aplicar para observar el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura	28
4.3 Fase 1 (planificación) de 4 de la metodología de la EAC.....	28
4.3.1 Identificar las ideas centrales del modelo cinético corpuscular a enseñar	28
4.3.2 Selección de fenómeno-problema ancla asociado al modelo a enseñar.....	31
4.3.3 Desarrollo de explicación causal deseada del fenómeno-problema ancla	32
4.3.3.1 Descripción del fenómeno.....	33
4.3.3.2 Explicación causal escrita	33
4.3.3.3 Explicación causal esquemática deseada	34
4.3.4 Selección de experiencias de aprendizaje e instrumentos de evaluación para integrar en la secuencia didáctica.....	36
4.3.4.1 Experiencias seleccionadas para el desarrollo de la Fase 1. Planificación para el enganche con ideas científicas importantes	36
4.3.4.1.1 Fase 1 (Actividad 1).....	36
4.3.4.1.2 Fase 1 (Actividad 2)	39
4.3.4.2 Experiencias seleccionadas para la Fase 2. Explicitación de modelos científicos iniciales de los estudiantes.....	40
4.3.4.2.1 Fase 2 (Actividad 1)	40
4.3.4.2.2 Fase 2 (Actividad 2)	40
4.3.4.2.3 Fase 2 (Actividad 3)	40
4.3.4.3 Experiencias seleccionadas para la Fase 3. Exploración de nuevos datos y modelos científicos escolares en la literatura.....	41
4.3.4.3.1 Fase 3 (actividad 1).....	42
4.3.4.3.2 Fase 3 (actividad 2).....	44
4.3.4.3.3 Fase 3 (actividad 3).....	46
4.3.4.3.4 Fase 3 (actividad 4).....	47
4.3.4.3.5 Fase 3 (actividad 5).....	47
4.3.4.3.6 Fase 3 (actividad 6).....	48
4.3.4.3.7 Fase 3 (actividad 7).....	49
4.3.4.3.8 Fase 3 (actividad 8).....	50
4.3.4.3.9 Fase 3 (actividad 9).....	50
4.3.4.4 Experiencias seleccionadas para la Fase 4. Construcción de la explicación vía el modelo cinético corpuscular escolar.....	50

4.3.4.4.1 Fase 4 (actividad 1)	50
4.3.4.4.2 Fase 4 (actividad 2)	51
4.3.4.5 Experiencias seleccionadas para el cierre de la secuencia de enseñanza-aprendizaje	50
4.3.4.5.1 Cierre de la SD (actividad 1)	51
4.3.4.5.2 Cierre de la SD (actividad 2)	52
4.3.4.5.3 Cierre de la SD (actividad 3)	52
4.3.4.5.4 Cierre de la SD (actividad 4)	52
4.3.4.6 Prueba de evaluación del aprendizaje a mediano plazo (3 meses)	53
4.4 Selección y análisis de los datos recopilados durante las diversas fases de aplicación de las evidencias entregables individuales	55
4.4.1 Evidencias entregables (Caso 1)	57
4.4.2 Evidencias entregables (Caso 2).....	57
4.4.3 Evidencias entregables (Caso 3).....	66
4.4.4 Evidencias entregables (Caso 4).....	71
4.4.5 Evidencias entregables (Caso 5).....	76
4.5 Comparación de resultados y análisis general de las evidencias entregables individuales.....	81
4.6 Reflexión general para el análisis de las evidencias entregables individuales	82
4.7 Selección y análisis de los datos recopilados durante las diversas fases de aplicación de las evidencias entregables en trabajo colaborativo.....	83
4.7.1 Protocolo de la actividad experimental	83
4.7.2 Notas autoadhesivas a partir de la reflexión grupal	86
4.7.3 Modificación del modelo inicial a partir de la reflexión del contenido de las notas autoadhesiva	76
4.7.4 Explicación causal esquemática final (colaborativo)	89
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXO 1	98
ANEXO 2	101
ANEXO 3	105
ANEXO 4	106
ANEXO 5	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ideas previas o dificultades de enseñanza/aprendizaje de estudiantes de 14 a 16 años (CLIS,1987).....	6
Tabla 2. Estrategias sugeridas en el programa actualizado de estudios 2016 del CCH.....	7
Tabla 3. Características de la enseñanza tradicional vs enseñanza por indagación en actividades de laboratorio (Gilbert, 2011).	9
Tabla 4. Ejemplos de modelos en diversas categorías (gilbert, 2011).	11
Tabla 5. Aspectos seleccionados del perfil de egreso del estudiante.	19
Tabla 6. Aspecto seleccionado del propósito general de la materia.....	19
Tabla 7. Información referente a productos categorizados en las etapas propias de la SD	23
Tabla 8. Frases y palabras clave concernientes a la búsqueda de información.	28
Tabla 9. Ideas clave para la evaluación y análisis de las explicaciones causales de los estudiantes.	30
Tabla 10. Evaluación del fenómeno problema ancla con base en las recomendaciones de (Penuel & Bell, 2016).32	
Tabla 11. Materiales y sustancias utilizadas en la primera actividad de la fase 3.	43
Tabla 12. Variación de la temperatura del agua dentro de la lata por equipo.	44
Tabla 13. Materiales y sustancias utilizadas en la segunda actividad de la fase 3.....	45
Tabla 14. Materiales y sustancias utilizadas en la evaluación del aprendizaje a mediano plazo.....	53
Tabla 15. Conjunto de evidencias entregables individuales en las diversas fases de la SD.	55
Tabla 16. Comparación de resultados de las explicaciones causales escritas de los estudiantes.	81
Tabla 17. Conjunto de evidencias entregables en trabajo colaborativo en las diversas fases de la SD.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Analogía entre sistemas “A es a B” como “C es a D” (Gilbert, 2011)	10
Figura 2. Etapas del modelo Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia.	14
Figura 3. Relevancia del evento de fenómeno-problema ancla. (AST,2020)	15
Figura 4. Sistema de laboratorios de desarrollo e innovación (SILADIN) del plantel Azcapotzalco del CCH....	25
Figura 5. Laboratorio de Química I del SILADIN.	26
Figura 6. Sala de computación (Sala Telmex).	26
Figura 7. Grupo 108 B elegido para la aplicación de la SD.	27
Figura 8. Ideas centrales de la teoría cinética de los gases (Robertson & Shaffer, 2013).	30
Figura 9. Explicación causal pictórica deseada antes, durante y después del lavado.	36
Figura 10. Día en época de invierno en Siberia (-30 °C)	37
Figura 11. Entrevista a pobladores siberianos	38
Figura 12. Personal de limpieza realizando el lavado del camión cisterna	38
Figura 13. Implosión del camión cisterna	39
Figura 14. Gafetes personalizados	40
Figura 15. Lata de aluminio de 355 mL usado como modelado del fenómeno ancla.	42
Figura 16. Modelización del fenómeno ancla.	44
Figura 17. Instrumento experimental para la medición de la variación de la temperatura del agua al interior.	46
Figura 18. Proyección del conjunto de resultados experimentales en plenaria.	47
Figura 19. Exposición de los modelos preliminares por equipo	48
Figura 20. Código de colores para la mejora de los modelos iniciales	48
Figura 21. Simulador interactivo PHET	49
Figura 22. Exposición del informe de resultados derivado de la investigación.	52
Figura 23. Expansión de un globo por efecto del aumento de la temperatura	54
Figura 24. Contracción de un globo en un matraz erlenmeyer por efecto de la disminución de la temperatura	55
Figura 25. Modelo de estudiantes en la distribución de partículas de aire dentro de un matraz. (Nussbaum, 1985).....	85
Figura 26. Explicación causal pictórica inicial con realimentación.	87
Figura 27. Modificación de la explicación causal esquemática inicial (cartel colaborativo) a partir de las notas autoadhesivas.	88
Figura 28. Modelo final en el trabajo colaborativo del cierre de la SD	89

RESUMEN

Se realizó un estudio cuyo propósito fue diseñar una secuencia didáctica con el propósito de que estudiantes de Química I (primer semestre) del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) apliquen el modelo cinético corpuscular en una situación compleja y real, que presenta al agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura. Se empleó la metodología educativa de la Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia (EAC), (Ambition Science Teaching o AST por sus siglas en inglés), promoviendo a su vez habilidades de pensamiento científico como modelar, argumentar, diseñar investigaciones y la resolución de problemas teniendo como base la indagación, desarrollándose en cuatro conjuntos de prácticas básicas, las cuales funcionan juntas de manera coordinada. La muestra de población donde se aplicó la SD consistió en 18 varones y 10 mujeres, cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), plantel Azcapotzalco de la Universidad Nacional Autónoma de México, de los cuales solamente 5 casos fueron analizados. Los resultados indican que la articulación de las actividades propuestas en el desarrollo y secuenciación de la SD diseñada, mostró buenos resultados en el uso y aplicación de las cuatro ideas clave, mostrando con ello consistencia de los 5 estudiantes logando aplicar el conocimiento adquirido, desarrollando con ello una explicación causal de un fenómeno complejo y real, alcanzando cada uno de ellos un nivel cognitivo 3 de aplicación de acuerdo con la taxonomía de Bloom. Los resultados fueron confirmados con la prueba de evaluación a mediano plazo (3 meses posteriores a la última prueba), logrando la transferencia del conocimiento adquirido en un contexto diferente. Por lo tanto se concluye que la simulación colocada en la cuarta sesión, el enriquecimiento del contexto del fenómeno-problema ancla, el periodo de tiempo de reflexión, tanto en la primera sesión, tercer sesión y cuarta sesión en el aula, así como el trabajo colaborativo fueron en conjunto aspectos fundamentales para lograr el logro alcanzado por los estudiantes.

Palabras clave: Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia, modelo cinético corpuscular, modelo corpuscular de la materia, educación media superior, estrategia didáctica, nivel cognitivo comprensión (N2), nivel cognitivo aplicación (N3), modelos.

A study was conducted which purpose was to design a didactic sequence with the purpose that students of Chemistry I (first semester) of the College of Sciences and Humanities (CCH) apply the corpuscular kinetic model in a complex and real situation. This model shows water in its three states of aggregation and the changes between them when modifying the temperature. The educational methodology of Ambition Science Teaching (EAC), (Ambition Science Teaching or AST) was used, promoting scientific thinking skills such as modeling, arguing, designing investigations, and solving problems having as a base the inquiry, developing in four sets of basic practices, which work together in a coordinated way. The population sample where the SD was applied consisted of 18 men and 10 women, whose ages range between 15 and 16 years of the National School College of Sciences and Humanities (CCH) Azcapotzalco campus of the National Autonomous University of Mexico, of which only 5 cases were analyzed. The results indicate that the composition of the proposed activities in the development and sequencing of the designed SD showed good results in the use and application of the four key ideas. Thus, showing consistency in the 5 students managing to apply the acquired knowledge, developing with this is a causal explanation of a complex and real phenomenon, each reaching a cognitive level 3 of the application according to Bloom's taxonomy. The results were confirmed with the mid-term evaluation test (3 months after the last test), achieving the transition of the knowledge acquired in a different context. Therefore, it is concluded that the simulation placed in the fourth session, the enrichment of the context of the anchor phenomenon-problem, the time for reflection, both in the first session, third session, and fourth session in the classroom, as well as the Collaborative work, were fundamental aspects to achieve the achievement achieved by the students.

INTRODUCCIÓN

Se presenta el diseño y aplicación de una Secuencia Didáctica para apoyar a estudiantes de Química 1 del primer semestre del Colegio Nacional de Ciencias y Humanidades (CCH) en el aprendizaje del modelo cinético corpuscular de la materia en una situación real y compleja. En particular se pretende que los estudiantes relacionen el movimiento de las partículas a las variables temperatura, presión y volumen del sistema.

Además, esta secuencia puede contribuir a lograr los aprendizajes 2 y 4 de la Unidad 1 (Agua, sustancia indispensable para la vida) de la asignatura de Química 1 en un tiempo aproximado de 3 horas:

Aprendizaje 2) Observa el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura, con orden y responsabilidad, para comprender la naturaleza corpuscular de la materia.

Aprendizaje 4) Reconoce la importancia del uso de modelos en el estudio de la química al hacer uso de ellos al representar con esferas (corpúsculos) los diferentes estados de agregación del agua.

El que los estudiantes conozcan y apliquen el modelo cinético corpuscular les permitirá contar con un modelo poderoso para explicar y predecir temas escolares como los estados de agregación del agua y sus cambios, pero también empezar a reconocer la importancia del uso de modelos científicos escolares y, en particular, ayudar a facilitar la difícil relación entre las observaciones macroscópicas con los modelos abstractos que se construyen para su comprensión.

En general, para enseñar y aprender modelos como el cinético corpuscular se ha recomendado emplear experiencias de cátedra que logran un avance, pero no permiten aplicarlos después a situaciones reales. Por fortuna existen enfoques recientes, como el del modelo de instrucción “Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia” con lo que, se espera, sean de beneficio a los estudiantes a relacionar casos complejos con modelos abstractos y repetir estas habilidades en otros temas de otras unidades de las asignaturas de química, pero también de otras disciplinas, especialmente las científicas.

Mi interés en el tema de la tesis se inició hace ocho semestres al analizar los aprendizajes de los estudiantes de un modelo más sencillo, el corpuscular de la materia, en talleres extracurriculares vía experimentos escolares sencillos. Fue evidente que una enseñanza tradicional no ayudaba a su comprensión ya que los estudiantes no logran identificar y aplicar el modelo en situaciones diferentes a las estudiadas.

En el programa de química 1 vigente del CCH (UNAM,2016) no se presenta una recomendación específica (materiales educativos, modelo de instrucción, etc.) para planificar la enseñanza de este modelo, por lo que diseñar una secuencia didáctica permitirá ayudar a resolver este problema.

La secuencia didáctica diseñada consta de 6 sesiones para un total de 12 horas. Fue aplicada a un grupo de 25 estudiantes de un grupo en el turno matutino una sola vez y no se pudieron hacer repeticiones. Se contó con productos escritos así como algunas grabaciones de las sesiones. Se analizaron sólo los productos escritos de un equipo de 5 estudiantes.

Los resultados del análisis de los datos indicados son sólo una muestra de lo que pueden lograr estudiantes de primer semestre si se emplean modelos de instrucción innovadores y tiempos de enseñanza mayores a los establecidos en el programa de estudio.

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La educación científica de los jóvenes es al menos tan importante, quizá incluso más, que la propia investigación. (Glenn T. Seaborg)

1.1 Selección del problema a estudiar

Se desea apoyar a los estudiantes del primer semestre del Colegio Nacional de Ciencias y Humanidades (CCH), para el logro de los aprendizajes 2 y 4 de la Unidad 1 (Agua, sustancia indispensable para la vida) de la asignatura de Química 1, mismos que se indican a continuación:

Aprendizaje 2) Observa el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura, con orden y responsabilidad, para comprender la naturaleza corpuscular de la materia. (N2)

Aprendizaje 4) Reconoce la importancia del uso de modelos en el estudio de la química al hacer uso de ellos al representar con esferas (corpúsculos) los diferentes estados de agregación del agua. (N2)

La asignatura de Química 1 del plan y programas de estudio vigentes del CCH (UNAM,2016), propone 5 horas a la semana divididos en sesiones de 2, 2 y 1 horas, para llevar a cabo los aprendizajes 1 a 5 lo cual se percibe poco tiempo para abordar 5 aprendizajes.

1.2 Justificación

En la unidad 1 del programa de la asignatura de Química 1, se indica como uno de los propósitos: “Comprenderá la naturaleza corpuscular de la materia, al interpretar algunas propiedades del agua para entender cómo se establecen las relaciones entre las observaciones en el ámbito macroscópico y un modelo que las explique.”

Este propósito es muy importante debido a ser parte del propósito general de la asignatura (promover la idea de ciencia como una actividad profundamente humana, creativa, socialmente responsable, orientada a elaborar modelos para explicar la realidad, con límites a su validez y, por lo tanto, en constante evolución). También es parte de la contribución de la asignatura de Química 1 al perfil de egreso del estudiante (Construir y utilizar modelos dentro de las explicaciones sobre fenómenos cotidianos (UNAM,2016)), así también a lo largo del desarrollo de la asignatura de Química 1 se utilizan diferentes modelos científicos escolares.

En el programa no está claro qué modelo de partículas hay que enseñar. El modelo cinético de partículas (MCP), también llamado modelo cinético molecular de la materia o teoría cinética de los gases (que se conoce en inglés como “Kinetic Particle Theory”) es un modelo más poderoso que el modelo corpuscular de la materia (MCM) porque puede explicar cuantitativamente situaciones como: a) procesos clave del ciclo del agua, b) explicación del proceso de fusión, c) explicación del proceso de ebullición, etc. (Nebot, 2019). Para diferenciarlos, el modelo corpuscular de la materia MCM consiste en (De Vos y Verdonk, 1996):

- Toda la materia consiste en entidades llamadas partículas. Cada partícula es muy pequeña para poder ser vista. En las representaciones simbólicas como dibujos las partículas pueden ser dibujadas como círculos o puntos pequeños.
- Todas las partículas tienen como propiedad permanente su movimiento.
- En un gas el espacio vacío entre partículas es mucho mayor que el ocupado por las mismas partículas.
- En un gas la atracción entre partículas es despreciable. En líquidos y sólidos las partículas se encuentran mucho más cerca y son sujetas a una atracción mutua.
- Existe una atracción mutua entre cualquier par de partículas pero su magnitud disminuye radicalmente al aumentar la distancia.
- La diferencia en las sustancias consiste en la diferencia de sus partículas. Una mezcla contiene partículas de dos o más especies diferentes.

Mientras que el modelo cinético de partículas MCP incluye las ideas (Robertson & Shaffer, 2013) :

- Un gas ideal contiene una gran cantidad de partículas que están en movimiento constante, aleatorio y en línea recta.
- El volumen ocupado por las partículas de un gas ideal es insignificante.
- Las colisiones de las partículas de un gas ideal con las paredes de su recipiente son la causa de la presión de un gas ideal.
- La energía cinética promedio de las partículas de una muestra de un gas ideal, es proporcional a la temperatura del gas ideal.

Como el aprendizaje 2 del programa de la asignatura de Química 1 propone: “Observa el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura, para comprender la naturaleza corpuscular de la materia” con un nivel cognoscitivo 2 (Habilidades de comprensión, elaboración de conceptos y organización del conocimiento específico), para estudiar el efecto de la temperatura sobre el movimiento de las partículas se requiere necesariamente el modelo cinético de partículas (MCP).

Y aunque para abordar los cambios de estado de agregación de la materia en función de la temperatura T , se puede aplicar el modelo corpuscular de la materia de manera cualitativa; para el estudio de sistemas reales y complejos se necesita también tomar en cuenta de manera explícita la conducta de variables involucradas como la presión P y volumen V , es decir, utilizar el (MCP).

Con el trabajo de tesis se pretende utilizar el modelo cinético de partículas MCP que relaciona el movimiento de las partículas a las variables temperatura, presión y volumen del sistema de tal manera que el alumno esté capacitado para aplicar este modelo a dar una explicación de un fenómeno real, aprendizaje que permitirá posteriormente comprender fenómenos tales como aspectos clave del ciclo del agua de manera más profunda apoyando a su formación científica.

Se espera que introducir el modelo cinético de partículas MCP ayudará al estudiante a estudiar los cambios de fase del agua, como la fusión y la ebullición y hacer un puente entre los modelos y la realidad. De manera particular se espera que el estudiante pueda relacionar el movimiento de partículas vinculándolo con variables como temperatura (T), presión (P) o volumen (V).

Aunado a lo anterior, con base al perfil de egreso del estudiante, se indica de forma explícita promover en el estudiante la construcción o utilización de modelos para explicar fenómenos cotidianos.

1.3 Problemática en la enseñanza del modelo corpuscular de la materia (MCM) y el modelo cinético de partículas (MCP)

Dada la relevancia de los dos modelos, el modelo corpuscular de la materia (MCM) y el modelo cinético de partículas (MCP), se han realizado estudios durante décadas con el fin de identificar las dificultades de comprensión por parte de los estudiantes, así como la dificultad de enseñanza por parte de los docentes (en especial del MCM, debido a ser el modelo que más se enseña en el mundo). Diversas investigaciones han demostrado que el MCM conlleva una dificultad particular en su comprensión lo cual reside en parte en su nivel de abstracción. (Harrison y Treagust, 2002).

Por lo general el MCM se enseña en las aulas mediante materiales curriculares tradicionales los cuales consisten sencillamente en la transmisión estática del modelo sin llevar a cabo el desarrollo del mismo. En esta misma dirección no se toman en cuenta las ideas previas de los estudiantes con el fin de desarrollar estrategias efectivas de aprendizaje en los alumnos.

Así mismo, la falta de aplicación del MCM para explicar situaciones reales en la educación tradicional complica su comprensión a pesar de que este modelo es fundamental para aprender y llevar a la comprensión de muchos procesos físicos y químicos (Nakhleh, 1992).

Por ejemplo los resultados de estudiar el MCM en el proyecto “Niños aprendiendo ciencia” (Children’s Learning in Science Project o CLIS en inglés), uno de los mas exhaustivos y completos en cuanto a la investigación de las ideas previas que los estudiantes, muestran que es muy difícil cambiar muchas ideas intuitivas relacionadas con la naturaleza de las partículas de la materia a pesar del esfuerzo de aplicar diversas estrategias, ya que resultan extremadamente funcionales en sus propias explicaciones de fenómenos cotidianos sencillos. Para este trabajo fueron seleccionadas las ideas previas más frecuentes del modelo corpuscular de la materia MCM en el intervalo de edad de 14 a 16 años (Tabla 1) necesarias para entender y aplicar el modelo cinético de partículas MCP. (Driver, 1987). Este intervalo de edad fue tomado en cuenta debido que es la edad promedio de los estudiantes analizados en este estudio.

En el caso del MCP, dado el limitado número de estudios en el nivel medio superior se muestran aquí dificultades intrínsecas en el aprendizaje de la química que tienen relación con este modelo que provienen de la propia complejidad del entramado conceptual de la química como disciplina y de las ambigüedades terminológicas y de los códigos de representación simbólicos e icónicos (Caamaño, 2004):

Rubro	Ideas previas o dificultades de enseñanza/aprendizaje
Confusión acerca del movimiento de las partículas	<ul style="list-style-type: none"> Las partículas solo se mueven al incrementar la energía en el sistema. Las partículas dejan de moverse a 0 °C. Las partículas de aire tienen siempre un movimiento ascendente.
Espacio entre las partículas	<ul style="list-style-type: none"> La existencia de vacío entre partículas es un concepto muy difícil de aceptar. La dificultad de comprensión del vacío entre partículas, se incrementa con los líquidos y sólidos.

Tabla 1. Ideas previas o dificultades de enseñanza/aprendizaje de estudiantes de 14 a 16 años (CLIS, 1987).

- El calor va haciendo a las partículas más livianas hasta que son como el aire y suben.
- Existencia de tres niveles de descripción de la materia: macroscópico (observacional), microscópico (atómico-molecular) y representacional (símbolos, fórmulas, ecuaciones). Los estudiantes deben moverse entre estos niveles mediante el uso de un lenguaje que no siempre diferencia de forma explícita el nivel en que nos encontramos.
- Carácter evolutivo de los modelos y teorías con grados de complejidad creciente para describir un mismo campo fenomenológico, lo que requiere que los estudiantes realicen sucesivos procesos de integración y diferenciación conceptual a lo largo del aprendizaje escolar, como en el caso del modelo cinético de partículas.

Tomando en cuenta lo anterior, se evidencian las problemáticas de manera general, con las que un docente se enfrenta en la enseñanza de la química relacionado con la enseñanza del modelo cinético corpuscular de la materia.

1.4 Ubicación del tema

La secuencia a diseñar aborda dos aprendizajes de la primera unidad "Agua, sustancia indispensable para la vida" del programa de Química I (CCH, 2016) que tiene como propósito general comprender las propiedades físicas y químicas del agua que la hacen un compuesto indispensable para la vida, relacionando esas propiedades con su estructura y composición, con los modelos que las explican, para valorar su uso y asumir una actitud responsable y crítica frente al potencial agotamiento del agua disponible, a través del trabajo individual, cooperativo y colaborativo de indagación experimental y documental.

1.5 Instrucción. ¿Cómo se enseña este tema en el programa de estudio 2016 del CCH?

Dentro de la asignatura de Química 1 (Q1), no se propone alguna metodología de enseñanza científica específica para algún tema propuesto. Sin embargo, de manera particular se proponen las siguientes estrategias sugeridas (Tabla 2) para los aprendizajes 2 y 4:

Aprendizaje	Estrategias sugeridas
2	a) Promueve la observación y la descripción en el aula-laboratorio de los tres estados de agregación del agua y de como cambia uno a otro, en grupos cooperativos.
4	b) Solicita la construcción de modelos con esferas para los tres estados de agregación del agua, sin distinguir los elementos que entran en la constitución de la molécula ni su forma y sin considerar su comportamiento anómalo, lo cual se hará más adelante. Se hará hincapié en la variación de las distancias intermoleculares al cambiar la velocidad del movimiento. c) Promueve la reflexión sobre la importancia de los modelos en el estudio de la química, en particular su poder descriptivo y explicativo en el ámbito nanoscópico.

Tabla 2. Estrategias sugeridas en el programa actualizado de estudios 2016 del CCH.

Para abordar el desarrollo de estos dos aprendizajes, se recomienda la dedicación en el aula de 1 hora con 25 minutos para cada aprendizaje para dar un total de 2 horas con 50 minutos para abordar ambos aprendizaje de las 35 horas que se dedican a toda la unidad. Como se observa, se advierte poco tiempo de dedicación en el aula para llevar a cabo ambos aprendizajes.

Cabe señalar que la Secuencia Didáctica que se presenta en este trabajo de tesis prevé un tiempo aproximado de 12 horas en el aula para introducir el modelo cinético corpuscular introductorio de la materia con el propósito de alcanzar con ello un nivel cognoscitivo 3 (Habilidades de indagación y resolución de problemas, pensamiento crítico y creativo).

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

Cada día sabemos más y entendemos menos

(Albert Einstein)

En el presente capítulo presenta el marco teórico indicando la importancia de la enseñanza de la ciencia en el siglo XXI. Así mismo, se aborda las características de la indagación en la enseñanza de la ciencia, enseñanza de la ciencia basada en modelos, modelos de simulación en la enseñanza de la ciencia y finalmente la enseñanza de la ciencia bajo el enfoque de la Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia, siendo este último la metodología en la cual está basada la secuencia didáctica que se presenta en este trabajo de tesis.

2.1 Enseñanza de la ciencia en el siglo XXI

Las nuevas generaciones de estudiantes que nacen, se desarrollan y son educadas en el tercer milenio, se desarrollan en el contexto de un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años como garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, etc. (ONU, 2015).

Hoy en día en pleno siglo XXI nos encontramos ante grandes cambios en nuestra sociedad, que de acuerdo a Rueda (2007) nos ubicamos ante una nueva revolución industrial. Personas de todas las edades hemos sido impactados de una u otra forma mediante el avance vertiginoso de la tecnología y la ciencia, por ejemplo, los avances en la nanotecnología, entre otros. Frente a estos cambios, a pesar de que han existido múltiples reformas educativas en la enseñanza de las ciencias promovidas e implementadas en diferentes partes del mundo en los últimos cuarenta años, aún se pone de manifiesto que la actividad docente en la mayoría de las aulas en diversos niveles educativos sigue estando dominada por la transmisión pasiva de información.

De acuerdo con Garritz (2010), es necesario desarrollar tópicos cruciales que impactarán en las nuevas expectativas de aprendizaje para nuestro siglo dentro de los que destacan la afectividad, analogías, argumentación, aspectos socio científicos, competencias, conocimiento didáctico del contenido, indagación, modelos y modelaje, naturaleza de la ciencia, tecnologías de la información y comunicación, entre otros.

Dentro de las habilidades mencionadas, la modelización en el aula de ciencias permite describir, explicar y predecir determinados aspectos del mundo natural, además que el empleo de los modelos científicos en la enseñanza está justificado en la idea de que las representaciones externas (representaciones visuales) brindan apoyo para construir y razonar con representaciones internas (Aduriz, 2012).

Finalmente comprendiendo por tanto los retos del tercer milenio para la educación en ciencia y en específico a la educación química, es fundamental realizar el esfuerzo de despojarse de aquella química descontextualizada e incomprensible en su utilidad práctica para la mayoría de los estudiantes. Así mismo, dejar a un lado la enseñanza rutinaria de la química sin enfrentarse a ningún problema real o peor aún la transmisión de manera implícita de la manipulación de los átomos tal como se manipulan piezas de lego cuando la experiencia química nos indica que jamás llegarán a lograrlo, lo cual muestra a la química como no racional (Izquierdo, 2004).

2.2 Indagación en la enseñanza de la ciencia

Frente a los retos actuales desde la segunda mitad del siglo XX, se ha reclamado una enseñanza de las ciencias más significativa para el alumnado, que le permita comprender fenómenos y desenvolverse adecuadamente en su vida cotidiana. (McConney et al, 2014).

Una de las propuestas mundiales más utilizadas en la educación científica es la indagación, también llamada aprendizaje por indagación, aprendizaje por investigación, aprendizaje basado en indagación (en inglés inquiry-based learning (IBL)), etc. (Ariza, 2017), que puede ser definida como:

“Una actividad polifacética que implica hacer observaciones; plantear preguntas; examinar libros y otras fuentes de información para ver qué es lo ya conocido; planificar investigaciones; revisar lo conocido hoy en día a la luz de las pruebas experimentales; utilizar instrumentos para reunir, analizar e interpretar datos; proponer respuestas, explicaciones y predicciones; y comunicar los resultados”.

Para diferenciar la enseñanza por indagación de la enseñanza tradicional una forma sencilla es comparar ambos modelos dentro del contexto del laboratorio escolar de ciencias (Tabla 3). En la actividad de laboratorio tradicional, las actividades son dirigidas en aprender el contenido seleccionado por el docente. Los procesos de investigación tienden a limitarse a las habilidades de manipulación y recopilación de datos. El enfoque de esta enseñanza está destinado a guiar a los estudiantes a la correcta comprensión del fenómeno en estudio, fenómeno que por lo general se ha discutido anteriormente en clase. Cabe señalar que en este tipo de enseñanza la involucración del estudiante en el desarrollo de la actividad es nula. Dentro de las actividades, el estudiante se enfoca en completar los espacios en blanco de un protocolo de laboratorio dado por el profesor (Gilbert, 2011).

El enfoque por indagación, por el contrario, se centra más en el desarrollo de las habilidades del proceso científico (Tabla 3). El contenido se desarrolla con un enfoque consciente en el desarrollo de una red conceptual, en lugar de proporcionarse como información. La indagación guiada, que implica la participación del maestro, es más común en las escuelas. En la investigación guiada, los estudiantes examinan un fenómeno nuevo (a menudo en forma de problema) antes de que el profesor discuta el concepto subyacente con ellos, aunque el profesor generalmente involucra al estudiante en el diseño de la investigación y la interpretación de los resultados (Gilbert, 2011).

Tradicional	Indagación
<ul style="list-style-type: none">• El contenido viene antes que la actividad	<ul style="list-style-type: none">• La actividad conduce al contenido
<ul style="list-style-type: none">• El contenido es información	<ul style="list-style-type: none">• El contenido se centra en el concepto
<ul style="list-style-type: none">• Las actividades confirman el contenido	<ul style="list-style-type: none">• Las actividades conducen al descubrimiento de contenido
<ul style="list-style-type: none">• Poca participación de los estudiantes en la planificación	<ul style="list-style-type: none">• Parte o mucha participación de los estudiantes en la planificación
<ul style="list-style-type: none">• Muy dirigido por el maestro	<ul style="list-style-type: none">• Alguna dirección del maestro
<ul style="list-style-type: none">• Se enfoca en obtener respuestas	<ul style="list-style-type: none">• Se enfoca en parte en los procesos
<ul style="list-style-type: none">• Énfasis en el desarrollo de técnicas físicas	<ul style="list-style-type: none">• Énfasis en exploración e indagación
<ul style="list-style-type: none">• Hablar poco sobre la naturaleza de la ciencia	<ul style="list-style-type: none">• Refleja parcialmente la naturaleza técnica de la ciencia
<ul style="list-style-type: none">• Proporciona poco contexto para la ciencia	<ul style="list-style-type: none">• Proporciona un contexto para la ciencia.

Tabla 3. Características de la enseñanza tradicional vs enseñanza por indagación en actividades de laboratorio (Gilbert, 2011).

Bajo este esquema el modelo de indagación se oferta como un modelo bajo el cual los estudiantes son impulsados a tomar una participación activa en el desarrollo de estrategias

metódicas aplicables a la resolución de problemas sintéticamente creados en el aula extrapolando a problemas de la vida cotidiana.

2.3 Enseñanza de la ciencia basada en modelos

Educadores como Gilbert y Boulter (2000) han abogado por el uso de modelos escolares como marco para la educación científica. Proyectos de investigación como Instrucción Basada en Modelos (en inglés Modeling Instruction) (Jackson *et al.*, 2008) reportan tener un éxito considerable en el uso de modelos como marco para el uso de la indagación en la enseñanza de la física en el nivel secundaria.

Gobert y Buckley (2000) definen la enseñanza basada en modelos escolares como "cualquier implementación que reúna recursos de información, actividades de aprendizaje y estrategias de instrucción destinadas a facilitar la construcción de modelos mentales tanto en individuos como entre grupos de estudiantes.

