



SECRETARÍA ACADÉMICA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO

*Estrategia didáctica para transformar los Modelos Explicativos Iniciales de los
estudiantes de secundaria en torno a los estados de la materia*

Tesis que para obtener el Grado de
Maestría en Desarrollo Educativo
Presenta

Lic. Luz María Luna Martínez

Directora de Tesis

Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda

Para la elaboración de esta tesis se contó con el apoyo de una beca de la
Coordinación Sectorial de Educación Secundaria
de la Secretaría de Educación Pública (SEP)

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de Guadalupe, gracias, por permitirme alcanzar este gran logro personal y profesional.

A mi amada mamacita Ricardita y mi amado papacito Rubencito por quienes estoy aquí y a quienes en vida les exprese mi agradecimiento por su gran amor, dedicación, entrega y apoyo incondicional. Hoy, por siempre y para siempre, gracias eternas a mis ángeles guardianes.

A mis queridas hermanas, hermanos, sobrinos y sobrinas, gracias por siempre estar para mí, con su cariño, paciencia, motivación y mucho ánimo.

A la Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda, mi directora de tesis, quien es un gran ser humano y una gran profesionista muy dedicada a su trabajo y a sus alumnos y a quien no tengo como agradecerle por haber retomado mi tesis de Maestría hasta concluirla y por todas sus valiosas e invaluable enseñanzas, gracias infinitas por TODO su apoyo.

A la Dra. Carla Hernández Silva, a la Dra. Dulce María López Valentín, a la Dra. Flor de María Reyes Cárdenas y a la Dra. María del Carmen Urzúa Hernández, mis estimadas lectoras de tesis, muchas gracias por su paciencia y su sabiduría en sus valiosas sugerencias y aportaciones.

A todas y todos los docentes de la Maestría en Desarrollo Educativo con línea de Educación en Ciencias de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) plantel Ajusco, quienes siempre van a representar una parte muy importante en mi formación como docente, muchas gracias por sus enseñanzas personales y profesionales.

A la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) plantel Ajusco por haberme cobijado durante el tiempo que estudié la Maestría en Desarrollo Educativo con línea de Educación en Ciencias y para la realización de la presente tesis, mil gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. CONSTRUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Construcción del problema en torno al aprendizaje de los estados de la materia desde tres perspectivas.....	4
1.1.1 Desde la perspectiva de la literatura especializada.....	4
1.1.2 Desde la perspectiva curricular.....	14
1.1.2.1 Desde los Planes y Programas de Estudio de la SEP 2008 y del libro de texto, para la asignatura de Ciencias Naturales.....	14
1.1.2.2 Desde los Planes y Programas de la SEP 2011 para la asignatura de física	16
1.1.3 Desde la realidad del aula	18
1.2 Preguntas de investigación.....	19
1.3 Justificación.....	20
CAPÍTULO 2. REFERENTES TEÓRICO-METODOLÓGICO	21
2.1 Referentes de la didáctica de las ciencias.....	21
2.1.1 El Constructivismo: una visión sobre las ciencias.....	22
2.1.2 La perspectiva de los modelos en la enseñanza de las ciencias.....	23
2.1.2.1 El Modelo Científico Escolar de Arribo de López-Mota y Rodríguez-Pineda.....	26
2.1.3 Las estrategias didácticas en el campo de educación en ciencias.....	27
2.1.3.1 La perspectiva metodológica de Neus Sanmartí.....	29
2.2. Referentes Disciplinarios	32
2.2.1. Los estados de la materia: un poco de historia.....	32
2.2.2. El Modelo Cinético de Partículas	40
2.2.2.1 Para los gases.....	40
2.2.2.2 Para los sólidos y líquidos.....	42
2.2.2.3 Premisas del modelo cinético- molecular.....	44
CAPÍTULO 3. RUTA METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.1 Objetivos.....	46
3.2 Diseño metodológico.....	47
3.2.1 Instrumentos de recolección de datos.....	47
3.2.2 Participantes.....	47
3.2.3 Fases de la investigación.....	48

CAPITULO 4. MODELOS EXPLICATIVOS INFERIDOS DE LA LITERATURA ACERCA DE LOS ESTADOS DE LA MATERIA.....	52
4.1 Modelo Explicativo Inicial (MEI) del alumnado, inferido de la literatura y del currículo de primaria: un modelo macroscópico.....	52
4.2 El Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA): un modelo macro y micro.....	53
CAPITULO 5. ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA GUIAR LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CINÉTICO DE PARTICULAS.....	56
5.1 El Mapa de Diseño Curricular del Modelo Cinético de Partículas como MCEA.....	56
5.2 Estructura de la Estrategia Didáctica (ED) para construir el modelo Cinético de Partículas.....	58
5.3 Descripción de las actividades de la Estrategia Didáctica (ED)	60
5.3.1 Las actividades de exploración inicial.....	60
5.3.2 Las actividades de introducción de nuevos puntos de vista.....	62
5.3.3 Las actividades de síntesis.....	66
5.3.4 Las actividades de aplicación y generalización.....	67
CAPÍTULO 6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
6.1 Los Modelos Explicativos Iniciales (MEI) de los estudiantes de secundaria en torno a los estados de la materia	69
6.2 Validación empírica del MEI del alumnado inferido a partir de la literatura especializada y del currículo de primaria en torno a los estados de la materia	75
6.3 Construcción del Modelo Cinético de Partículas por parte el alumnado de secundaria.....	77
6.3.1 Actividades de introducción de nuevos puntos de vista.....	78
6.3.1.1 <i>¿Por qué se utilizan los modelos en la ciencia?</i>	78
6.3.1.2 <i>¿Cómo se encuentra conformada la materia en su interior de los estados sólido, líquido y gaseoso?</i>	88
6.3.1.3 <i>¿Qué propiedades tiene la entidad “partícula” según el Modelo Cinético de Partículas?</i>	98
6.3.1.4 <i>¿Cuáles son las relaciones que tiene la entidad “partícula” según el ¿Modelo Cinético de Partículas?</i>	103
6.3.2 Actividad síntesis.....	108
6.3.2.1 <i>Construyendo mi modelo microscópico de los estados de la materia</i>	108
6.3.3 Actividades de aplicación y generalización	110
6.3.3.1 <i>¿Cómo se encuentran las partículas en el agua de limón y luego, cuando se vuelve helado?</i>	110
6.3.3.2 <i>¿Por qué percibo el aroma a rosas de la veladora?</i>	115
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126

ANEXOS

Anexo 1 Cuestionario Empírico Exploratorio “Cómo me imagino a la mantequilla y otros materiales en los estados sólido, líquido y gaseoso?	134
Anexo 2 Cuadro para que los estudiantes clasifiquen los materiales proporcionados de acuerdo a sus características macroscópicas	135
Anexo 3 Lectura: Los modelos en la Ciencia.....	136
Anexo 4 Construcción de un mapa mental acerca de la palabra “modelo” en las ciencias.....	138
Anexo 5 Hoja para que construya un modelo de manera individual	139
Anexo 6 Ilustraciones para recortar materiales, así como su conformación de partículas en sus diferentes estados.....	140
Anexo 7 Artículo científico: Sobre el quinto estado de agregación.....	141
Anexo 8 Hoja recortable acerca de los estados de la materia y de los nuevos conocimientos aportados.....	143
Anexo 9 Hoja para que construya un modelo de manera individual acerca del Modelo Cinético de Partículas.....	144
Anexo 10 Lectura: Modelo Cinético de Partículas.....	145
Anexo 11 Hoja impresa recortable.....	147
Anexo 12 Hoja impresa dibujo y argumento sobre el Modelo Cinético de Partículas.....	148
Anexo 13 Actividad experimental: ¿Será agua de limón?	149
Anexo 14 Actividad experimental: Vela aromática	151

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Algunas ideas explicativas de los estudiantes acerca de los estados de la materia en términos macroscópicos y microscópicos encontrados en la literatura especializada.....	7
Cuadro 2. Características de los estados físicos y sus cambios según los Planes y Programas 2008 de Educación Primaria de Ciencias Naturales de cuarto grado de primaria....	15
Cuadro 3. Aprendizajes esperados y contenidos de los temas 1 y 2, relacionado con los estados de la materia en los Planes y Programas 2011 de Educación Secundaria en la asignatura de Ciencias II.....	17
Cuadro 4. Estructura general de la estrategia didáctica sobre los estados de la materia.....	58
Cuadro 5. Estructura General de la ED: actividades y materiales.....	59
Cuadro 6. Actividad de exploración inicial.....	61
Cuadro 7. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 1.....	62
Cuadro 8. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 2.....	63
Cuadro 9. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 3.....	64
Cuadro 10. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4.....	65
Cuadro 11. Actividad de síntesis.....	66
Cuadro 12. Actividad de aplicación y generalización 1.....	67
Cuadro 13. Actividad de aplicación y generalización 2.....	68
Cuadro 14. Descripción de algunos ejemplos de los tres Modelos Explicativos Iniciales (m0, m1, m2 y m3) y su explicación, detectados en los estudiantes de secundaria, con respecto a los estados de la materia.....	71
Cuadro 15. Ejemplos de algunas representaciones sobre la idea de 'modelo'.....	84
Cuadro 16. Descripción de algunos cambios mostrados en los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes de secundaria sobre los estados de la materia.....	91

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos detectados en la validación empírica del MEI.....	76
Tabla 2. Tipos de respuestas del alumnado y frecuencia de las mismas sobre la idea de Modelo.....	78
Tabla 3. Ejemplos de ideas relacionadas con la palabra modelo	79
Tabla 4. Ejemplos de algunas palabras relacionadas con la idea de modelo en ciencias	81
Tabla 5. Relación de las respuestas del alumnado con la palabra modelo	82
Tabla 6. Palabras y dibujos con los que los alumnos relacionan el concepto de “modelo en ciencias”.....	83
Tabla 7. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 2.....	90
Tabla 8. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 3.....	99
Tabla 9. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 4.....	107
Tabla 10. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad de aplicación y generalización 1.....	114
Tabla 11. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos al finalizar la implementación de la Estrategia Didáctica	116
Tabla 12. Comparación entre los modelos explicativos a lo largo de la estrategia didáctica implementada.....	120

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de la explicación del alumnado sobre los estados de la materia.....	18
Figura 2. Interacciones que se promueven al realizar las actividades dentro de una Unidad Didáctica.....	30
Figura 3. Esquema en el que se resumen los tipos de actividades en función de sus niveles de abstracción y de complejidad según Neus Sanmartí (2002).....	32
Figura 4. Línea del tiempo en la que se resume la historia acerca de la conceptualización de los estados de la materia.....	33
Figura 5. Distribución de los átomos en los estados de la materia.....	44
Figura 6. Diagrama del diseño metodológico.....	49
Figura 7. Modelo Explicativo Inicial “Modelo Macroscópico”.....	53
Figura 8. Modelo Científico Escolar de Arribo “Modelo Macroscópico” y “Modelo Microscópico”.....	54
Figura 9. Mapa de Diseño Curricular de la Estrategia Didáctica del Modelo Cinético de Partículas.....	57
Figura 10. MODELO 1 -Primera Representación-.....	95
Figura 11. MODELO 2 –Primera Representación-.....	96
Figura 12. MODELO 3 –Primera Representación-.....	97
Figura 13. MODELO 1 -Segunda representación-.....	100
Figura 14. MODELO 2 -Segunda representación-.....	101
Figura 15. MODELO 3 -Segunda representación-.....	102
Figura 16. MODELO 1 -Tercera representación-.....	104
Figura 17. MODELO 2 -Tercera representación-.....	105
Figura 18. MODELO 3 -Tercera representación-.....	106
Figura 19. MODELO 1 -Cuarta representación-.....	112
Figura 20. MODELO 2 -Cuarta representación-.....	113
Figura 21. MODELO 3 -Cuarta representación-.....	114

VII.

Figura 22. MODELO 1 -Quinta representación-.....	118
Figura 23. MODELO 2 -Quinta representación-.....	118
Figura 24. MODELO 3 -Quinta representación-.....	119

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos detectados.....	77
Gráfica 2. Porcentaje de los tipos de respuestas del alumnado sobre la idea de Modelo.....	78
Gráfica 3. Porcentaje de los tipos de cosas asociadas con la palabra modelo	79
Gráfica 4. Ideas asociadas por los estudiantes con los modelos en ciencias	81
Gráfica 5. Relación de las respuestas del alumnado con la palabra	82
Gráfica 6. Distribución de palabras y dibujos con los que los alumnos relacionan el concepto de “modelo”	84
Gráfica 7. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 2.....	91
Gráfica 8. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 3.....	99
Gráfica 9. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 4.....	108
Gráfica 10. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad de aplicación y generalización 1.....	115
Gráfica 11. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos al finalizar la implementación de la Estrategia Didáctica	117

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Trabajo de los estudiantes en introducción de nuevos puntos de vista 1.....	80
Imagen 2. Trabajo de los estudiantes en la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 2.....	89
Imagen 3. Observación de los estudiantes en la secundaria del simulador.....	89
Imagen 4. Lectura y elaboración de los modelos de los estudiantes en la secundaria.....	90
Imagen 5. Trabajo de los estudiantes en introducción de nuevos puntos de vista 3.....	98
Imagen 6. Trabajo de los estudiantes en introducción de nuevos puntos de vista 4.....	103
Imagen 7. Trabajo de los estudiantes en actividad de síntesis.....	109
Imagen 8. Exposición de los estudiantes en actividad de síntesis.....	109
Imagen 9. Trabajo de los estudiantes en actividad de aplicación y generalización 1.....	110
Imagen 10. Estudiantes manipulando los materiales para realizar helado de limón.....	111
Imagen 11. Ejemplos de trabajos realizados por los estudiantes de secundaria en la actividad de aplicación y generalización 2.....	116

INTRODUCCIÓN

Producto de la investigación realizada, en esta tesis se presentan los Modelos Explicativos Iniciales empíricos acerca de los estados de la materia de 98 estudiantes de una escuela secundaria general de la Ciudad de México y su transformación a lo largo de una estrategia didáctica centrada en la visión de modelos.