De acuerdo a Gilbert e Ireton (2003) un modelo se define como un sistema de objetos, símbolos y relaciones que representan otro sistema (llamado objetivo) tomando en cuenta un medio diferente. Los modelos pueden ser concretos o abstractos, pero todos comparten propiedades comunes, por ejemplo, la mayoría de los modelos funcionan por analogía. Las analogías son sistemas que tienen la forma general, "A es a B como C es a D" (Fig. 1). Las características A y B (también llamadas atributos) tienen la misma relación entre sí que las características correspondientes entre C y D llamado el objetivo. El atributo A corresponde al atributo C, mientras que el atributo B corresponde al atributo D. Para que una analogía funcione, es necesario identificar al menos algunos atributos del objetivo en el modelo y viceversa.

La precisión con la que un modelo representa su objetivo se denomina ajuste. Un modelo se construye para un propósito particular y su ajuste es una medida de qué tan bien se logra acercarse al objetivo. Cabe señalar que todos los modelos son simplificaciones de sus objetivos (Gilbert, 2011).

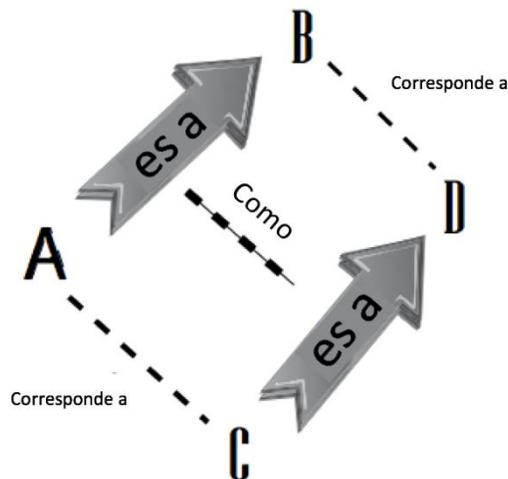


Figura 1. Analogía entre sistemas "A es a B" como "C es a D" (Gilbert, 2011)

Es importante indicar que los modelos siempre carecen de alguna información, mismos que se van enriqueciendo conforme se adquiere mayor información a medida que avanza la investigación sobre el tema, dando lugar a nuevas preguntas y oportunidades para la investigación y la construcción de nuevos modelos. Por lo general, los modelos (en particular los escolares) deben de ser coherente con los modelos teóricos existentes o debe argumentar con fuerza que los modelos

existentes son incorrectos (Gilbert, 2011). Por otro lado, dentro de los diferentes tipos de modelos, es posible clasificarlos como se muestra en la Tabla 4.

Clase de modelos	Ejemplos
Modelos concretos	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos a escala • Figuras • Maquetas
Modelos gráficos/pictóricos	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías • Diagramas • Planos
Modelos matemáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Fórmulas y ecuaciones • Gráficas • Mapas topográficos
Modelos verbales	<ul style="list-style-type: none"> • Descripciones • Guiones • Direcciones
Modelos de simulación	<ul style="list-style-type: none"> • Juegos de simulación • Simulación de cabinas • Muñecos de prueba
Modelos simbólicos (semióticos)	<ul style="list-style-type: none"> • Palabras / números • Figuras matemáticas • Semáforos/señales de alto

Tabla 4. Ejemplos de modelos en diversas categorías (Gilbert, 2011).

La enseñanza basada en modelos puede incorporar dentro de las actividades diseñadas por el docente, alguno de los modelos antes mencionados o alguna combinación entre ellos. Los modelos utilizados en este trabajo de tesis son el modelo de simulación, así como el modelo verbal y pictórico.

Uno de los aspectos relevantes en el uso de modelos en la enseñanza de la ciencia escolar, se encuentra en la similitud en cuanto a las etapas utilizadas por los científicos para la construcción de un modelo aceptado por la comunidad científica. Un modelo se desarrolla por lo general bajo las siguientes etapas:

- Introducción de un problema.
- Enmarcar una solución al problema en términos de construcción de modelos identificando el objetivo.
- Construir el modelo recopilando y evaluando datos, haciendo inferencias.
- Evaluar el ajuste del modelo al objetivo.

Cuando los estudiantes examinan modelos científicos, comienzan a comprender la manera en la que un científico representa un objetivo mediante el uso de gráficos, imágenes, narraciones descriptivas, etc. Así mismo, pueden observar los límites de estos modelos cuando desarrollan por sí mismos sus propios modelos (Gilbert, 2011).

Finalmente cabe resaltar que para lograr una efectiva enseñanza de la ciencia basada en modelos, es necesario realizar una buena planeación de las actividades por parte del profesor, siendo esta actividad esencial como lo es para cualquier otro enfoque de enseñanza y aprendizaje.

A continuación se muestra algunas reglas o principios simples, que se pueden tomar en cuenta para la planeación bajo el enfoque mencionado (Gilbert, 2011):

- Tener claridad en el modelo final a alcanzar por los estudiantes.
- Dar la información necesaria para la construcción del modelo.
- Desarrollar en el aula los elementos más importantes del modelo de manera sólida.
- Crear imágenes familiares para anclar elementos proposicionales.
- Enseñar a los estudiantes cómo crear y evaluar modelos científicos a través de la indagación.
- Involucrar a los estudiantes en el rol de científicos como constructores de modelos.
- Tener presente la naturaleza y el contexto de la ciencia durante la discusión (siempre tenga en cuenta que se está enseñando ciencia y no solo contenido científico).
- No detener las actividades hasta que se haya desarrollado un modelo completo de cualquier fenómeno que se esté investigando o discutiendo.

Por tanto nuestro propósito como docentes en la enseñanza de la ciencia escolar es enseñar a los estudiantes cómo construir modelos válidos y confiables que expresen claramente los modelos mentales de los fenómenos naturales que estudian coadyuvando en el sentido de que la ciencia es el proceso de aprender a modelar.

2.3.1 Modelos escolares de simulación en la enseñanza de la ciencia

Las nuevas tendencias sociales del siglo XXI, apuntan hacia la inserción de Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) (Casadei *et al.*, 2008). Dentro del ámbito educativo, el desarrollo de las NTIC relacionadas con el Internet, ha abierto nuevos espacios en el contexto de la educación.

Existen actualmente diversas plataformas interactivas disponibles en la red. Para el propósito de este trabajo enfocaremos nuestra atención en los simuladores interactivos Physics Education Technology Project (PHET) de la Universidad de Colorado como modelos de simulación tecnológica. PHET está diseñado para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de investigación científica mediante la exploración de las relaciones de causa y efecto (PHET interactive simulation, 2020).

Dentro de las herramientas virtuales se destacan los simuladores, los cuales son programas que representan un modelo o entorno dinámico, y que a través de gráficos o animaciones facilitan al estudiante la visión de lo que ocurre en el entorno que se está simulando, de forma que, modificando de manera interactiva las características del contexto, se puede comprender mejor lo que sucede en el entorno que se intenta conocer (Ortega, 2001).

Cabe señalar que no existe un acuerdo en cuanto a la definición del simulador como herramienta didáctica, sin embargo, autores como (Wilson, 2016), proporcionan un conjunto de características de los simuladores educativos que evidencian aspectos importantes en la educación actualmente. Estos aspectos se muestran a continuación:

- Capacidad de manipular variables en un entorno virtual.
- Desarrollar representaciones computacionales manipulables de situaciones o fenómenos reales o hipotéticos.
- Proporcionar una experiencia de aprendizaje dinámica, interactiva y visualizada.
- Comprender fenómenos científicos (modelos, simulaciones y experimentos virtuales) mediante animaciones basadas en computadora.
- Visualizar animaciones basadas en fenómenos científicos haciendo uso de modelos, simulaciones o experimentos virtuales.

Diversos estudios han demostrado la efectividad de las simulaciones usadas como herramienta didáctica en el sentido de apoyar a los estudiantes en la construcción de conocimientos científicos, al visibilizar conceptos abstractos mediante representaciones virtuales. En este sentido el estudio realizado por Wang y Tseng (2018) es significativamente relevante, llevando una investigación cuasiexperimental con 208 niños de 8 a 9 años de edad.

La investigación reveló una ganancia estadísticamente significativa al comparar la efectividad entre materiales clásicos de laboratorio y simulaciones por computadora, en la enseñanza de cambios de fases del agua en el nivel nanoscópico. Dentro de las conclusiones alcanzadas se demostró que estudiantes de primaria pueden alcanzar el aprendizaje de un conocimiento científico mediante una representación.

Por otro lado Jaakkola y Nurmi (2008) muestran que el hallazgo de la investigación de Wang y Tseng (2018), es consistente también en estudiantes de mayor edad mostrando, en lo general, que las simulaciones son herramientas útiles en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Liyoshi *et al.*, (2005) afirman que los estudiantes jóvenes tienen más probabilidades de construir nuevos conocimientos a través de representaciones multimedia que presentan o registran información desde diferentes perspectivas y en diferentes formatos y modalidades.

Sin embargo, se debe tener claro que, si bien la tecnología educativa es un elemento importante para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, esta mejora no depende solamente de la utilización de un software educativo, sino de su adecuada integración curricular, es decir, del entorno educativo diseñado por el docente (Diaz, 2019).

Esto en consonancia con Bagur (2011), de que para que los simuladores sean efectivos en su propósito educativo, es necesario que el docente identifique muy bien los elementos del tema a enseñar; que trate el tema por medio de algunos ejemplos y posteriormente utilice los simuladores como medios de práctica o evaluación.

2.4 Enseñanza de la ciencia bajo el enfoque de la Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia

La enseñanza de la ciencia en Estados Unidos, fue reconfigurada recientemente, mediante la generación de un Marco para Educación de la Ciencia K-12 (NRC, 2015) y los estándares de ciencia de próxima generación (Banko *et al.*, 2013). Entre las diferentes metodologías para llevar al aula este marco de referencia y estos nuevos estándares sobresalen la “Metodología 3d” y la metodología “Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia” (EAC).

La metodología Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia (en inglés Ambitious Science Teaching) se remonta al año 2013, siendo desarrollada en la Universidad de Washington por el profesor de ciencias Mark Windschitl, la bióloga y química Jessica Thompson y la profesora de ciencias Melissa Braate. Esta representa una forma diferente de cómo los estudiantes aprenden sobre el mundo natural en las aulas.

En esta metodología se promueven habilidades de pensamiento científico como modelar, argumentar, diseñar investigaciones y la resolución de problemas teniendo como base la indagación, desarrollándose en cuatro conjuntos de prácticas básicas (Fig. 2), las cuales funcionan juntas de manera coordinada.



Figura 2. Etapas del modelo Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia.

A continuación se desarrollan las cuatro fases de esta metodología de la (EAC), indicando los aspectos más importantes en cada una de ellas.

2.4.1 Fase 1. Planeación para el enganche con ideas científicas importantes

Durante la planificación el profesor seleccionará ideas científicas importantes (ideas centrales), mencionadas en inglés como “Disciplinary Core Ideas” (NRC, 2012). El profesor descartará enseñar de manera tradicional cada uno de los conceptos provenientes del currículum o del programa actual desarrollado por la institución.

El desarrollo de las ideas centrales en nuestra disciplina se diversifica mostrando alternativas del manejo del currículum de ciencias, frente a la enseñanza desvinculada y descontextualizada de cada uno de los conceptos químicos tomados generalmente del libro de texto o del plan de estudios. En la enseñanza tradicional de la química en las aulas muestra aún ser excesivamente teórica desvinculándose de los fenómenos del mundo real, perdiendo con ello su poder explicativo y predictivo (Izquierdo, 2017).

De acuerdo con Talanquer (2016), las ideas centrales en química o “big ideas”, definen entendimientos fundamentales de la disciplina que conllevan un poder explicativo considerable, proporcionando la base para poder realizar predicciones y tomar decisiones en una amplia gama de contextos, sentando con ello la base para una comprensión posterior más profunda de la ciencia.

El desarrollo de las ideas centrales puede tener un gran impacto en el desarrollo conceptual de los estudiantes de las ideas científicas más importantes y en el desarrollo también de novedosas estrategias puestas en marcha en el aula por parte de los docentes.

Cabe señalar que una de las características para identificar la idea central será aquella que ayuda a explicar una variedad de otras ideas científicas dentro del plan de estudios. Una vez seleccionada la idea central de la disciplina en el plan de estudios de la asignatura, para el desarrollo del tema elegido, es necesario identificar un segundo nivel de ideas las cuales apoyen al desarrollo de la idea central.

Posteriormente se considera identificar un evento o fenómeno natural o bien un evento o fenómeno desarrollado propiamente por el docente, el cual sirva para anclar de manera específica las experiencias de aprendizaje de los estudiantes. Se recomienda que el fenómeno a estudiar sea complejo o desconcertante, además de ser motivante para los alumnos con el propósito de impulsarlos a intentar explicar el fenómeno presentado.

En orden de relevancia se recomienda primeramente elegir algún evento de las experiencias vividas por los estudiantes en relación con el hogar, la escuela, experiencias extraescolares, tomando en cuenta en todo momento la cultura en la cual el alumno ha desarrollado su vida. En segundo lugar se recomienda tomar en cuenta algún evento de la región, comunidad local o entorno físico donde habitan los alumnos. Como tercer lugar en orden de relevancia un evento de anclaje el cual no tenga relación directa con la vida o cultura del estudiante (Fig. 3).

Junto con el evento de anclaje presentado a los estudiantes se requiere generar una pregunta problema o pregunta guía, la cual debe respaldar los desafíos intelectuales durante el desarrollo de la secuencia o unidad didáctica.



Figura 3. Relevancia del evento de fenómeno-problema ancla. (AST,2020)

El fenómeno-problema ancla debe ser cuidadosamente seleccionado con el fin de permitir al alumno el desarrollo de modelos y explicaciones diversas, durante el transcurso de la estrategia didáctica establecida. Dentro de este enfoque los conceptos químicos, las habilidades adquiridas en laboratorio, ecuaciones matemáticas, la terminología de la disciplina, etc., se vuelven útiles dándoles sentido en la explicación del evento de anclaje. En este sentido los estudiantes aprenden a discernir la información útil requerida para dar sentido al fenómeno presentado, en comparación de acumular conceptos y hechos desvinculados y descontextualizados.

Las explicaciones elaboradas por los alumnos del fenómeno presentado por el docente deben recurrir a una amplia gama de conceptos científicos con el fin de construir representaciones para el fenómeno. El proceso de modelado científico permite a los estudiantes pensar de manera visible, exponiendo con ello una posible explicación al fenómeno que consecuentemente se irá modificando durante la discusión y aplicación del modelo inicial. (AST, 2020)

Posteriormente se realiza la secuencia de las actividades de aprendizaje las cuales impulsan a los estudiantes a construir conocimiento acumulativo y coherente a lo largo del tiempo.

2.4.2 Fase 2. Extraer las ideas previas de los estudiantes

Todas las personas tenemos necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos con el fin de generar explicaciones, realizar descripciones o bien hacer predicciones. Las ideas previas por tanto son construcciones que las personas elaboran como un mecanismo de adaptación al medio en el cual se vive.

Dentro del campo de la educación las ideas previas, fueron estudiadas a partir de los años setenta del siglo pasado, las cuales de acuerdo con el modelo del cambio conceptual, era necesario transformarlas en la concepción científica del tema abordado. (Bello, 2004).

Las ideas previas de los estudiantes son consideradas por diversos investigadores educativos como un obstáculo que enfrenta constantemente la enseñanza de la ciencia, las cuales resultan resistentes al cambio, y en algunos casos sobreviven a largos años de instrucción en el aula. (Trinidad-Velasco y Garritz, 2003).

A pesar de ser consideradas como obstáculos, para la segunda fase del modelo AST, las ideas previas son fundamentales, principalmente aquellas relacionadas con la "Idea central" que se desea desarrollar durante la secuencia didáctica o la unidad. El desarrollo del escenario de anclaje se encuentra íntimamente relacionado con la promoción y la exposición de las ideas previas de los estudiantes. El evento de anclaje debe tener como característica principal ser un promotor que permita revelar una amplia gama de ideas e hipótesis por parte de los estudiantes, hacer observaciones o incluso especulaciones usando el uso cotidiano con el fin de que en primera instancia los estudiantes intenten dar una primera explicación del fenómeno presentado, en el cual los estudiantes revelan sus ideas previas de manera natural. La información vertida por los alumnos debe ser considerada como información muy valiosa que el docente debe recuperar.

La actitud del profesor ante las ideas expresadas por los estudiantes es de suma importancia con el fin de no obstaculizar el desarrollo en la construcción del conocimiento por parte del estudiante. El docente no intenta averiguar si los estudiantes expresan la versión "correcta" del concepto científico que se desea construir, así mismo, el docente no debe intentar forzar o canalizar las ideas previas de los alumnos hacia la idea científica correcta. El profesor solamente escucha y recupera las ideas previas de sus alumnos.

Uno de los retos para el docente es mantener el diálogo abierto proveyendo con ello un ambiente seguro donde los alumnos puedan exponer sus ideas previas. Una de las razones por las cuales los estudiantes no expresan sus ideas previas es debido a que consideran sus argumentos marginados de la actividad o simplemente se identifican como personas ajenas a la ciencia. En este punto el docente no debe esperar que los estudiantes tengan explicaciones coherentes y elaboradas del evento presentado, sin embargo, los estudiantes muestran posibles conexiones que son útiles para poder plantear el conflicto conceptual para que finalmente los estudiantes articulen y elaboren la concepción deseada (Nussbain y Novick, 1982).

Cabe señalar que las ideas previas de los estudiantes deben ser registradas con el propósito de que tanto como el docente como los estudiantes vuelvan a observar sus primeras representaciones en medio de la secuencia didáctica o unidad y al final de la misma registrar sus cambios durante el proceso. Permitir el registro de las ideas iniciales por parte de los alumnos muestra su utilidad de acuerdo con los siguientes puntos:

- Permite a los estudiantes expresar sus ideas de manera libre, dando paso a examinar si están conectadas entre sí.
- Los estudiantes tienen la posibilidad de hacer públicas sus representaciones, tanto escritas como en dibujo (modelos) o ambas.
- Los estudiantes pueden observar y reflexionar en torno a las representaciones de sus pares, considerando con ello los vacíos existentes, así como confirmar las ideas propias.

Una vez expuestas y registradas las ideas previas iniciales de los estudiantes, en algunos casos es necesario evaluar por parte del docente la modificación del evento de anclaje o la pregunta problema con el fin de coincidir de mejor manera con el contexto cultural o los intereses de los estudiantes motivándoles hasta el cierre de la secuencia didáctica.

2.4.3 Fase 3. Apoyar cambios continuos en el pensamiento de los estudiantes

Durante la Fase 3 de la metodología de la EAC, los estudiantes se involucran en diferentes tipos de actividades planeadas por el docente, por ejemplo, diseño y ejecución de experimentos, recopilación y análisis de diferentes tipos de datos, simulaciones interactivas, exposición de temas propios de la disciplina desarrollada, desarrollo de trabajo práctico con diversos materiales, etc.

Mediante el desarrollo de las actividades mencionadas, los alumnos toman el tiempo para la reflexión y el análisis, ya sea individual o colaborativo. Así mismo, una característica de las actividades proporcionadas a los estudiantes es el contener en sí mismas, retos cognitivos, los cuales promoverán consecutivamente el cambio en el pensamiento de los estudiantes. (AST,2021).

Cabe señalar que el criterio a tomarse en cuenta para la selección de las actividades es que las mismas sean eficaces en cuanto el apoyo a los estudiantes sobre la comprensión de algún aspecto del fenómeno-problema ancla o las ideas centrales propias de la SD a desarrollarse.

El propósito de estas actividades es establecer una experiencia compartida en torno a la cual se pueda construir un lenguaje común y un conjunto de ideas. A continuación se muestran algunas ideas a explorar durante la Fase 3 de la metodología de la EAC:

- Relación de la actividad con otros fenómenos del mundo real.
- Presentar datos relacionados con la idea central.
- Uso de herramientas científicas durante la investigación de la idea central y los aspectos relacionados.
- Analizar datos relacionados con la idea central.
- Comprender las convenciones utilizadas por los estudiantes en sus representaciones (qué significan, por ejemplo, gráficos o flechas vectoriales en un modelo).

En esta Fase es necesario la introducción de conceptos científicos o modelos aprobados por la comunidad científica, los cuales deben de presentarse a los estudiantes. Esto puede realizarse con una combinación de lecturas, presentaciones de power point, una conferencia dada por el profesor, etc. El objetivo más amplio de la Fase 3, no es solo refinar una idea en particular o avanzar hacia una solución de un problema en particular, sino el desarrollo de un modelo explicativo subyacente, el cual se enriquece con el conjunto de actividades y discusiones en plenaria, desarrollando con ello alumnos cada vez más independientes de la orientación del profesor. (AST, 2021).

Finalmente, con el propósito de llevar a cabo lo anterior citado, el profesor debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Problematizar el contenido disciplinar al mismo tiempo que lo hace accesible a los alumnos.
- Hacer que el pensamiento de los estudiantes sea visible y público.
- Hacer que las herramientas y los recursos conceptuales estén disponibles para que los estudiantes puedan revisarlos a lo largo de la Fase 3.
- Utilizar el discurso y reflexión en plenaria, es decir, construir y reforzar ideas y relaciones productivas, así como para el intercambio continuo entre las ideas de los estudiantes.
- Apoyar la metacognición en términos de reflexión sobre el trabajo realizado, así como el monitoreo del progreso de los estudiantes hacia las metas propuestas.

Comprender las conexiones entre las ideas de los alumnos permite que puedan organizarlas e integrar nuevas ideas en sus modelos iniciales. La enseñanza exitosa que respalda estas integraciones ha generado frecuentes comparaciones entre ideas y ha ayudado a los estudiantes a reorganizar sus ideas; ambos desafíos se vuelven más manejables en entornos de modelado (Parnafes, 2012).

2.4.4 Fase 4. Presionando a los estudiantes para la construcción de explicaciones basadas en evidencia

La Fase 4, es la última de cuatro conjuntos de prácticas que conforman el marco de la metodología de la EAC. Dentro de la ejecución de la Fase 4, se presiona a los estudiantes para la producción de un modelo causal explicativo final (escrito o esquemático).

El modelo causal final vinculó idealmente, las observaciones y la información adquirida principalmente durante el desarrollo de la Fase 3 de esta misma metodología. Además el profesor deberá hacer hincapié a los estudiantes en que el modelo causal final, debe mostrar la relación entre lo no observable (causas) y lo observable (efectos) (AST, 2021).

En el primer paso de esta práctica, el profesor pide a los estudiantes que en grupos pequeños que finalicen sus modelos, incorporando todas las ideas y formas de evidencia relevantes que hayan encontrado durante el desarrollo de las fases anteriores.

Durante el desarrollo de los modelos finales es recomendable que el profesor facilite un formato el cual contenga el espacio apropiado para realizar el modelo, así como un espacio designado para que los estudiantes escriban sus explicaciones causales. Así mismo, es recomendable dividir la explicación del fenómeno y su explicación en "antes, durante y después", con el propósito de obtener mayor detalle de la explicación del fenómeno-problema ancla.

Las explicaciones causales de eventos reales requieren tiempo, herramientas y oportunidades para la reflexión. En casi todos los estudios en los que los investigadores han participado en el diseño de actividades orientadas a explicaciones causales, el fenómeno que se explica requiere una sucesión de observaciones o experimentos, con el fin de razonar con estos recursos a fin de refinar sus explicaciones o modelos (AST, 2021).

La combinación de explicación y argumentación científica es compleja y requiere un entorno de aprendizaje diseñado para provocar la participación de los estudiantes en esta práctica con normas específicas establecidas para analizar las ideas, formas de hablar y herramientas relevantes para los aspectos difíciles de este trabajo.

En las aulas donde la explicación y la argumentación están bien sustentadas a lo largo del tiempo, se puede ver como este trabajo intelectual está íntimamente relacionado con otras prácticas científicas, y como las dimensiones conceptuales, sociales, epistémicas y materiales de las prácticas pueden coordinarse hábilmente para apoyar el avance de la ciencia (AST, 2021).

Esta metodología fue elegida debido a ser innovadora y ambiciosa en el sentido de permitir a los estudiantes la aplicación del conocimiento adquirido permitiendo alcanzar el nivel cognitivo 3 “Habilidades de indagación y resolución de problemas, pensamiento crítico y creativo”, mismo que representa una mayor complejidad en el proceso mental del estudiante. Así mismo, la metodología presente permite la contextualización en la enseñanza de la química. Finalmente la metodología concuerda con la exigencia de la enseñanza de la ciencia del siglo XXI, tomando en cuenta para este propósito la enseñanza de la ciencia mediante la indagación centrada en el desarrollo de habilidades de investigación en el contexto del aula escolar, incorporando dentro de sus etapas de desarrollo la modelización.

Por otra parte se decidió aplicarla al programa de CCH (2016), debido a que coadyuva en el cumplimiento del perfil de egreso del estudiante. Se indican a continuación dos aspectos (Tabla 5):

Aprendizajes sobre la ciencia y sus métodos	Actitudes y valores a promover en el estudiante
Construir o utilizar modelos dentro de las explicaciones sobre fenómenos cotidianos.	La creatividad y la búsqueda de interpretaciones diferentes.

Tabla 5. Aspectos seleccionados del perfil de egreso del estudiante.

Además, la palabra indagación se utiliza varias veces en el programa de las asignaturas de química teniendo en cuenta el significado de investigación. Sin embargo, cabe señalar que en la segunda sección de este capítulo se muestra que la indagación aplicada en el aula, es mucho más que solo investigación. Así mismo, la metodología mencionada permite apoyar al primer propósito general de la materia, el cual indica lo siguiente (Tabla 6):

Propósito general de la materia de Química 1
Promover la idea de ciencia como una actividad profundamente humana, creativa, socialmente responsable, orientada a elaborar modelos para explicar la realidad, con límites a su validez y por lo tanto, en constante evolución.

Tabla 6. Aspecto seleccionado del propósito general de la materia.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

*Saber para prever, prever para actuar.
Gabino Barreda (1818-1881)*

El capítulo 3 del presente trabajo, contiene los objetivos de la tesis tanto el general como los objetivos particulares, así como la pregunta de investigación. Así mismo, se expone la metodología integrada para el desarrollo y puesta en marcha de cada una de las fases y subfases de la Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia (EAC).

3.1 Objetivo general

- Diseñar una secuencia didáctica para que estudiantes de Química I (primer semestre) del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) apliquen el modelo cinético corpuscular en una situación compleja y real, que presenta al agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura, empleando la metodología educativa de la EAC (Ambition Science Teaching o AST por sus siglas en inglés).

3.1.1 Objetivos particulares

- Desarrollar la fase 1 (planificación) de la metodología de la EAC:
- Identificación de ideas clave y redacción de resultados de aprendizaje del modelo cinético corpuscular.
- Selección de fenómeno-problema ancla.
- Desarrollo de explicación causal deseada del fenómeno-problema ancla.
- Selección de experiencias de aprendizaje e instrumentos de evaluación para integrar en la secuencia didáctica.
- Aplicar fase 2 (explicitación de modelos científicos iniciales de los estudiantes) en un grupo piloto en el aula vía la metodología de la EAC.
- Aplicar fase 3 (exploración de nuevos datos y modelos científicos escolares en la literatura) en un grupo piloto en el aula vía la metodología de la EAC.
- Aplicar fase 4 (construcción de la explicación vía el modelo cinético molecular escolar) en un grupo piloto en el aula vía la metodología de la EAC.
- Seleccionar y analizar los datos recopilados durante las diversas fases de aplicación de la secuencia diseñada al grupo piloto para resolver la pregunta de investigación.

3.2 Pregunta de investigación

- ¿Qué actividades de la metodología educativa de la Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia (EAC) coadyuvan en la aplicación del modelo cinético corpuscular en una situación compleja y real, en estudiantes del primer semestre de la asignatura de Química I del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)?

3.3 Fase 1 (planificación) de 4 de la metodología de la EAC

A continuación, se despliega la metodología para el desarrollo de las subfases concernientes a la Fase 1 (planificación) de la EAC.

3.3.1 Identificar las ideas centrales del modelo a enseñar

En la sección presente se muestran las estrategias de búsqueda para la identificación de las ideas centrales dentro del contexto del desarrollo de la Fase 1 (planificación), vía la metodología de la EAC.

- Se identifican las frases y palabras clave en español e inglés relacionadas al tema de la pregunta de investigación.
- Se seleccionan las palabras clave más importantes de este estudio.
- Se buscan y seleccionan estudios publicados en bases de datos de literatura científica escolar, tanto en español como en inglés, como Google Académico, ResearchGate, ERIC y Dialnet.
- Se obtienen los documentos seleccionados y se revisan para identificar las propuestas de ideas centrales.
- Se analizan, seleccionan y, en ocasiones, se adaptan las ideas centrales al contexto educativo propio del estudio del trabajo presente.

3.3.2 Selección de fenómeno-problema ancla asociados al modelo a enseñar

El proceso es similar a la sección anterior ya que se realizan búsquedas para seleccionar fenómenos-problemas ancla asociados al modelo a enseñar que cumplen con una serie de recomendaciones:

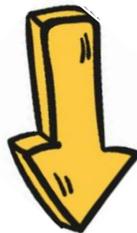
- i) Que el fenómeno-problema ancla en estudio sea complejo e involucre el modelo a enseñar.
- ii) El fenómeno-problema ancla puede estar basado en un caso, un fenómeno desconcertante o un fenómeno asombroso propios de la naturaleza.
- iii) Que el fenómeno-problema ancla no pueda ser resuelto en una sola sesión, involucrando una serie de sesiones para su explicación.
- iv) Que el fenómeno-problema ancla en estudio sea interesante, desconcertante o asombroso para los estudiantes.
- v) Que la explicación del fenómeno-problema ancla no sea encontrada mediante la búsqueda de la información en la red. (Penuel & Bell, 2016).

3.3.3 Desarrollo de explicación causal deseada del fenómeno-problema ancla

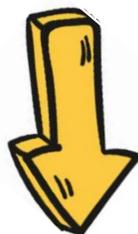
Una vez seleccionado el fenómeno-problema ancla (el mundo observable), se procede al desarrollo del modelo causal subyacente para la explicación del fenómeno (el mundo no observable) (AST, 2014). A continuación, se muestra el seguimiento metodológico para el desarrollo de la explicación causal por parte del docente del fenómeno-problema ancla dentro del contexto

educativo en estudio.

- 1) **Describir el fenómeno:** Se procede al desarrollo de la descripción puntual del fenómeno y variables relacionadas al mismo. Así mismo, se describe la razón por la cual los estudiantes encuentran desconcertante y atractivo el fenómeno presentado, identificando los aspectos que lo hacen diferente a la resolución de un ejercicio encontrado comúnmente en libros de texto.



- 2) **Elaborar la explicación causal escrita:** Se propone una explicación causal para este fenómeno integrando una pregunta detonadora, con el fin de enfocar la explicación mencionada. Es recomendable integrar las propiedades abstractas no observables para el desarrollo de la explicación. Cabe señalar que la explicación generada debe proyectarse disciplinariamente más allá de lo idealmente propuesto para el nivel bachillerato.



- 3) **Diseñar explicación causal esquemática:** Además de la explicación escrita, se efectúa por parte del docente el desarrollo de una explicación causal esquemática misma que los estudiantes dibujarán mediante la indicación del profesor. Cabe señalar que se utiliza la misma pregunta detonadora para el desarrollo tanto de la explicación escrita como esquemática. Se recomienda dividir el modelo en secciones "antes, durante y después" o comparar dos eventos uno al lado del otro. (AST, 2014).

3.3.4 Selección de experiencias de aprendizaje e instrumentos de evaluación para integrar en la SD

En la metodología de la EAC, la secuencia diseñada consiste en el conjunto de la fase 2 (explicitación de modelos científicos iniciales de los estudiantes), la fase 3 (exploración de modelos científicos escolares en la literatura) y la fase 4 (construcción de la explicación vía el modelo cinético corpuscular escolar). Para cada una de estas fases se han propuesto diversas experiencias de aprendizaje que se presentan a continuación (Tabla 7). En cada etapa se seleccionan los instrumentos de evaluación adecuados, se evalúa las actividades que serán entregables y no entregables, así como las actividades que serán desarrolladas de manera individual o grupal y la duración de las mismas.

Fase	Experiencias de aprendizaje	Instrumentos de evaluación	Individual o grupal y duración (min)
1. Planificación	1.2 Contextualización del fenómeno-problema ancla	----	Grupal (5)
2. Explicitación de modelos científicos iniciales de los estudiantes	2.2 Responder a la pregunta detonadora	Explicación causal escrita inicial (entregable)	Individual (45)
		Explicación causal esquemática inicial (entregable)	Individual (45)
		Explicación causal esquemática inicial (Cartel) (entregable)	Grupal (30)
3. Exploración de nuevos datos y modelos científicos escolares en la literatura	3.1 Observar un experimento en el laboratorio del fenómeno-problema ancla simplificado	Protocolo de la actividad experimental (entregable)	Grupal (120)
	3.2 Revisar los modelos científicos escolares en la literatura	Discusión en plenaria	Grupal (60)
	3.3 Enriquecer el modelo grupal preliminar	Notas auto-adhesivas (Post-it en inglés) a partir de la reflexión grupal (entregable)	Grupal (60)
	3.4 Interactuar con el simulador de partículas en línea.	Protocolo del simulador de partículas (entregable)	Individual (60)
4. Construcción de la explicación vía el modelo cinético corpuscular escolar).	4.1 Construir la explicación al fenómeno problema-ancla.	Explicación causal escrita y explicación causal esquemática final (entregable)	Individual (60)
		Explicación causal esquemática final (Cartel) (entregable)	Grupal (60)
Pruebas adicionales de la metodología EAC.	5.2 Responder prueba de evaluación del aprendizaje a mediano plazo	Prueba de evaluación del aprendizaje a mediano plazo (entregable)	Individual (60)

Tabla 7. Información referente a productos categorizados en las etapas propias de la SD

3.4 Selección y análisis de los datos recopilados durante las diversas fases de aplicación de la SD para dar respuesta a la pregunta de investigación

Es importante notar que en la SD adaptada se propone agregar instrumentos de evaluación extras que no son parte de la metodología original de la EAC. Dentro de los instrumentos extras se encuentra una prueba de evaluación del aprendizaje a mediano plazo, posterior a la cuarta fase de la metodología mencionada.