Son diversos los autores que han intentado explicar en qué consiste la visión de los modelos, ya sea en términos generales (Justi y Gilbert, 2002a; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009) o ante dominios curriculares concretos, como en la física (Schwarz, 2002) o en la química (Kozma y Russell, 2005; Giomini, Marrosu y Cardellini, 2006; Justi, 2009; Aragón, 2012).

Los estudios anteriores se refieren a la ciencia como un proceso de construcción de modelos, no como una etapa auxiliar sino como un aspecto fundamental en el proceso dinámico y, no lineal de construcción del conocimiento científico (Del Re, 2000; Giere, 1999).

A continuación, se describen los apartados por los que se encuentra conformada la presente tesis:

En el Capítulo 1. Construcción y planteamiento del problema, se presenta la construcción del problema en torno al aprendizaje de los estados de la materia desde tres perspectivas: la de la literatura especializada, la curricular -a partir de los Planes y Programas de Estudio de SEP (2008) y del libro de texto de primaria, para la asignatura de Ciencias Naturales y de los Planes y Programas de SEP (2011)

para la asignatura de la física- y, la de realidad del aula; las preguntas de investigación, el supuesto y la justificación.

En el Capítulo 2. Referentes teórico-metodológico, se desarrollan dos referentes: el de la Didáctica de las Ciencias, que se centra en el constructivismo como una visión sobre las ciencias, la perspectiva de los modelos en la enseñanza de las ciencias con el Modelo Científico Escolar de Arribo de López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) y, las estrategias didácticas en el campo de educación en ciencias con la perspectiva metodológica de Neus Sanmartí (2002). Y el segundo referente, es el disciplinar, a partir de una breve revisión histórica en torno a los estados de la materia, el Modelo Cinético de Partículas y los estados sólido, líquido y gaseoso.

En el Capítulo 3. Ruta metodológica de la investigación, se presenta el objetivo y el diseño metodológico de la investigación en el que se plantean las cinco fases que incluyeron trabajo documental, de diseño, de campo y analítico.

En el Capítulo 4. Modelos explicativos acerca de los estados de la materia, en este apartado, se presenta por un lado, el Modelo Explicativo Inicial del alumnado inferido de la literatura y del currículo de primaria, que es de tipo macroscópico y por otro lado, el Modelo Cinético de Partículas y Modelo Científico Escolar de Arribo: que es de tipo macroscópico y microscópico.

En el Capítulo 5. Estrategia didáctica para guiar la construcción del Modelo Científico Escolar de Arribo -que se fundamenta en el Modelo Científico Cinético de Partículas-, en este capítulo se plantea inicialmente el “Mapa de Diseño Curricular del Modelo Cinético de Partículas”, la estructura de la estrategia didáctica con la descripción de las actividades que la conforman: las de exploración inicial, de introducción de nuevos puntos de vista, de síntesis y las de aplicación y generalización.

En el Capítulo 6. Presentación y análisis de resultados, se pueden encontrar: los Modelos Explicativos Iniciales (MEI) de los estudiantes¹ de secundaria en torno a los estados de la materia –previo a la implementación de una Estrategia didáctica-; la validación empírica de los Modelos Explicativos Iniciales del alumnado inferido a partir de la literatura especializada y del currículo de primaria en torno a los estados de la materia y; la construcción del Modelo Cinético de Partículas por parte del alumnado a partir de las actividades, que propiciaron la incorporación de entidades, propiedades y relaciones de dicho modelo.

En el Capítulo 7. Conclusiones y consideraciones finales, se pueden encontrar las conclusiones de la presente investigación, respecto a los MEI empíricos acerca de los estados de la materia de 98 estudiantes de una escuela secundaria general de la Ciudad de México y su transformación a lo largo de una Estrategia Didáctica (ED) centrada en la visión de modelos.

¹ A lo largo del texto se utiliza el masculino "los" para referirse al plural que incluye hombres y mujeres.

CAPÍTULO 1

CONSTRUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se muestra cómo a partir de la revisión de los antecedentes de investigación en torno al aprendizaje de los estados de la materia, de la revisión del currículo de primaria y de secundaria de ciencias naturales y de elementos propios de la realidad del aula, se planteó el problema de investigación que se aborda en este apartado y que posteriormente, da lugar a las preguntas de investigación y a la justificación.

1.1. Construcción del problema en torno al aprendizaje de los estados de la materia desde tres perspectivas

Para plantear el problema de la presente investigación, en primer lugar se realizó una revisión de la literatura especializada en el campo de la investigación educativa acerca de los estados de la materia. En segundo lugar se realizó una revisión curricular de los Planes y Programas de Estudio de Primaria del 2008, emitidos por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para la asignatura de Ciencias Naturales y del libro de texto de cuarto grado de primaria y, de los Planes y Programas 2011 para la asignatura de la física de la educación secundaria y en tercer lugar, se realizó un diagnóstico desde la realidad del aula, para identificar mediante una primera aproximación las explicaciones del alumnado en torno a los estados de la materia.

1.1.1 Desde la perspectiva de la literatura especializada

Un gran número de investigaciones señalan que, uno de los problemas fundamentales para el aprendizaje de la ciencia es la existencia de concepciones alternativas en los alumnos, en relación a los conceptos académicos que se les enseñan, las cuales son muy resistentes y consecuentemente difíciles de modificar (Nussbaum y Novick, 1982; White y Gustone, 1989; Pozo y Carretero, 1992; Fetherstonhaugh y Treagust, 1992; Duit y Treagust, 2003), y se mantienen a lo largo de la vida.

Actualmente, uno de los principales problemas detectados para la enseñanza de las ciencias, es que la mayoría de profesores que imparten estas asignaturas, por lo regular, no toman en cuenta el pensamiento del alumnado como punto de partida para el aprendizaje (Driver y Easley, 1978).

Este pensamiento tiene diferentes denominaciones de acuerdo con los marcos conceptuales de los investigadores en didáctica de las ciencias, tales como: nociones, ideas previas, concepciones o creencias de los alumnos, concepciones alternativas, conceptos erróneos, errores conceptuales, preconcepciones, ciencia de los niños, creencias ingenuas, ideas erróneas, teorías culturales, modelos personales de la realidad, modelos explicativos iniciales, entre otros (Jiménez, Solano y Marín, 1994; Wandersee, Mintzes y Novak, 1994; López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013).

En las investigaciones realizadas en las últimas tres décadas, las concepciones alternativas tienen toda una serie de características especiales, que de acuerdo con Wandersee, Mintzes y Novak (1994), se puede resumir en los siguientes puntos: los estudiantes acuden a la enseñanza de las ciencias con un conjunto diverso de concepciones alternativas respecto a los hechos y objetos naturales; éstas son permeables a la edad, la capacidad, el género y las fronteras culturales de los estudiantes; son resistentes al cambio mediante estrategias de enseñanza tradicionales; guardan semejanza con explicaciones de fenómenos naturales ofrecidas por generaciones previas de científicos y filósofos; tienen su origen en un conjunto diverso de experiencias personales, incluyendo la observación directa y la percepción, así como las explicaciones de los profesores y de los materiales instruccionales; los profesores a menudo tienen las mismas concepciones alternativas que los estudiantes; las concepciones alternativas de los estudiantes interactúan con las presentadas durante la instrucción, dando como resultado muy diversos resultados de aprendizaje.

En este sentido, para Pozo y Gómez Crespo (1998)

Las concepciones alternativas no son algo accidental o coyuntural sino que tienen una naturaleza estructural, sistemática. Son el resultado de una mente que intenta dar sentido a un mundo definido, no solo por las relaciones entre los objetos físicos que pueblan el mundo, sino también por las relaciones sociales, culturales y escolares que se establecen en torno a esos objetos (p.17).

Ahora bien, las explicaciones de los alumnos están presentes en todas las situaciones de aprendizaje en el aula y guían las acciones del alumnado y las observaciones que ellos hacen en las actividades experimentales (Driver, 1983).

En la literatura especializada, existe una gran cantidad de trabajos respecto a las concepciones alternativas que mantienen los estudiantes en el área de la química y física (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991; Garnett y Hackling, 1995; Gómez Crespo, 1996; Barker, 2000).

Particularmente, entre las investigaciones que abordan el tema de estructura de la materia, encontramos los de Novick y Nussbaum (1978, 1981), Brook, Briggs y Driver (1984), Nussbaum (1985), Llorens (1988), Haidar y Abraham (1991), Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz (1991), Posada (1993), Johnson (1998), Benarroch (2000a y 2000b).

Algunos de los hallazgos reportados en dichos trabajos respecto a las explicaciones propias de los estudiantes, acerca de los estados de la materia se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Algunas ideas explicativas de los estudiantes acerca de los estados de la materia en términos macroscópicos y microscópicos encontrados en la literatura especializada

Año, País Autores	Nivel educativo Edad Muestra	Ideas del alumnado acerca de los estados de la materia
1978, No se especifica, Novick y Nussbaum	Alumnos desde primaria hasta estudiantes universitarios. No se especifica edad. 800 alumnos.	<p>Los resultados más notables de este par de autores son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Un 64% de los estudiantes sugirieron espontáneamente que los gases están compuestos de partículas invisibles. 2. La tarea de explicar el “llenado del espacio disponible” por un gas lleva a una concepción corpuscular real de la materia. Si se concibe ese llenado del espacio entonces se puede afirmar que no existe una concepción continua de la materia, sino definitivamente una discreta. Estos investigadores encontraron que uno de cada seis alumnos que hablaron de partículas en las respuestas creyó que las partículas no estaban homogéneamente distribuidas en el espacio, sino que se encontraban concentradas en alguna región. 3. Sólo un 35% de los alumnos contestó afirmativamente acerca de la existencia del vacío entre las partículas. Sin embargo, la gran mayoría de los alumnos “llenan” el espacio con más partículas, polvo, aire, etcétera. 4. Alrededor de 40% de la muestra conciben que las partículas están en continuo movimiento en la fase gaseosa. 5. Encontraron que los alumnos asimilan menos los aspectos del modelo corpuscular de la materia que más se alejan de su percepción sensorial: <ul style="list-style-type: none"> ➤ el espacio vacío, ➤ el movimiento intrínseco y la interacción entre las partículas.
1981, No se especifica, Novick y Nussbaum	Alumnos desde preescolar hasta estudiantes universitarios. No se especifica edad. 1000 alumnos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los estudiantes manifestaron concebir la existencia del vacío, el movimiento intrínseco de las partículas y las interacciones entre las mismas. 2. Las ideas corpusculares son más frecuentes para los gases que para los sólidos y líquidos. 3. Si bien los estudiantes llegan a decir que el aire está hecho de partículas invisibles, ellos no han abandonado realmente su concepción continua de la materia. Cuando se les pide, por ejemplo, dibujar una “imagen completa” de la estructura interna del aire, probablemente ellos llenan los espacios entre las partículas hasta que llega a ser una imagen continua de puntos.

<p>1984, Inglaterra, Brook, Briggs y Driver</p>	<p>Secundaria 15 años. 500 alumnos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Más del 50% de los estudiantes empleaban el concepto de partícula, sin necesariamente comprender elementos adicionales del modelo. 2. En el mejor de los casos uno de cada cinco estudiantes daba respuestas parcialmente completas basadas en las ideas aceptadas científicamente sobre las partículas (esta proporción se incrementaba a uno de cada tres para los alumnos que habían cursado física o química). 3. Al menos unos de cada tres alumnos utilizaban ideas alternativas sobre las partículas (concepciones mixtas), como que las partículas se expanden y se contraen, que las partículas se vuelven calientes al calentar el material, o, inclusive, que las partículas se comportan como seres animados. 4. Alrededor de uno de cada cuatro estudiantes dieron respuestas que no tenían que ver para nada con la existencia de partículas. 5. Los alumnos adjudican propiedades humanas (crecer, hacerse más gordas, etc.) y macroscópicas (dilatarse, fundirse, etc.) a las partículas microscópicas. 6. Una proporción significativa de estudiantes de 15 años usaron fuerzas atractivas entre las partículas de un gas para explicar la presión del aire. Algunos estudiantes sugieren que la magnitud de las fuerzas depende de la temperatura. Otros estudiantes manifestaron que entre las partículas del estado sólido no existen fuerzas; en el reporte no se indica si estos últimos estudiantes también piensan que existen fuerzas entre las partículas de un gas.
<p>1985, Diferentes países como Inglaterra, Nussbaum</p>	<p>No se especifica nivel educativo. Amplios intervalos de edades, entre ellos 15 años. 300 alumnos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Más del 50% y hasta el 78% de los alumnos pueden usar ideas corpusculares para describir la estructura del estado gaseoso, solamente de 20 a 40% puede concebir la noción de espacios vacíos entre las partículas del gas y que éstas tienen un movimiento intrínseco. 2. Más del 50% empleó ideas corpusculares para responder preguntas acerca de la materia, sin que esto necesariamente signifique que comprenden elementos esenciales del modelo cinético molecular. <p>“Las mayores dificultades del modelo corpuscular se centran en los conceptos de vacío y de movimiento, algunos alumnos parecen negar el vacío, pero no las partículas con huecos entre las mismas”.</p>
<p>1988, España, Llorens</p>	<p>E.G.B 11-12 años No se especifica</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando a los alumnos se les presenta el modelo atómico- molecular, sus conceptos y representaciones sufren un proceso de acomodación a las estructuras conceptuales preexistentes, basadas en la observación del mundo macroscópico y centrado en los aspectos fácilmente perceptibles. 2. Se observa una significativa y aparente contradicción entre la escasa explicación espontánea de la teoría atómica-molecular a la explicación de fenómenos macroscópicos y el bajo nivel de aceptación de la idea del vacío. 3. La estructura cognitiva del alumnos hace compatible una visión de la realidad puramente perceptual y macroscópica con el manejo aparentemente correcto de representaciones corpusculares.