Así mismo, cabe señalar que se llevó a cabo la simplificación de la actividad experimental del fenómeno-problema ancla en el laboratorio. La simplificación de la actividad experimental fue implementada tomando en cuenta la participación de los estudiantes durante el desarrollo de la segunda fase de la metodología de la EAC.

Posteriormente con respecto al análisis de las evidencias de los estudiantes con que se trabajó, fue seleccionada una muestra de un equipo (5 alumnos) de los seis equipos que conformaron el grupo. El equipo muestra que fue elegido tomando en cuenta como el equipo de menor desempeño al inicio del desarrollo de la SD, mismo que mostró el mejor desempeño al finalizar la SD, enfatizando el cambio durante el desarrollo de cada una de las fases de la metodología. Aunado a lo anterior se consideró también el equipo donde todos los integrantes asistieron a cada una de las sesiones de la SD.

Con el propósito de responder la pregunta de investigación se tomaron en cuenta las evidencias y productos de los estudiantes durante las fases 2, 3 y 4, tales como: a) explicación causal escrita inicial, b) explicación causal esquemática inicial, c) explicación causal esquemática inicial (cartel colaborativo), d) respuestas seleccionadas del protocolo de la actividad experimental, e) notas autoadhesivas a partir de la reflexión grupal, f) respuestas seleccionadas del protocolo del simulador de partículas, g) explicación causal escrita final, h) explicación causal esquemática final (cartel colaborativo) y i) explicación causal escrita y esquemática de la prueba de evaluación a mediano plazo. Cabe señalar que la muestra seleccionada corresponde a una muestra no representativa.

Para la evaluación de las evidencias entregables escritas de los estudiantes, se realizará la búsqueda de información de documentos en conformidad a las ideas centrales del modelo cinético corpuscular de la materia, mismos que permitan posteriormente el desarrollo de un sistema de ideas clave siendo este el instrumento desarrollado para la evaluación de las explicaciones de los estudiantes. Cabe señalar que el análisis de las evidencias de manera cualitativa tiene su base en el trabajo realizado por Nebot y Márquez (2019). A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la propuesta metodológica.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados del diseño y aplicación de la primera versión de la secuencia didáctica. De su aplicación en el aula durante las fases 2 a 4 de la secuencia didáctica SD se realizó una selección de los datos, cuyo análisis se muestran en el capítulo presente. Del análisis de los datos se extraen resultados que se comparan con el objetivo general, dando respuesta a la pregunta de investigación.

4.1 Ubicación geográfica y temporal para la aplicación de la SD

El lugar sede para llevar a cabo la SD diseñada en este trabajo de tesis, fue el Sistema de Laboratorios de Desarrollo e Innovación (SILADIN) del plantel Azcapotzalco del CCH (Fig. 4). De manera específica, el laboratorio de Química I fue el aula destinada para la ejecución de la misma, llevándose a cabo los días lunes y miércoles en un horario de 11:00 a 13:00 hrs y los viernes de un horario de 12:00 a 13:00 h, desarrollándose la SD en dos semanas de trabajo, durante las dos primeras semanas del mes de diciembre del año 2020 del ciclo escolar 2020-1.



Figura 4. Sistema de Laboratorios de Desarrollo e Innovación (SILADIN) del plantel Azcapotzalco del CCH

Cabe señalar que originalmente la SD adaptada había sido diseñada para ejecutarla dentro de las aulas laboratorio tradicionales con las que el colegio cuenta, las cuales disponen de 6 mesas móviles, diseñadas para acomodar un total de 5 personas por mesa considerando con ello el espacio adecuado para los alumnos indicados. Teniendo en cuenta lo anterior la estrategia fue modificada en cuanto a su logística, dadas las condiciones e indicaciones por las autoridades del plantel. Las condiciones de infraestructura en las cuales se trabajó dentro del laboratorio de Química I del SILADIN, fue un salón en el cual se contó con 3 mesas fijas de doble lado (Fig. 5), en las cuales fueron distribuidos por cada lado un equipo de 5 personas a lo largo de las mesas de trabajo.



Figura 5. Laboratorio de Química I del SILADIN.

Cabe señalar que a pesar de la adaptación posterior al diseño de la SD, esta no representó en ningún sentido una dificultad mayúscula, debido a que los estudiantes se encuentran ya adaptados a las mesas de trabajo en los laboratorios del SILADIN (sin acceso a internet), por lo que el cambio no representa una variable que afectó al desarrollo de la SD.

Por otro lado, cabe señalar que aparte del uso del laboratorio de Química I del SILADIN como espacio principal para el desarrollo de la SD adaptada, también fue utilizada la sala de computación denominada como “Sala Telmex”, lugar donde los alumnos cuenta con el préstamo de equipo de cómputo con acceso a Internet (Fig. 6).



Figura 6. Sala de computación (Sala Telmex).

La sala de computación fue utilizada durante el desarrollo de la actividad 7 de la Fase 3 con el propósito de llevar a cabo las actividades propias del simulador de partículas, el cual requiere necesariamente del uso de una computadora y de internet.

4.2 Características de la muestra para la aplicación de la SD

La muestra de población donde se aplicó la SD consistió en 18 varones y 10 mujeres, cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), plantel Azcapotzalco de la Universidad Nacional Autónoma de México. El grupo al cual pertenecen los estudiantes es el 108 B tal como se presenta en la Fig. 7, cuya profesora titular es la M en D Fabiola Margarita Torres García.

El turno elegido para el desarrollo de la secuencia didáctica fue el matutino, el cual fue elegido en correspondencia al horario de trabajo de la profesora titular.



Figura 7. Grupo 108 B elegido para la aplicación de la SD.

Luego de cursar la secuencia didáctica los estudiantes deberán de ser capaces de:

- i) Aplicar el modelo cinético corpuscular de la materia en la resolución de situaciones complejas.
- ii) Comprender la importancia de los modelos científicos para dar explicación a fenómenos.
- iii) Tener un primer acercamiento en el desarrollo de modelos que den explicación a fenómenos en situaciones complejas.
- iv) Observar el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura, con orden y responsabilidad, para comprender la naturaleza corpuscular de la materia. (N2)

- v) Reconocer la importancia del uso de modelos en el estudio de la química al hacer uso de ellos al representar con esferas (corpúsculos) los diferentes estados de agregación del agua. (N2)

4.2.1 Selección del modelo a aplicar para observar el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura

En el programa oficial de Química I (primer semestre) del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH, 2016) se plantea abordar el tema seleccionado con el modelo corpuscular de la materia, que dado su gran potencial de aplicación, es muy enseñado en todo el mundo, a partir de la educación secundaria (con estudiantes en las edades de 12 a 14 años). Sin embargo, este modelo cualitativo sólo contiene la relación con la temperatura en uno de sus apartados, por lo que sería conveniente aplicar el modelo científico escolar que puede explicar de manera cuantitativa el observar el agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura. Este modelo es el cinético corpuscular, mismo que se estudia normalmente posterior a la revisión de las leyes de los gases (ideales).

Por lo tanto, en este trabajo se pretende diseñar una SD para que estudiantes de Química I (primer semestre) del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) apliquen el modelo cinético corpuscular en una situación compleja y real, que presenta al agua en sus tres estados de agregación y los cambios entre estos al modificar la temperatura.

En las siguientes secciones se presentan los resultados de las fases y subfases de la metodología de la EAC, así como la selección y análisis de los datos recopilados.

4.3 Fase 1 (planificación) de 4 de la metodología de la EAC

A continuación, se presentan los resultados sobre la identificación de las ideas centrales del modelo cinético corpuscular a enseñar, la selección de fenómeno-problema ancla asociados al modelo a enseñar, el desarrollo de la explicación causal deseada del fenómeno-problema ancla, así como la selección de experiencias de aprendizaje e instrumentos de evaluación para integrar en la secuencia didáctica.

4.3.1 Identificar las ideas centrales del modelo cinético corpuscular a enseñar

Al comienzo, se identificaron las frases y palabras clave en español e inglés relacionadas al modelo cinético corpuscular de la materia, las cuales se muestran a continuación (Tabla 8):

Frases y palabras clave (inglés-español)	
Ingles	Español
Kinetic particle theory	Modelo cinético corpuscular
Kinetic-molecular theory	Modelo cinético molecular
High School	Educación media superior
-	Teoría cinética de los gases
-	Bachillerato
-	Modelo cinético de partículas

Tabla 8. Frases y palabras clave concernientes a la búsqueda de información.

Con el fin de buscar y seleccionar estudios publicados en bases de datos de literatura científica escolar, tanto en español como en inglés, se emplearon los buscadores Google Académico,

ResearchGate, así como las bases de datos educativas ERIC y Dialnet utilizando las frases y palabras clave expuestas. Los resultados de los artículos con relación a los estudios más importantes se presenta a continuación:

- Robertson, A., y Shaffer, P. (2013). University student and K-12 teacher reasoning about the basic tenets of kinetic-molecular theory, Part I: Volume of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 81(4), 303-312.
- Yaumi, M., Sutopo., Zulaikah, S., y Sultur. (2020). Improving students conceptual understanding on kinetic theory of gas through modeling instruction. *The 3rd International Conference on Mathematics and Sciences Education (ICoMSE)*.
- Niaz, M. (2000). A rational reconstruction of the kinetic molecular theory of gases based on history and philosophy of science and its implications for chemistry textbooks. *Instructional Science*, 28(1), 23–50.
- Erceg, N., Aviani, I., Mešić, V., Glunčić, M., y Žauhar, G. (2016). Development of the kinetic molecular theory of gases concept inventory: Preliminary results on university students' misconceptions. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2).

Los documentos antes mencionados fueron seleccionados en conformidad con las investigaciones más recientes que tratan el tema al nivel de estudios que se trabaja (nivel medio superior), además de presentar ideas relacionadas al interés de esta tesis. Posterior al análisis y recuperación de la información, se muestran en la Figura 8 las ideas clave identificadas.

Es importante indicar que se encuentra publicada una secuencia didáctica que aborda el estudio de las leyes de los gases a nivel preuniversitario. Sin embargo no se mencionan las ideas centrales que se desean desarrollar (AST, 2020).

1.- Idea central

Un gas ideal contiene una gran cantidad de partículas que están en movimiento constante, aleatorio y en línea recta. Las partículas no ejercen fuerzas de atracción o repulsión de largo alcance y solo cambian la dirección de su movimiento cuando chocan entre sí o con las paredes del contenedor.

2.- Idea central

El volumen ocupado por las partículas de un gas ideal es insignificante.

3.- Idea central

Las colisiones de las partículas de un gas ideal con las paredes de su recipiente son la causa de la presión del gas ideal.

4.- Idea central

La energía cinética promedio de las partículas de una muestra de un gas ideal es proporcional a la temperatura del gas ideal.

Figura 8. Ideas centrales de la teoría cinética de los gases (Robertson & Shaffer, 2013).

En este trabajo de tesis se abordarán de manera específica las ideas clave 3 y 4, integrándose en la evaluación de las evidencias de los estudiantes durante el desarrollo de la SD.

A partir de las ideas centrales 3 y 4 de la teoría cinética de los gases (Robertson & Shaffer, 2013), junto con las ideas centrales del modelo corpuscular de la materia publicadas por De Vos y Verdonk (1996), se deriva el sistema de ideas clave las cuales se encuentran ordenadas en la Tabla 9. Estas ideas conformarán el instrumento de análisis en cuanto al uso y aplicación en el desarrollo de la explicación del fenómeno-problema ancla en el nivel nanoscópico por parte de los estudiantes.

Ideas clave
1) Toda la materia consiste en entidades llamadas partículas.
2) Todas las partículas tienen como propiedad permanente su movimiento.
3) Relación entre la presión y los choques entre partícula-partícula y partícula-superficie.
4) Relación entre la temperatura y el movimiento de las partículas

Tabla 9. Ideas clave para la evaluación y análisis de las explicaciones causales de los estudiantes.

Así mismo, dentro de las explicaciones en el nivel nanoscópico se ha diferenciado entre los estudiantes que han usado todas las ideas clave (explicaciones más complejas) y los estudiantes que

solo han usado algunas de las ideas clave en sus explicaciones.

Se ha considerado también a los estudiantes que llevan a cabo solamente un proceso de descripción en el nivel macroscópico identificados por no tomar en cuenta ninguna de las ideas clave durante el desarrollo de sus explicaciones causales tanto escritas como esquemáticas.

Finalmente con respecto a la presentación de las evidencias escritas de los alumnos, se ha decidido la modificación en cuanto a la corrección de ortografía y sintaxis de las oraciones, con el propósito de permitir al lector comprender de manera fluida las expresiones escritas de los alumnos, respetando ampliamente la idea plasmada en la escritura de su explicación escrita.

4.3.2 Selección de fenómeno-problema ancla asociado al modelo a enseñar

De acuerdo a la metodología empleada para la selección del fenómeno problema-ancla hay que identificarlo. En este caso se utilizó el fenómeno utilizado en la secuencia didáctica que aborda el estudio de las leyes de los gases en 14 sesiones mismas que se llevan a cabo a lo largo de 14 días de trabajo en el aula en el nivel de estudios preuniversitario (AST, 2020).

El fenómeno es la “implosión del camión cisterna”, que cumple con la serie de recomendaciones específicas que debe contar un fenómeno problema-ancla para ser integrado en la SD de acuerdo a Penuel & Bell (2016). A continuación se muestra una evaluación con base en las recomendaciones del fenómeno problema ancla seleccionado (Tabla 10).

Recomendaciones	Cumple	No cumple	Comentarios
a) Que el fenómeno problema ancla en estudio sea complejo e involucra el modelo a enseñar.	✓		El fenómeno problema-ancla involucra el modelo cinético corpuscular de la materia, siendo este el modelo inicial para abordar la resolución del mismo.
b) El fenómeno-problema ancla puede estar basado en un caso, un fenómeno desconcertante o un fenómeno asombroso propios de la naturaleza.	✓		La implosión del camión cisterna está basado en un fenómeno desconcertante y asombroso.
c) Que el fenómeno-problema ancla no pueda ser resuelto en una sola sesión, involucrando una serie de sesiones para su explicación.	✓		En conformidad con el desarrollo de la resolución y explicación causal del fenómeno-problema ancla, se propone para cumplir con el propósito un tiempo superior a 2 semanas de trabajo, tiempo propuesto por Talanquer (2017).
d) Que el fenómeno-problema ancla en estudio sea interesante, desconcertante o asombroso para los estudiantes.	✓		La implosión del camión cisterna resulta ser asombroso para los estudiantes debido a la naturaleza atípica del fenómeno en sí. El fenómeno es desconcertante y cumple su propósito atrapando la atención de los alumnos, los cuales son involucrados en la explicación causal del mismo.
e) Que la explicación del fenómeno-problema ancla no sea encontrada mediante la búsqueda de la información en la red.	✓		Mediante la navegación en la red la descripción del fenómeno problema-ancla es fácilmente encontrado, sin embargo, la explicación causal tanto esquemática como escrita, difícilmente puede ser hallada a través de una búsqueda normal por parte de los estudiantes.

Tabla 10. Evaluación del fenómeno problema ancla con base en las recomendaciones de (Penuel & Bell, 2016).

4.3.3 Desarrollo de explicación causal deseada del fenómeno-problema ancla

Se presenta el resultado del desarrollo metodológico de la explicación causal deseada tanto en la forma esquemática como escrita del fenómeno-problema ancla dentro del contexto educativo en estudio. Cabe señalar que las explicaciones que se presentan a continuación, cumplirán un rol de referente para las evidencias propuestas por los estudiantes.

4.3.3.1 Descripción del fenómeno

En la presente sección se procede al desarrollo de la descripción puntual del fenómeno y variables relacionadas al mismo. Se describe la razón por la cual los estudiantes encuentran desconcertante y atractivo el fenómeno presentado, identificando los aspectos que lo hacen diferente a la resolución de un ejercicio encontrado comúnmente en libros de texto. A continuación se presenta la descripción del fenómeno-problema ancla que se puede consultar en internet (AST, 2020).

En el aula, el profesor despliega la imagen a través de un video proyector, en la cual aparece un camión cisterna negro, separado de los demás vagones. El camión cisterna se caracteriza por ser pesado, construido de metal, teniendo una escotilla que puede abrirse y cerrarse a voluntad del personal de limpieza. El camión cisterna se encuentra posicionado en el patio de maniobras, siendo Siberia su localización geográfica en época de invierno, considerando una temperatura ambiental de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La escotilla del camión cisterna se encuentra cerrada y en pocos segundos de manera súbita en ausencia del personal de limpieza, el camión cisterna implosiona resultando en un aplastamiento por el centro del camión, generando asombro y desconcierto entre los estudiantes debido a la naturaleza atípica del fenómeno considerando también la dificultad de llevar a cabo la implosión del camión de manera intencionada. La explicación causal de este fenómeno no resulta evidente, ni es encontrada en libros de texto, requiriéndose con ello la construcción de la explicación en el nivel de partículas.

Es importante indicar que posterior a la primera exhibición del video, se pregunta a los estudiantes con respecto a las dudas surgidas con el video presentado, debido a la falta de sonido y a la ausencia de información extra.

Con el propósito de coadyuvar en la presentación del fenómeno problema-ancla, se indica a los estudiantes la ubicación geográfica, así como la temperatura del lugar ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$). También se desarrolla un contexto para los estudiantes en el cual personal del colegio ha viajado al lugar de los hechos y realizado entrevistas a los pobladores de Siberia, mismos que han reportado un fenómeno extraño.

Se muestra además un video del personal de limpieza realizando su rutina de lavado del camión cisterna al interior del mismo, generando con ello una nube de vapor de agua debido a su temperatura ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$). A través de la información proporcionada, se limita la posibilidad de que los estudiantes generen ideas que podrían obstaculizar el cumplimiento del propósito de la SD.

4.3.3.2 Explicación causal escrita

En la presente sección se expone una explicación causal escrita para este fenómeno integrando una pregunta detonadora. Cabe señalar que no fue posible encontrar en la literatura consultada los pasos a seguir en cuanto a la integración de las ideas centrales con la explicación causal escrita. Tomando en cuenta lo anterior se decidió seleccionar las palabras clave relacionadas, siendo estas Temperatura (T), Presión (P), Partículas. A continuación se presenta mi explicación causal escrita deseada para el fenómeno-problema ancla:

4.3.3.3 Explicación causal Esquemática deseada

A la par de presentar la explicación causal escrita deseada con el fin de dar paso a la resolución de la pregunta detonadora, se presenta la explicación causal esquemática deseada, teniendo en cuenta el mismo propósito que la explicación escrita, llevando a cabo modelos esquemáticos para la resolución de la pregunta detonadora. Cabe señalar que la pregunta detonadora es la misma para ambos casos. A continuación se presenta la explicación causal pictórica deseada del fenómeno problema-ancla (Fig. 9).

Pregunta Detonadora

¿Qué provocó el aplastamiento del camión cisterna?

Explicación causal escrita antes del lavado del camión cisterna

Antes de realizar el lavado del camión cisterna, la escotilla del mismo permanece abierta. Las partículas que circulan tanto al interior como al exterior del camión cisterna son partículas de aire. Las partículas de aire se mueven por todo el volumen al interior del camión cisterna, que tomando en cuenta la temperatura ambiental ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), el movimiento promedio de las partículas es lento, teniendo en cuenta por tanto un equilibrio térmico al interior como al exterior del mismo. Así mismo, los choques de las partículas tanto en la superficie externa del camión como en la interna se mantienen en equilibrio, es decir la presión al interior del camión como al exterior se corresponde en la misma magnitud, no registrando con ello ningún cambio visible.

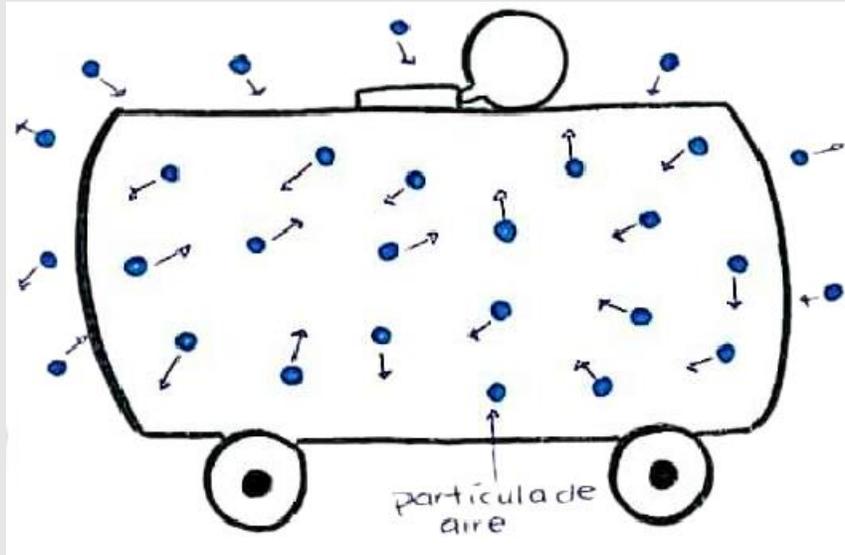
Explicación causal escrita durante el lavado del camión cisterna

Se inicia el lavado del camión cisterna por el personal de limpieza el cual utiliza agua a una temperatura de ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$), lo cual a su vez genera una nube de vapor de agua (agua en fase gaseosa). Las partículas de vapor de agua se mueven con velocidad uniforme en línea recta caracterizadas por un movimiento rápido, irregular y caótico, las cuales golpean contra la superficie al interior del camión cisterna, aumentando con ello los choques en la superficie interna. Durante el lavado la escotilla del camión cisterna permanece abierta, razón por la cual, se genera la expulsión al exterior de las partículas de gases (aire) que se encontraba al interior del camión cisterna debido a la creciente generación de vapor de agua al interior del mismo. Durante el lavado del camión cisterna se advierte un desequilibrio térmico al interior del mismo con respecto al exterior, debido a la diferencia de energía cinética de las partículas de vapor de agua al interior y las partículas de aire al exterior. Cabe señalar que la variación de presión no es suficientemente grande para llevar a cabo una modificación visible en la estructura del camión cisterna.

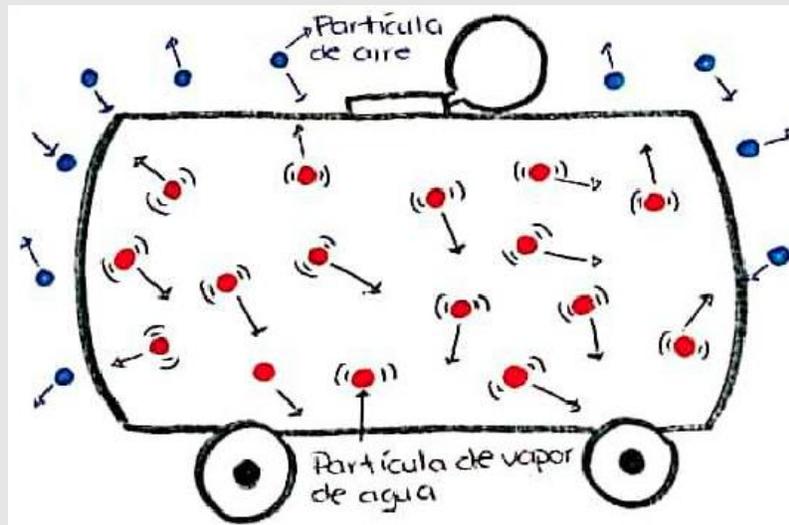
Explicación causal escrita después del lavado del camión cisterna

Una vez terminado el lavado del camión cisterna, se da paso al cierre de la escotilla por lo que inicia nuevamente el proceso de equilibrio térmico conforme a la temperatura exterior del camión cisterna ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), disminuyendo con ello la energía cinética de las partículas de vapor de agua al interior del camión, moviéndose lentamente de manera gradual, promoviendo con ello la interacción de las partículas de vapor pasando por la condensación del vapor de agua, hasta la culminación en la fase sólida. Tomando en cuenta lo anterior se lleva a cabo una disminución de volumen, lo cual conlleva también una disminución del número de choques al interior del camión cisterna, disminuyendo por tanto la presión al interior, advirtiéndose con ello un desequilibrio en la presión tanto al interior como al exterior del camión cisterna. En el momento que la diferencia de presiones es suficientemente grande, la presión del aire circundante aplasta el camión cisterna por el centro, teniendo en cuenta también la estructura metálica del mismo.

Explicación causal esquemática antes del lavado



Explicación causal esquemática durante el lavado



Explicación causal esquemática después del lavado

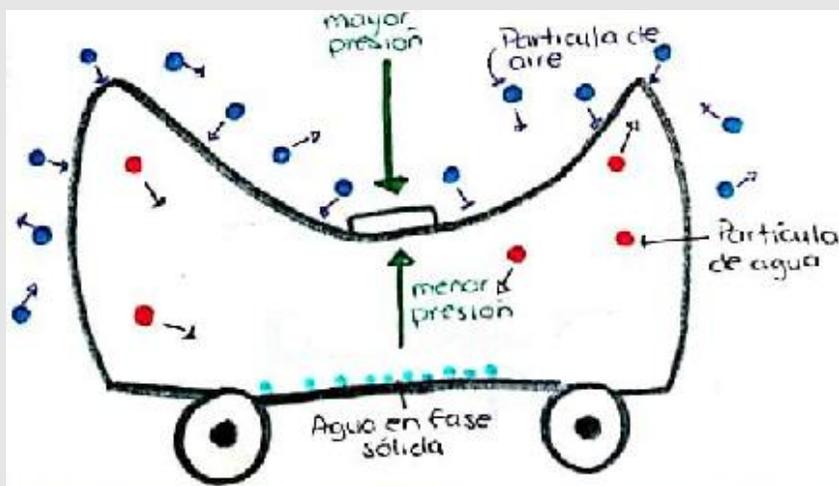


Figura 9. Explicación causal pictórica deseada antes, durante y después del lavado

4.3.4 Selección de experiencias de aprendizaje e instrumentos de evaluación para integrar en la secuencia didáctica

La SD adaptada y presentada en este trabajo fue propuesta en apego a las 4 fases propuestas por la metodología de la EAC. En cuanto al número de sesiones, la secuencia se limitó a 6 sesiones de 2 horas por sesión con un total de 12 horas. El tiempo asignado fue determinado de esta manera debido a que una parte considerable del tiempo fue designado a la reflexión profunda por parte de los estudiantes y el análisis de la información que se acumulaba, tanto teórica como experimental. Cabe señalar que las actividades implementadas en la secuencia presente fueron originadas con base en la adaptación del desarrollo de la SD original, misma que se puede consultar en diversos espacios (NGSS, 2020; Talanquer, 2017), misma que aborda el tema “leyes de los gases”, como ya se ha indicado. A continuación se presentan la selección de experiencias de aprendizaje e instrumentos de evaluación, para integrar cada una de las fases que son parte de la SD adaptada.

4.3.4.1 Experiencias seleccionadas para el desarrollo de la Fase 1. Planificación para el enganche con ideas científicas importantes

En la primera sesión de 2 horas de duración, se presenta un contexto desarrollado por el docente el cual permitirá la apertura en la exposición de las ideas previas de los estudiantes. Cabe señalar que a pesar de que el fenómeno ancla presentado no es el de mayor relevancia para los estudiantes. Se espera que por la impresión visual del fenómeno mismo, así como las actividades extras incluidas en esta tesis, impulse la motivación de los alumnos a involucrarse con el inicio y desarrollo de la secuencia hasta su término.

4.3.4.1.1 Fase 1 (actividad 1)

En primera instancia se decidió en este trabajo introducir el concepto de temperatura relacionando las cámaras frigoríficas de los centros comerciales y en general de cualquier sistema de refrigeración. Cabe señalar que esta actividad no es parte de la secuencia original (AST, 2020) y se introdujo con el propósito de llevar a cabo un contexto inicial para estudiantes mexicanos,

debido a que las condiciones climáticas del fenómeno presentado en el problema-ancla es en lo general ajeno a nuestro país.

Una vez identificada la temperatura de los sistemas de refrigeración (- 5 °C), se prosigue a proyectar un día en época de invierno en la región de Siberia, en donde se alcanzan temperaturas de - 30 °C (Fig.10).



Figura 10. Día en época de invierno en Siberia (-30 °C)

Prosiguiendo con la planificación para el enganche, el profesor da paso a presentar el siguiente texto en pantalla dando lectura en plenaria, para posteriormente introducir el fenómeno ancla de la secuencia didáctica.



EL ENIGMA DE SIBERIA



No todo es paz y tranquilidad en Siberia.....

Los pobladores de Siberia han reportado un fenómeno extraño, de forma inexplicable vagones cisterna han quedado completamente aplastados de un momento a otro, sin explicación. Algunos pobladores están seguros de que esto es obra de un poder sobrenatural que está atacando a Siberia y su población.

 A continuación se presenta la entrevista realizada a los siberianos. 

Con el propósito de generar credibilidad al contexto, se indica que un reportero del Colegio viajó hasta el lugar de los hechos para llevar a cabo la entrevista a los siberianos (Fig 11).

A continuación se les presenta en plenaria un video editado, en el cual se proyecta una entrevista realizada a pobladores siberianos.

(https://drive.google.com/file/d/1BnurVaVkuyGd-NFa0sMIajDPMKhf2_e/view?usp=sharing).



Figura 11. Entrevista a pobladores siberianos

Consecutivamente se muestra la entrevista realizada al encargado de limpieza del camión cisterna, ejemplificando con ello el lavado del mismo con agua a una temperatura de 100 °C, información que posteriormente los alumnos retomarán para dar paso a la primera explicación del fenómeno dado (Fig. 12).



Figura 12. Personal de limpieza realizando el lavado del camión cisterna

Cabe señalar que esta actividad tampoco es parte de la secuencia original (AST, 2020), de la cual se consideró importante su implementación con el propósito de reforzar el enganche ejerciendo con ello un papel de complementariedad del fenómeno problema ancla, todo ello enfocado a la resolución puntual de la pregunta generadora.

Para el punto anterior, se tomó en cuenta la importancia de la apropiación de una visión de la ciencia más próxima a su aplicación en situaciones reales, así como fomentar la relevancia del conocimiento científico en la resolución de problemas contextualizados, tal como lo indica González (2004).

4.3.4.1.2 Fase 1 (actividad 2)

A continuación el profesor da paso al fenómeno el cual dará apertura para la expresión de los modelos iniciales de los estudiantes así como el sostenimiento del desarrollo de la SD. Como un paso anterior a presentar el fenómeno ancla, se indica a los estudiantes que el personal de limpieza se retiró del camión cisterna cerrando a su paso la escotilla. Posteriormente se les indica que al pasar pocos minutos sucedió un fenómeno impresionante. Cabe señalar que en este punto se detiene el video y antes de proyectar la implosión del camión cisterna, se cuestiona a los estudiantes acerca de sus modelos mentales con respecto a la apariencia del camión cisterna posterior al cierre de la escotilla bajo las condiciones antes indicadas.

Una vez que los estudiantes expresen lo que ellos consideran que podría suceder con respecto al camión cisterna, se prosigue con la proyección del video hasta su término. A continuación se presenta el camión cisterna antes y después del lavado con vapor de agua y posterior cierre de la escotilla, como se muestra en la Figura 13.

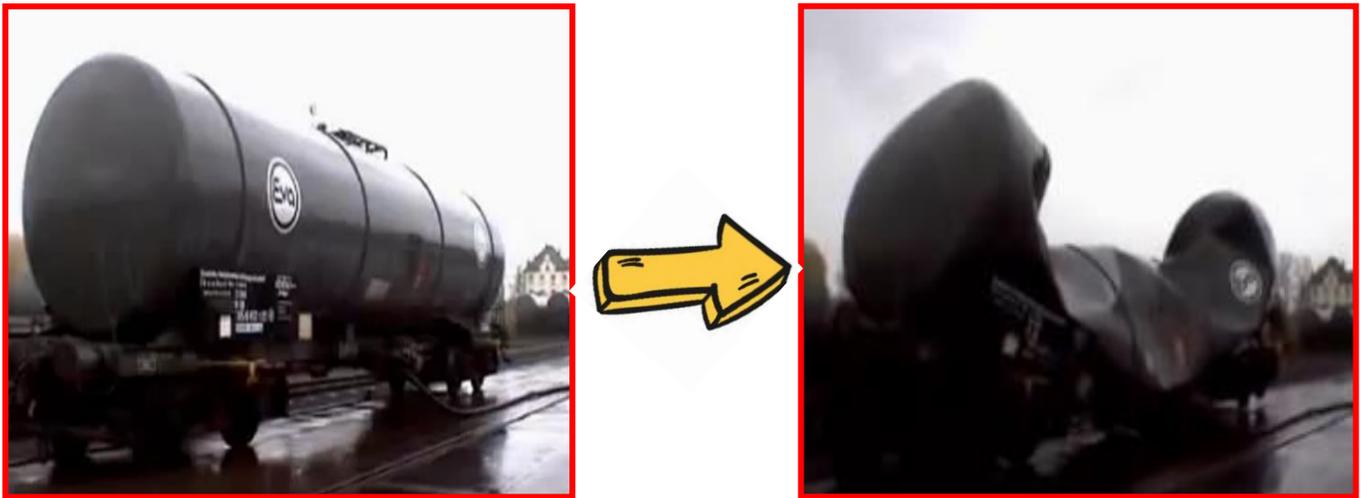


Figura 13. Implosión del camión cisterna

Una vez proyectado en plenaria el fenómeno ancla se da paso a la expresión de los modelos iniciales de los estudiantes y su consecuente recopilación de los mismos. Posteriormente se les reparte a los estudiantes un gafete de identificación, los cuales se les permite personalizar (Fig. 14).