1991, No se especifica, Haidar y Abraham	Bachillerato 183 alumnos.	Dividen las concepciones de los estudiantes en cinco grandes rubros: 1. No respuesta (NR). 2. General (G), respuestas que no incluyen el uso de partículas. 3. Partículas, en general, (PG) que incluyen las respuestas incorrectas en las que los alumnos usan términos de partículas diferentes a átomos y moléculas. 4. Partículas específicas (PE), donde los alumnos emplean las palabras átomos o moléculas, pero que no son compatibles con la concepción científica, y 5. Partículas correctas (PC), reuniendo bajo este rubro a las concepciones que van de acuerdo con la concepción científica.
1991, España, Pozo, Gómez Crespo, Limón. y Sanz	Secundaria. De 12 a 15 años No se especifica la cantidad de alumnos.	1. En torno a las partículas los alumnos plantean que: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Están muy separadas y, en comparación con su tamaño, las distancias entre ellas son grandes. ➤ Están desordenadas. ➤ Se mueven más rápidamente que en los líquidos y en los sólidos. 2. En los líquidos, las partículas: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Están menos separadas que en los gases, pero más que en los sólidos. ➤ Están menos desordenadas que en los gases, pero más que en los sólidos. ➤ Se mueven con menor velocidad que en los gases, pero más que en los sólidos. 3. En los sólidos, las partículas: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Están muy próximas
1993, España, Posada	2º y 3º de BUP y COU De 15 a 18 años 171 alumnos	1. La mitad de los alumnos de 2º de BUP explicaron o dibujaron la estructura interna del cloruro sódico desde un punto de vista no atomista. La sal debía estar formada, según ellos, de láminas, piedrecitas, trozos, conglomerados, formas geométricas o partículas, unidos unos a otros. 2. Unos pocos alumnos entendieron que cristal de sal eran dos sustancias: cristal y sal. Para algunos el mundo microscópico es como el macroscópico pero de reducido tamaño: «Veríamos unas partículas de sal, formando unos cristalitos muy, muy pequeños.» (Alumno de 3º de BUP). La ruptura entre el mundo macroscópico y atómico no se produce de forma total en muchos alumnos: «Un átomo de NaCl se vería como trozos de cristal.» (Alumno de COU). «En el trozo de cristal veríamos grandes átomos de cristales.» (Alumno de COU). 3. La idea utilizada por los alumnos para explicar la estructura interna no atomista del oxígeno es la existencia de aire u oxígeno que como característica destacable no se puede ver:

		<p>«En su estructura interna se vería que hay aire pero no se podría apreciar, ya que no es visible sólo respirar.» (Alumno de 2º de BUP).</p> <p>«En la botella de oxígeno, si nos pudiéramos hacer pequeños y meternos dentro de ella, ver, no veríamos nada. Esta botella sólo está llena de aire.» (Alumno de 3º de BUP).</p> <p>4. La mitad de los alumnos en cada nivel hacen uso de la palabra molécula al referirse a los constituyentes del oxígeno; el siguiente término más utilizado; es el de átomo, seguido a mayor distancia de partícula y en muy pocos casos de iones. La idea de invisibilidad tomada del mundo macroscópico es incorporada al atómico de forma manifiesta por algunos alumnos:</p> <p>«Serían átomos que casi no se verían, como casi transparentes y unidos de dos en dos y así con los demás.»(Alumno de COU).</p> <p>5. Los elementos constituyentes del trozo de hierro, desde una Óptica no atomista, son prácticamente los mismos que en el caso de la sal. Las frases encontradas son muy similares a las ya expuestas anteriores: «Me imagino que veríamos trocitos de hierro también muy pequeños. En forma de láminas muy finas y muy cortas.» (Alumno de 3º de BUP).</p>
1998, Inglaterra. Johnson	<p>Secundaria de 11 a 14 años.</p> <p>No se especifica la cantidad de alumnos.</p>	<p>Analizó cambios en la construcción de modelos y encontró que los niños tienen una pobre idea acerca de las partículas y si mencionaban la palabra, lo hacían atribuyéndole características macroscópicas. Resume en cinco puntos las ideas que reflejan la naturaleza de la materia y sus características:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El espacio relativo entre las partículas es menor en los sólidos que en los líquidos, que en los gases. 2. Los alumnos muestran poca apreciación sobre el movimiento intrínseco de las partículas. 3. Pocos niños mencionan la existencia de fuerzas de atracción entre las partículas. 4. La idea de que el vacío se encuentra entre las partículas en el estado gaseoso causa dificultades entre los estudiantes. 5. Muchos niños atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas individuales.
2000a, España, Benarroch	<p>No se especifica nivel educativo.</p> <p>Diversas edades entre 9 y 22 años.</p> <p>43 alumnos.</p>	<p>A continuación, se describen los niveles de modelos explicativos sobre la naturaleza corpuscular de la materia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay explicación, sólo descripción macroscópica. • Se trasladan elementos percibidos (burbujas, pompitas, huecos, etc.) a explicaciones pseudomicroscópicas. • Explicaciones microscópicas fundamentadas en: – partículas – huecos etéreos a los que se trasladan las propiedades macroscópicas. • Explicaciones microscópicas fundamentadas en las disposiciones de partículas (más separadas o menos).

		Explicaciones microscópicas académicas o cuasi académicas.
2000b, España Benarroch	De 4 ^o de primaria a universidad. De 9-22 años de edad. 330 alumnos	<p>Las preguntas realizadas fueron del siguiente tipo: ¿qué diferencia el aire del agua? ¿Cómo verías el aire y el agua si tuvieras un microscopio muy potente? Las respuestas dadas por los alumnos de cada uno de los niveles explicativos fueron las siguientes:</p> <p>Nivel 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conciben tanto el aire como el agua continuos. La explicación de las distintas compresibilidades radica en la propia naturaleza de las sustancias. <p>Nivel 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos continuos con huecos solamente para el aire (agua continua) o modelos continuos con huecos para ambas sustancias. <p>Nivel 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos «discontinuos aparentes» (partículas/fondo/ lleno) para una de las dos sustancias; la otra sigue siendo continua. La sustancia continua se comporta así por su propia naturaleza. Para la «discontinua aparente», se hace una transposición de la propiedad macroscópica al fondo microscópico. • Modelos «discontinuos aparentes» (partículas y fondo lleno) para ambas sustancias, esto es, se hace una transposición de las propiedades observadas en los fondos microscópicos. Las explicaciones se basan en la naturaleza de esos fondos. • Modelos «discontinuos rudimentarios» (partículas y vacío) para el aire. El agua sigue siendo «discontinua aparente» (partículas de agua y fondo lleno). Las explicaciones intentan ser algo más elaborado que la mera transposición al nivel microscópico. <p>Nivel 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos «discontinuos rudimentarios» (partículas y vacío) para ambas sustancias, a pesar de no constituir un sistema lo suficientemente explicativo para dar cuenta de las distintas compresibilidades. Explicaciones bloqueadas. • Modelos «discontinuos rudimentarios» (partículas y vacío) para ambas sustancias, introduciendo estrategias o disposiciones (partículas de agua pegadas) que explican las distintas compresibilidades. Explicaciones desbloqueadas. <p>Nivel 5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos discontinuos avanzados (partículas/vacío/ fuerzas) para ambas sustancias, lo que se deduce de la necesidad de explicar las distintas compresibilidades. • Modelo académicamente aceptado (partículas/vacío/ fuerzas/movimiento) tanto para el aire como para el agua. (partículas/vacío/fuerzas/movimiento) para ambas sustancias.

Fuente: Elaboración propia.

Las anteriores investigaciones ponen de manifiesto que, las ideas explicativas de los estudiantes, para dar cuenta de los estados de la materia no dependen necesariamente de la edad o nivel de estudios y perduran, a pesar de haber tenido clases de ciencias al respecto.

De las ideas del alumnado presentadas en el Cuadro 1, podemos identificar las siguientes ideas comunes en relación con los estados de la materia:

- Los estudiantes no hacen más que describir la situación en términos macroscópicos y no reconocen la existencia de partículas en los estados de la materia.
- Los estudiantes tienen una pobre idea acerca de las partículas y si mencionaban la palabra, lo hacían atribuyéndole características. Los alumnos adjudican propiedades humanas (crecer, hacerse más gordas, etc.) y macroscópicas (dilatarse, fundirse, etc.) a las partículas microscópicas.
- Aunque los alumnos contestan afirmativamente acerca de la existencia del vacío entre las partículas, la gran mayoría de ellos “llean” el espacio con más partículas, polvo, aire, entre otros.
- Las mayores dificultades se centran en los conceptos de vacío y de movimiento, algunos alumnos parecen negar el vacío, pero no las partículas con huecos entre las mismas.
- Los alumnos muestran poca apreciación sobre el movimiento de las partículas.
- Pocos niños mencionan la existencia de fuerzas de atracción entre las partículas.
- Para los niños que estudian en la escuela les resulta muy familiar la palabra aire, sin embargo, la palabra gas es menos conocida y utilizada por los niños y cuando la utilizan se refieren al utilizado en las estufas o en los calentadores y encendedores.

Dado que los estudiantes llegan a las clases de ciencias con concepciones alternativas generadas a partir de su interacción con el mundo, la información que ellos van incorporando, es seleccionada y organizada de manera singular para establecer relaciones que les ayudan a describir el mundo que les rodea (Vigotsky, 1995; Ausubel, Novak y Hennessey, 1995), tal como se puede ver en las ideas previas anteriores.

En la enseñanza de las ciencias de educación secundaria, suele ocurrir, que el sistema o proceso que se requiere describir teóricamente, como lo que sucede microscópicamente en los estados de la materia, resulta “difícil” o “complicado” para los estudiantes conceptualizar la entidad “partícula” (Johnson, 1998). En cuanto a las concepciones de los alumnos sobre los átomos, moléculas y sistemas de partículas, los resultados indican que éstos conciben la unidad más pequeña de la materia como el estado final en un proceso de división (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991).

Además, los datos revelan que el alumnado en vez de asimilar las teorías y los modelos científicos enseñados en clase, siguen interpretando el mundo según esquemas intuitivos o culturales ajenos a la ciencia, probablemente, por tratarse de aspectos muy alejados de los directamente perceptibles por sus sentidos, cuyas dimensiones no les son familiares, los estudiantes no lo entienden (De la Torre, 1998).

Para Gómez Crespo (1996) la mayoría de los alumnos y alumnas de secundaria e incluso de la universidad, recurren a respuestas en las que describen el fenómeno a partir de las propiedades macroscópicas de la materia, más cercanas a las dimensiones «físicas» del mundo real, frente a las microscópicas del modelo corpuscular y, de acuerdo con Sanz, Gómez Crespo y Pozo (1993) los estudiantes aceptan fácilmente el modelo microscópico que se enseña en la escuela, pero no lo utilizan de forma espontánea y recurren, para sus explicaciones, a sus teorías cotidianas, basadas en las propiedades macroscópicas de la materia, más cercanas

a las dimensiones *'físicas'* del mundo real. Tan sólo, cuando la situación lo induce de alguna manera (la pregunta del profesor, el contexto de la tarea, etcétera) recurren a este modelo; pero, cuando lo hacen, en muchas ocasiones asignan a las partículas todas aquellas propiedades que atribuyen al mundo que les rodea (Benarroch, 2001).

Así pues, la revisión realizada en la literatura especializada a nivel internacional, plantea claramente que existe un problema de aprendizaje en torno las explicaciones sobre los estados de la materia y la falta de investigación en torno a este tema en nuestro país.

1.1.2 Desde la perspectiva curricular

En este apartado se presenta una revisión de los Planes y Programas aprobados por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en México, sobre el tema de los estados de la materia. Debido a que el antecedente inmediato para los estudiantes de segundo grado de secundaria acerca de los estados de la materia se encuentra ubicado en la asignatura de Ciencias Naturales de cuarto grado de educación primaria, realizamos inicialmente la revisión de los conceptos relacionados con este tema en primaria y posteriormente en secundaria.

1.1.2.1 Desde los Planes y Programas de Estudio de la SEP 2008 y del libro de texto para la asignatura de Ciencias Naturales

Según lo establecido en el Programa de Estudios 2008 de cuarto grado de Educación Primaria de Ciencias Naturales (SEP, 2008) dentro del Bloque III: *¿Cómo son los materiales y sus interacciones?*, los ámbitos a trabajar son: *los materiales, la tecnología y conocimiento científico.*

Según la SEP (2008) se consideran los siguientes aspectos para favorecer la formación científica básica en los estudiantes: a) la incorporación de vías de construcción de nociones científicas, que involucra la recuperación y aprovechamiento de las ideas previas como base para la construcción de nociones

científicas, y el desarrollo de representaciones funcionales b) la aproximación a nociones científicas basadas en la experiencia práctica, la intuición, el análisis y la deducción y la formulación de aprendizajes esperados que integran los contenidos seleccionados y c) las nociones científicas vinculadas al desarrollo de habilidades y de actitudes.

En el Cuadro 2, se presenta el aprendizaje esperado, relacionado con los estados de la materia, en los Planes y Programas 2008 de Educación Primaria de Ciencias Naturales de cuarto grado de primaria (SEP, 2008).

Cuadro 2. Características de los estados físicos y sus cambios según los Planes y Programas 2008 de Educación Primaria de Ciencias Naturales de cuarto grado de primaria

APRENDIZAJES ESPERADOS	SUGERENCIAS DIDÁCTICAS
-Clasifica materiales de uso común de acuerdo con las características de los estados físicos.	-Indique a los alumnos que tomen en cuenta la forma y la fluidez como criterios para caracterizar y clasificar sólidos, líquidos y gases del entorno. En el caso de los líquidos considerar: agua, miel, leche y aceite; para los sólidos: plastilina, esponja, tela, bombones, azúcar, harina y arena, y en los gases se sugiere inflar bolsas de plástico o globos.

Fuente: Tomado de SEP (2008, p. 106)

En la sugerencia didáctica, se plantea una perspectiva macroscópica centrada en forma y volumen para dar cuenta de los estados de la materia. Sin embargo, al llevar a cabo la revisión de los contenidos anteriores desarrollados en el libro de texto de cuarto grado, las actividades planteadas no propician que los alumnos reconozcan que un mismo “material” podría estar en los tres diferentes estados, excepto para el agua, la que parece ser la única sustancia que cambia de estado y lo ejemplifican con el ciclo del agua.