Complementando lo anterior se lleva a cabo un diálogo con los estudiantes en el que se especifica que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) les ha contratado como investigadores, los cuales al finalizar la secuencia desarrollarán un reporte a la población de Siberia explicando el fenómeno con base en una explicación científica. Cabe señalar que esta actividad tampoco es parte de la secuencia original (AST, 2020) y se introdujo con el fin de incrementar el sentido de identidad y promover una motivación constante en los estudiantes hasta el término de la SD.



Figura 14. Gafetes personalizados

Con esta actividad se da por terminada la Fase 1 de la metodología de la EAC. En este punto se da paso a la Fase 2 del modelo en la que se focalizan las acciones en la motivación para la expresión de los modelos iniciales, así como el inicio de la construcción y evolución del modelo propio de los estudiantes que genere una explicación al fenómeno presentado.

4.3.4.2 Experiencias seleccionadas para la Fase 2. Explicitación de modelos científicos iniciales de los estudiantes

En esta sección se presentan las experiencias seleccionadas para el desarrollo de la Fase 2 de la metodología de la EAC, en la que se exponen las ideas, experiencias y lenguaje iniciales que los estudiantes poseen sobre el fenómeno a estudiarse. Cabe señalar que el desarrollo de la Fase 2 se lleva a cabo dentro de la primera sesión de 2 horas de duración. A continuación se exponen cada una de las actividades implementadas en la Fase 2.

4.3.4.2.1 Fase 2 (actividad 1)

A continuación se da paso a la expresión por parte del docente de la pregunta generadora que se muestra a continuación:

¿Qué provocó el aplastamiento del camión cisterna?

Como primera actividad, los estudiantes desarrollan una explicación en la resolución del fenómeno problema-ancla contestando con ello la pregunta generadora, en donde se plasmarán las explicaciones de los estudiantes de manera individual, tanto en forma escrita como pictórica (modelos) en una hoja tamaño carta.

Para la resolución del fenómeno se indica a los estudiantes desarrollar sus modelos iniciales, considerando antes del cierre de la escotilla y posterior al cierre de la escotilla del camión cisterna. Se indica realizar la expresión de sus modelos iniciales, con la finalidad del posterior análisis del pensamiento de cada uno de los alumnos por parte del docente. En este punto se indica que deben considerar la representación de las partículas de agua como pequeños puntos realizando con ello una acotación al inicio de su modelo.

Una vez recopilados los modelos iniciales de los estudiantes se permite la expresión en plenaria de algunos de ellos, con el propósito de motivar a la mayoría de los estudiantes a que expresen sus modelos iniciales.

Así mismo, la recopilación de los modelos iniciales tanto en forma escrita como pictórica coadyuvará a la identificación del proceso y evolución de los mismos, que darán respuesta a la pregunta generadora que se mostró con anterioridad.

4.3.4.2.2 Fase 2 (actividad 2)

Como segunda actividad se les indica a los estudiantes integrar equipos de 5 personas, con el propósito de llevar a cabo la discusión grupal de cada uno de los modelos iniciales con sus pares. Al término de la discusión se da la indicación de generar un modelo construido en conjunto. En este punto los estudiantes fomentarán el respeto a las ideas de sus demás compañeros, hasta poder llegar a un acuerdo entre todos los integrantes del equipo fomentando de esta forma el trabajo colaborativo.

Finalmente se les permite a los estudiantes la exposición del modelo construido en conjunto llevando a cabo esta actividad en plenaria. Así mismo, se recopilan los modelos iniciales individuales por parte del docente con el fin de llevar a cabo el análisis correspondiente.

4.3.4.2.3 Fase 2 (actividad 3)

Una vez terminada la sesión de dos horas de duración, se está por completar la Fase 2 de la metodología de la EAC, donde se toman en cuenta las inquietudes de los estudiantes sobre el fenómeno-problema ancla presentado. Cabe señalar que la inquietud principal de los alumnos fue conocer lo siguiente:

¿Cuál es el efecto en el aplastamiento del camión cisterna al realizar cambios en la temperatura del agua utilizada para el lavado?

Tomando en cuenta la pregunta expresada por los estudiantes, se empieza la Fase 3 con experimentos para intentar responder esta pregunta los cuales se muestra en la siguiente sección.

Es importante señalar que en la secuencia original (AST, 2020), los estudiantes formulan hipótesis sobre 5 experimentos, guiados por el profesor en donde se modifican las variables que podría modificar el aplastamiento del camión cisterna, las variables a modificar son las siguientes:

- Exp. 1 # Cantidad de agua en la lata.
- Exp. 2 # Temperatura del baño del agua.
- Exp. 3 # Tiempo de calentamiento en la parrilla eléctrica.
- Exp. 4 # Tamaño de la lata.
- Exp. 5 # Sellado de apertura en la lata.

Como se puede observar, la modificación de la temperatura al interior de la lata no es un experimento que forme parte de la secuencia original, así como dar respuesta a la inquietud grupal de los estudiantes haciendo el experimento más significativo para los estudiantes en la SD adaptada.

4.3.4.3 Experiencias seleccionadas para la Fase 3. Exploración de nuevos datos y modelos científicos escolares en la literatura

Se da inicio a la segunda sesión de dos horas de duración, misma en la que se presenta la Fase 3 de la metodología de la EAC. La Fase 3 corresponde a introducir nuevos datos y a explorar nuevos modelos científicos escolares en la literatura.

En el caso de los nuevos datos se recomienda la reflexión grupal en plenaria, ya sea resultados experimentales de experimentos en laboratorio o demostraciones de cátedra, que permita a los estudiantes conectar la nueva evidencia con la explicación del fenómeno-problema ancla dando

respuesta a la pregunta generadora. Cabe señalar que los estudiantes deben ser apoyados en todo momento con preguntas realizadas por el profesor, que presionen la reflexión de los estudiantes de manera constante.

En el caso de los nuevos modelos científicos escolares se recomienda introducir ideas científicas que ayuden a los estudiantes a razonar y vincular la nueva información con el propósito de fomentar la construcción de la explicación del fenómeno-problema ancla.

Para poder llevar a cabo la Fase 3 se desarrolla una serie de actividades proyectadas en la segunda, tercera y cuarta sesión de 2 horas cada una. Cabe señalar que cada una de las actividades tiene el propósito de llevar al estudiante a un proceso de reflexión continuo el cual tenga su desenlace en la aplicación del modelo cinético corpuscular de la materia para generar una explicación del fenómeno presentado en la fase 1, tomando en cuenta los criterios presentados con anterioridad. A continuación se da paso a la exposición de las actividades realizadas en la segunda, tercera y cuarta sesión.

4.3.4.3.1 Fase 3 (actividad 1)

En la segunda sesión de 2 horas, se pone en marcha la actividad experimental diseñada para apoyar el cambio de pensamiento de los estudiantes. La sesión experimental consistió en el modelaje del fenómeno presentado en la Fase 1 mediante el uso de una lata de aluminio de 355 mL (Fig. 15).



Figura 15. Lata de aluminio de 355 mL usado como modelado del fenómeno ancla.

Durante el desarrollo de la primera actividad de la Fase 3, los estudiantes tuvieron un acercamiento a la comprensión del proceso de construcción de la ciencia con respecto a la modelización del fenómeno estudiado puesto en escala con las condiciones experimentales más cercanas a las del fenómeno que se quiere estudiar, ampliando así la comprensión de la naturaleza de la ciencia en cuanto al desarrollo de la misma con base en sus modelos.

Dentro del desarrollo de la actividad experimental de la sesión 2 se integraron 2 etapas. En la primera etapa los estudiantes modelizarán el camión cisterna con las condiciones más cercanas a las reportadas en Siberia. Posteriormente se realizará un experimento, el cual consistió en la modificación de la temperatura del agua dentro de la lata, manteniendo un volumen constante de agua.

La modificación que se describe en el párrafo anterior no es considerada como parte de la secuencia didáctica original (AST, 2020). La razón por la cual la SD fue adaptada tomando en cuenta las ideas expresadas por los estudiantes, fueron introducidas con el fin de contribuir al proceso de

reflexión por parte del estudiante en cuanto a la relación de la temperatura y presión con el movimiento de las partículas en un primer acercamiento.

Así se tuvo en cuenta con ello un doble propósito, por un lado los estudiantes serán guiados a la modelización para fomentar la reflexión acerca de las variables involucradas en el fenómeno estudiado y por otro lado, los estudiantes serán guiados a modelizar el fenómeno expuesto en el fenómeno-problema ancla.

Al inicio de la actividad 1 se integra la reflexión con respecto a la posibilidad de modelizar el fenómeno-problema ancla con una lata de 355 mL y las condiciones ambientales en Siberia relacionado a la temperatura (- 30 °C). Para esta etapa fueron utilizados los siguientes materiales mostrados en la Tabla 11.

Materiales y sustancias	Figura
Bandeja de polipropileno (8 L)	
Hielo	
Agua (4 L)	
Cloruro de sodio	
Pinzas	
Parrilla eléctrica	
Lata de aluminio (355 mL)	

Tabla 11. Materiales y sustancias utilizadas en la primera actividad de la Fase 3.

Posteriormente se muestra la modelización del fenómeno ancla en la Figura 16, bajo condiciones similares. Cabe señalar que la temperatura utilizada en la modelización fue de - 15 °C, alcanzada mediante un baño de agua con hielo y añadiendo NaCl en la superficie.



Figura 16. Modelización del fenómeno ancla.

Aunque la temperatura difiere de la reportada en la población de Siberia ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), las pruebas mostraron que el fenómeno es consistente a la temperatura alcanzada en el laboratorio. Cabe señalar que la disposición final de la salmuera fue tratada mediante el uso de humedales a escala destinados para ello.

4.3.4.3.2 Fase 3 (actividad 2)

Para la segunda actividad se integra un experimento en el cual se efectuó la modelización del fenómeno problema-ancla, realizando variaciones en cuanto a la temperatura del agua dentro de la lata con el propósito de llevar a cabo la reflexión en cuanto a la relación de la temperatura con el movimiento de las partículas, dentro de la lata. Cabe señalar que los valores de la temperatura para cada equipo fueron dados por el profesor. Las temperaturas que se tomaron en cuenta para la ejecución del experimento se muestran en la Tabla 12.

Equipo	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
1	25
2	40
3	50
4	60
5	70
6	80

Tabla 12. Variación de la temperatura del agua dentro de la lata por equipo.

Para esta etapa fueron utilizados los siguientes materiales mostrados en la Tabla 13.

Materiales y sustancias	Figura
Bandeja de polipropileno (8 L)	
Hielo	
Agua (4 L)	
Cloruro de sodio (NaCl)	
Pinzas	
Parrilla eléctrica	
Lata de aluminio (355 mL)	

Tabla 13. Materiales y sustancias utilizadas en la segunda actividad de la Fase 3.

La pregunta generadora para guiar el experimento fue la siguiente:

¿Qué efecto tiene la variación de la temperatura del agua al interior de la lata?.

Posteriormente el profesor permite la respuesta en plenaria por parte de los estudiantes, manteniendo la libre participación de algunos de ellos. El diseño experimental consistió en la integración de una lata de 355 mL, a la cual se efectuó una perforación en la parte central, en la que fue introducido un volumen de agua dentro de la lata, indicada para cada uno de los equipos, siendo esta la variable constante. La perforación fue realizada con el propósito de introducir un termómetro analógico de mercurio con graduación de (0 °C-100 C°), mismo que servirá para realizar las lecturas de la temperatura al interior de la lata. A continuación (Fig. 17) se muestra el instrumento experimental que se utilizó para llevar a cabo el segundo experimento de la sesión.



Figura 17. Instrumento experimental para la medición de la variación de la temperatura del agua al interior.

Una vez alcanzada la temperatura del sistema para cada equipo, se realiza el proceso desarrollado de la primera parte expuesto en la Fig. 16. Con el fin de facilitar el registro de las evidencias, así como el registro de las predicciones de los estudiantes y observaciones, se promovió el protocolo de la actividad experimental

Por tanto considerando el enfoque anterior, se desarrolló un instrumento en donde el estudiante tuviera la oportunidad de construir su procedimiento eligiendo a través de la discusión por equipo de las condiciones de temperatura, volumen de agua y área, así como recoger la información por parte de los alumnos para su posterior análisis por parte del profesor. Finalmente, el protocolo de la actividad experimental contiene un cuestionario con el fin de dirigir la atención específicamente al efecto en las partículas al modificar el cambio de energía en el sistema, así como la presión. Cabe señalar que los resultados experimentales de todo el grupo se retomarán y analizarán en plenaria en la sesión 3. El protocolo empleado para recoger la información de los estudiantes como producto del desarrollo de la actividad experimental se puede observar en el Anexo 1.

4.3.4.3.3 Fase 3 (actividad 3)

Una vez terminada la sesión 2, se pide a los estudiantes realizar de tarea la búsqueda de información con respecto a la definición de presión y temperatura en nivel tanto macroscópico como nanoscópico, con el fin de relacionar dos variables que entran en juego en el modelo cinético corpuscular de la materia, las cuales tienen un peso importante en el desarrollo de la solución del fenómeno problema-ancla que son temperatura y presión.

Al pedirles a los estudiantes la búsqueda de la información en los dos niveles macroscópico y nanoscópico, se pretende hacer un puente entre la observación de los estudiantes en lo microscópico y su posterior explicación en lo nanoscópico, misma que remitirá forzosamente al modelo corpuscular de la materia.

4.3.4.3.4 Fase 3 (actividad 4)

En la tercera sesión de 2 horas de duración, se pone en marcha la actividad 4 de la Fase 3 “Exploración de modelos científicos escolares en la literatura”. La cuarta actividad es dedicada a la presentación y reflexión de los resultados de la actividad 2 de la Fase 3 (Fig. 18).



Figura 18. Proyección del conjunto de resultados experimentales en plenaria.

El profesor expone los resultados experimentales en plenaria de cada uno de los equipos, dirigiendo la discusión a la reflexión con respecto del movimiento de las partículas al interior de las latas, con relación a la modificación de la temperatura del agua al interior de la lata llevada a cabo en el laboratorio.

4.3.4.3.5 Fase 3 (actividad 5)

En la actividad 5 de la Fase 3 se introduce el modelo cinético corpuscular de la materia llevando a cabo la reflexión con respecto a las definiciones de presión y temperatura en el nivel macroscópico y el nivel nanoscópico, definiciones pedidas con anterioridad al término de la actividad 2 de la Fase 3.

Cabe señalar que las ideas introducidas por el profesor se vinculan con el esfuerzo de la explicación de los resultados experimentales. El profesor forzará a los estudiantes a generar explicaciones basadas a nivel nanoscópico, relacionadas a la apariencia de las evidencias experimentales proyectadas en el aula.

4.3.4.3.6 Fase 3 (actividad 6)

Para la actividad 6 de la Fase 3, cada equipo expondrá sus modelos a manera de exposición como se muestra en la Figura 19. Cabe señalar que la actividad mencionada se lleva a cabo en la hora restante de la tercera sesión de 2 horas de duración.



Figura 19. Exposición de los modelos preliminares por equipo

Posteriormente los estudiantes desarrollan la revisión de los modelos de los demás equipos efectuando la realimentación mediante la generación de un sistema de notas autoadhesivas (Post-it en inglés). El código con el cual los estudiantes revisan los modelos de los equipos externos se muestra en la Figura 20. A través de un código de colores, los estudiantes plasmaron recomendaciones o felicitaciones a los modelos de sus compañeros, sin dar una respuesta específica, sino más bien recomendaciones que les permita mejorar el modelo analizado.



Figura 20. Código de colores para la mejora de los modelos iniciales

Una vez que los estudiantes analicen toda la información nueva, la integrarán al modelo preliminar el cual promoverá la generación del modelo inicial modificado, mismo que aportará en principio mayor explicación al fenómeno presentado. Para el término de la actividad 4 los estudiantes realizarán una búsqueda de información acerca del uso y función de un simulador en el área educativa, información que será discutida en plenaria en la cuarta sesión de la SD.

4.3.4.3.7 Fase 3 (actividad 7)

La cuarta sesión de 2 horas de duración, se corresponde con la actividad 7 de la Fase 3 de la metodología de la EAC. En la actividad presentada en esta sección, el profesor desarrolla una reflexión en plenaria acerca del uso y función de un simulador en el área educativa. Así mismo, se lleva a cabo una reflexión acerca de la simulación del modelo cinético corpuscular de la materia, al mismo tiempo que se proyecta en plenaria cada una de las variables que pueden ser modificadas en el simulador, así como la forma técnica de llevar a cabo el cambio de variables como el volumen, la temperatura, cantidad de partículas y lectura de la presión en el nanómetro. Cabe señalar que el tiempo de duración de la actividad 7 de la Fase 3 es de 30 minutos.

Es importante señalar que el simulador elegido para el desarrollo de las actividades de la sesión presente, corresponde a los simuladores interactivos PHET de la Universidad de Colorado. De manera específica se eligió el simulador denominado “Gases”, el cual se encuentra dentro de las simulaciones correspondientes al área de la Física. (Fig. 21).

Este simulador utiliza un modelo de colisión de cuerpo rígido, perfectamente elástico (sin pérdida neta de energía cinética). Este modelo fue utilizado debido a la detección de colisiones entre partícula-partícula y partícula-contenedor, lo cual permite a los estudiantes cuantificar el número de colisiones que se modifican como resultado del calentamiento/enfriamiento, cambios de volumen, etc. (PHET interactive simulation, 2020).

Cabe señalar que el modelo utilizado por el simulador interactivo se corresponde con el modelo cinético corpuscular de la materia, donde las partículas representan moléculas de gas, mostrándose como cuerpos rígidos que tienen masa, ubicación y velocidad.

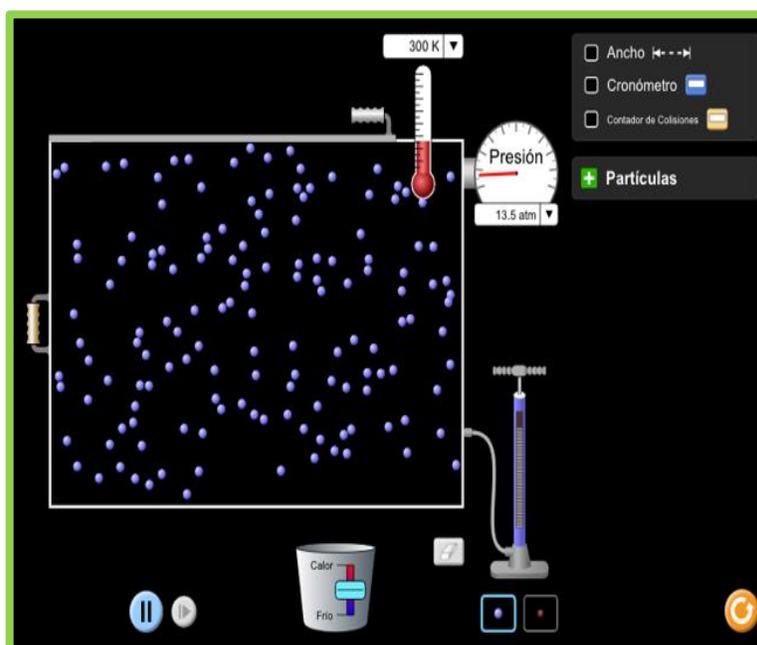


Figura 21. Simulador interactivo PHET

También cabe mencionar que el simulador elegido es de fácil manejo y cambio de variables como el aumento y disminución de temperatura y el posterior efecto en las partículas, mismo que disminuye en gran medida la dificultad técnica y con ello una mejor distribución del tiempo en el desarrollo de las actividades enfocadas al objetivo de la SD adaptada.

4.3.4.3.8 Fase 3 (actividad 8)

Durante la actividad 8 de la Fase 3, los estudiantes desarrollan las actividades diseñadas por el profesor, con el propósito de guiar a los alumnos a contrastar su modelo preliminar con el modelo aprobado por la comunidad científica.

Cabe señalar que el diseño del instrumento para la recopilación de información con respecto al simulador PHET, fue construido de manera dirigida a la reflexión en cuanto a la modificación de la presión y temperatura y su posterior efecto en las partículas. Posteriormente en la siguiente sesión, es decir, la sesión 5, los estudiantes desarrollan nuevamente una explicación causal escrita y pictórica proveyendo nuevamente una respuesta a la pregunta generadora de manera individual.

Se muestra en el Anexo 2, el instrumento utilizado para llevar a cabo las actividades del simulador PHET, así como recoger la información que será analizada posteriormente.

4.3.4.3.9 Fase 3 (actividad 9)

Una vez terminado el desarrollo de las actividades del simulador educativo “gases”, se procede al desarrollo de la actividad 9, la cual consiste en la reflexión de manera grupal de las respuestas del cuestionario. Se enfatiza la relación del movimiento de las partículas con la temperatura y su efecto en la presión del sistema. Así mismo, se dirige la discusión hacia el efecto en la presión del sistema en consecuencia de mantener un sistema cerrado o en su defecto un sistema abierto relacionándolo con la cantidad de materia en el sistema.

Se dan por concluidas las actividades propias de la Fase 3 de la metodología de la EAC, para dar paso a la Fase 4 y cierre de la SD.

4.3.4.4 Experiencias seleccionadas para la Fase 4. Construcción de la explicación vía el modelo cinético corpuscular escolar

En la última fase de la metodología (EAC), los alumnos son presionados para la construcción de la explicación causal final tanto escrita como pictórica, dando respuesta a la misma pregunta detonadora expuesta en la Fase 1 de la metodología:

¿Qué provocó el aplastamiento del camión cisterna?

La explicación causal final escrita como pictórica se deriva del cúmulo de reflexiones desarrolladas en las actividades de las fases anteriores. Esta última evidencia se tomará en cuenta para realizar la evaluación de la adecuación de actividades propias de la SD adaptada.

Por otro lado la explicación causal pictórica será plasmada por parte de los estudiantes en el espacio pertinente para integrar las explicaciones causales pictóricas finales de los estudiantes, mismo que se presenta en la siguiente sección.

4.3.4.4.1 Fase 4 (actividad 1)

Se da inicio a la quinta sesión de dos horas de duración, misma en la que se presenta la actividad 1 de la Fase 4, en la que los estudiantes desarrollan la explicación causal final tanto pictórica como escrita. Cabe señalar que para llevar a cabo la actividad 1 de la Fase 4, solamente se ocupa la primera hora de las dos horas de duración de la sesión.

En el anexo 3 se muestra el instrumento en el que los estudiantes integrarán de manera textual la explicación causal escrita, dando respuesta a la pregunta detonadora inicial.

4.3.4.4.2 Fase 4 (actividad 2)

Se da inicio a la actividad 2 de la Fase 4 , misma en la que se desarrolla la explicación causal pictórica final, producto de la reflexión e integración de información de las fases desarrolladas con anterioridad. El formato diseñado por el profesor (Anexo 4), proporciona el instrumento pertinente para el desarrollo de los modelos de los estudiantes.

Con las explicaciones causales tanto escritas como pictóricas por parte de los estudiantes, se da por finalizada la Fase 4 de la metodología de la EAC.

4.3.4.5 Experiencias seleccionadas para el cierre de la secuencia de enseñanza-aprendizaje

La segunda hora de la quinta sesión y la sexta sesión de dos horas de duración, se dedican al cierre de la SD. Las actividades realizadas en el cierre de la SD tendrán como propósito por un lado el divulgar los resultados obtenidos a la población de Siberia, tomando en cuenta las respuestas de cada una de los integrantes del equipo. Cabe aclarar que esta última actividad no forma parte de la secuencia original (AST, 2020). Así mismo, no existe un instrumento de evaluación para los videos mencionados.

Por otro lado se realiza la reflexión final de las respuestas finales a la pregunta generadora en plenaria. También, se expone la explicación causal escrita y pictórica deseada por parte del profesor.

4.3.4.5.1 Cierre de la SD (actividad 1)

A continuación se da paso a la actividad 1 del cierre de la SD correspondiente a la segunda hora de la sesión 5, con una hora de duración. En la actividad presente se indica a los estudiantes desarrollar un guión de un video el cual tiene como propósito informar a la población de Siberia los resultados finales de la investigación desarrollada por los estudiantes (divulgación de la ciencia), los cuales fueron investidos como investigadores contratados por la UNAM en la Fase 1- actividad 1. Cabe señalar que el video tendrá una duración máxima de 5 minutos.

La base y guía para desarrollar el guión, será un consenso de las explicaciones causales escritas individuales. Los estudiantes deben distribuirse la asignación de los personajes siguientes:

- Investigador de la UNAM.
- Habitantes de Siberia.
- Reportero.
- Camarógrafo

Particularmente el investigador enfoca sus argumentos a exponer la explicación científica, abriendo paso a la desmitificación del fenómeno sobrenatural pensado por la población de Siberia, enalteciendo con ello la importancia del conocimiento científico en la explicación de un fenómeno en apariencia extraño.

Concretamente esta actividad no forma parte de la SD original (AST, 2020) y se introdujo con el fin de consolidar el quehacer científico hasta su última etapa, es decir, la divulgación de los resultados de la investigación, de tal forma que los estudiantes consideren la utilidad de la ciencia

en cuanto al desarrollo de una sociedad científica, así como fortalecer su percepción en cuanto a la utilidad de la ciencia en la toma de decisiones de relevancia social para el bienestar en este caso la población de Siberia (López, 2004).

4.3.4.5.2 Cierre de la SD (actividad 2)

Se da inicio a la actividad 2 del cierre de la SD. En la actividad presente se exponen los videos de cada uno de los equipos (6 equipos), los cuales contienen el informe final de la investigación derivado del consenso de explicaciones causales escritas individuales (Fig 22). Cabe señalar que el tiempo de duración de la actividad 2 del cierre de la SD tiene una duración de 30 min.



Figura 22. Exposición del informe de resultados derivado de la investigación

Una vez expuestos los reportes en video de cada uno de los equipos, el profesor realiza un cierre de la importancia de los modelos científicos para el avance de la ciencia, así como la potencia del modelo cinético corpuscular de la materia para la explicación de un gran número de fenómenos.

4.3.4.5.3 Cierre de la SD (actividad 3)

Finalmente se da paso a la actividad 3 del cierre de la SD de 1 hora con 30 min. de duración. En la actividad presente se indica a los estudiantes desarrollar el modelo final que será construido en conjunto, tomando en cuenta las explicaciones causales pictóricas finales de cada uno de ellos. Cabe señalar que el modelo final será plasmado en un nuevo cartel y será generado de manera colaborativa, manteniendo el respeto a las ideas de cada una de los estudiantes. El cartel que contiene el modelo colaborativo final, será entregado al profesor para su posterior análisis.

4.3.4.5.4 Cierre de la SD (actividad 4)

Finalmente en esta última actividad se desarrolla una reflexión en plenaria de las respuestas finales a la pregunta generadora. La actividad 4 del Cierre de la SD se lleva a cabo en la última hora de la sesión 6.

Se permite a los estudiantes de manera voluntaria participar en la exposición de sus explicaciones causales finales, considerando de manera cualitativa el nivel de explicación del fenómeno desarrollado mediante la reflexión de las fases anteriores.

La actividad finaliza con la exposición en plenaria de la explicación causal escrita y pictórica deseada desarrollada por el profesor. Cabe señalar que esta última actividad no se encuentra dentro del desarrollo de SD original, la cual se incluye con el propósito de que los estudiantes evalúen su esfuerzo de manera cualitativa al exponerse el modelo aceptado por la comunidad científica.

Con esta actividad se da paso al término formal de la SD, tiempo utilizado para agradecer a los estudiantes por su esfuerzo y compromiso mostrado durante el desarrollo del presente trabajo.

4.3.4.6 Prueba de evaluación del aprendizaje a mediano plazo (3 meses)

Una vez terminada la SD se integra una actividad en la cual se pretende el análisis de la transferencia del conocimiento por parte de los estudiantes. La actividad consiste en una sesión experimental expositiva por parte del profesor, realizada 3 meses posteriores al término de la SD.

La resolución de la explicación científica de la exposición experimental es generada a partir de los mismos principios del aplastamiento del camión cisterna, así como condiciones experimentales similares. Para esta etapa fueron utilizados los siguientes materiales mostrados en la Tabla 14.

Materiales y sustancias	Figura
Matraz Erlenmeyer (250 mL)	
Globo de latex	
Hielo	
Agua (4 L)	
Cloruro de sodio	
Pinzas	
Parrilla eléctrica	
Cristalizador de vidrio (100 x 50 mM)	

Tabla 14. Materiales y sustancias utilizadas en la evaluación del aprendizaje a mediano plazo.

El modelo educativo utilizado para el desarrollo de la demostración experimental, consistió en la ejecución de un instrumento desarrollado mediante la adaptación de la estrategia didáctica denominada "POE (predicción, observación y explicación), mismo que fue utilizado para recolectar las evidencias de los estudiantes (Haysom, 2010).

Por otra parte para el diseño experimental inicia efectuando el calentamiento de 20 mL de agua dentro del matraz Erlenmeyer de 250 mL, mediante una parrilla eléctrica. Posteriormente en la boquilla del matraz se coloca un globo tal como lo muestra la Figura 23. Una vez colocado el globo, se permite la expansión térmica del mismo, producto de la generación de vapor de agua al interior del matraz.



Figura 23. Expansión de un globo por efecto del aumento de la temperatura

La expansión térmica del globo se toma como el primer fenómeno en el que se les solicita a los estudiantes una explicación causal escrita y pictórica, que describa el comportamiento de las partículas de vapor al interior del globo y del matraz Erlenmeyer. Cabe señalar que la evaluación de los modelos de los estudiantes se evaluarán mediante los mismos criterios de evaluación del fenómeno-problema ancla.

El segundo fenómeno, consistió en el traslado rápido del matraz Erlenmeyer caliente, al interior de un cristalizador el cual contiene una mezcla de agua líquida, agua en estado sólido (hielo) y NaCl en estado sólido, aportando con ello un sistema similar al utilizado en el desarrollo de la SD caracterizado por la disminución de la temperatura a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, misma que fue verificada por medio de un termómetro digital. El sistema mencionado se muestra en la Figura 24.

De la misma forma, se les solicita a los estudiantes una explicación causal escrita y pictórica que describa el comportamiento de las partículas al interior del matraz Erlenmeyer, posterior al cambio rápido de temperatura.

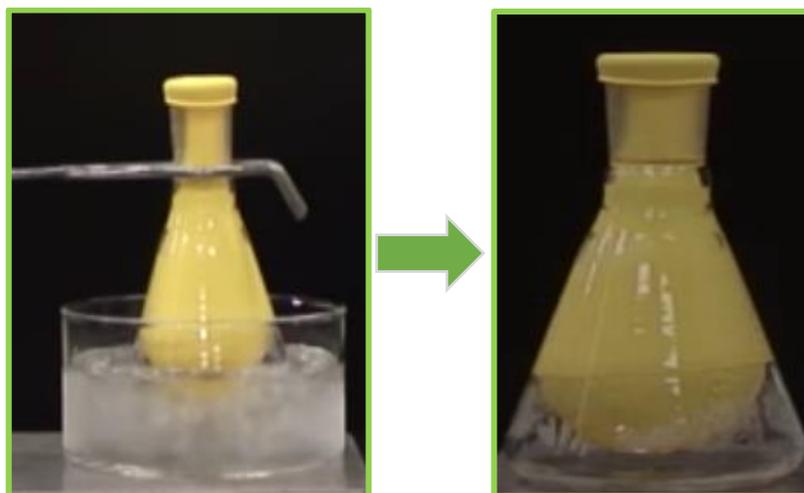


Figura 24. Contracción de un globo en un matraz Erlenmeyer por efecto de la disminución de la temperatura

El propósito principal del análisis es la transferencia del conocimiento en la resolución de una explicación de un fenómeno expuesto en laboratorio.

A través de la explicación causal escrita y pictórica, se analizará tomando en cuenta condiciones similares al aplastamiento del camión cisterna, fenómeno presentado en la actividad 1 de la Fase 1.

En el anexo 5 se presenta el formato diseñado por el profesor, el cual proporciona el instrumento pertinente para la obtención de la información, en cuanto a las explicaciones causales escritas y pictóricas de los estudiantes.

4.4 Selección y análisis de los datos recopilados durante las diversas fases de aplicación de las evidencias entregables individuales

En esta sección se presentan los datos seleccionados para su análisis durante las diversas fases de la aplicación de la SD adaptada como: a) explicación causal escrita (Fenómeno-problema ancla), b) explicación causal esquemática (Fenómeno-problema ancla) y c) prueba de evaluación a mediano plazo.