Por tanto, el planteamiento y la concreción curricular, pretende que los niños diferencien macroscópicamente los materiales que están en estado sólido, líquido y gaseoso, pero no realmente de las características de los diferentes estados físicos de la materia. A continuación, se revisará lo que propone el currículo de secundaria.

1.1.2.2 Desde los Planes y Programas 2011 de la SEP para la asignatura de física

De acuerdo con lo establecido en el Plan de Estudios de Educación Secundaria (SEP, 2011) dentro del curso de física, en el Bloque III denominado “*Un modelo para describir la estructura de la materia*”, se abordan los contenidos que se relacionan con el tema de la presente investigación. De tal manera que respecto a este tema, el programa de estudio:

- Se centra en el análisis del modelo cinético de partículas, para que los alumnos describan y expliquen algunas características y procesos físicos de la materia que son observables a simple vista. Esta perspectiva contribuye a la construcción de representaciones en los alumnos, de manera que tengan bases para comprender la naturaleza discontinua de la materia y sus interacciones.
- Se propone la revisión histórica de las diferentes ideas acerca de la estructura de la materia hasta la construcción del modelo cinético de partículas; con ello, los alumnos podrán identificar su funcionalidad y limitaciones, además de reflexionar en torno a la evolución de las ideas en la ciencia.
- En el modelo cinético de partículas se consideran características básicas (partículas indivisibles con movimiento continuo en el vacío) para interpretar algunas propiedades de la materia, como la masa, el volumen, la densidad, los estados físicos y la temperatura, así como interacciones relacionadas con la presión, procesos térmicos y el cambio de estado físico; en estos contenidos es importante partir de lo perceptible y de las experiencias de los alumnos antes de abordar la perspectiva microscópica relativa a las partículas. Por último, se vinculan los procesos térmicos con la energía, en función de su transformación, transferencia y conservación, lo que da pie a la reflexión acerca del aprovechamiento e implicaciones de ésta (SEP, 2011, pp. 51-52).

En este bloque, las actividades experimentales constituyen un recurso para que los alumnos expliciten sus ideas, las prueben y las relacionen con el modelo. En el Cuadro 3 se presentan los temas y subtemas relacionado con los estados de la materia en los Planes y Programas 2011 de educación secundaria en la asignatura de física.

Cuadro 3. Aprendizajes esperados y contenidos de los temas 1 y 2, relacionado con los estados de la materia en los Planes y Programas 2011 de Educación Secundaria en la asignatura de Ciencias II (énfasis en física) (SEP, 2011)

APRENDIZAJES ESPERADOS	CONTENIDOS
<p>-Identifica las características de los modelos y los reconoce como una parte fundamental del conocimiento científico y tecnológico, que permiten describir, explicar o predecir el comportamiento del fenómeno estudiado.</p> <p>-Describe los aspectos básicos que conforman el modelo cinético de partículas y explica el efecto de la velocidad de éstas.</p>	<p>Tema 1: los modelos en la ciencia.</p> <p>Subtemas:</p> <p>-Características e importancia de los modelos en la ciencia.</p> <p>-Aspectos básicos del modelo cinético de partículas: partículas microscópicas indivisibles, con masa, movimiento, interacciones y vacío entre ellas</p>
<p>-Describe algunas propiedades de la materia: masa, volumen, densidad y estados de agregación, a partir del modelo cinético de partículas.</p>	<p>Tema: la estructura de la materia a partir del modelo cinético de partículas.</p> <p>Subtema:</p> <p>-Las propiedades de la materia: masa, volumen, densidad y estados de agregación.</p>

Fuente: Tomado de SEP (2011, p. 56)

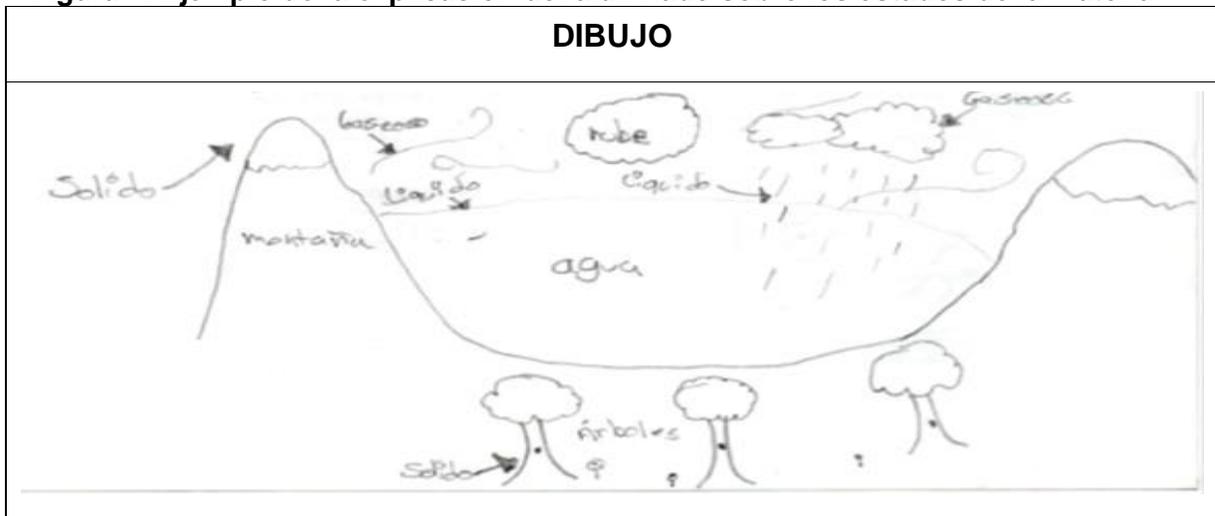
De la revisión de los Planes y Programas 2de Educación Secundaria para la asignatura de física de Ciencias II -énfasis en física- (SEP, 2011), se puede dilucidar que lo que se pretende en este nivel, es que los alumnos no únicamente identifiquen los estados de la materia en un nivel macroscópico como lo hicieron en educación primaria sino que en un nivel microscópico a partir del Modelo Cinético de Partículas, den cuenta de la estructura de la materia y por ende puedan explicar, los estados de la materia, lo que plantea un reto para el desarrollo curricular, máxime que de acuerdo a lo revisado en el apartado anterior en torno a los resultados de la investigación educativa, esta reporta que, el alumnado mantiene un pensamiento macroscópico en torno a los estados de la materia.

Después de la revisión curricular tanto de primaria como de secundaria, se buscó consolidar la construcción del problema, a partir de la realidad del aula, la cual, se presenta a continuación.

1.1.3 Desde la realidad del aula

Un aspecto importante para la presente investigación, fue partir de la realidad en el aula, lo cual se logró con la aplicación de un diagnóstico llevado a cabo con 98 estudiantes de una Escuela Secundaria General de la Ciudad de México en la asignatura de física acerca de sus ideas explicativas en torno a los estados de la materia, antes de que se abordar dicha temática en clase. Lo anterior se realizó a partir de la aplicación de un instrumento escrito (ver Anexo 1) en el que se le pedía al alumnado que describiera y explicara, mediante texto y dibujo, cómo imaginaba a la mantequilla y otros materiales en los diferentes estados sólido, líquido y gaseoso.

Figura 1. Ejemplo de la explicación del alumnado sobre los estados de la materia





En la figura 1, se puede observar un ejemplo de los dibujos realizados en el ejercicio diagnóstico, cuyos resultados mostraron de manera general que, las ideas del alumnado para explicar los estados de la materia están enmarcadas en una perspectiva macroscópica, en términos de forma y volumen, tal como se reporta en la literatura y, que en sus dibujos no incluyen las partículas y mucho menos aluden al vacío.

1.2. Preguntas de investigación

Tanto la revisión de la literatura, del currículo y de la realidad del aula, me llevó a plantearme las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son los Modelos Explicativos Iniciales (MEI) empíricos de los estudiantes de secundaria en torno a los estados de la materia?

¿Qué similitudes o diferencias existen entre los MEI de los estudiantes identificados de manera empírica con los inferidos a partir de la literatura especializada y del currículo de primaria en torno a los estados de la materia?

Sin embargo, la principal pregunta de investigación, que guiará el presente trabajo es la siguiente:

¿De qué manera se transforman los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes como producto de una intervención didáctica, cuyo propósito es que construyan el Modelo Cinético de Partículas para explicar los estados de la materia y sus posibles cambios?

1.3. Justificación

De acuerdo con la problemática detectada, es de suma importancia indagar sobre los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes de secundaria, ya que según Solbes, Carrascosa y Furió (2006), es necesario ampliar y profundizar las investigaciones sobre las concepciones alternativas del alumnado, tratando de averiguar las causas por la cual persisten y buscar las estrategias adecuadas para facilitar el aprendizaje del tema, lo cual sin duda, resulta de gran utilidad tanto para el profesorado de ciencias como para la investigación educativa.

Conocer los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes, le permitirá al profesor de secundaria planificar su acción docente de manera más eficaz, y a que si conocemos sus modelos explicativos de los fenómenos macroscópicos, esto nos permitirá diseñar estrategias didácticas que posibiliten hacer “visibles” esas entidades microscópicas, como, por ejemplo, la entidad “partícula” para explicar los estados de la materia.

Y, el conocer una estrategia didáctica y los resultados de su implementación, sin duda será un aporte importante para el profesorado interesado en que los alumnos construyan modelos escolares cercanos al Modelo Cinético de Partículas.

CAPÍTULO 2

REFERENTES TEÓRICO-METODOLÓGICO

Torres (2003) plantea que el capítulo del marco teórico-referencial tiene como propósito describir las teorías que sirven de premisa al proceso de resolución del problema científico; el discurso deberá ser, por tanto, extenso, detallado; propenso a cubrir los numerosos recodos de las teorías de base, a definir conceptos y argumentar principios y regularidades”

Entendiendo al referente teórico, como una recopilación de conocimientos científicos existentes sobre un tema, que sirven de base para el inicio, desarrollo y culminación de cualquier investigación e implica analizar y exponer las teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes en general que se consideren válidos para el correcto encuadre de un estudio. Es útil porque describe, explica y predice el fenómeno o hecho al que se refiere un tema.

Por ello, para sustentar la investigación, en el presente capítulo se proponen los siguientes referentes teórico-metodológico: el referente de la didáctica de las ciencias, desarrollando el constructivismo como una visión sobre las ciencias, la perspectiva de los modelos en la enseñanza de las ciencias con el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) de López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), las estrategias didácticas en el campo de educación en ciencias con la perspectiva metodológica de Sanmartí (2002) y, el referente disciplinar, desarrollando un poco de historia acerca de los estados de la materia, el Modelo Cinético de Partículas (MCP), el estado sólido, líquido y gaseoso.

2.1 Referentes de la didáctica de las ciencias

Según Adúriz-Bravo (2005) para conceptualizar la didáctica de las ciencias, es útil recurrir a la epistemología para ‘dar cuerpo’ a las ideas acerca de la naturaleza de la ciencia que queremos hacer vivir en nuestras aulas, lo cual se explicita en el

primer apartado denominado *“El Constructivismo como una visión sobre las ciencias”*.

Izquierdo-Aymerich (2007) plantea que la didáctica de las ciencias, se puede concebir como la ciencia del profesorado de ciencias, que implica una manera teórica de mirar la actividad científica a fin de configurar una propuesta para enseñarla significativamente a diversas audiencias, por tanto la didáctica de las ciencias es una disciplina científica para el diseño de una ciencia que se aprende.

Por tal motivo, el marco teórico y el enfoque epistemológico que sustenta la presente investigación en el campo de educación en ciencias es el constructivista, en el que se enmarca la visión de modelos para la enseñanza de las ciencias y, el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) de López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) y las estrategias didácticas, particularmente la perspectiva de Neus Sanmartí, son el fundamento metodológico de este trabajo.

2.1.1 El Constructivismo como una visión sobre las ciencias

Existe en la actualidad un consenso generalizado en considerar tanto la complejidad y singularidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje que tienen lugar en las aulas, como en contemplar dichos procesos desde un enfoque constructivista (Jackson, 1968; Gimeno y Pérez, 1983; Porlán, 1989).

Desde la perspectiva constructivista, la ciencia se considera como una actividad humana que busca construir explicaciones en torno a los fenómenos del mundo (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003), explicaciones que no tienen el carácter de ‘verdad absoluta’ y a las cuales se puede llegar por caminos distintos.

Por ende, desde un marco epistemológico de carácter constructivista se asume que el alumno es un sujeto cognitivamente activo en la construcción de su propio conocimiento, pues es quien interpreta y elabora sus propias conceptualizaciones y

modelos acerca de los fenómenos de la ciencia escolar. Por tanto, acoge de manera natural las ideas previas de los sujetos como base del aprendizaje y busca lograr su transformación para lo cual, existen dos posibles caminos: uno sustentado en la perspectiva del cambio conceptual y otro en el de la modelización (Rodríguez-Pineda, Morales, López-Valentín y Pérez, 2016).

Para Carrascosa y Gil (1985) si lo que se pretende desde la escuela es la educación integral de alumnos y alumnas parece evidente que éstos no sólo deben aprender conceptos, sino que, asimismo, deben aprender procedimientos, valores y actitudes, en este caso, propios de la actividad científica. En concordancia con ello, el cambio en las concepciones implica un cambio en la metodología que utilizan para investigar los nuevos conceptos y el desarrollo de actitudes alternativas y deseables desde la educación científica escolar.

2.1.2 La perspectiva de los modelos en la enseñanza de las ciencias

Como se mencionó anteriormente, la ciencia es una actividad humana, su objetivo es interpretar teóricamente los hechos del mundo para poder actuar sobre ellos. Las personas científicas para interpretar y explicar los hechos y fenómenos han elaborado modelos teóricos, pero ¿qué son los modelos?

Para Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009) el término 'modelo' se emplea en el lenguaje natural con diversos significados; a veces con 'modelo' nos referimos a un objeto u evento del mundo real (el modelo de un pintor, por ejemplo) que es representado de alguna manera, mientras que otras veces llamamos 'modelo' a la representación simbólica (una maqueta, por ejemplo) que se hace de una entidad real. Así, podríamos clasificar los usos comunes de la idea de modelo en dos grandes apartados:

En el primero, el modelo remite a un arquetipo, ejemplo paradigmático o epítome de una clase o conjunto; refiere a un caso, una concreción o una instancia

representativa de una determinada situación más general o abstracta; evoca la idea de un canon a imitar o de unas reglas de juego a seguir.

En el segundo, el modelo remite a una versión estilizada, réplica, esquema o diseño de algo; señala una imitación o simulación de su referente, que sólo captura de manera simplificada algunos elementos centrales elegidos según una determinada mirada intencionada y que pasa por alto los detalles a fin de permitir un acercamiento más sencillo al entendimiento y la manipulación de lo que se está modelizando.

Para Gilbert, Boulter y Elmer (2000) y Adúriz-Bravo (2012), el modelo podría definirse como la representación de un objeto, un fenómeno, o un sistema con el propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar, entonces el modelo científico se puede entender como algo que agrupa conceptos, experiencias, analogías, diferentes tipos de lenguajes y que sirve para explicar un conjunto de fenómenos que suceden en el mundo.

Los modelos desempeñan un papel central tanto en la ciencia como en la educación científica, constituyendo mediadores entre el mundo observable y las teorías (Halloun, 1996; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998; Harrison y Treagust, 2000; Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2005; Ducci y Oetken, 2012; Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez y Oliva-Martínez, 2017). Por ende, se construyen modelos para explicar fenómenos y generar predicciones, por lo que esas construcciones contienen entidades y relaciones, las cuales se pueden organizar en nociones, definiciones, conceptos, generalizaciones, leyes, hipótesis, analogías y procesos (Gómez Galindo, 2013). En este sentido, los modelos -tanto del alumnado como el MCEA-, sirven para explicar fenómenos de forma coherente y entrelazar las entidades y relaciones propias de cada modelo.

Los modelos son siempre incompletos, ya que no abarcan todos los problemas que se espera han de ser resueltos y los paradigmas compartidos proporcionan modelos de los que surgen tradiciones coherentes de investigación científica. Los cambios paradigmáticos podrían ser asumidos como cambios de esos modelos científicos (Kuhn, 1972).

Para elaborar estrategias de enseñanza, se necesita tomar en consideración a la vez aspectos de diferente naturaleza, así como un modelo explicativo de la ciencia que se fundamente en la construcción de modelos (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003). En efecto, los profesores y profesoras de ciencias naturales usamos en la clase modelos científicos pragmáticamente adecuados- mediante la transposición didáctica- a nuestros estudiantes (Galagovsky y Adúriz –Bravo, 2001; Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003).

Hodson (1992, 2003) propone de la siguiente manera el importante papel que los modelos desempeñan en la enseñanza de las ciencias, teniendo en cuenta la importancia de los modelos y de su proceso de construcción en la ciencia:

- ❖ Aprender ciencia, los alumnos deben tener conocimientos sobre la naturaleza, ámbito de aplicación y limitaciones de los principales modelos científicos (ya sean estos consensuados, es decir, aceptados actualmente por la comunidad científica, o bien históricos, aquéllos que hayan sido aceptados en un determinado contexto).
- ❖ Aprender sobre ciencias, los alumnos deben comprender adecuadamente la naturaleza de los modelos y ser capaces de evaluar el papel de estos en el desarrollo y difusión de los resultados de la indagación científica.

Al aprender a hacer ciencia, los alumnos deben ser capaces de crear, expresar y comprobar sus propios modelos (Justi y Gilbert, 2002b). De este modo los alumnos pueden desarrollar formas de pensar y aprender que se asemejan bastante a las formas científicas de pensar e investigar (Halloun, 2004).

Para Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo (2003) cuando los profesores y profesoras de ciencias se hacen conscientes de las decisiones a tomar en su trabajo y quieren fundamentarlas, compararlas con las de otros profesores, establecen prioridades entre ellas, gestionan para llegar a los fines deseados y se las comunican a sus colegas. Entienden que necesitan de nuevos conocimientos (provenientes de la epistemología o filosofía de la ciencia, de la pedagogía, de la ciencia cognitiva, de la lingüística y de tantas otras disciplinas); esos conocimientos se "trenzan" con los de las disciplinas científicas a enseñar para diseñar una auténtica actividad científica escolar en sus clases.

2.1.2.1 Modelo Científico Escolar de Arribo de López-Mota y Rodríguez-Pineda

Según López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), es un dispositivo teórico-conceptual metodológico en el ámbito de la investigación en didáctica de la ciencia, que permite orientar el diseño, la recolección de evidencias y su sistematización, así como la evaluación de una Estrategia Didáctica (ED) sustentada en los modelos.

López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), plantean que dado que las ideas previas no corresponden a visiones estudiantiles estructuradas en forma de modelos, los programas curriculares de estudio, tampoco suelen estarlo -sino en unidades temáticas- y, las teorías científicas que soportan dichos contenidos curriculares, tampoco están usualmente expuestas en dicha forma, es difícil establecer a dónde se quiere llegar en términos de modelos mediante una ED, si cada uno de estos elementos es de distinta naturaleza, por tanto, proponen plantear los objetivos a lograr en la enseñanza en términos de un Modelo Científico Escolar al cual se espera Arriben los estudiantes

Para estos autores, el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), permite orientar el diseño de la ED -en sus propósitos y actividades a desarrollar- y evaluar los resultados alcanzados con ella mediante el modelo alcanzado, en nuestro caso el MCEA, se fundamenta en el Modelo Cinético de Partículas (MCP). El MCEA está

en el contexto de la ciencia escolar y responde a criterios que hacen viables los objetivos de transformación en la manera de pensar de los estudiantes. De acuerdo con López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), el MCEA proporciona orientaciones para el diseño de estrategias didácticas y referentes claros para evaluar el avance de los modelos escolares construidos en las aulas de ciencias.

Para Rodríguez-Pineda, López-Mota, López y Flores (2013) el profesor puede llevar a cabo el desarrollo curricular y tener una guía clara para el diseño de la estrategia didáctica y secuenciar las actividades -partiendo de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto (Sanmartí, 2002)-, también requiere conocer claramente el Modelo Explicativo Inicial (MEI) de sus estudiantes, para lograr la transformación o evolución al modelo que se espera que arriben, de manera que incorporen elementos que no estaban presentes en su MEI.

2.1.3 Las estrategias didácticas en el campo de educación en ciencias

Díaz-Barriga y Hernández (2002) se refieren a que la estrategia es la ciencia que investiga y expone los hechos relativos a la evolución en el espacio y en el tiempo de los seres humanos y sus actividades colectivas y las relaciones psicofísicas de casualidades, que, entre ellos, existen según, los valores de cada época. Es decir, la estrategia es una guía de acción, en el sentido de que la orienta en la obtención de ciertos resultados. La estrategia da sentido y coordinación a todo lo que se hace para llegar a la meta.

Mientras se pone en práctica la estrategia, todas las acciones tienen un sentido, una orientación, es decir, la estrategia debe estar fundamentada en un método. La estrategia es un sistema de planificación aplicado a un conjunto articulado de acciones, permite conseguir un objetivo, sirve para obtener determinados resultados. De manera que no se puede hablar de que se usan estrategias cuando no hay una meta hacia donde se orienten las acciones. La estrategia es flexible y puede tomar forma con base en las metas a donde se quiere llegar.

En la definición de una estrategia es fundamental tener clara la disposición de los alumnos al aprendizaje, su edad y, por tanto, sus posibilidades de orden explicativo. El concepto de estrategia didáctica responde entonces, en un sentido estricto, a un procedimiento organizado, formalizado y orientado para la obtención de una meta claramente establecida. Su aplicación en la práctica requiere del perfeccionamiento de procedimientos y de técnicas cuya elección detallada y diseño son responsabilidad del docente.

Los diversos tipos de estrategias se han clasificado de formas muy diferentes en función de los criterios utilizados y el modo en que se entiende el concepto estrategia. Beltrán (2003) las define como planes de acción intencional que involucra actividades y operaciones mentales, y que permiten desarrollar los procesos o sucesos internos en el acto de aprender, mediante la utilización de técnicas o actividades específicas, visibles y operativas. Las clasifica atendiendo a dos criterios: su naturaleza y su función. De acuerdo a su naturaleza, las estrategias pueden ser cognitivas, metacognitivas y de apoyo. De acuerdo con su función, se pueden clasificar teniendo en cuenta los procesos de pensamiento a los que sirven: sensibilización, atención, adquisición, personalización, transferencia y evaluación.

De esta forma se establecen cuatro grupos de estrategias (Beltrán, 2003):

- ❖ Estrategias de apoyo, las cuales están al servicio de la sensibilización del estudiante hacia las tareas de aprendizaje, en tres ámbitos: la motivación, las actitudes y el afecto.
- ❖ Estrategias de procesamiento, que suministran las condiciones mínimas de funcionamiento para que el aprendizaje significativo se pueda producir, y van directamente dirigidas a la codificación, comprensión, retención y reproducción de los materiales informativos. Las más importantes son la repetición, la selección, la organización y la elaboración.
- ❖ Estrategias de personalización, relacionadas, sobre todo, con la creatividad, el pensamiento crítico y la transferencia.
- ❖ Estrategias metacognitivas, que planifican y supervisan las estrategias cognitivas.

Por otro lado Monereo, Castelló, Clariana, Palma y Pérez (1994), señalan que el uso reflexivo de los procedimientos que se utilizan para realizar una determinada tarea, supone la utilización de estrategias de aprendizaje, que se define como procesos de toma de decisiones (conscientes e intencionales) en las cuales el usuario elige y recupera, de manera coordinada, los conocimientos que necesita para cumplimentar una determinada demanda u objetivo, y usan la expresión “uso estratégico de un procedimiento” para indicar la orientación que puede recibir un mismo procedimiento en función de la intencionalidad de cada objetivo.

Para Monereo (1997) la enseñanza de estrategias implica mejorar y aumentar el conocimiento condicional que posee el alumno ayudándole a distinguir entre conocer una información, y pensar en cómo y cuándo usar esa información; en definitiva, enseñar a los alumnos a analizar conscientemente en función de qué condiciones deciden actuar de una determinada manera cuando aprenden un contenido o resuelven una tarea, y qué cambios deben efectuar cuando algunas de esas condiciones varían.

En el presente trabajo se asumirá el planteamiento de Martínez y Rodríguez-Pineda (2014) en torno a lo que es una estrategia didáctica, asumiéndola como un dispositivo didáctico con fundamento teórico, integrado por un conjunto de actividades las cuales deberán estar diferenciadas, organizadas y secuenciadas permitiendo el desarrollo curricular. Además, dicho dispositivo debe favorecer que los alumnos puedan llevar a cabo un gran número de tareas diversas, cuyo propósito esencial sea conseguir que éstos construyan sus propios modelos explicativos o explicaciones, sobre los diversos fenómenos naturales.

2.1.3.1. La perspectiva metodológica de Neus Sanmartí

La planeación, aplicación y evaluación de la estrategia didáctica propuesta en la presente tesis se llevará a cabo de acuerdo con la perspectiva metodológica de Sanmartí (2000). Para esta autora, se enseña y se aprende a través de diferentes ‘tipos de actividades’, tales como: actividades de exploración inicial, de introducción de nuevos puntos de vista, de síntesis y de aplicación y generalización; por ello los

criterios para la selección y secuenciación de éstas son muy importantes. *“Pero no es una actividad concreta la que posibilita aprender, sino el proceso diseñado, es decir, el conjunto de actividades organizadas y secuenciadas, que posibilitan un flujo de interacciones con y entre los alumnos y entre los alumnos y los profesores”* (Sanmartí, 2000, p. 254) , lo cual se puede visualizar claramente en la Figura 2.

Figura 2. Interacciones que se promueven al realizar las actividades dentro de una Unidad Didáctica



Fuente: Tomado de Sanmartí (2000, p. 254)

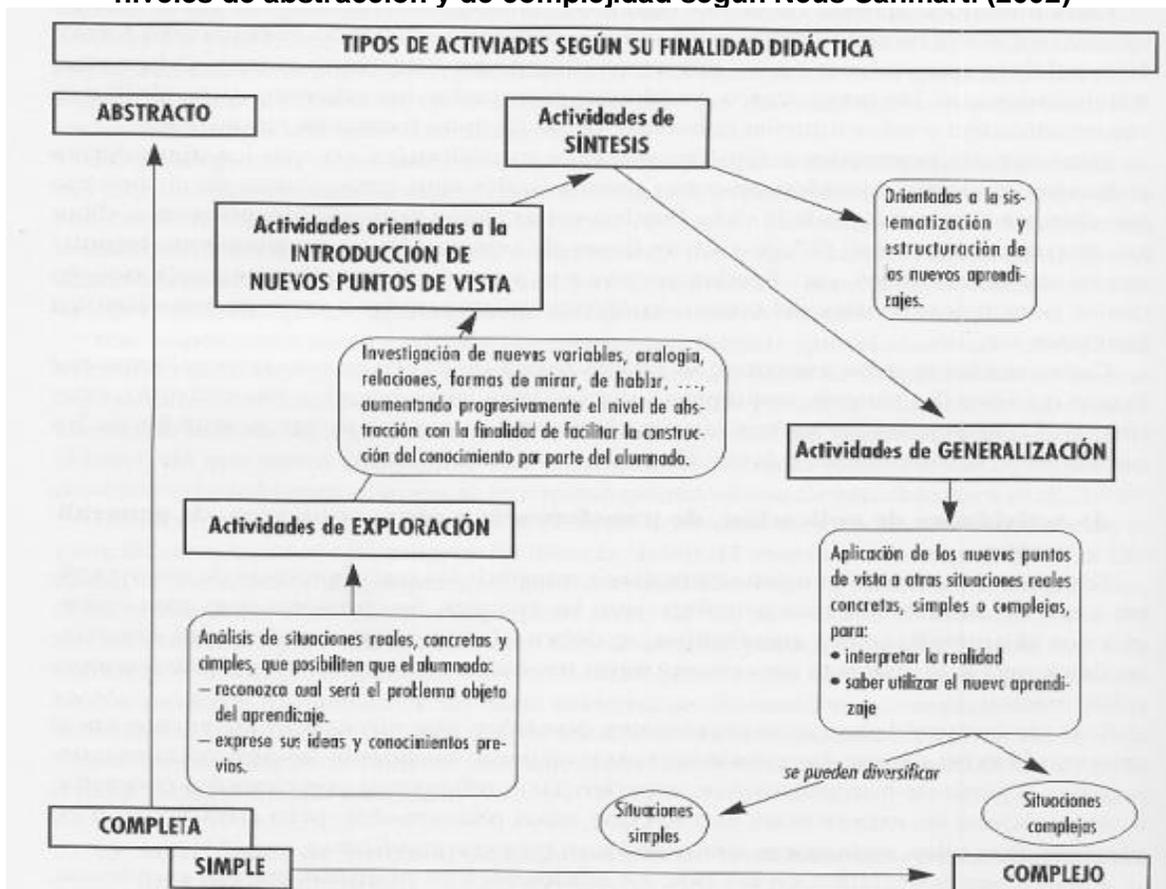
La selección y secuenciación de las actividades depende del modelo o enfoque que cada profesor tiene acerca de cómo aprenden mejor sus alumnos. Desde el enfoque constructivista serán fundamentales las actividades que tiendan a promover que los estudiantes se autoevalúen y regulen sus formas de pensar y actuar, cómo serán las que favorezcan la expresión de sus ideas, su contrastación entre los alumnos y/o con la observación experimental, con el establecimiento de nuevas interrelaciones, la toma de conciencia de los cambios en los puntos de vista, entre otros.