En esta sección se presentan las evidencias entregables individuales de cada uno de los casos, durante las diversas fases de la aplicación de la SD adaptada, desarrolladas en la fase 2, fase 3 y fase 4 de la metodología (EAC). Así mismo, se integra la prueba de evaluación a mediano plazo como evaluación final. El esquema de presentación de las evidencias para cada caso (Tabla 15), se muestran a continuación:

Fase	Evidencia entregable (individual)
2	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación causal escrita inicial (individual) • Explicación causal esquemática inicial (individual)
3	<ul style="list-style-type: none"> • Ideas nuevas posterior al simulador
4	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación causal escrita final (individual) • Explicación causal esquemática final (individual)
Prueba de evaluación a mediano plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación causal escrita y esquemática de la prueba a mediano plazo. • Explicación causal escrita y esquemática de la prueba a mediano plazo.

Tabla 15. Conjunto de evidencias entregables individuales en las diversas fases de la SD.

La interpretación de resultados toma en cuenta los aspectos cualitativos considerando para ello las evidencias escritas y esquemáticas (modelos). Se consideró la elección del equipo de alumnos tomando en cuenta que al inicio de la SD mostraron los resultados más deficientes y que una vez finalizada la misma obtuvieron los mejores resultados.

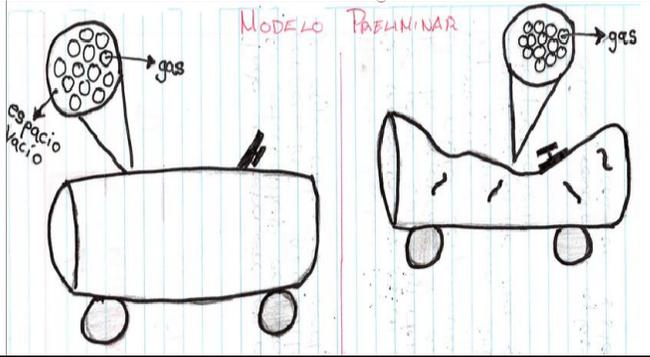
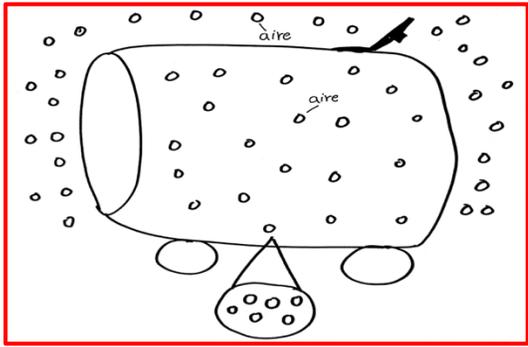
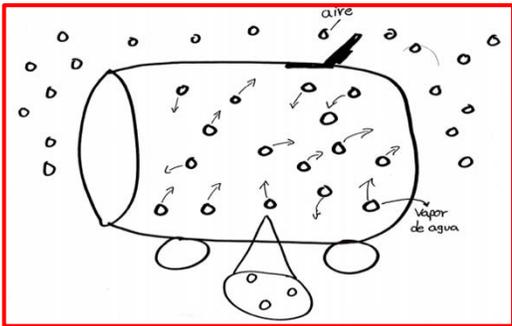
Cabe señalar que en el siguiente apartado se muestran solamente las evidencias que fueron desarrolladas de manera individual, posteriormente se mostraran las evidencias que fueron desarrolladas de manera colaborativa junto con su análisis.

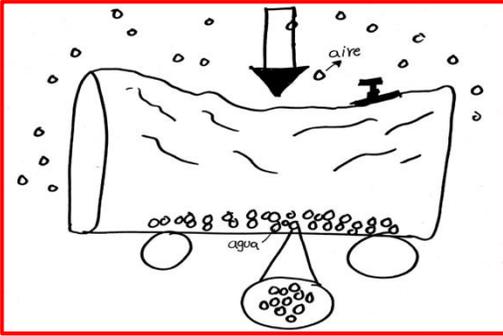
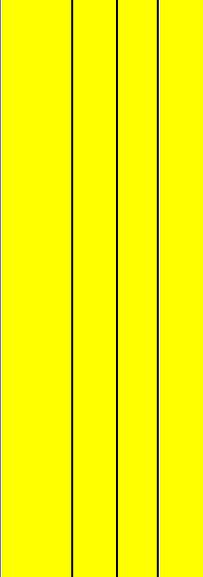
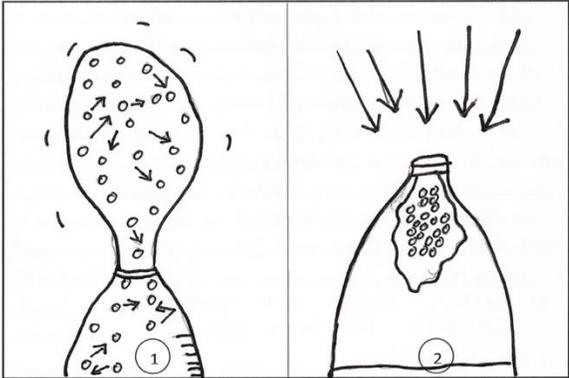
Finalmente cabe recordar que las evidencias junto con su análisis responden a la pregunta detonadora:

¿Qué provocó el aplastamiento del camión cisterna?

Se presentan por tanto de manera organizada cada caso junto con su correspondiente análisis, tomando en cuenta el seguimiento evolutivo del aprendizaje durante el desarrollo de cada una de las fases.

4.4.1 Evidencias entregables (Caso 1)

Fase	Evidencias entregables (caso 1)		Explicación (nivel nanoscópico)				Descripción (nivel macroscópico)
			Idea clave				Ninguna idea clave
			1	2	3	4	0
2	Explicación causal escrita y esquemática inicial (individual)	<p>La temperatura del agua con la que lo lavaron, la presión del gas y la resistencia del tanque.</p> 					----
3	Ideas nuevas posterior al simulador	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto de la temperatura sobre las partículas • Efecto de la presión sobre las partículas • Presión atmosférica 					----
4	Explicación causal escrita y esquemática final (individual)	<p>La disminución de temperatura de manera brusca dentro del camión provocó que las colisiones entre partículas disminuye como a su vez la presión dentro del camión cisterna causando así que la presión atmosférica fuera mayor, provocando la implosión del camión. Por lo tanto este suceso es natural y se debe al comportamiento de las partículas dentro y fuera del camión.</p> <p>Antes del lavado</p>  <p>Durante el lavado</p> 					----

		<p style="text-align: center;">Después del lavado</p> 	
<p>Evaluación del aprendizaje e a mediano plazo</p>	<p>Explicación causal escrita y esquemática de la prueba a mediano plazo.</p>	<p>1.- Expansión del globo.</p> <p>Al tener el matraz con agua hirviendo, se le coloca un globo encima tapando por completo. Por la relación de temperatura y presión sabemos que entre mayor temperatura hay mayor presión, aquí lo podemos ver en donde las partículas de agua caliente se mueven más rápido chocando más con las paredes del matraz y del globo, por lo cual hay más presión.</p> <p>2.- Contracción del globo.</p> <p>Al sacar el matraz caliente, se observa que empieza a desinflarse pero al meterlo en el hielo se provoca un cambio brusco de temperatura. De esta manera las partículas que había en el globo y en el matraz empiezan a disminuir por la temperatura y en consecuencia la presión empezó a disminuir también, esto provocó que el globo descendiera ya que la presión que había dentro del matraz fue menor a la atmosférica y se observa que se mete el globo.</p>	
			<p style="text-align: center;">-----</p>

Fase 2

Al analizar la explicación causal escrita inicial del estudiante # 1 (Fase 2), se puede observar que no toma en cuenta ninguna de las ideas clave en la respuesta de la pregunta detonadora. El desarrollo de su evidencia se encuentra en el rubro de la descripción del fenómeno-problema ancla en cuanto al nivel macroscópico, es decir, solamente realiza una descripción de las posibles variables las cuales podrían haber interferido en el aplastamiento del camión cisterna tomando en cuenta la temperatura del agua, la presión del gas (vapor de agua), así como la resistencia o estructura del camión cisterna las cuales utiliza sin relación alguna.

Cabe señalar que a pesar de no contar con evidencias de las partículas y su movimiento en la explicación escrita, podemos observar la presencia de las partículas plasmadas en la explicación esquemática, arrojando con ello la consideración en cuanto a la disminución de la distancia entre las partículas en el estado de implosión del camión cisterna que considerando su explicación escrita, es posible inferir una descripción macroscópica solamente relacionando de manera directa del aplastamiento del camión, con el acercamiento de las partículas entre sí.

Fase 3

Continuando con el análisis progresivo del estudiante analizado, se puede observar en la siguiente evidencia entregable, misma que corresponde a las ideas generadas a partir del uso del simulador interactivo de partículas PHET (Gases) (Fase 3), que el estudiante toma en cuenta el efecto de la temperatura y presión relacionadas al movimiento de las partículas, así como la presión atmosférica. Cabe señalar que esta respuesta era esperada, debido a la inmediata interacción del estudiante con el simulador de partículas. Si bien el estudiante aún no integra el efecto de la presión y temperatura sobre las partículas en la explicación del aplastamiento del camión cisterna, se observa que el simulador provee el marco de reflexión para el desarrollo de la explicación escrita y esquemática final.

Se puede observar por tanto que antes del uso del simulador el estudiante menciona las variables temperatura y presión, de manera descriptiva sin relación alguna con las partículas, posterior al uso del simulador, el estudiante toma en cuenta integrar el efecto de la presión y temperatura sobre las partículas para el desarrollo de la explicación final. En este punto se aprecia el avance del estudiante con el uso del simulador, en cuanto a la visualización de las partículas y el efecto que tiene la presión y temperatura sobre las mismas. Se espera que el estudiante aplique la relación de estas variables con la explicación del aplastamiento del camión cisterna.

Fase 4

Las evidencias entregables de la Fase 4 muestran la explicación causal escrita y esquemática final, mostrando un cambio en sus ideas iniciales. El estudiante hace uso de las cuatro ideas clave, desarrollando con ello una explicación integral del fenómeno-problema ancla. En la explicación causal escrita el estudiante, toma en cuenta la relación de la temperatura con la presión explicándose mediante el movimiento de partículas, es decir, mediante una visión nanoscópica. Así mismo, el estudiante toma en cuenta la disminución del número de choques al interior del camión cisterna, razón por la cual disminuye la presión al interior del camión cisterna causando con ello que la presión atmosférica fuera mayor provocando la implosión del mismo.

Cabe señalar que en la explicación causal escrita inicial, el estudiante mostraba una visión macroscópica con respecto a su explicación, escribiendo en términos generales con respecto a la temperatura, presión y resistencia del tanque. Respecto a las explicaciones causales esquemáticas, se observa una correlación con la explicación escrita. Antes del lavado el estudiante dibuja solamente partículas de aire al interior y exterior del camión cisterna. Posteriormente, durante del lavado del camión cisterna, el estudiante realiza una diferenciación con respecto a las partículas de vapor de agua al interior del camión cisterna y aire al exterior del camión cisterna. La información extra que nos muestran los modelos del estudiante, es la consideración de movimiento solamente para las partículas de vapor de agua omitiendo el movimiento para las partículas de aire, mostrando partículas estáticas siendo relacionadas con temperaturas bajas persistiendo esta concepción alternativa.

Finalmente después del lavado del camión cisterna se muestra la concepción de cambio de estado de agregación de gas a líquido con respecto a las partículas de vapor de agua. Finalmente con

respecto a la representación de la presión en el modelo esquemático, específicamente la presión atmosférica, el estudiante muestra dificultades en cuanto a la relación de la presión con el número de choques en la parte superior del camión cisterna, posiblemente relacionadas con la concepción del movimiento de las partículas que se encuentran al exterior del camión cisterna.

Prueba a mediano plazo

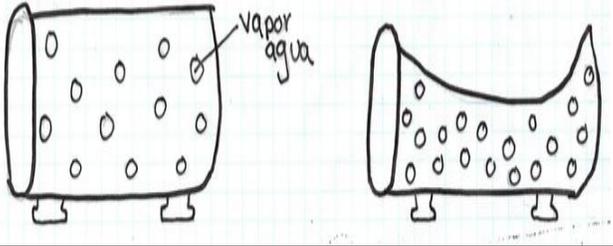
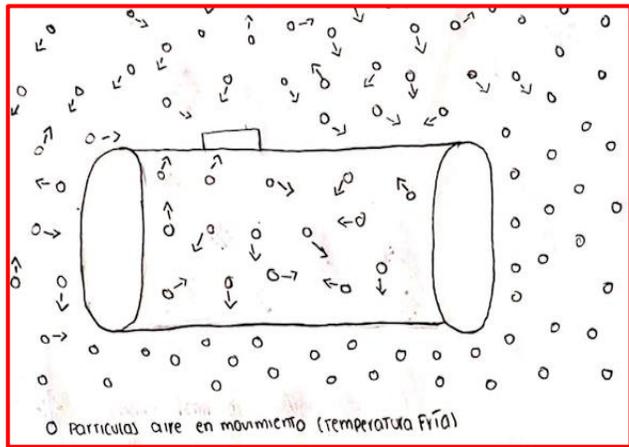
En esta última prueba, es decir, la explicación causal escrita del período de la evaluación del aprendizaje a mediano plazo se puede observar una transferencia contextual del conocimiento en el que de acuerdo a la evaluación permanecen el uso de las cuatro ideas clave siendo usadas para el desarrollo de las explicaciones de los fenómenos presentados por el profesor.

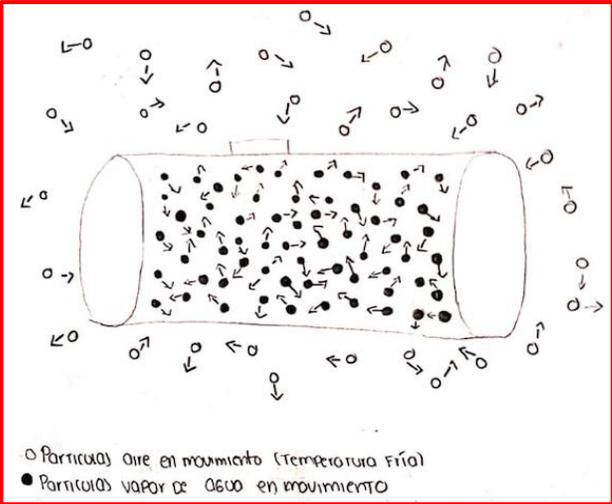
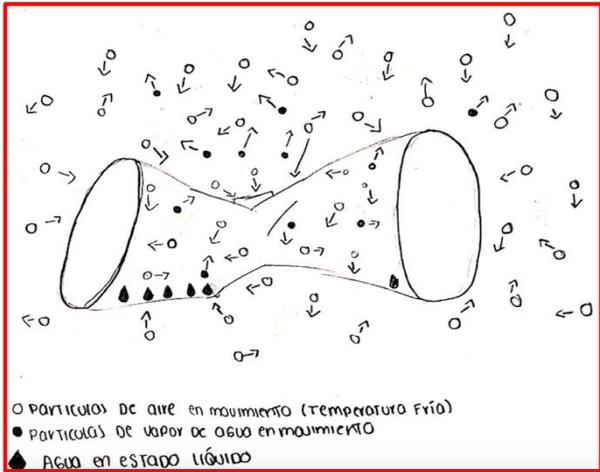
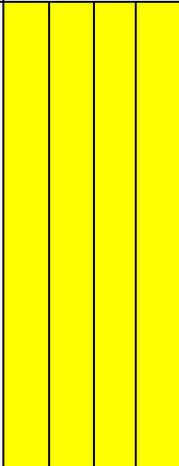
Dentro de la expansión de globo el estudiante describe el procedimiento a seguir en cuanto a la colocación del globo en la boquilla del matraz, seguido de evocar la relación gestionada durante el desarrollo de las cuatro fases de la metodología (EAC), es decir la relación entre temperatura y presión. El estudiante indica que entre mayor temperatura existe mayor presión, sin embargo, podemos observar que no se queda solamente en la visión macroscópica de descripción sino que relaciona también el movimiento de las partículas y las colisiones de las mismas llevando a cabo una explicación del aumento del volumen del globo. En el caso de la contracción del globo se observa que el estudiante, si bien utiliza la palabra desinflarse para expresar lo visto en el experimento, su explicación posterior es adecuada utilizando nuevamente la relación entre temperatura y presión, sin embargo, en esta última explicación la relación entre las partículas y la presión es un poco difusa colocando propiedades a las partículas indicando que las partículas se empiezan a disminuir por la temperatura lo cual provocaría que la presión disminuyera dentro del matraz llevando a cabo un desequilibrio presiones con la presión atmosférica.

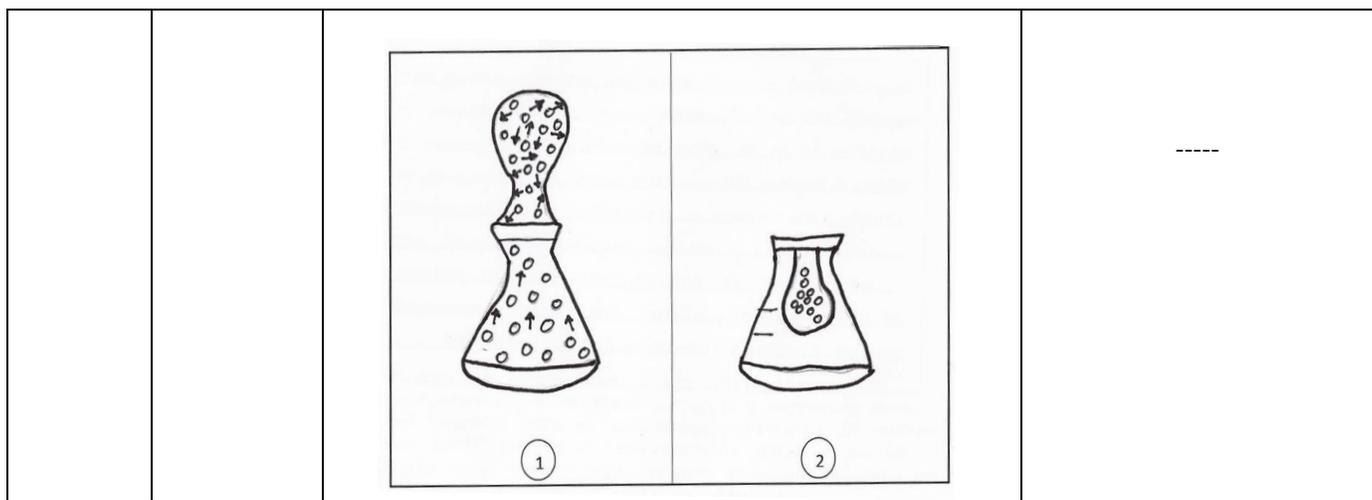
En esta última explicación se observan dificultades en la relación de la presión en el nivel nanoscópico relacionado con el número de choques, menor número de choques al disminuir la temperatura. Dentro de las explicaciones causales pictóricas, el alumno muestra el movimiento de partículas en la expansión del globo a través de flechas, sin embargo, estas flechas se omiten dentro de la contracción del globo. Observamos que este fenómeno es repetitivo en los estudiantes analizados, haciendo posible el inferir que los estudiantes consideran a las partículas con la temperatura baja sin movimiento, es decir, partículas estáticas por completo, siendo esta una propuesta de la dificultad mostrada en la explicación causal escrita en la explicación de la contracción del globo.

Finalmente, dentro de la explicación causal pictórica de la contracción del globo, se observa que las partículas se integran dentro en una posición incorrecta las cuales de manera correcta deben de dibujarse dentro del matraz y no al interior del globo, lo cual resalta un área de oportunidad para realizar las mejoras pertinentes en la prueba analizada.

4.4.2 Evidencias entregables (Caso 2)

Fase	Evidencias entregables (caso 2)				Explicación (nivel nanoscópico)				Descripción (nivel macroscópico)
					Idea clave				Ninguna idea clave
					1	2	3	4	0
2	Explicación causal escrita y esquemática inicial (individual)	El camión pudo haber sido aplastado debido al cambio de temperatura al que estuvo expuesto adentro caliente y afuera frío (-60 °C). Los metales a altas temperaturas se expanden y a bajas temperaturas debilita.							
									
3	Ideas nuevas posterior al simulador	<p>El tamaño de las partículas no cambia</p> <p>La temperatura ayuda al movimiento de las partículas, relacionado con la frecuencia que presentan los choques de las partículas (presión).</p> <p>Al abrir el recipiente, las partículas se liberan y no salen todas. Sin embargo, las que se quedan dentro tienen una distancia mayor, produciendo menores choques (presión).</p>							
		<p>La temperatura hace que se modifique la velocidad de las partículas. El volumen hace que cambie la distancia entre las partículas. Como las partículas de adentro del camión se encuentran calientes comparadas con las partículas que se encuentran afuera, las partículas de afuera chocan con más frecuencia haciendo que la presión atmosférica sea mayor que la de adentro debido al menor número de choques de adentro, venciendo así la presión de adentro. El resultado final sería el aplastamiento del camión cisterna.</p>							
		<p>Antes del lavado</p> 							

<p>4</p>	<p>Explicación causal escrita y esquemática final (individual)</p>	<p style="text-align: center;">Durante el lavado</p>  <p style="text-align: center;">Después del lavado</p> 	<p style="text-align: center;">-----</p>
<p>Evaluación del aprendizaje a mediano plazo</p>	<p>Explicación causal escrita y esquemática de la prueba a mediano plazo.</p>	<p>1.- Expansión del globo.</p> <p>Mediante este experimento observamos que en el momento en que se comenzó a evaporar el agua al interior del matraz, había mayor presión ya que el movimiento de las partículas es mayor (más choques) debido al aumento de temperatura.</p> <p>2.- Contracción del globo.</p> <p>El motivo por el cual el globo quedó al interior del matraz fue porque sufrió un cambio brusco de temperatura, la presión atmosférica fue mayor y en el choque del agua fría con la caliente, las partículas se enfriaron disminuyendo el movimiento, por ende hubo menores choques entre ellas y en las paredes del matraz (reducción de presión).</p>	



Fase 2

Prosiguiendo con el análisis de las explicaciones causales escritas, se puede observar que la evidencia escrita inicial del estudiante # 2 se mantiene dentro del rubro de la descripción a nivel macroscópico, tomando en cuenta del fenómeno-problema ancla, tomando en cuenta solamente para su explicación el choque térmico, indicando con ello la posible causa de la implosión del camión cisterna. El estudiante propone con ello un efecto fenomenológico por el cambio brusco de la temperatura. Esta explicación se corresponde con las dificultades históricas de estudiantes de 15 a 16 años, en las que sus modelos iniciales resultan extremadamente funcionales para la explicación de fenómenos cotidianos. Se observa que el estudiante integra información extra con respecto a la expansión de los metales por el aumento de la temperatura y en su lógica, traslada este conocimiento en un efecto contrario, es decir, en sus palabras el debilitamiento de los metales, efecto producido por la disminución de la temperatura, lo cual podemos indicar que la explicación de la implosión del camión cisterna está relacionada a la contracción de la estructura metálica del mismo debido al choque térmico. Cabe señalar que en la evidencia escrita inicial no se toman en cuenta ninguna de las ideas clave.

Fase 3

Avanzando con el análisis del estudiante # 2, respecto a las ideas nuevas generadas por el uso articulado del simulador interactivo de partículas PHET (Gases) (Fase 3). Dentro de las ideas nuevas, el estudiante expresa un cambio en cuanto al tamaño de las partículas y su observación acerca del cambio de tamaño de las partículas con respecto al cambio de temperatura del sistema. Cabe mencionar que el cambio de tamaño de las partículas con respecto al cambio brusco de temperatura es una dificultad más comunes que presentan los estudiantes (Kind, 2004), misma dificultad que es presentada dentro de varias explicaciones de los estudiantes tanto escritas como esquemáticas dentro de este trabajo de tesis. Cabe mencionar que si bien este aspecto no era un objetivo a tratar dentro de la SD, se considera importante integrarlo en la mejora de la SD posteriormente.

Así mismo se observa que el simulador ayudó al estudiante en cuanto al movimiento de las partículas como una consecuencia del aumento de la temperatura del sistema relacionado con la frecuencia que presentan los choques de las partículas en el nivel nanoscópico.

Estos cambios se toman en cuenta y resultan relevantes al realizar la comparación de las nuevas ideas generadas a partir del uso del simulador con las características de la explicación escrita inicial expresada por el estudiante en la fase 2, la cual no se consideró la relación causa y efecto del

movimiento de las partículas con respecto al aumento y disminución de temperatura. Cabe señalar que este aspecto es utilizado por el estudiante en el desarrollo de la explicación escrita en la fase 4 que se muestra en la siguiente sección.

Además el estudiante toma en cuenta la segunda variable, siendo esta parte del objetivo de este trabajo de tesis, es decir, la presión. El estudiante a través del simulador logra la relación del movimiento de partículas con el cambio de temperatura y su efecto describiéndola en términos de choques de partículas.

Un último aspecto en el cual hace incidencia el estudiante, es la liberación de la materia. El estudiante menciona que al abrir el recipiente no todas las partículas se liberan. A través del simulador el estudiante pudo notar que la partículas salen del sistema cuando la escotilla es abierta. Sin embargo, al analizar la explicación final el estudiante no integra la liberación de materia en su explicación final.

Ciertamente una de las razones por las cuales el camión cisterna es aplastado es la expulsión de la materia (gases que conforman el aire), por efecto del vapor de agua que es introducido dentro del camión a una temperatura de 100 °C. Posteriormente una vez condensado el vapor de agua existe un desequilibrio en las presiones externa e interna del camión, llevando a provocar la implosión. Cabe señalar que el nivel de explicación del problema fenómeno-ancla teniendo en cuenta la expulsión de gases del aire por efecto del vapor del agua, no aparece en ninguna de las explicaciones. Se considera que este nivel fue difícil de alcanzar para los estudiantes, lo cual permite un área de oportunidad para poder mejorar la SD.

Fase 4

Con respecto a la explicación causal escrita final del estudiante # 2, se observa un cambio en cuanto al uso y aplicación de las 4 ideas clave usándolas de manera integral, relacionándolas de manera adecuada para el desarrollo de una explicación del fenómeno-problema ancla. En la explicación final el estudiante relaciona en su evidencia el cambio en la velocidad de las partículas con respecto al cambio de la temperatura. Así mismo considera la presión con el choque de las partículas externas, lo cual está relacionado con una mayor presión externa (atmosférica), razón por la cual puede vencer a la presión interna (menor número de choques de las partículas al interior) resultando con ello el aplastamiento del camión cisterna.

Cabe señalar que existen modelos iniciales incorrectos juntamente con los cambios que muestra el estudiante en cuanto a la relación de presión y temperatura variables relacionadas con las partículas y su movimiento. Se muestra la idea incorrecta de establecer propiedades físicas a las partículas indicando: “las partículas de adentro se encuentran calientes”, mostrando con ello que es necesario otro tipo de estrategia para realizar el cambio conceptual en este punto. Con respecto a las explicaciones causales esquemáticas, se muestra una correlación de la mayoría de los aspectos mostrados en la explicación escrita.

Antes del lavado el estudiante muestra una distribución homogénea de las partículas de aire al interior del camión cisterna y al exterior del mismo. Durante el lavado se muestra una separación de las partículas de vapor de agua y las partículas de aire. Tomando en cuenta la explicación esquemática deseada, se observa que el estudiante omite la salida de materia (partículas de vapor de agua), al exterior, manteniendo la visión de un sistema cerrado, el cual no es correcto.

El estudiante analizado no alcanza a relacionar la cantidad de materia como una variable deseada en la explicación de la implosión del camión cisterna, sin embargo, cabe señalar que esta variable

no forma parte del objetivo del presente trabajo. A pesar de lo anterior el estudiante muestra la condensación de las partículas de vapor de agua en el modelo después del lavado, mostrando en su dibujo un menor número de partículas al interior del camión cisterna y un mayor número de partículas al exterior, llevándolo a la correcta relación de la disminución de choques al interior. Se percibe de manera importante el impacto tanto del simulador de partículas dando al estudiante una experiencia de aprendizaje visualizada (Wilson, 2016) junto con las reflexiones en plenaria, lo cual muestra la importancia del entorno educativo, así como la articulación de las actividades (Diaz, 2019), provocando con ello cambios en los modelos iniciales del estudiante # 2. Finalmente se concibe un progreso en cuanto al uso del modelo cinético en la explicación del fenómeno problema- ancla y no solo el aprendizaje del modelo desvinculado al fenómeno.

Prueba a mediano plazo

Prosiguiendo con el análisis del estudiante número # 2, se muestra la aplicación de las cuatro ideas clave en la explicación causal del fenómeno de la expansión y contracción del globo. Dentro de la explicación causal escrita con respecto a la expansión del globo, esta se lleva a cabo en el nivel nanoscópico, mostrando con ello la transferencia contextual del conocimiento en relación a la presión y el choques de las partículas en la superficie interna del globo y del matraz. Cabe señalar también que el estudiante relaciona el aumento de la presión con el aumento de temperatura en el nivel nanoscópico.

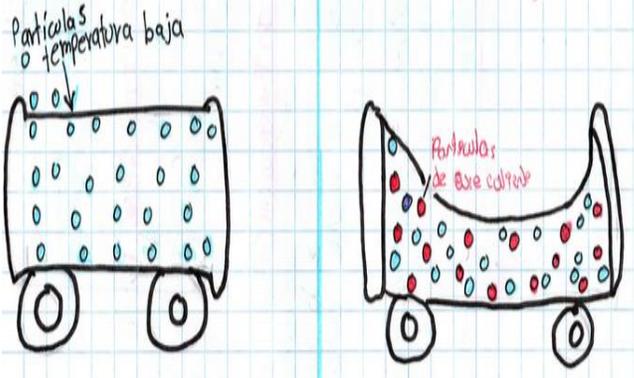
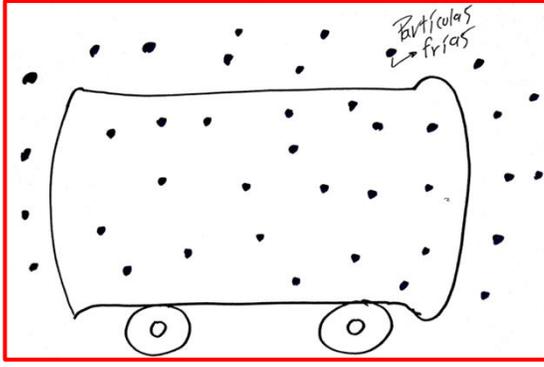
Cabe señalar que para el estudiante, la variable significativa en la explicación de la expansión y contracción del globo, es la temperatura, explicando el fenómeno bajo el criterio del choque de temperaturas, tomando en cuenta la presión como una variable que complementa la explicación. Lo anterior nos muestra aún una explicación intuitiva, debido a que el alumno hace referencia a lo visible como el paso de una temperatura alta (parrilla caliente) a una baja temperatura (bandeja con hielos), considerando por ello la temperatura la variable más importante en la explicación del fenómeno mostrado.

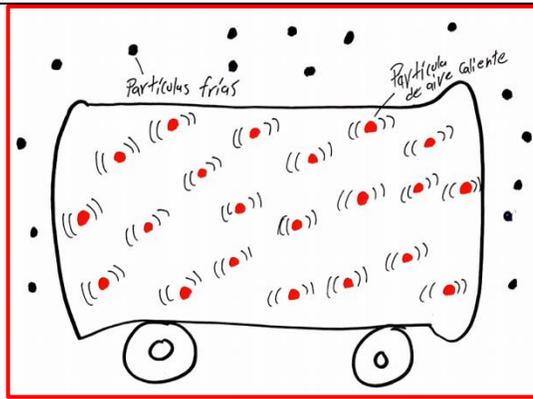
El estudiante número 2 al poder aplicar estas relaciones en la explicación de un fenómeno con similitud en las variables involucradas del fenómeno-problema ancla pero diferente en su contexto, se observa una permanencia del conocimiento adquirido durante el desarrollo de las cuatro fases de la metodología (EAC).

Por otro lado en cuanto a la contracción del globo el estudiante indica que el motivo por el cual el globo quedó al interior del matraz fue debido a que sufrió un cambio brusco de temperatura por lo que la presión atmosférica fue mayor y las partículas se enfriaron, disminuyendo el movimiento y por consiguiente hubo menores choques entre ellas, mismo que provocó que se redujera la presión en el sistema. La explicación del estudiante número 2 se muestra similar a la explicación del estudiante número 1, en el sentido que las partículas adquieren propiedades en este caso las partículas se enfrían. Se puede observar nuevamente una dificultad para visualizar el movimiento en particular a una temperatura baja, afirmación que queda plasmada en los dibujos o modelos que el estudiante realiza.

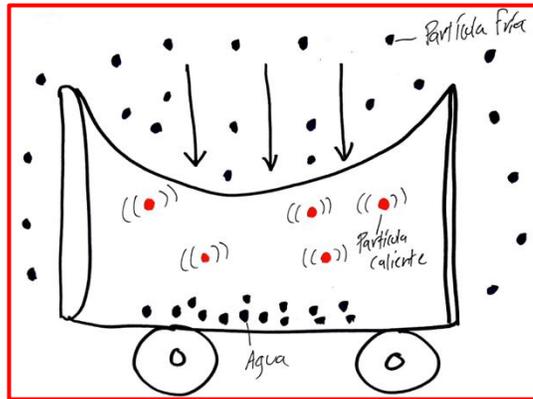
En el caso del modelo de la contracción de globo se puede observar claramente que el estudiante omite las flechas de movimiento mismas que aparecen en el modelo de la expansión del globo. En este sentido se puede observar que los estudiantes persisten en la idea de la falta de movimiento de las partículas, cuando se encuentran a una temperatura baja por lo cual es necesario tener en cuenta la mejora de este punto. Dentro de las recomendaciones, es posible enfatizar este punto durante el uso del modelo de simulación de partículas, apoyando a los estudiantes a centrar su atención en la existencia del movimiento en las partículas a bajas temperaturas.