Con base a este enfoque, existen diversas propuestas que confieren diferentes finalidades didácticas a las actividades de enseñanza, por ejemplo, las propuestas de actividades que tienen fundamentalmente la función de estimular el conflicto explicativo y el cambio conceptual.

Otras actividades, se proponen promover el redescubrimiento de las ideas científicas a partir de la investigación o facilitar la reorganización del conocimiento mientras que, para otras actividades se trata de promover la evolución y enriquecimiento de los modelos elaborados por los propios alumnos, en la cual se basa la unidad didáctica propuesta en la presente tesis.

Para ello, la selección y secuenciación de actividades se propusieron, según Sanmartí (2000) de la siguiente manera: actividades de exploración inicial, de introducción de nuevos puntos de vista, de síntesis y de aplicación y generalización (ver Figura 3).

Figura 3. Esquema en el que se resumen los tipos de actividades en función de sus niveles de abstracción y de complejidad según Neus Sanmartí (2002)



Fuente: Tomado de Sanmartí (2000, p. 258)

2.2. Referentes Disciplinarios

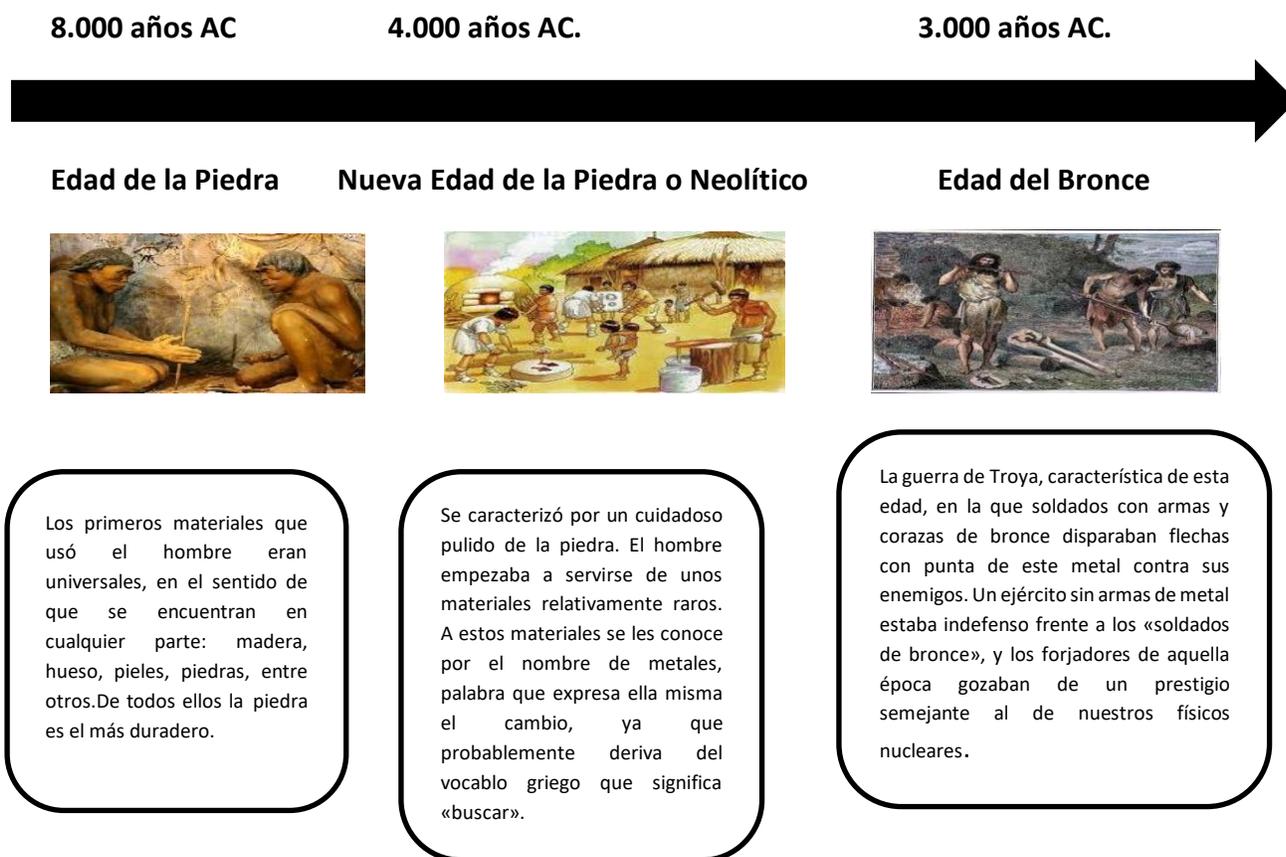
Con lo que respecta al campo disciplinar en ciencias, específicamente en la física, se presenta una breve reseña histórica acerca de cómo se fueron construyendo los conceptos de los estados de la materia, en qué consiste el Modelo Cinético de Partículas o el Modelo Cinético Molecular de los estados de la materia gaseoso, líquido y sólido.

2.2.1. Los estados de la materia, un poco de historia

A lo largo de la historia, los estados de la materia han sido un tema de estudio relevante y de gran interés, lo cual llevó a los científicos a construir explicaciones

de diversos tipos, hasta llegar a la teoría que hoy goza de consenso por parte de la comunidad y que sirve como marco teórico para la presente investigación. Lo anterior se podrá observar, en un breve resumen, por medio de una línea del tiempo en la Figura 4.

Figura 4. Línea del tiempo en la que se resume la historia acerca de la conceptualización de los estados de la materia



1.500 años AC

Entre 640-546 y 590 AC

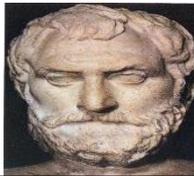
Entre 528 y 525 AC

Edad del Hierro



Se descubrió un metal aún más duro: el hierro. El hierro puro (hierro forjado) no es demasiado duro. Sin embargo, un instrumento o una armadura de hierro mejoraban al dejar que una cantidad suficiente de carbón vegetal formara una aleación con ese metal. Esta aleación que nosotros llamamos acero.

Tales de Mileto



Tales se planteó la siguiente cuestión: si una sustancia puede transformarse en otra, ¿cuál es la naturaleza de la sustancia? Pero cuál era esa materia básica o elemento. Tal decidió que era el agua por encontrarse en mayor cantidad, rodea a la Tierra; impregna la atmósfera en forma de vapor; corre a través de los continentes, y la vida es imposible sin ella. La Tierra, era un disco plano cubierto por la semiesfera celeste y flotando en un océano infinito. Los griegos no aceptaban la noción de vacío y por tanto no creían que en el espacio que hay entre la Tierra y el distante cielo pudiera no haber nada. Y como en la parte de este espacio que el hombre conocía había aire, parecía razonable suponer que también lo hubiese en el resto.

Anaxímenes de Mileto



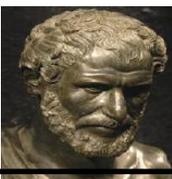
Llegó a la conclusión de que el aire era el elemento constituyente del Universo. Postuló que el aire se comprimía al acercarse hacia el centro, formando así las sustancias más densas, como el agua y la tierra.

540-475 AC

384-322 AC

Aproximadamente 450

Heráclito



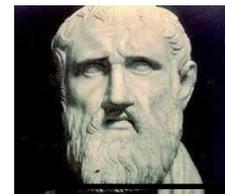
Tomó un camino diferente. Si el cambio es lo que caracteriza al Universo, hay que buscar un elemento en el que el cambio sea lo más notable. Esta sustancia, para él, debería ser el fuego, en continua mutación, siempre diferente a sí mismo. La fogsidad, el ardor, presidían todos los cambios.

Aristóteles



Aceptó esta doctrina de los cuatro elementos. No consideró que los elementos fuesen las mismas sustancias que les daban nombre. Concibió los elementos como combinaciones de dos pares de propiedades opuestas: frío y calor, humedad y sequedad. Las propiedades opuestas no podían combinarse entre sí. De este modo se forman cuatro posibles parejas distintas, cada una de las cuales dará origen a un elemento: calor y sequedad originan el fuego; calor y humedad, el aire; frío y sequedad, la tierra; frío y humedad, el agua. Aristóteles supuso que los cielos deberían estar formados por un quinto elemento, que llamó «éter».

Leucipo



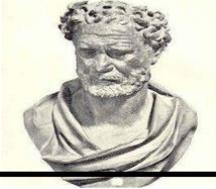
Fue el primero en poner en tela de juicio la suposición aparentemente natural que afirma que cualquier trozo de materia, por muy pequeño que sea, siempre puede dividirse en otros trozos aún más pequeños. Leucipo mantenía que finalmente una de las partículas obtenidas podía ser tan pequeña que ya no pudiera seguir dividiéndose.

Aproximadamente 470-380 AC

342-270 AC

95-55

Demócrito



Continuó en esta línea de pensamiento. Llamó átomos, que significa «indivisible», a las partículas que habían alcanzado el menor tamaño posible. Esta doctrina, que defiende que la materia está formada por pequeñas partículas y que no es indefinidamente divisible, se llama atomismo. Para muchos filósofos, y especialmente para Aristóteles, la idea de una partícula de materia no divisible en otras menores resultaba paradójica, y no la aceptaron. Por eso la teoría atomista se hizo impopular y apenas se volvió a tener en cuenta hasta dos mil años después de Demócrito.

Epicuro



Sin embargo, el atomismo nunca murió del todo, ya que lo incorporó a su línea de pensamiento, y el epicureísmo se granjeó muchos seguidores en los siglos siguientes.

Tito Lucrecio Caro



Conocido simplemente por Lucrecio. Expuso la teoría atomista de Demócrito y Epicuro en un largo poema titulado De Rerum Natura («Sobre la naturaleza de las cosas»). Muchos lo consideran el mejor poema didáctico jamás escrito.

Aproximadamente 200 ACa. de C

1577-1644

1608-

Bolos de Mendes



Bolos se dedicó a estudiar la teoría de los cuatro elementos que consideraba que las diferentes sustancias del universo diferían únicamente en la naturaleza de la mezcla elemental. Esta hipótesis podría ser cierta según se aceptase o no la teoría atomista, ya que los elementos podrían mezclarse como átomos o como una sustancia continua. Realmente parecía razonable pensar que todos los elementos eran intercambiables entre sí. Aparentemente el agua se convertía en aire al evaporarse, y retornaba a la forma de agua cuando llovía. La leña, al calentarla, se transformaba en fuego y vapor (una forma de aire), y así sucesivamente.

Jean Baptista Van Helmont



La única sustancia aérea conocida y estudiada era el aire mismo, los alquimistas habían obtenido con frecuencia «aires» y «vapores» en sus experimentos. El misterio de estos vapores estaba implícito en el nombre que se dio a los líquidos fácilmente vaporizables: «espíritus», una palabra que originalmente significaba «suspiro» o «aire», pero que también tenía un sentido evidente de algo misterioso y hasta sobrenatural.

Evangelista Torricelli



Logró probar, en 1643, que el aire ejercía presión. Demostró que el aire podía sostener una columna de mercurio de setenta centímetros de altura y con ello inventó el barómetro. Los gases, de repente, perdieron su misterio. Eran materiales, poseían peso, como los líquidos y los sólidos más fácilmente estudiados. Se diferenciaban de ellos sobre todo en su densidad mucho más baja.

1627-1691

1630-1684)

Aproximadamente 1670-171

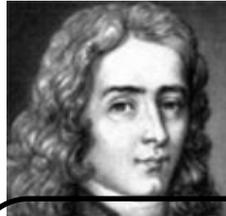


Robert Boyle



Este tipo de demostraciones despertaron su gran interés por las propiedades del aire, extraer el aire de un recipiente aspirándolo, probó el procedimiento opuesto de comprimirlo. Esta relación en la que el volumen disminuía a medida que aumentaba la presión se publicó por vez primera en 1622, y todavía nos referimos a ella como la ley de Boyle". Los experimentos de Boyle ofrecían un centro de atracción para el creciente número de atomistas.

Edme Mariotte



El físico francés quien descubrió independientemente la ley de Boyle hacia el año 1680, especificó que la temperatura debe mantenerse constante. Por esta razón, en la Europa continental se alude con frecuencia a la ley de Boyle como la ley de Mariotte.

Thomas Savery



Hacia 1700, este ingeniero inglés, construyó una máquina de vapor de este tipo. Era un invento peligroso porque utilizaba vapor a alta presión en una época en que la técnica de las altas presiones no podían controlarse con seguridad.

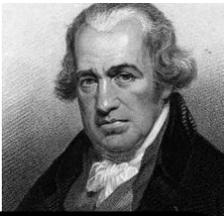
1663-1729

1736-1819

1635-



**Thomas Newcomen
Becher**



Asociado con Savery, ideó una máquina de vapor capaz de trabajar a baja presión.

James Watt



Hacia finales del siglo XVIII, el ingeniero escocés mejoró el ingenio y lo transformo en algo realmente práctico. El resultado de todo esto fue que, por vez primera, la humanidad ya no tendría que depender más de sus propios músculos ni de la fuerza animal. Nunca más habría de estar a expensas de la fuerza favorable o desfavorable del viento, ni de la energía localizada en algunos puntos del agua corriente. En su lugar disponía de una fuente de energía a la que podía recurrir en cualquier momento y en cualquier lugar con sólo hervir agua sobre un fuego de leña o de carbón. Este fue el factor decisivo que señaló el comienzo de la Revolución Industrial.

Johann Joachim



Según las antiguas concepciones griegas, todo lo que puede arder contiene dentro de sí el elemento fuego, que se libera bajo condiciones apropiadas. En 1669, este químico alemán, trato de racionalizar más esta concepción, introduciendo un nuevo nombre. Imagino que los sólidos estaban compuestos por tres tipos de «tierra». Una de ellas la llamo «térta pinguis» («tierra crasa»), y la intuyó como el principio de la inflamabilidad.

1660-1734

1667-1761

1728-1799

Georg Ernest Stahl



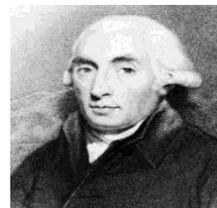
Fue quien propuso un nombre aun más nuevo para el principio de la inflamabilidad, llamándole flogisto, de una palabra griega que significa «hacer arder». Desarrolló después un esquema -basado en el flogisto- que pudiera explicar la combustión. Mantenía que los objetos combustibles eran ricos en flogisto y los procesos de combustión suponían la pérdida del mismo en el aire. Lo que quedaba tras la combustión no tenía flogisto y, por tanto, no podía seguir ardiendo. Así, la madera tenía flogisto, pero las cenizas no.

Stephen Hales



El químico inglés dio un paso en la dirección correcta, a principios del siglo XVIII, al recoger gases sobre el agua.

Joseph Black



Demostó que las sustancias gaseosas no sólo son liberadas por los sólidos y líquidos, sino que pueden combinarse con ellos para producir cambios químicos. Este descubrimiento quitó a los gases mucho de su misterio y los presentó más bien como una variedad de la materia que poseía propiedades en común (al menos químicamente) con los sólidos y líquidos más familiares.

1749-1819

1731-1810

1733-1804

Daniel Rutherford



Metió un ratón en un volumen cerrado de aire hasta que murió. Encendió luego una vela en el gas que quedaba, hasta que se apagó. Después encendió fósforo en lo que quedaba, hasta que el fósforo dejó de arder. A continuación pasó el aire a través de una sustancia capaz de absorber el dióxido de carbono. El aire restante era incapaz de mantener la combustión; un ratón no pudo vivir en él y una vela colocada en su seno se apagó. Por este razonamiento, Rutherford llamó al gas que había aislado «aire flogisticado». Hoy día lo llamamos nitrógeno, y concedemos a Rutherford el crédito de su descubrimiento.

Henry Cavendish



Era un excéntrico acaudalado que investigó en diversos campos, pero que se guardaba para sí los resultados de su trabajo y pocas veces los publicaba. Afortunadamente, sí publicó los resultados de sus experiencias sobre los gases. Pero Cavendish, en 1766, fue el primero en investigar sus propiedades sistemáticamente. Por eso se le atribuye por lo general el mérito de su descubrimiento. Dicho gas recibió más tarde el nombre de hidrógeno.

Joseph Priestley



Puesto que los objetos ardían tan fácilmente en este gas, tenían que ser capaces de liberar flogisto con extraordinaria facilidad. ¿Cómo podría ser eso, a menos que el gas fuese una muestra de aire de la que se hubiera extraído el flogisto, de tal modo que aceptaba un nuevo aporte con especial avidez? Así, Priestley llamó a este nuevo gas «aire desflogisticado». (Sin embargo, pocos años después fue rebautizado como oxígeno, nombre que aún conserva.)

1743-1794

1754-1826

1766-1844

Antoine Laurent Lavoisier



Reconoció la importancia de las mediciones precisas. Se interesó en los gases, sobre todo en la combustión. Mantuvo que la masa no se creaba ni se destruía, sino que simplemente cambiaba de unas sustancias a otras. Esta es la ley de conservación de la masa, que sirvió de piedra angular a la química del siglo XIX.

Joseph Louis Proust



Formuló la ley de las proporciones definidas o ley de Proust. A partir de ahí, se empezaron a plantear una serie de problemas muy importantes.

John Dalton



Expuso en 1803 su teoría atómica basada en las leyes de las proporciones definidas y de las proporciones múltiples. Sus átomos eran, demasiado pequeños como para verse, incluso al microscopio, la observación directa era impensable. En 1808 publicó Un Nuevo Sistema de Filosofía Química, en el que discutía su teoría atómica.

1778-1850

1776-1856

1179- 1848

Joseph Louis Gay-Lussac



Llegó a averiguar, de hecho, que cuando los gases se combinan entre sí para formar compuestos, siempre lo hacen en la proporción de números enteros pequeños. Gay-Lussac dio a conocer esta ley de los volúmenes de combinación en 1808.

Amadeo Avogadro



El primero en apuntar la necesidad de este supuesto -en los gases, igual número de partículas ocupan volúmenes iguales- la suposición, propuesta en 1811, se conoce por ello como hipótesis de Avogadro.

Este razonamiento da por sentado que las partículas de los diferentes gases -ya estén formadas por átomos simples o por combinaciones de átomos- están en realidad igualmente separadas. En ese caso, números iguales de partículas de un gas (a una temperatura dada) darán siempre volúmenes iguales, independientemente del gas de que se trate.

Jons Jakob Berzelius



Después de Dalton, Berzelius fue el principal responsable del establecimiento de la teoría atómica. Hacia 1807, se lanzó a determinar la constitución elemental exacta de distintos compuestos. Para ello, determinó los pesos atómicos con métodos más avanzados que los que Dalton había sido capaz de emplear. Una diferencia importante entre la tabla de Berzelius y la de Dalton fue que los valores de Berzelius no eran, por lo general, números enteros.

1778-1829

1791-1867

1818- 1889

Humphry Davy



Procedió a construir una batería eléctrica con más de 250 placas metálicas, la más potente construida hasta el momento. Envió intensas corrientes procedentes de esta batería a través de soluciones de compuestos sospechosos de contener elementos desconocidos, pero sin resultado. Solamente obtuvo hidrógeno y oxígeno procedentes del agua.

Michael Faraday



El trabajo de Davy sobre la electrólisis fue ampliado por su ayudante Faraday, trabajando en electroquímica, introdujo una serie de términos que se utilizan todavía en la actualidad. Llamó electrolitos a los compuestos o soluciones capaces de transportar una corriente eléctrica. Las placas o varillas de metal introducidas en la sustancia fundida o solución recibieron el nombre de electrodos; el electrodo que llevaba una carga positiva era el ánodo, el que llevaba una carga negativa era el cátodo. La corriente eléctrica era transportada a través del material fundido o la solución por entidades que Faraday denominó iones (de la palabra griega que significa «viajero»). Los iones que viajaban al ánodo eran aniones; los que viajaban al cátodo eran cationes.

James Prescott Joule



1840 su trabajo puso en claro que en las vicisitudes sufridas por el calor y otras formas de energía, no se destruye ni se crea energía. Este principio se llamó la ley de conservación de la energía, o primer principio de la termodinámica.

1773-1858

1879-1955

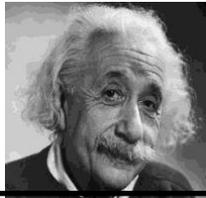
1864-1941

Robert Brown



Y aquí hizo su aparición en escena el tema del movimiento browniano. Este fenómeno, que implica el movimiento rápido e irregular de pequeñas partículas suspendidas en agua y fue observado por primera vez en 1827 por este botánico escocés.

Albert Einstein



Demostró en 1905 que el movimiento browniano puede atribuirse al bombardeo de las partículas por moléculas de agua. Como en un momento dado puede haber más moléculas golpeando desde una dirección que desde otra, las partículas serán impulsadas ahora hacia acá, ahora hacia allá. Einstein elaboró una ecuación para calcular el tamaño real de las moléculas de agua después de medir ciertas propiedades de las partículas en movimiento.

Walther Hermann Nernst



Aplicó los principios de la termodinámica a las reacciones químicas que ocurrían en una batería. En 1889 demostró que las características de la corriente producida pueden usarse para calcular el cambio de energía libre en las reacciones químicas que producen corriente. El estudio de tales reacciones inducidas por la luz se llamó fotoquímica («química de la luz»).

1810-1878

1831-1879

1844-1906

Henri Victor Regnault



James Clerk Maxwell



Ludwig Boltzmann



Hizo meticulosas medidas de volúmenes y presiones de gas a mediados del siglo XIX, y mostró que, sobre todo al elevar la presión o bajar la temperatura, los gases no seguían del todo la ley de Boyle.

Aproximadamente por la misma época, habían analizado el comportamiento de los gases, suponiendo que éstos eran un conjunto de infinidad de partículas moviéndose al azar (la teoría cinética de los gases). Lograron derivar la ley de Boyle sobre esta base, haciendo para ello dos suposiciones: 1, que no había fuerza de atracción entre las moléculas del gas, y 2, que las moléculas del gas eran de tamaño igual a cero. Los gases que cumplen estas condiciones se denominan gases perfectos. Ninguna de las dos suposiciones es del todo correcta. Existen pequeñas atracciones entre las moléculas de un gas, y si bien estas moléculas son enormemente pequeñas, su tamaño no es igual a cero. Por lo tanto, ningún gas real es «perfecto», aunque el hidrógeno y el recién descubierto helio casi lo eran.

Fuente: Elaboración propia a partir del libro de Asimov (1975, pp. 9-162)

2.2.2 El Modelo Cinético de Partículas

En el siguiente apartado se continúa con la explicación del comportamiento de los estados de la materia, en primer lugar de los gases y posteriormente de los líquidos y sólidos.

2.2.2.1 Para los gases

Para Chang (1998)

Algunos científicos como Ludwig Boltzmann y James Clerk Maxwell propusieron, durante el siglo XIX, la denominada 'teoría cinética molecular de los gases'. Encontrando que las propiedades físicas de los gases se explican en términos del movimiento de moléculas individuales, el cual es una forma de energía (p.180).

Así, la teoría se centra en las siguientes suposiciones:

1. Un gas está compuesto de moléculas que están separadas por distancias mucho mayores que sus propias dimensiones. Las moléculas pueden considerarse como “puntos”, es decir, poseen masa, pero tienen un volumen despreciable.
2. Las moléculas de los gases están en continuo movimiento en dirección aleatoria y con frecuencia chocan unas con otras. Las colisiones entre las moléculas son perfectamente elásticas, es decir, la energía se transfiere de una molécula a otra por efectos de las colisiones. Sin embargo, la energía total de todas las moléculas en un sistema permanece inalterada.
3. Las moléculas de los gases no ejercen entre sí fuerzas de atracción o de repulsión.
4. La energía cinética promedio de las moléculas es proporcional a la temperatura del gas en kelvin. Dos gases a la misma temperatura tendrán la misma energía cinética promedio, la energía cinética promedio de una molécula está dada por:

$$\overline{\text{KE}} = \frac{1}{2} m \overline{u^2}$$

Donde:

m = masa de la molécula

u = su velocidad

$\overline{u^2}$ = velocidad cuadrática promedio del cuadrado de las velocidades de todas las moléculas

$$\overline{u^2} = \frac{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_N^2}{N}$$

N = número de moléculas

De acuerdo con la teoría cinética molecular para explicar el comportamiento de los gases, las distancias entre las moléculas son tan grandes (comparadas con su tamaño) que a las temperaturas y presiones ordinarias (es decir de 25° C y 1 atm),

no hay una interacción apreciable entre ellas. Debido a que no hay mucho espacio vacío en los gases, es decir, espacio no ocupado por las moléculas, los gases se pueden comprimir con facilidad. La poca fuerza ejercida entre las moléculas de los gases también les permite que se expandan y ocupen el volumen del recipiente que los contiene la gran cantidad de espacio vacío también explica que los gases tengan muy baja densidad en condiciones normales.

2.2.2.2 Para los sólidos y líquidos

Siguiendo el planteamiento de Chang (1998), *“los líquidos y los sólidos son otra historia. La diferencia principal entre los estados condensados (líquidos y sólidos) y el estado gaseoso estriba en la distancia entre las moléculas”* (p.418.)

En los líquidos, las moléculas están tan juntas que hay muy poco espacio vacío, por ello son más difíciles de comprimir y en condiciones normales, son mucho más densos que los gases. Las moléculas de los líquidos se mantienen juntas por uno o más tipos de fuerzas de atracción. En este caso, las moléculas no escapan de las fuerzas de atracción y por ello los líquidos tienen también un volumen definido. Sin embargo, como las moléculas se mueven con libertad, un líquido puede fluir, derramarse y adoptar la forma del recipiente que lo contiene.

En un sólido, las moléculas ocupan una posición rígida y prácticamente no tienen libertad para moverse. Muchos sólidos tienen como característica un ordenamiento de largo alcance, es decir, sus moléculas están distribuidas en una configuración regular tridimensional. En un sólido hay aún menos espacio vacío que un líquido. Por ello, los sólidos son casi incomprensibles y su forma y volumen están bien definidos. Con algunas excepciones (como la del agua, que es la más importante), la densidad de la forma sólida es mayor que la de la forma líquida para una sustancia dada. En una sustancia dada suelen coexistir los dos estados. El ejemplo más común es el de un cubo de hielo (sólido) flotando en un vaso de agua (líquido).