4.4.3 Evidencias entregables (Caso 3)

Fase	Evidencias entregables 3		Explicación (nivel nanoscópico)				Descripción (nivel macroscópico)
			Idea clave				Ninguna idea clave
			1	2	3	4	0
2	Explicación causal escrita y esquemática inicial (individual)	<p>Las partículas estaban a temperatura muy baja y hacia que se mantuviera firme. Al recibir el agua caliente generó que el cambio brusco de temperatura provocará eso.</p> 					----
3	Ideas nuevas posterior al simulador	<ul style="list-style-type: none"> El movimiento de las partículas varían al modificar el volumen. La presión es provocada por las partículas y sus choques. 					----
4	Explicación causal escrita y esquemática final (individual)	<p>Las variables involucradas fueron el volumen, la temperatura y la presión. Debido a que aumenta la temperatura dentro del camión y del cierre de la escotilla provoca que las partículas tengan un mayor movimiento generando un aumento de presión dentro del camión, posteriormente hubo un choque térmico de temperatura con lo que se puede decir que la presión atmosférica es mayor que la del camión provocando un desequilibrio de presiones generando una implosión.</p> <p>Antes del lavado</p>  <p>Durante el lavado</p>					----



Después del lavado

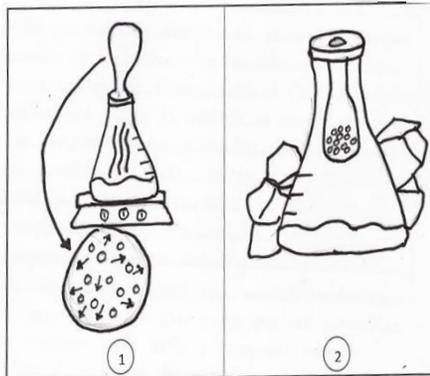


1.-Expansión del globo.

Podemos observar al principio del experimento, que cuando se calienta el agua esta se evapora y las partículas suben hasta el globo inflado. Dentro del globo la presión es mayor es decir los choques de las partículas entre sí y con las paredes, llevando a cabo la relación presión-temperatura entre más alta es la temperatura más chocan las partículas.

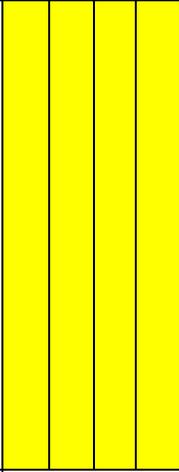
2.- Contracción del globo.

El globo se mete en el matraz cuando se pone en el hielo es decir hay un cambio brusco de temperatura lo que causa que las partículas se muevan más lento y choquen menos entre sí, es decir la presión disminuye y esto a su vez provoca que el globo implosione.



Evaluación del aprendizaje e a mediano plazo

Explicación causal escrita y esquemática de la prueba a mediano plazo.



Fase 2

Al analizar de manera cualitativa la explicación causal escrita del estudiante # 3, se puede observar que el alumno omite en su evidencia escrita la integración de la mayoría de las ideas clave propuestas en el instrumento de evaluación. Se observa que el estudiante hace uso solamente de una idea clave para generar la explicación del fenómeno problema-ancla, con respecto a la percepción de partículas tanto en su evidencia escrita y esquemática. El estudiante indica en su modelo inicial que las partículas se encontraban a temperatura muy baja provocando la permanencia estática de las mismas. Se observa en este caso, nuevamente la asignación de la inmovilidad de las partículas resultado de la disminución de la temperatura. Se muestra por tanto una de las problemáticas más comunes en cuanto al movimiento de las partículas (Driver, 1987), así como la asignación de propiedades a las partículas, en este caso, indicando que las partículas pueden enfriarse (Kind, 2004). Por tanto la evidencia del estudiante # 3, expresa que la razón por la cual el camión cisterna implota, debido al desequilibrio térmico brusco.

Fase 3

Continuando con el análisis del estudiante # 3 se observa la integración del concepto de presión dentro de su argumento como idea nueva generada al término del uso del simulador. Como se mostró en la explicación inicial escrita, el estudiante no toma en cuenta la variable presión en su explicación, misma que la remite solamente a la variable temperatura. El estudiante indica que la presión es provocada por el choque de sus partículas. Debido a la visualización de las partículas por medio del simulador. Cabe mencionar que dentro del simulador fue posible para el estudiante observar el efecto del choque de las partículas en el manómetro, por lo que el estudiante mediante el simulador conoce que existe un efecto por la suma de choque de las partículas en la superficie interna del recipiente. El aprendizaje adquirido con el simulador en cuanto al choque de las partículas y su aumento o disminución de presión fue útil para construir la explicación escrita final, como se verá a continuación.

Fase 4

En cuanto a la evidencia escrita final del estudiante # 3, se muestra también un cambio en cuanto al uso y aplicación de tres ideas clave de las 4 disponibles, usándolas de manera integral, relacionándolas de manera adecuada para el desarrollo de una explicación del fenómeno-problema ancla. En esta explicación el estudiante toma en cuenta la relación de la temperatura y el movimiento de las partículas generando con ello un cambio en la presión. A pesar de lo anterior la explicación del alumno analizado se considera incompleta debido a la falta de explicación de la presión en el nivel nanoscópico y su posterior aplicación para la explicación del fenómeno-problema ancla.

Se indica de manera correcta que la presión atmosférica al ser mayor provocó el aplastamiento del camión cisterna, sin embargo, no existe una relación coherente con el menor número de choques, por lo que el desequilibrio en las presiones (interna-externa) se interpreta con base en el desequilibrio térmico. Se observa por tanto dificultades en cuanto a la representación de la presión en el nivel nanoscópico, a pesar de su experiencia con el simulador de partículas. A pesar de las dificultades de representación simbólica de la presión, existe un avance con respecto a la explicación causal inicial, en la cual se consideraba la explicación bajo criterios de cambio de temperatura de manera general y bajo el esquema de descripción macroscópica.

Con respecto de las explicaciones causales esquemáticas, se muestra efectivamente las dificultades de la representación de la presión, representando el movimiento con medios círculos,

tomando en cuenta el movimiento específicamente en las partículas de vapor de agua, sin considerar movimiento en las partículas de aire, las cuales se encuentran de al exterior del camión cisterna. Así mismo la presión atmosférica es descrita solamente con una flecha, indicando una fuerza externa sobre el camión, sin mayor explicación. Finalmente el alumno analizado concibe de manera similar a los tres estudiantes anteriores, la condensación del vapor de agua o cambio de estado de agregación, mostrando con ello una mayor interacción de las partículas que permanecen en estado líquido en el modelo después del lavado del camión cisterna.

Prueba a mediano plazo

Con respecto a la explicación causal del estudiante número 3 se puede observar el seguimiento que realiza desde la evaporación del agua, relacionándolos seguidamente del movimiento de partículas en el nivel nanoscópico.

El estudiante indica que las partículas suben hasta que el globo se infla. El estudiante centra su atención en el globo inflado, mostrando con ello su concepción alternativa de que las partículas solamente se encuentran en la parte superior sin tomar en cuenta el movimiento de las partículas en todas direcciones, dentro del matraz como al interior del globo. En ese sentido se muestra la necesidad de enfatizar la homogeneización de las partículas en todo el espacio, especialmente en el momento del uso del modelo del simulador de partículas.

Prosiguiendo con la explicación causal del estudiante se puede observar la relación persistente entre la presión y el choque de las partículas siendo este mayor, lo cual permite para el estudiante una explicación del porque el globo se infla. Así mismo el estudiante realiza la relación entre la presión y la temperatura indicando que entre más alta es la temperatura existe mayor número de choques de partículas por el aumento de la presión. Se muestra por tanto en el estudiante transferencia contextual del conocimiento para este fenómeno en particular.

Con respecto al dibujo del modelo de la expansión de globo el estudiante muestra el movimiento de las partículas mediante flechas indicando este movimiento solamente al interior del globo confirmando lo dictado en la explicación causal escrita. Además como una prueba confirmatoria se muestran líneas continuas dentro del matraz lo cual muestra que al parecer el estudiante no toma en cuenta partículas al interior del mismo.

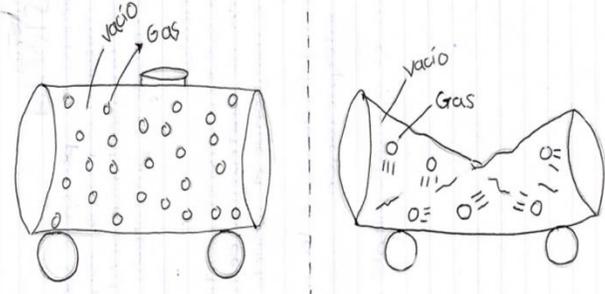
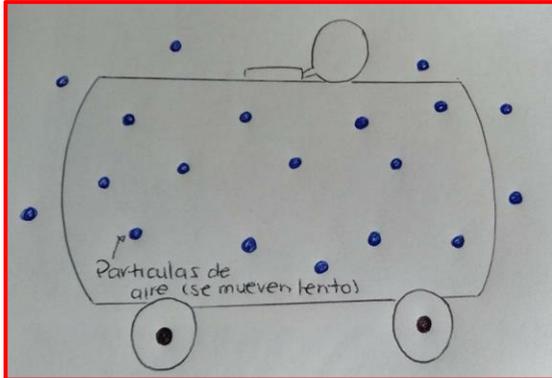
Por otro lado el estudiante muestra también otra concepción alternativa arrojada por los modelos pictóricos, el cual es el cambio de tamaño de las partículas colocando a las partículas de vapor de agua con un mayor diámetro y un menor diámetro en las partículas a temperatura baja. Esta concepción alternativa permanece a pesar de observar la invariabilidad del cambio de tamaño de partículas en el simulador, es decir, esta concepción alternativa persiste a pesar de la instrucción dada las cuatro fases de la metodología (EAC). Cabe señalar que aunque realizar cambios de estas ideas previas no se encuentran dentro de los objetivos de esta tesis, es importante tomar en cuenta la necesidad del desarrollo de estrategias específicas posiblemente mediante el uso de modelos de simulación para el cambio de las ideas conceptual incorrectas de los estudiantes.

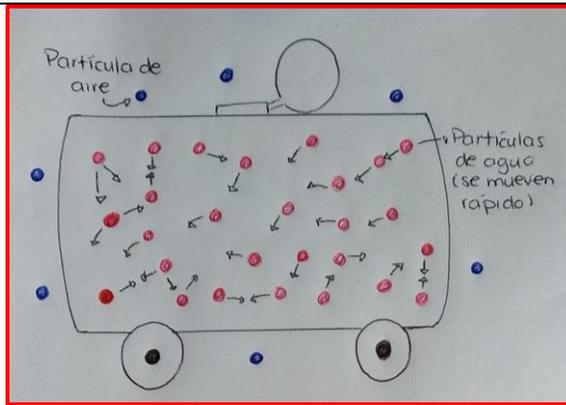
Tomando en cuenta la contracción del globo el alumno número 3, genera una explicación con base en el cambio brusco de temperatura, sin embargo, el estudiante utiliza las cuatro ideas clave de manera integral para el desarrollo de su explicación, indicando la disminución de la velocidad de las partículas al disminuir la temperatura provocando con ello un menor número de choques entre sí. El estudiante muestra su comprensión de la presión en el nivel nanoscópico haciendo la relación entre la presión y el menor número de choques exponiendo que al disminuir la presión se provoca que el globo implosione.

Podemos ver entonces que si bien el estudiante no toma en cuenta en su explicación a la presión atmosférica, las relaciones presión-temperatura permanecen y son aplicadas en la explicación del fenómeno mostrado por el profesor.

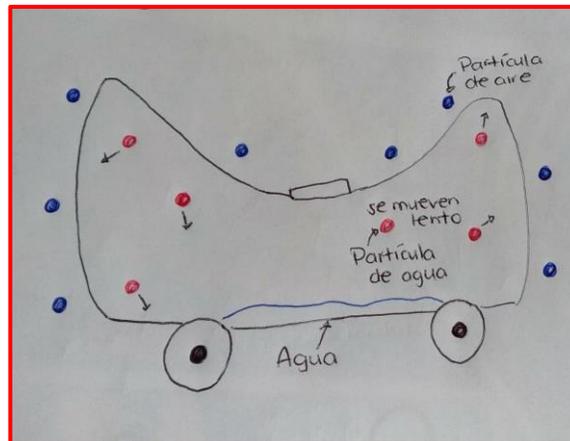
finalmente la posición de las partículas en el segundo modelo, son colocadas dentro del globo y no dentro del matraz, observando con ello un patrón en cada uno de los modelos anteriores. Esto nos muestra la necesidad de la mejora de la SD con el fin de corregir en las explicaciones causales escritas la posición del vapor de agua condensado, el cual se encuentra dentro del matraz y no al interior del globo.

4.4.4 Evidencias entregables (Caso 4)

Fase	Evidencias entregables 4				Explicación (nivel nanoscópico)				Descripción (nivel macroscópico)
					Idea clave				Ninguna idea clave
					1	2	3	4	0
2	Explicación causal escrita y esquemática inicial (individual)	<p>Antes del lavado las partículas se encuentran estables, pero al momento de lavar con agua caliente que se encuentra aproximadamente 100 °C hace que el metal se ablande de la cisterna.</p>							
						-----			
3	Ideas nuevas posterior al simulador	<ul style="list-style-type: none"> • Existe un choque de presiones, entre la interna y la presión externa. La presión atmosférica es mayor que la presión interna. • Existe un choque de temperaturas, la interna que está caliente y la externa que está fría. 				----			
4	Explicación causal escrita y esquemática final (individual)	<p>La disminución de temperatura de manera brusca dentro del camión provocó que las colisiones entre partículas disminuye como a su vez la presión dentro del camión cisterna causando así que la presión atmosférica fuera mayor, provocando la implosión del camión. Por lo tanto este suceso es natural y se debe al comportamiento de las partículas dentro y fuera del camión.</p>							
		<p style="text-align: center;">Antes del lavado</p>  <p style="text-align: center;">Durante el lavado</p>				-----			



Después del lavado



Evaluación del aprendizaje a mediano plazo

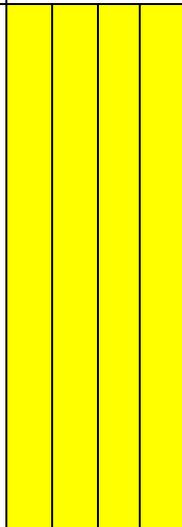
Explicación causal escrita y esquemática de la prueba a mediano plazo.

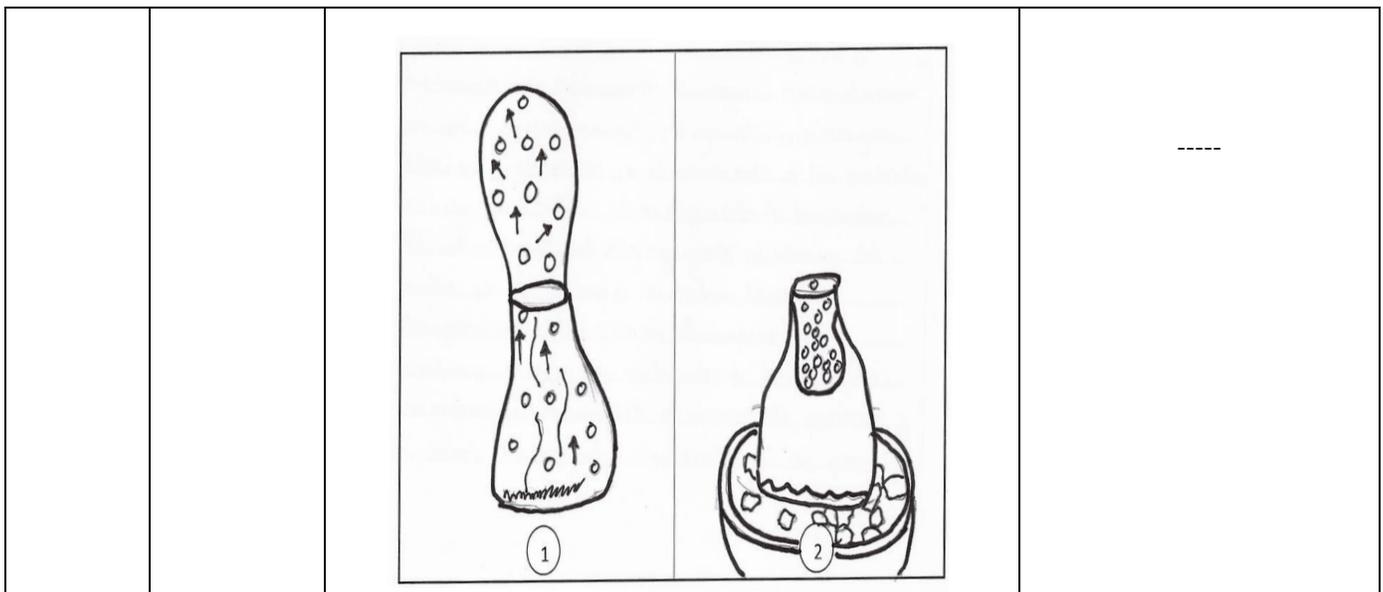
1.-Expansión del globo.

Se pone a calentar un matraz con un poco de agua en una parrilla, se deja calentar unos segundos y después se coloca un globo en la boquilla. El globo lentamente se empieza a inflar. Esto sucede porque a mayor temperatura las partículas se mueven más rápido por lo que hay mayor presión ya que chocan muchas partículas con las paredes del globo y el matraz.

2.- Contracción del globo.

Quitamos el globo de la parrilla y lentamente se va desinflando, luego colocamos el matraz en una cubeta con hielo, llevando a cabo un cambio brusco de temperatura y el globo se va metiendo dentro del matraz esto es porque las partículas se mueven más lento debido a que la temperatura disminuye y por lo tanto hay menor presión pero también el globo se va metiendo por la presión atmosférica.





Fase 2

Prosiguiendo con el análisis correspondiente al estudiante # 4, podemos observar de manera similar a las evidencias escritas anteriores, que el alumno solamente muestra el uso de la palabra “partículas” lo cual lo colocaría de acuerdo con el sistema de evaluación con ideas clave, en el nivel 1 el cual corresponde al uso de la idea clave respecto a que toda la materia consiste de entidades llamadas partículas. Sin embargo al realizar un análisis en cuanto al contenido completo de la explicación, observamos la aplicación de características conocidas por el estudiante en su vida cotidiana como la idea de que la temperatura alta tiene la capacidad de ablandar los objetos, por lo que al tener temperaturas de 100 °C el metal se ablandara, razón por la cual el camión cisterna implosionó.

Podemos entonces observar lo esperado, la explicación se encuentra dentro de la esfera fenomenológica, interpretando el fenómeno-problema ancla con características conocidas por el estudiante en cuanto a temperatura alta. Relacionando su explicación con el modelo esquemático no existen diferencias significativas, mostrando adicionalmente la idea de vacío, la cual no aparece en su evidencia escrita.

Fase 3

Las ideas nuevas generadas en el estudiante # 4 tienen relación con la presión tanto interna como externa del camión cisterna. Las ideas nuevas del estudiante llegan a un nivel superior debido a que la visualización de las partículas en el simulador junto con las variables presión y temperatura, fueron parte de la explicación de la implosión del camión cisterna, tomando en cuenta un nivel cognitivo de nivel 3. Así mismo de la misma forma el estudiante toma en cuenta el choque térmico describiendo en este caso solamente la diferencia de temperatura. Se espera que el estudiante relacione ambas variables para construir la explicación final escrita en la fase 4 y posteriormente mantener esta relación de variables en la evaluación de la prueba a mediano plazo.

Fase 4

Avanzando con el análisis de las explicaciones de los estudiantes, el estudiante # 4 muestra cambios significativos con respecto a su explicación inicial, tomando en cuenta de manera inicial solo una idea clave de las cuatro disponibles en el desarrollo de su explicación causal, es decir, solamente toma en cuenta la discontinuidad de la materia sin relación alguna con las variables deseadas. Así mismo inicialmente el estudiante realiza la explicación de la implosión del camión con base en el ablandamiento de la estructura metálica debido a la temperatura con la cual fue lavado el mismo.

En la explicación causal escrita final, muestra el uso de las 4 ideas clave interconectando cada una de ellas, indicando que al aumentar la temperatura en el agua caliente, las partículas tienen un mayor movimiento, lo cual conlleva al aumento de número de choques en la superficie del camión cisterna, identificado este último punto como el aumento de la presión. Posteriormente en la explicación causal escrita, con respecto a la implosión del camión cisterna posterior al cierre de la escotilla, se observa que el estudiante genera una descripción en el nivel macroscópico a pesar de mostrar las relaciones y variables en el nivel nanoscópico necesarias para desarrollar la explicación de la implosión en el nivel nanoscópico.

Se muestra por tanto una dificultad en cuanto a la explicación en el nivel nanoscópico de las partículas en el contexto de la disminución de la temperatura. Una interpretación de la dificultad mostrada, puede estar relacionada a la dificultad de la percepción del movimiento de partículas a temperaturas bajas. Es importante notar que el estudiante identifica un desequilibrio de presiones, reconociendo la importancia de la presión atmosférica con respecto de la presión interna, quedando solamente en el nivel macroscópico.

Tomando en cuenta finalmente los modelos de los estudiantes se observa efectivamente la omisión de movimiento de las partículas en azul, mismas que representan las partículas de aire al exterior del camión cisterna. Por otro lado se puede observar que el estudiante toma en cuenta la condensación de las partículas de vapor, sin embargo, no es representada como materia discontinua sino como materia continua, lo cual nos muestra la necesidad de mejorar la percepción del cambio de fase, lográndolo posiblemente con el estudio de simuladores específicos para este fin.

Evaluación del aprendizaje a mediano plazo

El estudiante número # 4 genera una explicación del fenómeno presentado por el profesor en plenaria, utilizando de manera integral las cuatro ideas claves en su explicación. Dentro de la explicación causal escrita el estudiante indica el aumento de volumen del globo, posterior al calentamiento del matraz en la parrilla. El estudiante indica que el globo se infla debido al aumento de la temperatura, ya que a mayor temperatura las partículas se mueven más rápido aumentando consecuentemente la presión, explicando esta última en el nivel nanoscópico, es decir, el aumento del número de choques de las partículas con las paredes globo y el matraz.

Como se puede observar el estudiante muestra la transferencia contextual del conocimiento en cuanto a las relaciones de presión-temperatura en el nivel nanoscópico para la expansión del globo. Cabe señalar que la explicación causal escrita se correlaciona con la explicación causal pictórica. Podemos observar la distribución de las partículas no sólo dentro del globo sino también con las paredes del matraz.

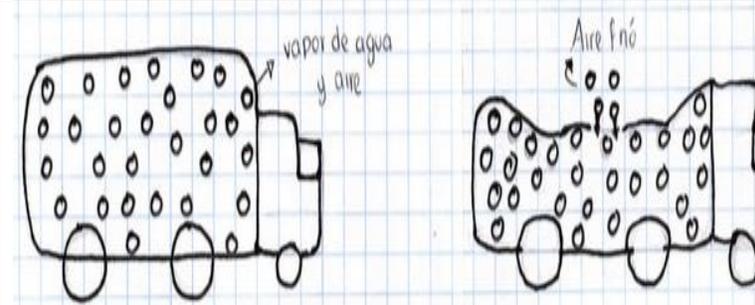
Por otro lado, observando los modelos esquemáticos se identifica una concepción alternativa en cuanto al aumento y disminución del diámetro de las partículas variando con respecto al cambio de temperatura, concepción alternativa que se repite de manera constante en los alumnos analizados.

Por otra parte en cuanto a la contracción del globo podemos observar que el estudiante utiliza también la palabra desinflarse, lo cual es utilizada de manera instintiva para explicar la contracción del globo, sin embargo, a pesar de lo anterior se observa en su diálogo posterior el uso de la relación del movimiento de las partículas en este caso el movimiento lento causado por la disminución de la temperatura relacionándola con la disminución de la presión permitiendo con ello que la presión atmosférica introduzca al globo dentro del matraz. Podemos ver aquí una dificultad en cuanto a la explicación de la presión a nivel nanoscópico en temperaturas bajas, es posible que esta dificultad se relaciona con la percepción del movimiento de las partículas relacionada con la disminución de la temperatura lo cual se evidencia en el segundo modelo, es decir, la contracción del globo.

Para el estudiante analizado, las partículas permanecen estáticas sin movimiento omitiendo las flechas que indican movimiento de las mismas, esto a pesar de la percepción del movimiento de partículas al exterior del camión cisterna logrado en trabajo colaborativo. Cabe señalar que la representación de partículas estáticas a bajas temperaturas se corresponde con el modelo final individual realizado al término de la Fase 4.

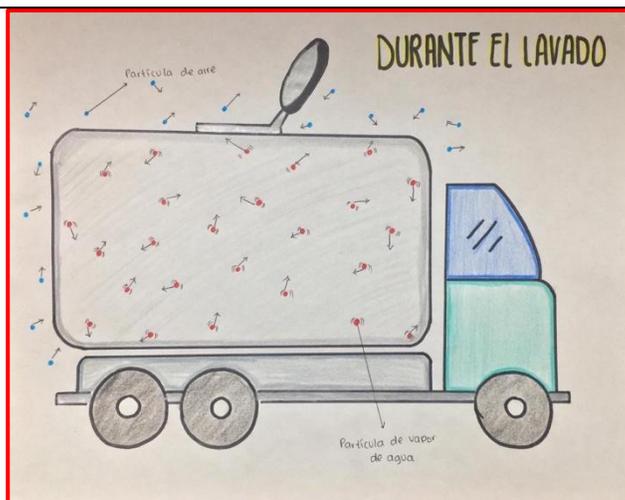
Nuevamente se enfatiza la necesidad de llevar a cabo estrategias dentro de la SD, con respecto al movimiento de partículas a baja temperatura, mostrando la importancia de fortalecer el diálogo y reflexión en plenaria posterior al uso del modelo de simulación de partículas.

4.4.5 Evidencias entregables (Caso 5)

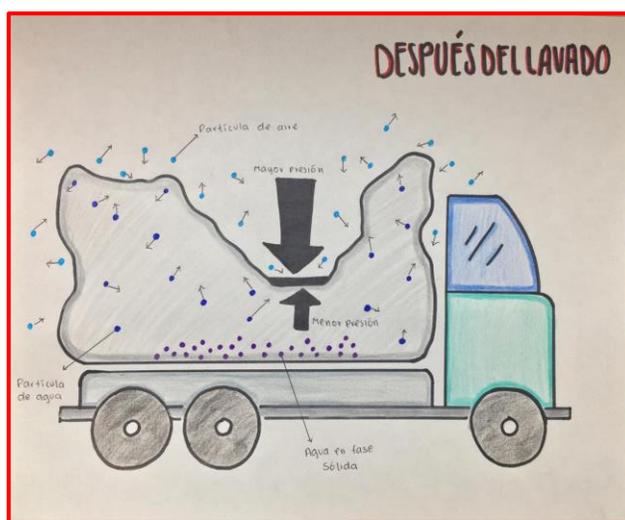
Fase	Evidencias entregables 5				Explicación (nivel nanoscópico)				Descripción (nivel macroscópico)	
					Idea clave				Ninguna idea clave	
					1	2	3	4	0	
2	<p>Explicación causal escrita y esquemática inicial (individual)</p>	<p>Al haber un cambio tan drástico de temperaturas y por efecto de los gases, este material se contrae. Las partículas del camión se encuentran estáticas debido a la baja temperatura en la que se encuentran, sin embargo, al lavar el camión con agua caliente las partículas generaron una velocidad hacia un mismo punto. Al cerrar el camión las partículas no pudieron expandir su movimiento, lo cual provocó una implosión.</p>								---
3		<p>Ideas nuevas posterior al simulador</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El aumento de la temperatura genera un movimiento más veloz de las partículas. • El aumento de la velocidad de las partículas genera un aumento de la presión. • La presión es uno de los factores más importantes, pero disminuye al disminuir la temperatura y abrir la escotilla. 				---			
		<p>El desequilibrio de la presión dentro del camión con la presión atmosférica provocó la implosión del camión, sin embargo para obtener esta presión tan alta dentro del recipiente los factores contribuyentes fueron una alta temperatura lo cual llevó a cabo el movimiento de las partículas y la escotilla del camión deberá permanecer cerrada, pues sin esto la presión sería más baja y no tendría una implosión.</p>								---

4

Explicación causal escrita y esquemática final (individual)



Después del lavado



Evaluación del aprendizaje a mediano plazo

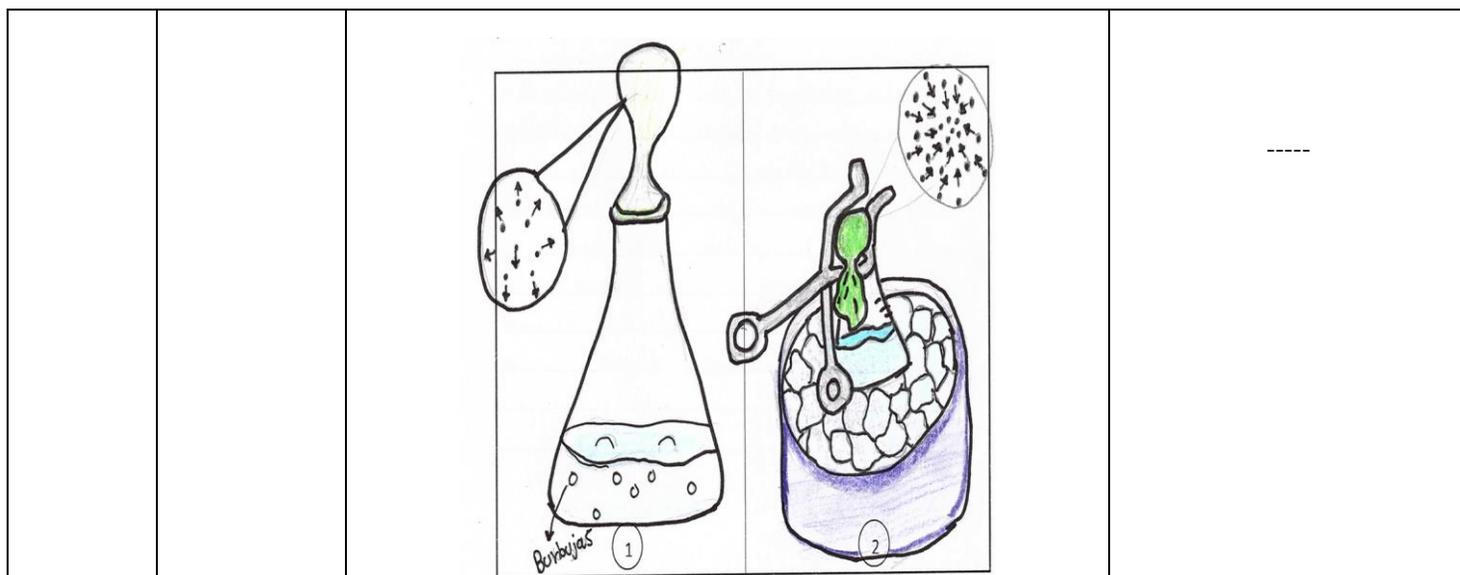
Explicación causal escrita y esquemática de la prueba a mediano plazo.

1.-Expansión del globo.

Cuando se comienza a calentar el agua en el matraz, se le coloca el globo en la boquilla, entonces el agua que cambió de estado líquido a gaseoso, sus partículas comienzan a moverse y como existen muchos choques de las partículas, el globo se comienza a inflar ya que entre más choques mayor presión y mayor volumen.

2.- Contracción del globo.

Cuando se quita el matraz de la parrilla y se pasa a la charola con hielos, disminuye su temperatura y con ello el movimiento de partículas disminuyendo sus choques (presión) y su volumen. El globo comienza a meterse en el matraz ya que la presión atmosférica es un factor importante para que esto suceda (el globo quede dentro del matraz), al final el globo queda vacío y dentro del matraz debido a que al momento que se comienza a disminuir la temperatura, el movimiento de partículas es casi nulo haciendo así que en el globo disminuye su volumen (tamaño) dentro del matraz y la presión atmosférica hizo que quedara dentro del matraz.



Fase 2

Finalmente, se analiza el producto tanto escrito como esquemático del estudiante # 5 , haciendo uso de dos ideas clave en la explicación escrita, es decir, la concepción de partículas las cuales se encuentran en movimiento. El estudiante no toma en cuenta la relación entre el movimiento de las partículas con la temperatura y presión, lo cual se esperaba al considerar la explicación inicial. Cabe señalar que el enfoque de explicación del estudiante se encuentra en la modificación de la estructura metálica del metal relacionada al choque térmico, lo cual permitió un debilitamiento del material del camión cisterna mismo que le llevó a la implosión. Relacionando la evidencia escrita con la esquemática, se muestra una correspondencia en el dibujar una apertura o rotura en la parte superior central del camión cisterna indicando con ello la salida de materia debido a la apertura por el choque térmico que ha sufrido el mismo.

Fase 3

El estudiante # 5 relaciona las variables que son de interés para este trabajo de tesis, es decir, la temperatura y presión integrándose con el movimiento de las partículas. Las ideas nuevas generadas al término del uso del simulador de partículas revela el aprendizaje del estudiante en cuanto al aumento de la presión a nivel nanoscópico el cual está relacionado con el aumento de la velocidad de las partículas. Así mismo se puede observar mediante el análisis de la primera idea, la relación entre la temperatura y el aumento de la velocidad de las partículas.

Finalmente en la última idea clave, el estudiante desarrolla una idea en la cual involucra la presión junto con la temperatura, indicando que la presión disminuye al disminuir la temperatura. Si bien el estudiante aún no percibe a la presión como la suma del choque de las partículas, se considera un avance en la relación visual de las dos variables de importancia en este trabajo de tesis. Así mismo se espera que este nuevo conocimiento sea usado por el estudiante para construir la explicación final escrita y esquemática en la Fase 4.

Fase 4

En cuanto a la evidencia escrita final del estudiante # 5, se muestra también un cambio en cuanto al uso y aplicación de 3 ideas clave de las 4 disponibles, usándolas de manera integral,

relacionándolas de manera adecuada para el desarrollo de una explicación del fenómeno-problema ancla. En esta explicación el estudiante toma en cuenta la relación de la temperatura y el movimiento de las partículas generando con ello un cambio en la presión. A pesar de lo anterior la explicación del alumno analizado se considera incompleta debido a la falta de explicación de la presión en el nivel nanoscópico y su posterior aplicación para la explicación del fenómeno-problema ancla.

Se indica de manera correcta que la presión atmosférica al ser mayor provocó el aplastamiento del camión cisterna, sin embargo, no existe una relación coherente con el menor número de choques, por lo que el desequilibrio en las presiones (interna-externa) se interpreta con base en el desequilibrio térmico. Se observa por tanto dificultades en cuanto a la representación de la presión en el nivel nanoscópico, a pesar de su experiencia con el simulador de partículas. A pesar de las dificultades de representación simbólica de la presión, existe un avance con respecto a la explicación causal inicial, en la cual se consideraba la explicación bajo criterios de cambio de temperatura de manera general y bajo el esquema de descripción macroscópica.

Con respecto de las explicaciones causales esquemáticas, se muestra efectivamente las dificultades de la representación de la presión, representando el movimiento con medios círculos, tomando en cuenta el movimiento específicamente en las partículas de vapor de agua, sin considerar movimiento en las partículas de aire, las cuales se encuentran de al exterior del camión cisterna. Así mismo la presión atmosférica es descrita solamente con una flecha, indicando una fuerza externa sobre el camión, sin mayor explicación. Finalmente el alumno analizado concibe de manera similar a los tres estudiantes anteriores, la condensación del vapor de agua o cambio de estado de agregación, mostrando con ello una mayor interacción de las partículas que permanecen en estado líquido en el modelo después del lavado del camión cisterna.

Evaluación del aprendizaje a mediano plazo

Finalmente dentro del análisis del estudiante número 5, se observa también, el uso integral de las cuatro ideas clave evaluadas, generando con ellas una explicación causal del fenómeno presentado en experiencia de cátedra por parte del profesor.

En la explicación causal escrita el estudiante indica el cambio de estado de líquido a gaseoso relacionado con el movimiento de las partículas en donde el estudiante de manera progresiva describe un mayor movimiento de las partículas por el aumento de la temperatura, dando lugar consecuentemente al aumento del número de choques de las partículas. Esta explicación evidencia un aumento del volumen del globo cómo podemos observar en el texto del estudiante.

Por otro lado el estudiante analizado coloca jerárquicamente la presión como la variable de mayor importancia en la explicación del aumento del volumen del globo, mostrando con ello una mejor comprensión de la relación existente entre la presión el número de choques utilizando de manera integral las cuatro ideas clave usandolas para el desarrollo de la explicación causal.

Con respecto a la contracción de globo se puede observar una explicación aún más amplia que la expansión de globo, el estudiante indica primeramente la disminución de la temperatura relacionado con la disminución del movimiento de las partículas, mismo que se muestra en la disminución del número de choques, generando con ello de manera relacionada una disminución de presión. Cabe señalar que el estudiante expone de manera más clara el efecto en el volumen relacionado con la presión y temperatura, mismas que son explicadas en el nivel nanoscópico.

También, el estudiante indica la razón por la cual el globo es introducido dentro del matraz tomando en cuenta la presión atmosférica, colocándola como una variable importante para el

estudiante. A pesar de mencionar la presión atmosférica, se observa que esta variable no es explicada en el nivel nanoscópico, sin embargo, se considera un avance importante al tomarse en cuenta en una evaluación de 3 meses posterior al desarrollo de las cuatro fases de la metodología (EAC).

Posteriormente el estudiante utiliza la palabra vacío, relacionada con la contracción del globo. Es probable que esta palabra haya sido usada por el estudiante de manera intuitiva, al observar el fenómeno que mostrado en plenaria, misma que no representa un apoyo para la explicación causal del fenómeno.

Por otra parte el estudiante muestra un avance en cuanto a la percepción de movimiento de las partículas a baja temperatura, indicando las palabras “casi nulo”, indicando con ello un movimiento lento, razón por la cual el globo disminuye su volumen dentro del matraz. Como se puede observar en su esfuerzo por explicar el fenómeno, el estudiante utiliza las cuatro ideas clave relacionándolas de manera lógica de tal forma que genera una explicación integral del fenómeno presentado.

4.5 Comparación de resultados y análisis general de las evidencias entregables individuales

Se muestra finalmente la comparación de los resultados de las explicaciones causales de los estudiantes, tomando en cuenta los resultados individuales de la explicación causal escrita inicial, final y la evaluación a mediano plazo posterior a 3 meses (Tabla 16).

Estudiante	Inicial				Final				Evaluación a mediano plazo (3 meses)												
	Explicación (nivel nanoscópico)		Descripción (nivel macroscópico)		Explicación (nivel nanoscópico)		Descripción (nivel macroscópico)		Explicación (nivel nanoscópico)		Descripción (nivel macroscópico)										
	Idea clave				Ninguna idea clave				Idea clave				Ninguna idea clave								
	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0						
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					

Tabla 16. Comparación de resultados de las explicaciones causales escritas de los estudiantes.

4.6 Reflexión general del análisis de las evidencias entregables individuales

Como se puede observar en la Tabla 16, los estudiantes muestran un avance significativo en cuanto al uso de las ideas clave para el desarrollo de una explicación causal del fenómeno problema-ancla. Este avance se confirma con la evaluación a mediano plazo (3 meses), lo cual muestra la persistencia de los modelos desarrollados por parte de los alumnos en la explicación del fenómeno presentado. También, al observar los resultados de manera general se puede observar que en los 5 casos analizados los resultados son consistentes manteniendo la explicación del fenómeno con las 4 ideas clave aún pasados 3 meses del término de la SD.

Cabe señalar que el simulador interactivo de partículas PHET (Gases), fue un instrumento clave para llevar a cabo la reflexión final correspondiente a la relación del movimiento de las partículas con el aumento y disminución de la temperatura, así como su consecuencia en la presión del sistema, definido en el número de choques en la superficie interna del sistema.

A partir del uso del simulador, después de realizar las actividades anteriores, los estudiantes muestran un cambio importante en cuanto a las consideraciones y aumento de explicación con respecto al aplastamiento del camión cisterna.

Como se puede observar de manera general las ideas seleccionadas por los estudiantes, toman en cuenta ahora la influencia de la temperatura y presión en el movimiento de las partículas, así como la frecuencia de los choques lo cual modifica la presión. Por otro lado un estudiante pone su atención en cuanto a los cambios que existen cuando es abierto el sistema, indicando que la presión disminuye al interior del sistema por el menor número de choques de las partículas, idea que resulta importante para la explicación del fenómeno-problema ancla.

Así mismo los estudiantes relacionan también la temperatura con la presión del sistema, es decir, al disminuir la temperatura también se disminuye la presión interna, reflexión que resulta importante para integrar en la explicación causal escrita y esquemática. Además se considera un choque de presiones y de temperatura, es decir, un desequilibrio que si bien es referido con respecto al nivel macroscópico (descripción), se considera un avance importante siendo el inicio de una reflexión más profunda con el fin de ser integrada en la explicación final del fenómeno.

Una de las ideas persistentes en el modelo inicial esquemático (colaborativo) de los estudiantes era la contracción de las partículas por efecto de la presión y temperatura del sistema. Se observa que solo un estudiante indica que el tamaño de las partículas no cambia. Aunque este aspecto es considerado dentro de las preguntas de reflexión del protocolo de actividades del simulador de partículas, se considera que es necesario otro tipo de estrategia didáctica para poder abordar esta concepción alternativa, la cual persiste a lo largo del desarrollo de la SD.

Finalmente se pueden observar cambios significativos en las consideraciones de los estudiantes con respecto a la observación de las partículas en el nivel nanoscópico, si bien al principio del uso del simulador los estudiantes integraron ideas correspondientes del simulador de partículas que, estas ideas nuevas se pusieron a prueba siendo evaluadas en cuanto al uso y aplicación para la explicación final tanto individual y en equipo del problema-fenómeno ancla, mostrando que la articulación de las actividades fue adecuada para alcanzar un nivel cognitivo 3 (aplicación) en estudiantes de 1° semestre que cursan la materia de Química I.

4.7 Selección y análisis de los datos recopilados durante las diversas fases de aplicación de las evidencias entregables en trabajo colaborativo

En esta sección se presentan los datos seleccionados para su análisis durante las diversas fases de la aplicación de la SD adaptada como: a) Explicación causal esquemática inicial (cartel colaborativo), b) Notas autoadhesivas a partir de la reflexión grupal y c) Explicación causal esquemática final (cartel colaborativo).

El esquema de presentación de las evidencias entregables en trabajo colaborativo (Tabla 17), se muestran a continuación:

Fase	Evidencias entregables (individual)
2	<ul style="list-style-type: none">• Explicación causal esquemática inicial (cartel colaborativo).
3	<ul style="list-style-type: none">• Notas autoadhesivas a partir de la reflexión grupal.• Modificación del modelo inicial a partir de la reflexión del contenido de las notas auto adhesivas.
4	<ul style="list-style-type: none">• Explicación causal esquemática final (cartel colaborativo).

Tabla 17. Conjunto de evidencias entregables en trabajo colaborativo en las diversas fases de la SD.

Cabe señalar que una vez integrada las evidencias grupales, se procede al desarrollo de su correspondiente análisis.

4.7.1 Protocolo de la actividad experimental.

A continuación se muestran respuestas seleccionadas del protocolo de la actividad experimental llevada a cabo en la sesión 2 de la SD.

¿Qué efecto tiene el aumentar la temperatura del agua al interior de la lata?

Inferencia:

- Si la temperatura del agua al interior de la lata aumenta, se produce mayor cantidad de gases de vapor de agua que por la concentración intentarán escapar hacia las orillas dejando un vacío al centro que provocará que la lata se aplaste al momento del choque térmico.

Observaciones:

Al introducir la lata con agua a temperatura ambiente (25 °C) al balde con agua fría observamos que nada pasa a la forma de la lata, no se aplasta, ni se deforma. La segunda lata con agua a 80 °C se aplasta casi totalmente al introducirla en el balde con agua fría.

Cuestionario por equipo:

1.- ¿Cuál es el efecto en las partículas al aumentar y disminuir la temperatura al interior de la lata?

Al aumentar la temperatura las partículas reciben energía y por lo tanto tiene más movimiento cinético; mientras que al disminuir la temperatura de un fluido lo que estamos haciendo es retirar exactamente esa energía y por consecuencia ya no hay movimiento.

2.- Al modificar la temperatura , ¿consideras que existe un cambio en la distancia entre las partículas?. Indica el cambio efectuado.

Sí, existe un cambio en el espacio que existe entre las partículas, este espacio aumenta.

Sugiere 3 nuevas ideas de la información obtenida en la experimentación, que te ayuden a seguir construyendo tu explicación del aplastamiento del camión cisterna.

El camión debía tener poca agua y mucho vapor de agua para poder crear un vacío y lograr contraerse de esa forma. La temperatura dentro y fuera del camión afecta el proceso pues crea un choque térmico. Sin duda el tener la escotilla cerrada afectó el proceso.

Los alumnos se encuentran en este momento aún en el rubro de la descripción macroscópica, observaciones que servirán para la discusión en la sesión 3. Durante la resolución de las respuestas del cuestionario se presiona a los estudiantes en un primer acercamiento a la relación existente entre las partículas de vapor de agua con la variable temperatura. Cabe señalar que la variable presión, así como temperatura se abordarán en plenaria de manera amplia, tanto en su definición como en su relación partícula-presión, partícula-temperatura y presión-temperatura en la sesión 3.

Se observa en un inicio la inferencia realizada por el equipo en la cual se puede observar que la explicación de la implosión de la lata, es debida a una concentración desigual del vapor de agua al interior de la misma. Esto es una mayor distribución de partículas en las orillas cercana al metal y menor distribución de partículas al centro de la lata, es decir, lejos del metal lo cual origina un vacío, dando por tanto el fenómeno de la implosión.

Es probable que la inferencia realizada por los estudiantes de manera grupal, coincida la explicación causal esquemática inicial, con respecto a la distribución desigual de las partículas de agua (círculos azules) a las orillas del camión cisterna, siendo estas de menor tamaño con respecto a las partículas de agua colocadas al centro del camión cisterna, siendo estas de mayor tamaño, como se apreció anteriormente en la Fig 27.

Hasta este punto los estudiantes del equipo seleccionado muestran aspectos importantes en su interpretación de la implosión de la lata, misma que se relaciona también con el camión cisterna.

Los aspectos son el choque térmico entre la temperatura interna y externa de la lata, así como la distribución desigual de las partículas al interior de la lata. Cabe señalar que esta última idea de los estudiantes, se corresponde con el estudio realizado por Nussbaum a estudiantes israelíes de 14 años en 1978.

Los estudiantes fueron guiados para dibujar las partículas de aire antes y después de accionar una bomba de vacío para eliminar parte del aire dentro del matraz (Fig. 25). Los alumnos respondieron a esta tarea colocando puntos en ciertas áreas del matraz.

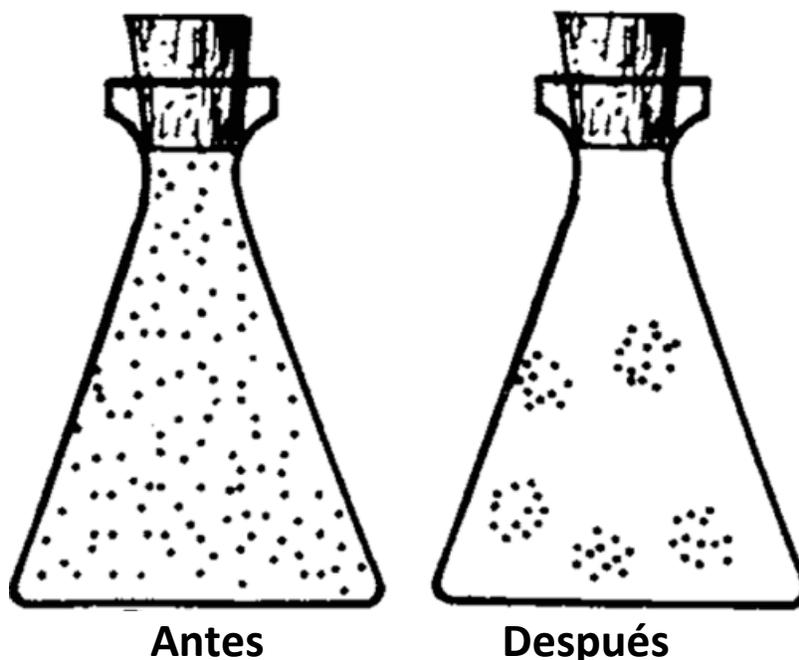


Figura 25. Modelo de estudiantes en la distribución de partículas de aire dentro de un matraz. (Nussbaum, 1985).

El objetivo principal del experimento, era demostrar que los estudiantes habían superado el concepto de continuidad de la materia y eran capaces de pensar en el comportamiento de partículas individuales. Se encontró que uno de cada seis alumnos apoyaban la idea de que las partículas se concentraban en alguna parte de un espacio reducido. La respuesta anterior indica la persistencia de un número significativo de alumnos, que retienen la visión continua de la materia en la estructura del aire (Nussbaum, 1985).

Retomando las explicaciones de nuestros estudiantes, se puede observar posteriormente la reflexión en cuanto a la relación que existe en la implosión de la lata con respecto a la temperatura del agua al interior de la lata, fruto de la experimentación de la sesión 2. Así mismo la experimentación permitió a los estudiantes relacionar la implosión de la lata con la variación de la temperatura al interior y no sólo con el choque térmico, interpretación dada por el equipo.

Con respecto a las preguntas finales del cuestionario es posible comentar que estas fueron diseñadas con el propósito de forzar en un primer acercamiento a los estudiantes, en la relación entre el vapor de agua con el efecto en la implosión de la lata a nivel nanoscópico (partículas). Al analizar las respuestas del cuestionario podemos observar que los estudiantes comienzan a asociar el movimiento de las partículas con el aumento de la energía dada al sistema y viceversa centrando su atención en el movimiento de partículas .

Finalmente observamos que dentro de las tres nuevas ideas surgidas a partir de la experimentación, se muestra dificultad en articular las partículas y su movimiento con la explicación causal, reteniendo la importancia de un choque térmico, así mismo consideran importante el mantener en todo momento un sistema cerrado para observar el fenómeno de la implosión, aspecto considera al finalizar la experimentación.

A pesar de que los estudiantes se encuentran aún dentro de la visión macroscópica del proceso, las respuestas del cuestionario muestran un avance en cuanto al cambio parcial de las ideas iniciales de los estudiantes.

4.7.2 Notas autoadhesivas a partir de la reflexión grupal

Cabe señalar que posterior a la realización de los experimentos en la sesión 2, se pidió investigar de manera individual, definiciones nanoscópicas sobre temperatura y presión así como los aspectos básicos del modelo cinético molecular. En este sentido los alumnos son forzados a reflexionar en el movimiento de partículas relacionado a la presión y temperatura en el nivel nanoscópico, información conceptual que es usada para guiar a los estudiantes en la mejora de las explicaciones causales de la implosión de la lata, analizando conjuntamente los resultados experimentales de todos los equipos.

Con la información anterior, cada equipo presenta a manera de exposición su segunda explicación del fenómeno ancla, mismo que al término de todas las exposiciones, se pide al resto de los equipos, colocar notas auto-adhesivas para apoyar y mejorar los carteles que contienen las explicaciones causales iniciales (cartel colaborativo) (Fig.26). En esta sección se presentan los resultados de esta actividad de reflexión colaborativa desarrolladas en la segunda parte de la sesión 3.

Tal como se mostró en la Fig. 20 , los colores que aparecen en las notas autoadhesivas colocadas al cartel del equipo analizado son el amarillo, con cinco notas para indicar lo que hace falta incluir al modelo del equipo seleccionado y naranja, con dos notas que se refiere a felicitaciones al modelo propuesto.

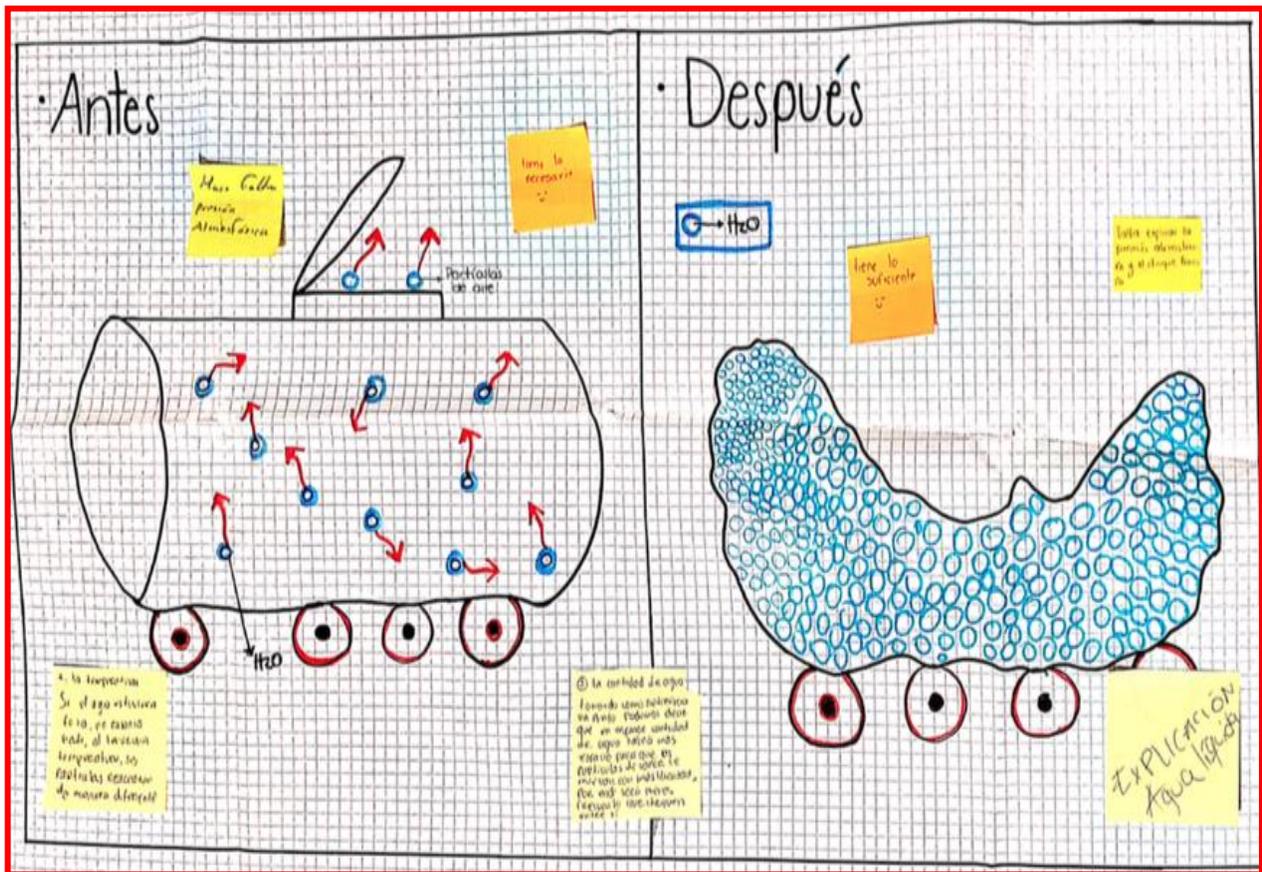
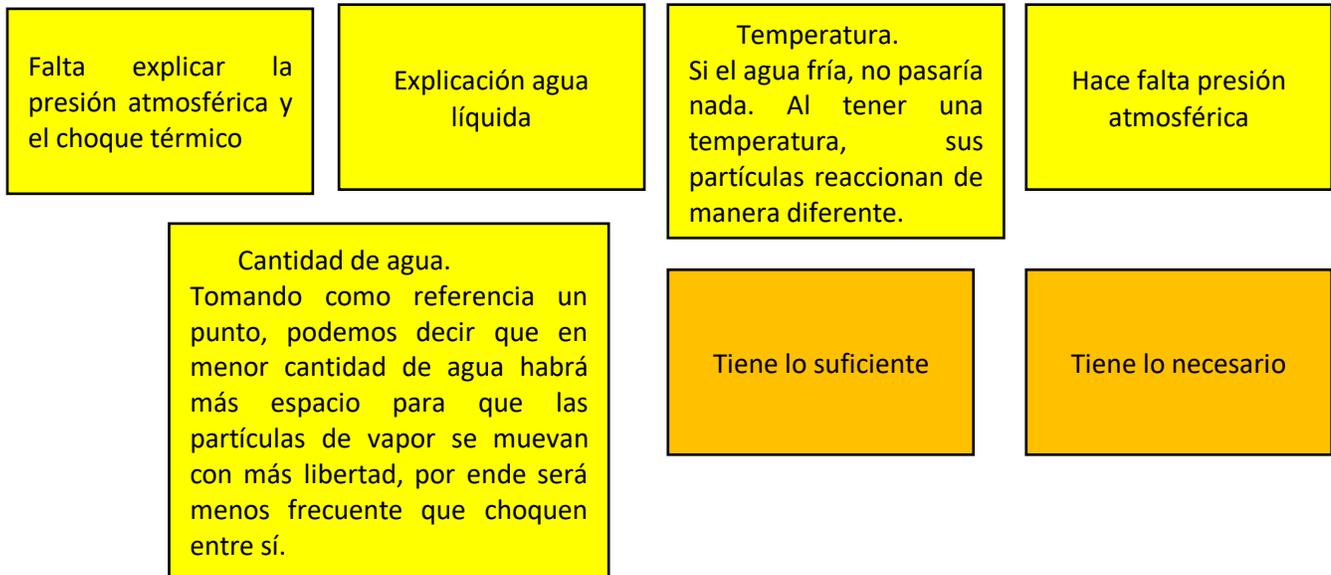


Figura 26. Explicación causal pictórica inicial con realimentación.



Como se observa, las notas identificadas con el color amarillo, muestran un énfasis en cuanto a la falta de explicación con respecto de la presión atmosférica, considerada por sus pares como una variable importante en la explicación del aplastamiento del camión cisterna.

Por otro lado se muestra también, la promoción por parte de sus pares en cuanto a impulsar la reflexión con respecto a la condensación de las partículas de agua en estado gaseoso que pasan a estado líquido, aspecto que será tomado en cuenta por los estudiantes posteriormente.

Con respecto al contenido de las notas restantes, se puede observar dos notas identificadas con el color naranja, las cuales corresponden a las felicitaciones por parte de los estudiantes. Cabe señalar que es necesario realizar un énfasis en la descripción de los estudiantes en cuanto a realizar una descripción de los aspectos que ellos consideran correctos del modelo y no sólo indicar “Tiene lo necesario” y “Tiene lo suficiente”, textos que no permiten una reflexión más profunda de los aspectos correctos del modelo propuesto.

4.7.3 Modificación del modelo inicial a partir de la reflexión del contenido de las notas auto adhesivas

Una vez realizada la recomendación al cartel con respecto a la presión atmosférica, el equipo analizado decide agregar flechas por encima del camión cisterna (Fig. 27), siendo esta variable integrada en el cartel en el sentido de mejora de la explicación causal esquemática. Si bien no se ha alcanzado aún la relación de la presión con el movimiento de partículas, se considera un avance que los estudiantes consideren una variable más en su cartel inicial, variable que será retomada en el simulador de partículas.

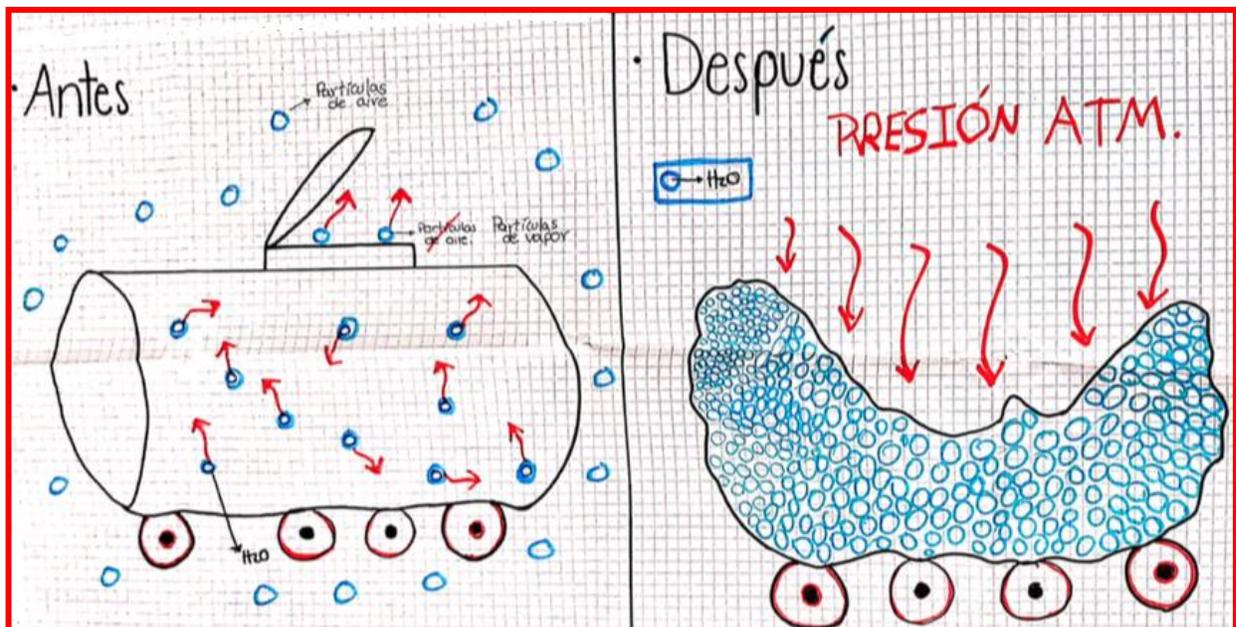


Figura 27. Modificación de la explicación causal esquemática inicial (cartel colaborativo) a partir de las notas autoadhesivas.

Como se observa en el cartel, antes de cerrar la escotilla, las partículas son identificadas como partículas de aire, las cuales se encuentran al exterior del camión cisterna y las partículas de vapor de agua las cuales se encuentran al interior del camión cisterna.

La diferenciación que los estudiantes realizan del tipo de partículas se considera importante, debido a ser uno de los aspectos clave en la explicación del fenómeno-problema ancla. Esto es la relación de la presión atmosférica explicada a nivel nanoscópico, con base en el choque de las partículas de aire en la parte superior del camión cisterna que aunado a la condensación de las partículas de vapor de agua permite el fenómeno de la implosión por el desequilibrio de presiones al exterior e interior del camión.

4.7.4 Explicación causal esquemática final (colaborativo)

A continuación se muestra el producto final de la actividad 3 del cierre de la SD, es decir, la explicación causal esquemática final por equipo (Fig. 28).

Los carteles desarrollados durante el trabajo colaborativo consisten en dos etapas, el camión cisterna con la escotilla abierta, esto es durante el lavado con agua a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el camión cisterna con la escotilla cerrada, esto es después del lavado. Al analizar el primer cartel del camión cisterna con la escotilla abierta, se observa la diferencia de dos tipos de partículas, las partículas de aire en las condiciones climáticas en Siberia ($-60\text{ }^{\circ}\text{C}$), representadas en color azul y las partículas de vapor de agua representadas en color rojo.

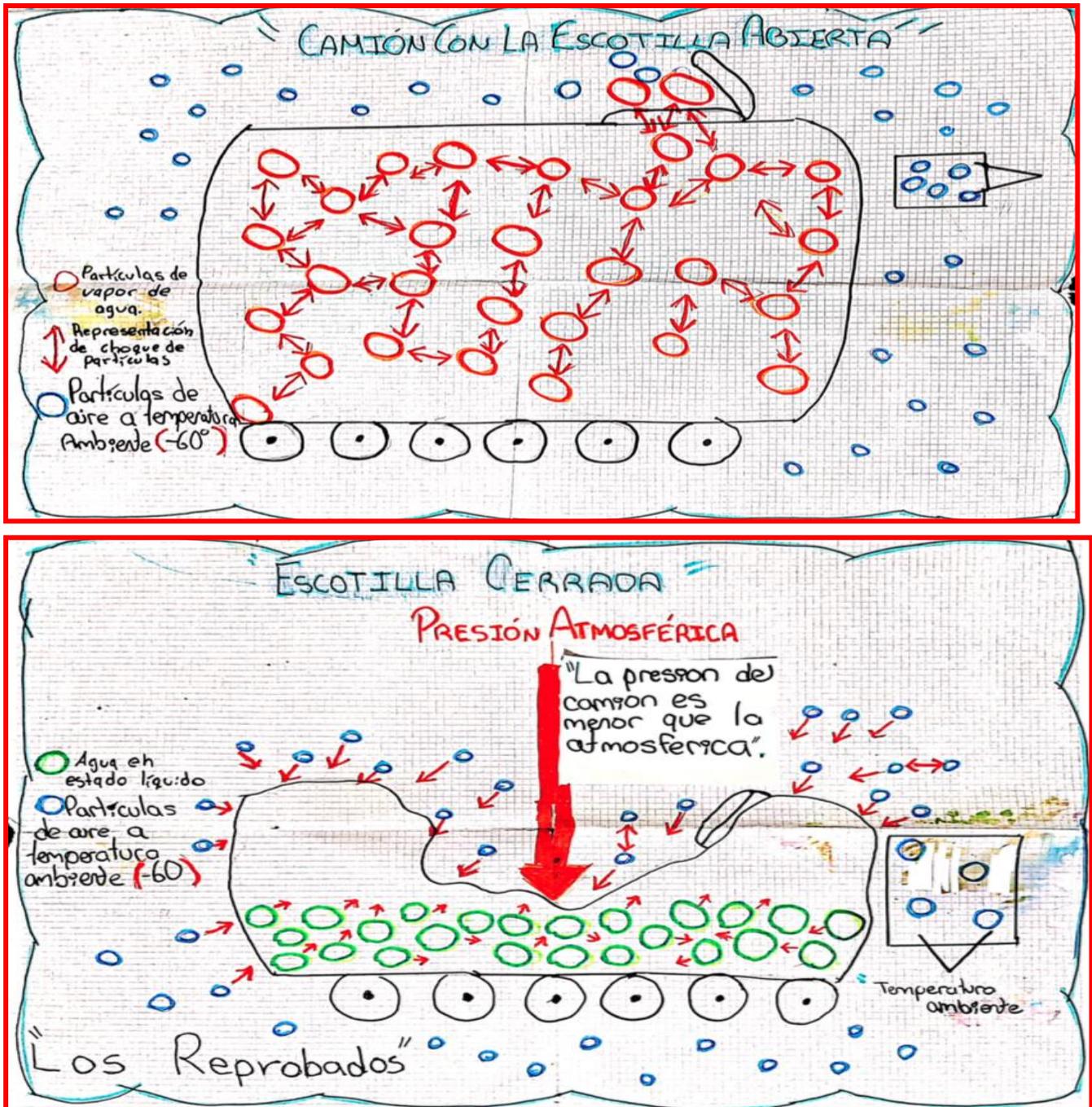


Figura 28. Modelo final en el trabajo colaborativo del cierre de la SD

Esta consideración no fue presentada en el desarrollo del primer cartel, representando solamente un tipo de partícula, es decir, partículas de aire. En las partículas de vapor de agua se muestra la integración de flechas dobles las cuales representan los choques de las partículas, integrando indirectamente su movimiento debido al aumento de temperatura. Así mismo el tamaño de las partículas del vapor de agua con respecto a las partículas de aire al exterior del camión se muestran de manera desproporcionada.

Se observa con ello la persistencia del cambio de tamaño de las partículas relacionado a la modificación de la temperatura y presión. Así mismo, debido al aumento de tamaño de las partículas de vapor de agua, los estudiantes no distinguen de manera correcta la distancia entre las partículas en el estado de agregación gaseoso colocándolas considerablemente cercanas una de la otra. También prosiguiendo con el análisis del primer cartel se puede observar la consideración de los estudiantes con respecto a la salida de materia (vapor de agua) fuera del camión, partículas que fueron consideradas como partículas de aire en el primer cartel.

Cabe señalar que las flechas del movimiento y choques de las partículas son colocadas solamente para las de color rojo, es decir, las partículas de vapor de agua y no para las partículas de color azul. Esto puede indicar la concepción de los estudiantes en cuanto a la inamovilidad de las partículas en temperaturas bajas, idea que persiste a pesar de la observación de la idea contraria en el simulador de partículas, tal como lo menciona Harrison & Treagust (2000).

Con respecto al segundo cartel, correspondiente al camión cisterna con la escotilla cerrada, se puede observar la integración del efecto de la presión atmosférica como parte de la explicación del aplastamiento del camión cisterna, variable que no se encuentra en el modelo inicial colaborativo. Así mismo se puede observar la diferenciación de partículas de aire en las condiciones climáticas en Siberia (-60 C) y partículas de agua en estado de agregación líquido.

Además se observa la aparición de flechas integradas a las partículas de aire con el color azul indicando con ello la presión ejercida por las mismas en la parte superior del camión cisterna, indicando con ello la relación entre la presión y los choque partícula-superficie, llegando a la aplicación usada para la explicación del aplastamiento del camión cisterna.

Cabe mencionar que las flechas que determinan los choques de las partículas son integradas también en las partículas verdes lo cual muestra la concepción del movimiento de partículas en el estado de agregación líquido, por lo que este punto se considera un avance significativo siendo este un resultado grupal. Al comparar la evidencia esquemática grupal final con la evidencia esquemática grupal inicial se muestran cambios significativos en cuanto al cambio de ideas de los estudiantes con respecto a la explicación de la implosión del camión cisterna con respecto a la salida de vapor de agua del camión cisterna.

Sin embargo los estudiantes mantienen juntamente modelos iniciales con respecto a la contracción o expansión de las partículas, en este caso con mayor tamaño en el estado líquido y con menor tamaño en las partículas de aire en el exterior del camión. En este punto es posible tomar en cuenta alternativas en cuanto a los simuladores, los cuales especifiquen el cambio de agregación con respecto a la interacción de las partículas.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

La enseñanza de la química ha atravesado distintas etapas en su formulación entorno a sus finalidades, contenidos y métodos didácticos llevando a cabo modificaciones a lo largo de los años. El exceso de temas en el programa junto con la forma tradicional de enseñanza centrada en los contenidos y no en el proceso de aprendizaje, se continua en diversas instituciones educativas, sin ser adecuada con respecto a la visión de la enseñanza del siglo XXI.

Diversos autores han expuesto que la incorporación de la indagación en la enseñanza de la ciencia ha tenido buenos resultados en el aprendizaje de los estudiantes, siendo aplicada por diversas instituciones en todos los niveles educativos, debido a que acercan de una forma más vívida al estudiante en la comprensión de cómo se avanza la ciencia y la forma de trabajar de un científico, experimentando, por ejemplo, aspectos del trabajo de modelización en la construcción de la ciencia. Sin embargo, el proceso de indagación en la enseñanza de la ciencia conlleva tiempo y esfuerzo por parte del profesor, tiempo extra que muchas veces no se está dispuesto a invertir debido a la presión constante para la revisión de todos los contenidos del programa de estudios en el aula, profundizando poco en cada uno de ellos.

Por otra parte, la falta de relación de los contenidos con un contexto adecuado ha traído el rechazo de muchos estudiantes a la ciencia en general entre otras cosas. El presente trabajo abordó la enseñanza de la ciencia desde un enfoque distinto, mediante la adaptación de la metodología de Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia, misma que como su nombre lo indica es ambiciosa en el sentido de promover en el estudiante no solo la retención del conocimiento sino la promoción de habilidades científicas como la modelización, usando el conocimiento adquirido para ir un paso más allá, es decir, la aplicación de este conocimiento para dar una explicación a un fenómeno real y complejo.

Adaptar la metodología original de 29 horas en el aula a un tiempo de 12 horas, no fue una tarea fácil. La dificultad radica no solo en la disminución del tiempo de la metodología original, sino también en la identificación y selección de las actividades que permitieran a estudiantes de primer semestre del CCH desarrollar una explicación causal de un fenómeno complejo. En este mismo sentido nos encontrábamos con el impedimento de la implementación de una secuencia didáctica centrada en el proceso insertada en un programa de estudios (CCH, 2016), centrado en el contenido. Mediante los resultados y su posterior análisis se puede concluir lo siguiente:

- ⇒ La articulación de las actividades propuestas en el desarrollo y secuenciación de la SD adaptada de la metodología EAC, mostró buenos resultados en el uso y aplicación de las ideas clave para el desarrollo de las explicaciones causales escritas y pictóricas en la explicación del fenómeno problema-ancla en alumnos del CCH.
- ⇒ La simulación colocada en la cuarta sesión, posterior a la reflexión en plenaria de la sesión 3, es un aspecto fundamental, mismo que coadyuva de manera efectiva al hacer visible las partícula, así como las relaciones de presión-temperatura en el nivel nanoscópico.
- ⇒ El enriquecimiento del contexto del fenómeno-problema ancla, junto con el rol asignado a los estudiantes como investigadores, fue un aspecto importante manteniendo con ello la motivación e involucramiento de los estudiantes durante el desarrollo de todas las sesiones en el aula.

- ⇒ El periodo de tiempo de reflexión, tanto en la primer sesión, tercer sesión y cuarta sesión en el aula es otro de los aspectos fundamentales, tiempo en el cual los estudiantes son presionados a relacionar la descripción macroscópica del fenómeno-problema ancla con la visión nanoscópica en búsqueda de la explicación causal que dé respuesta al fenómeno.
- ⇒ El trabajo colaborativo permitió alcanzar una mejor explicación causal cercana a la explicación causal deseada, explicación que no se muestra en las explicaciones individuales. De aquí se observa la importancia de favorecer el trabajo colaborativo en el aula.
- ⇒ La secuencia didáctica adaptada de la metodología de la Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia original, permitió que la muestra de estudiantes (5 estudiantes) de primer semestre del CCH lograra aplicar el conocimiento adquirido, desarrollando con ello una explicación causal de un fenómeno complejo y real, alcanzando con ello un nivel cognitivo 3 (aplicación) de aplicación de acuerdo con la taxonomía de Bloom, sobrepasando incluso el nivel propuesto por el programa de estudios el cual es un nivel cognitivo 2 (comprensión).
- ⇒ Los cinco estudiantes analizados tuvieron un cambio considerable en cuanto a su motivación e involucramiento en la actividad de principio a fin, iniciando de manera desinteresada en la actividad a permanecer motivados hasta el término de la misma.
- ⇒ Los resultados de los cinco estudiantes muestran un avance homogéneo y consistente pasando del uso de una o ninguna idea clave en sus modelos iniciales, al uso de las cuatro ideas clave en la construcción de su explicación de la implosión del camión cisterna, logrando comprender el modelo cinético corpuscular y su relación con las variables temperatura y presión.
- ⇒ Los cinco estudiantes llegando a transferir el conocimiento adquirido en las cuatro fases propias de la metodología EAC.
- ⇒ El programa de estudios 2016 de Química I del CCH, dedica 3 horas para abordar el tema. La secuencia didáctica dedica 12 horas para abordar el tema coadyuvando en la promoción de habilidades de pensamiento científico como el modelado, permitiendo a los estudiantes su primer acercamiento en la construcción de modelos apoyando al perfil de egreso y las habilidades a desarrollar en los estudiantes descritas en el programa de estudios. Cabe señalar que, considerando la problemática de utilizar 12 horas para abordar los primeros temas del programa de estudios, se considera su reducción a 6 horas manteniendo la sesión 1, sesión 3 y sesión 4, no dejando de realizar la reflexión en plenaria junto con la realimentación de las explicaciones causales pictóricas grupales, actividad realizada entre los estudiantes. Así mismo, debe de tomarse en cuenta la interacción de los estudiantes con el modelo de simulación de partículas. Con respecto a la sesión 2, en cuanto a la experimentación, se propone realizar una experiencia de cátedra por parte del profesor pasando de manera directa a la reflexión en plenaria del resultado del aplastamiento de la lata.
- ⇒ A pesar de las dificultades acerca de la aplicación de una estrategia didáctica centrada en el proceso de aprendizaje y no en el contenido, este no fue impedimento para alcanzar el objetivo de esta tesis, al contrario se observa una mejoría tanto en aspectos no cognitivos (motivación) como en aspectos disciplinares mismo que fue corroborado en la evaluación del aprendizaje a mediano plazo.

- ⇒ La metodología es innovadora de la descripción en el nivel macroscópico a la explicación en el nivel nanoscópico dentro de un contexto real y complejo.
- ⇒ Al ser la modelización una habilidad de pensamiento científico general en el avance de la ciencia, es probable que la secuencia didáctica presentada en este trabajo de tesis pudiera ser aplicada en cualquier asignatura científica y en cualquier nivel educativo.
- ⇒ Los estudiantes, solamente dentro del trabajo colaborativo, alcanzan a visualizar el cambio de fase de gas a líquido, incorporando el movimiento de partículas en la fase líquida. Cabe señalar que a pesar de utilizar un simulador específico para el sistema gaseoso, los estudiantes logran percibir la fase líquida plasmada en la explicación causal final (colaborativo). Si se considera y se cuenta con el tiempo disponible, es posible trabajar con un simulador alterno que trabaje cambios de fase.
- ⇒ Para la evaluación a mediano plazo se observa que se conserva el aprendizaje en cuanto al uso y aplicación de la presión y temperatura relacionada con las partículas y su movimiento lo cual podemos inferir en principio que los estudiantes (no todos) se encuentren listos para los siguientes aprendizajes y la comprensión de los tres estados de agregación de la materia, así como aprendizajes y temas como el ciclo del agua.
- ⇒ Se logra poner en español una metodología que se encuentra en inglés para su consulta y uso en el CCH.

Recomendaciones:

- ⇒ Realizar la evaluación de diferentes simuladores educativos gratuitos en la red que permitan mejorar en la percepción de los cambios de agregación, para ser integrado dentro de la Fase 4 de la sesión 4 de la metodología (EAC).
- ⇒ Mejorar las indicaciones para el desarrollo de las realimentaciones grupales con las notas autoadhesivas, a las explicaciones causales pictóricas iniciales en trabajo colaborativo dentro de la Fase 3 de la sesión 3 en las notas autoadhesivas.
- ⇒ Se recomienda ampliar la investigación, considerando los resultados del grupo completo (25 estudiantes), así como la implementación en diferentes niveles de escolaridad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduriz, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación química*, 23 (2), 248-256.
- Ambition Science Teaching. (2014). *Collaborative Tool: Planning for Engagement with Big Science Ideas*. Recuperado de <https://ambitioussciencelearning.org/wpcontent/uploads/2014/08/Practice-Tool-Planning-for-Engagement.pdf>
- Ambition Science Teaching. (2020). Tools for Ambition Science Teaching. Washington, EU: *Tools for Ambitious Science Teaching What is Ambitious Teaching?*. Recuperado de <https://ambitioussciencelearning.org/>
- Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (2), 286–299.
- Atkins, P. (2010). Chemistry's Core Ideas. *Chem. Educ. N.Z.*, No. August, 8–12.
- Bagur, A. (2011). Matemáticas para todos. *Revista Educación y Desarrollo*, 12 (106), 1-4.
- Banko, W., Grant, M., Jabot, M., McCormack, A., y O'Brien, T. (2013). *Science for the Next Generation*. National Science Teacher Association.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*, 15 (3), pp. 210-217.
- Buck, L., Bretz, S., y Towns, M. (2008). Characterizing the level of inquiry in the Undergraduate Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Caamaño, A., y Oñorbe, A. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 41, pp. 68-81.
- Casadei, L., Ávila, M., Chourio, E., y Álvarez, Z. (2008). La simulación como herramienta de aprendizaje en física. *Actualidades Investigativas En Educación*, 8(2), 1-27.
- CCH (2016) *Plan y programas de estudio del CCH*, UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, México.
- Children's Learning in Science. Project CLIS. (1987) *CLIS in the classroom. Approaches to teaching*. Leeds, UK. University of Leeds. Centre for Studies in Science and Mathematics Education
- Declaración de Budapest (1999). Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. Unesco-ICSU. Recuperado el 22 de octubre de 2020, de: http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm
- De Vos, W., & Verdonk, A. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 657-664.
- Díaz, J., (2019). Aplicación PhET: estrategia de enseñanza-aprendizaje de fracciones equivalentes. *Revista Criterios*, 23(1), 99-111.

- Drissistg. (2010). Implosión de un vagón cisterna [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=Hw2p1BilH68>
- Driver, R., (1987). Approaches to teaching the particulate theory of matter, West Yorkshire, Inglaterra: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Erceg, N., Aviani, I., Mešić, V., Glunčić, M., y Žauhar, G. (2016). Development of the kinetic molecular theory of gases concept inventory: Preliminary results on university students' misconceptions. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2).
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las ciencias*, 28(3), 315-326.
- Gilbert, J., & Boulter, C. (2000). Developing models in science education. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, S., & Ireton, S. (2003). Understanding models in earth and space science. Arlington, VA: NSTA Press.
- Gilbert, S. (2011). *Models-based science teaching*. Arlington, Ed. NSTA Press.
- Gillespie, R. J. (1997). The Great Ideas of Chemistry. *J. Chem. Educ*, 74, 862–864.
- Gobert, D., & Buckley, B. (2000). Introduction to models based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 891–894.
- Gonzalez, H., Gomez, U., & Valiente, I. (2004). Didáctica como ciencia: una necesidad de la educación superior en nuestros tiempos. *Praxis Educativa*, 8, 18-23.
- Harrison, A. & Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Haysom, J. y Bowen, M. (2010). *Predict, Observe, Explain. Activities Enhancing Scientific Understanding*. Arlington, Va: NSTA press.
- Izquierdo, M. (2006). La educación química frente a los retos del tercer milenio. *Educación Química*, 17(4), 286-299.
- Izquierdo, A. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92, 115-136.
- Izquierdo, M., y Marzábal, A. (2017) Análisis de las estructuras textuales de los textos escolares de química en relación a su función docente. *Enseñanza de las Ciencias*, 35 (1), 111-132.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(4), 271–283.
- Jackson, J., L. Dukerich, and D. Hestenes. 2008. Modeling instruction: An effective model for science education. *Science Educator*, 17 (1), 10–17.

- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias*. México, D.F.: UNAM, Facultad de Química.
- Iiyoshi, T., Hannafin, M., & Wang, F. (2005). Cognitive tools and student-centred learning: Rethinking tools, functions and applications. *Computers & Education*, 42(4), 281–296.
- López, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias.*, 1(2), pp. 70-86.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry, *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- McConney, A., Oliver, M., Woods, A., Schibeci R., y Maor, D. (2014). Inquiry, Engagement, and Literacy in Science: A Retrospective, Cross-National Analysis Using PISA 2006. *Science Education* 98(6), 963-980.
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
- National Research Council. (2015). Guide to implementing the next generation science standards. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nebot, M., y Márquez, C. (2019). El modelo cinético-corpúscular y las prácticas científicas: una propuesta basada en la dilatación térmica. *Ápice. Revista De Educación Científica*, 3(2), pp. 21-35.
- Niaz, M. (2000). A rational reconstruction of the kinetic molecular theory of gases based on history and philosophy of science and its implications for chemistry textbooks. *Instructional Science*, 28(1), 23–50.
- Nussbaum, J. (1985). The Particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase. En Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. *Children's Ideas in Science* (124-145). Gran Bretaña: British Library.
- Nussbaum, J. y Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: towards a principled teaching strategy, *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Ortega, M. (2001). Sistemas de interacción persona-computador. Castilla-La Mancha: Ediciones de la Universidad Castilla-La Mancha.
- Parfanes, O. (2012). Developing Explanations and Developing Understanding: Students Explain the Phases of the Moon Using Visual Representations. *Cognition and Instruction*, 30 (4), 359-403.
- Penuel, W., y Bell, P. (2016). Qualities of a good anchor phenomenon for a coherent sequence of science lessons. Recuperado de <http://stemteachingtools.org/assets/landscapes/STEM-Teaching-Tool-28-Qualities-of-Anchor-Phenomena.pdf>
- PHET interactive simulations. (2020). Gases:intro. Colorado, EU.: Recuperado de <https://github.com/phetsims/gas-properties/blob/master/doc/model.md>
- Robertson, A., y Shaffer, P. (2013). University student and K-12 teacher reasoning about the basic tenets of kinetic-molecular theory, Part I: Volume of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 81(4), 303-312.
- Rueda, J. (2007). La tecnología en la sociedad del siglo XXI: albores de una nueva revolución industrial. *Aposta. Revista de Ciencias Sociales*, 32, 1-28.

- Talanquer, V. (2017). Enseñanza Ambiciosa de la Ciencia. Presentación en diapositivas, México D.F.
- Talanquer, V. (2016). Central Ideas in Chemistry: An Alternative Perspective. *Journal of Chemical Education*, 93, 3-8.
- Trinidad-Velasco, R., y Garritz, R. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia, *Educación química*, 14(2), 72-85.
- Wang, T., & Tseng, Y. (2018). The comparative effectiveness of physical, virtual, and virtual-physical manipulatives on third-grade students' science achievement and conceptual understanding of evaporation and condensation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 203–219.
- Wilson, A. (2016). Computer simulations and inquiry-based activities in an 8th grade earth science classroom (Unpublished master's dissertation) Minnesota, USA: St. Cloud State University.
- Yaumi, M., Sutopo., Zulaikah, S., y Sulur. (2020). Improving students conceptual understanding on kinetic theory of gas through modeling instruction. *The 3rd International Conference on Mathematics and Sciences Education (ICoMSE)*.

ANEXO 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR “EL ENIGMA DE SIBERIA” PROTOCOLO DE ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Instrucciones:

Realiza el llenado del siguiente formato conforme a las indicaciones en cada uno de los apartados.

Material de laboratorio que usaremos, explicando para que se va a utilizar.

Sustancias que voy a utilizar:

Experimento: Modificar la temperatura interna del agua al interior de la lata.

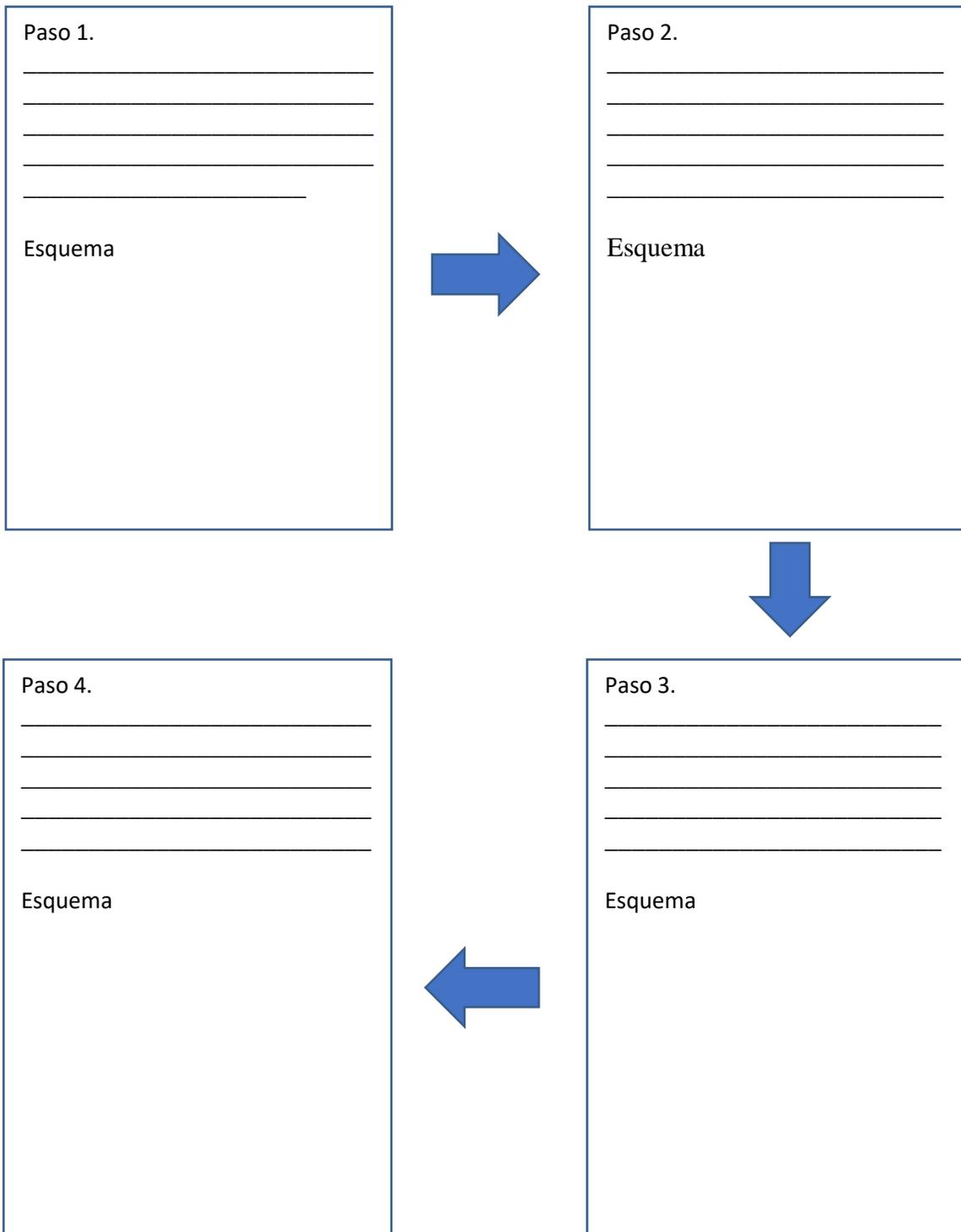
¿Qué efecto tiene el aumentar la temperatura del agua al interior del camión cisterna?

Para dar respuesta a esta pregunta, deben plantear una inferencia, la cual es una “posible” respuesta a la pregunta con base a sus conocimientos escolares que han adquirido hasta ahora, Sí..... entonces

Inferencia

Una vez redactada tu inferencia realiza el procedimiento que se llevará a cabo, describiendo paso por paso lo que se va a realizar y haciendo esquemas. El profesor te indicará la temperatura del agua que deberán alcanzar durante el desarrollo del experimento.

Temperatura del agua en °C propuesta por el profesor =



Ya que se tiene el esquema que deben de seguir, deben llevarlo a la práctica, por lo cual se sugiere que sea en un lugar ventilado y con las medidas de seguridad adecuadas.

Realizar la parte procedimental. Para esta sección es importante contar con las evidencias en forma de **fotografías y videos**. Además de anotar las **observaciones** que nos den evidencia de que estamos contestando la pregunta del experimento 2.

¿Listos? ¡¡¡FUERA!!! Realizar la parte procedimental. Para esta sección es importante contar con las evidencias en forma de **fotografías y videos**. Además de anotar las **observaciones** que nos den evidencia de que estamos contestando la pregunta del experimento 2.

Observaciones escritas:



Comparación fotográfica

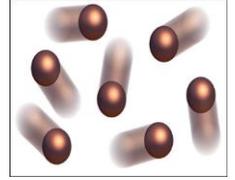
Referencia 25 °C	Propuesta experimental
------------------	------------------------

Cuestionario por equipo.

1. ¿Cuál es el efecto en las partículas al modificar la temperatura del agua al interior de la lata?
2. Al modificar la temperatura del agua, ¿consideras que existe un cambio en la presión interna de la lata? ¿Por qué?
3. Sugiere 3 nuevas ideas de la información obtenida en la experimentación, que te ayuden a seguir construyendo tu explicación del aplastamiento del camión cisterna.

ANEXO 2

Evaluación del modelo cinético corpuscular de la materia Protocolo del simulador de partículas PHET.



NO MIBRE DEL ALUMNO: _____

SIMULADOR DE PARTÍCULAS

Instrucciones: Para el desarrollo de la siguiente actividad cuentas con 45 min. Al término de ese tiempo el profesor revisará que todos los incisos estén contestados.

1.- Con el propósito de que te familiarices con el simulador y sus correspondientes variables, de manera libre realiza cambios en la temperatura, volumen y cantidad de partículas (5 min). Así mismo, identifica de manera visual el manómetro y el cambio en la lectura al realizar modificaciones en las variables antes mencionadas.

CAMBIOS EN LA ENERGÍA DEL SISTEMA

2.- Manteniendo el volumen constante, acciona una vez la bomba con las partículas ligeras disminuyendo la temperatura a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Describe con tus palabras cómo es el movimiento de las partículas, así como la distancia entre las partículas.

3.- Contesta la siguiente pregunta. ¿Las partículas se dispersan en todo el área del recipiente o permanece todas juntas en un área específica dentro del recipiente?. Describe en qué se parece o se diferencia de tu modelo.

4.- Identifica si las partículas aumentan o disminuyen su tamaño al variar la temperatura. Describe en qué se parece o se diferencia de tu modelo.

5.- A continuación aumenta la energía del sistema hasta la lectura en el termómetro de 100 °C. Describe con tus palabras cómo es el movimiento de las partículas, así como la interacción entre las partículas.

CAMBIOS EN LA PRESIÓN DEL SISTEMA

6.- Manteniendo el volumen y temperatura constantes, acciona 3 veces la bomba con las partículas ligeras y escribe los cambios en la lectura del manómetro. Explica a nivel de partículas la razón del cambio en la lectura del manómetro.

Lectura en el manómetro:

Inicio Cambio en la lectura al accionar 3 veces la bomba:

Explicación:

7.- Identifica todas las variables que modifican la lectura de presión en el manómetro y explica la relación que tienen a nivel de partículas cada una de ellas con respecto a la presión.

Variables que modifican la presión en el sistema

8.- A continuación identifica cómo se relaciona la temperatura con la presión en el sistema. Manteniendo el volumen constante, acciona la bomba 3 veces. A continuación inicia con 0 °C y registra la lectura en el manómetro. A continuación aumenta la energía en el sistema hasta 300 °C. Observa con atención



la variación en la lectura del manómetro. ¿Aumenta o disminuye?. Explica a nivel de partículas la relación entre estas dos variables.

Lectura en el manómetro:

Inicio

Cambio en la lectura al aumentar la energía en el sistema

Explicación:

9.- A continuación identifica cómo se relaciona el volumen del sistema con la presión. Manteniendo la temperatura constante en 20 °C, acciona la bomba 3 veces. A continuación inicia con 15 nm de largo del recipiente y registra la lectura en el manómetro. Posteriormente disminuye el volumen del recipiente hasta 5 nm de largo. Observa con atención la variación en la lectura del manómetro. ¿Aumenta o disminuye?. Explica en el nivel de partículas la relación entre estas dos variables.

Lectura en el manómetro:

Inicio

Cambio en la lectura al disminuir el volumen del recipiente

Explicación:

10.- Describe cómo se modifica la distancia entre las partículas al disminuir el volumen del recipiente. ¿Existe mayor o menor interacción entre las partículas? Explica.

11.- Manteniendo la tapa del recipiente abierta, acciona la bomba 3 veces y registra la lectura en el manómetro. Observa con atención cómo varía la lectura del manómetro. ¿Cómo es el cambio de la presión al dejar la tapa abierta con respecto a la presión del recipiente con la tapa cerrada?. Desarrolla una explicación de la pregunta anterior tomando en cuenta el nivel nanoscópico (partículas).



Lectura en el manómetro:

Inicio

Final

Explicación:

12.- ¿El uso del simulador aportó nuevas ideas para enriquecer tu modelo?. Escríbelas.

Ideas nuevas que enriquecen mi modelo



ANEXO 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
EL ENIGMA DE SIBERIA

ELABORÓ: Q. ALEJANDRO LÓPEZ ALVAREZ

NOMBRE DEL ALUMNO: _____

Instrucciones: En el siguiente cuadro, elabora la explicación causal escrita dando respuesta a la pregunta detonadora que se te presentó al inicio de la SD.

¿Qué provocó el aplastamiento del camión

ANEXO 4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO EL ENIGMA DE SIBERIA

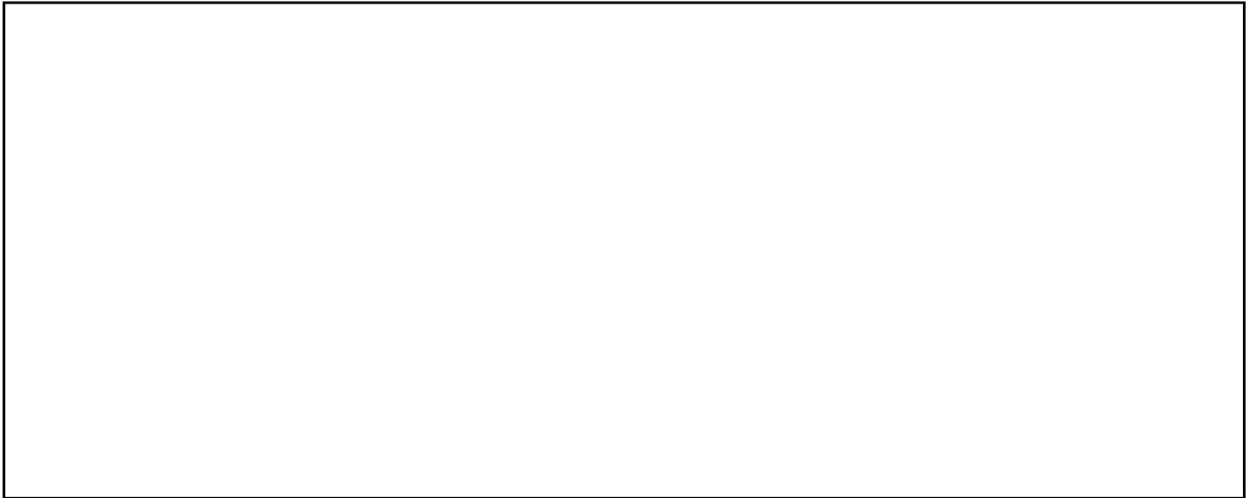
ELABORÓ: Q. ALEJANDRO LÓPEZ ALVAREZ

NOMBRE DEL ALUMNO: _____

Instrucciones: En el siguiente cuadro, elabora la explicación causal pictórica (modelo) del camión cisterna antes de ser lavado por el personal de limpieza

En el siguiente cuadro, elabora la explicación causal pictórica (modelo) del camión cisterna durante el lavado por el personal de limpieza.

En el siguiente cuadro, elabora la explicación causal pictórica (modelo) del camión cisterna después del lavado por el personal de limpieza.





ANEXO 5
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PRUEBA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE A MEDIANO PLAZO
EXPLICACIÓN CAUSAL PICTÓRICA

Elaboró: Q. Alejandro López Alvarez

Evaluación de la Estrategia Didáctica
“El enigma de Siberia”

Nombre: _____

Instrucciones:

- 1.- Pon atención a los dos fenómenos que te presenta tu profesor.
- 2.- Desarrolla una explicación causal pictórica del movimiento e interacción de las partículas al interior del matraz y el globo con respecto a la expansión y contracción por efecto del aumento y disminución de la temperatura.

--	--

Expansión del globo

Contracción del globo



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PRUEBA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE A MEDIANO PLAZO
EXPLICACIÓN CAUSAL ESCRITA

Elaboró: Q. Alejandro López Álvarez

Evaluación de la Estrategia Didáctica
“El enigma de Siberia”

Nombre: _____

Instrucciones:

- 1.- Pon atención a los dos fenómenos que te presenta tu profesor.
- 2.- Desarrolla una explicación causal pictórica del movimiento e interacción de las partículas al interior del matraz y el globo con respecto a la expansión y contracción por efecto del aumento y disminución de la temperatura.

Expansión del globo

Contracción del globo