Para Garritz y Chamizo (1994) *“una primera forma de clasificar la materia de acuerdo con la fase física o estado de agregación en que se encuentra: sólido, líquido o gaseoso”* (pp.16-17).

Una explicación plenamente satisfactoria de la presencia de tres fases en la materia se alcanzó el siglo pasado, gracias al modelo cinético-molecular. Según este modelo, toda la materia está compuesta por partículas extraordinariamente pequeñas, que reciben el nombre de moléculas. Para dar una idea de su tamaño, basta indicar que en una gota de agua hay 1 000 000 000 000 000 000 000 (mil trillones) de moléculas.

Esta gota podría subdividirse en dos, en cuatro, en ocho partes y esa octava fracción sería de una muestra de agua aún sin una multitud de moléculas. Supongamos que esa subdivisión prosigue. Cuando tuviéramos una sola molécula de agua, ésta no podría partirse sin dejar de ser agua. Por eso decimos *‘La molécula es la parte más pequeña en la que puede ser dividida una sustancia, sin que se forme una nueva sustancia’*.

Las moléculas de un material interactúan entre sí. De la misma magnitud de esa interacción y de la temperatura de la muestra, depende que ésta se presente sólida, líquida o gaseosa. Cuando las moléculas están fuertemente unidas y por lo general ordenadas de manera simétrica, tenemos un sólido. Si las fuerzas intermoleculares son menores, la sustancia pierde rigidez: se trata de un líquido. Las moléculas de un líquido se trasladan libremente, pero se encuentran cercanas unas de otras. En un gas, la fuerza de atracción entre moléculas es menor y se presentan separadas y desordenadas.

En este sentido, para Garritz y Chamizo (1994)

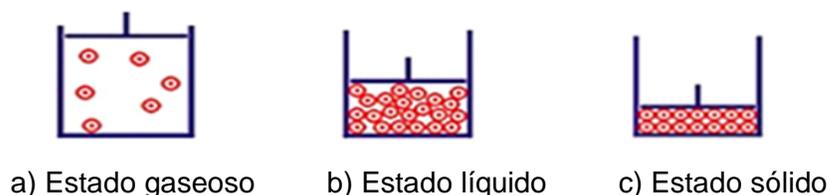
Fue necesario el advenimiento del modelo cinético- molecular en el siglo XIX, para que una teoría pudiera explicar los hechos. Hasta ese momento, nadie había visto ni una molécula, pero era evidente que una gran cantidad de hechos podían explicarse a partir de la suposición de su existencia; las sustancias debían estar compuestas por moléculas. De esta manera, hacia finales del siglo XIX y principios del XX no existía la menor duda de la existencia de átomos y moléculas (p.217-218).

Las premisas fundamentales del modelo cinético- molecular fueron establecidas, después de muchos años de estudio, por diversos científicos, desde Bernoulli (1738), pasando por Clausius (1857) hasta Maxwell (1860) y Botzmann (1868).

2.2.2.3 Premisas del modelo cinético- molecular

1. Toda la materia está constituida por pequeñas partículas llamadas moléculas.
2. Las moléculas se encuentran en continuo movimiento al azar. Su energía de movimiento determina la temperatura del cuerpo.
3. Las moléculas pueden interactuar entre sí con fuerzas de mayor o menor intensidad.

Figura 5. Distribución de los átomos en los estados de la materia



Fuente: Universidad de Valencia

a. Para los gases

Las distancias entre moléculas es muy grande comparada con sus dimensiones, debido a ello, las fuerzas intermoleculares son despreciables (ver Figura 5, inciso a). Las colisiones entre moléculas y con las paredes del recipiente son elásticas.

b. Para los líquidos

La distancia entre moléculas es pequeña pero éstas ocupan posiciones definidas. Existen fuerzas intermoleculares de atracción que son responsables de la estructura de los líquidos (ver Figura 5, inciso b).

c. Para los sólidos

Las moléculas se encuentran también cercanas entre sí. Las fuerzas de atracción frecuentemente originan arreglos ordenados. Los movimientos moleculares están sumamente restringidos y consisten primordialmente en vibraciones alrededor de 'puntos fijos' (ver Figura 5, inciso c).

CAPÍTULO 3

RUTA METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología es la que se encarga de justificar los métodos, comprender el proceso de investigación, para ello, se considera el siguiente planteamiento de Buendía Eisman, Colas Bravo y Hernández Pina (1998):

La metodología es el estudio (descripción, explicitación y justificación) de los métodos y no los métodos en sí. La metodología, pues, se ocupa de los componentes objetivos de la ciencia, puesto que es en cierto modo la filosofía del proceso de investigación, e incluye los supuestos y valores que sirven como base procedimental de que se sirve el investigador para interpretar los datos y alcanzar determinadas conclusiones” (pp. 6-7).

Por tal motivo, en este capítulo se pueden encontrar los objetivos y el diseño metodológico de la investigación.

3.1. Objetivos

Para atender las preguntas de investigación planteadas en el primer capítulo (ver p. 20), en este trabajo nos proponemos:

- Identificar los Modelos Explicativos Iniciales (MEI) del alumnado de secundaria acerca de los estados de la materia.
- Validar empíricamente los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes inferidos a partir de la revisión de la literatura especializada y del currículo de primaria en torno a los estados de la materia.
- Analizar la transformación los MEI de los estudiantes de secundaria a partir del diseño de una estrategia didáctica, cuya hipótesis directriz es el Modelo Científico Escolar de Arribo para que los estudiantes de secundaria puedan construir explicaciones sobre los estados de la materia a nivel microscópico y no únicamente a nivel macroscópico a partir del Modelo Cinético de Partículas.

3.2 Diseño Metodológico

El diseño metodológico de la presente investigación, se encuentra sustentada principalmente en el paradigma interpretativo, dado que a partir de los datos obtenidos se dará cuenta de los modelos explicativos del alumnado de secundaria en torno a los estados de la materia. Para ello recurriremos al Modelo Científico Escolar de Arribo (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013) y a la propuesta de secuenciación de actividades didácticas de Sanmartí (2002).

Para Pérez (1994) el paradigma interpretativo emerge como: “...*alternativa al paradigma racionalista, puesto que en las disciplinas de ámbito social existen diferentes problemáticas, cuestiones y restricciones que no se pueden explicar ni comprender en toda su extensión desde la metodología cuantitativa*” (p. 26). Por tanto, se utilizó una metodología de investigación mixta: cualitativa y cuantitativa.

3.2.1. Instrumentos de recolección de datos

Para recolectar los datos a lo largo de la intervención didáctica, que permitieran dar cuenta de los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes de secundaria sobre los estados de la materia, así como la transformación de los modelos construidos a lo largo de dicha intervención, se utilizaron fundamentalmente cuestionarios que se implementaron en las diferentes actividades de la Estrategia Didáctica, los cuales tenían preguntas abiertas y en los que se solicitaban dibujos y explicaciones escritas, atendiendo así a las explicaciones multimodales (Gómez Galindo, 2013) es decir, incluir diversos soportes o registros semióticos (lenguaje natural, imagen, maqueta, etc.) para apoyar las representaciones con el propósito de comunicar los modelos.

3.2.2 Participantes

En este trabajo de investigación se contó con la participación de dos grupos de clase de segundo año de secundaria, con un total de 98 estudiantes que asistían regularmente a una Escuela Secundaria Pública de la Ciudad de México en el turno matutino, de los cuales 55 eran mujeres y 43 hombres, cuyas edades oscilaban

entre 13 y 15. Su condición socioeconómica era media baja, es decir, la mayoría de los estudiantes provenían de familias de escasos recursos económicos. Cabe destacar, que se contó con el apoyo de las autoridades de la institución, para el desarrollo de este trabajo y se les proporcionaron a los estudiantes todos los materiales necesarios, tanto impresos como físicos para que pudieran realizar las actividades teóricas y experimentales.

3.2.3 Fases de la investigación

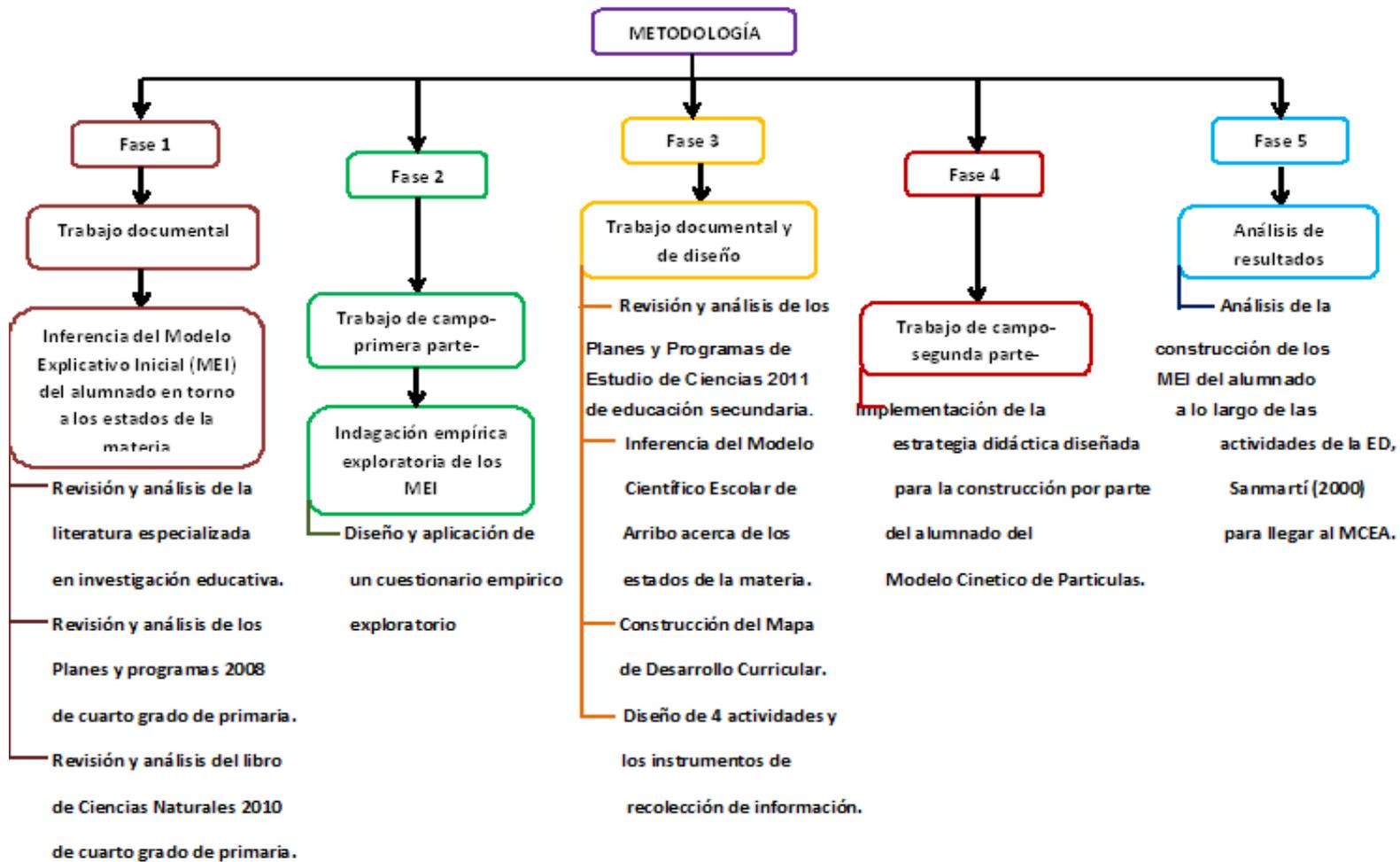
En este apartado se describen las cinco grandes fases o momentos de la investigación que conllevaron a la construcción de los modelos teóricos previos para el diseño de la Estrategia didáctica en torno a los estados de la materia, a su implementación y recolección de datos, y finalmente al análisis de los mismos.

En la Figura 6, se presenta un diagrama de las fases que guiaron el diseño metodológico de la presente investigación/intervención.

❖ Fase 1. Trabajo documental.

De acuerdo con el planteamiento teórico-metodológico de López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), para poder realizar una intervención educativa a partir del diseño de una estrategia didáctica, es necesario poner en términos de Modelos, la explicación inicial del alumnado en torno al tema en cuestión y el Modelo que se espera construyan los estudiantes a lo largo de la ED.

Figura 6. Diagrama del diseño metodológico



Fuente: Elaboración propia.

Por ello, con el propósito de inferir previamente el Modelo Explicativo Inicial (MEI) del alumnado proveniente de primaria, previo a abordar en secundaria el tema de los estados de la materia y sus transformaciones, se realizó inicialmente un trabajo de carácter documental, para lo cual se trabajó con dos tipos de documentos: por un lado se revisaron reportes de investigación educativa sobre el tema, particularmente en torno al pensamiento del alumnado y por el otro se realizó una revisión de documentos oficiales, en primer lugar los Planes y Programas de primaria de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2008) y en segundo lugar el libro de texto de cuarto grado de Ciencias Naturales de primaria, lo cual permitió poner en términos de modelo científico (entidades con propiedades, relaciones y condiciones) el MEI del alumnado en torno a los estados de la materia.

❖ **Fase 2. Trabajo de campo -primera parte-**

Una vez identificados teóricamente los MEI del alumnado se procedió a realizar una indagación empírica de dichos MEI, para ello, se diseñó y se aplicó un cuestionario empírico exploratorio. El cuestionario fue elaborado teniendo en cuenta las respuestas dadas por participantes (98 estudiantes) a dos cuestionarios previos, es decir, el cuestionario fue piloteado en dos ocasiones hasta llegar a su versión final y discutido con expertos en el campo de la didáctica de las ciencias (ver Anexo 1).

❖ **Fase 3. Trabajo documental y de diseño.**

Posteriormente se realizó nuevamente una revisión de documentos oficiales de la SEP, en este caso de los Planes y Programas de Estudio 2011 para la asignatura de Ciencias II (énfasis en física) de educación secundaria. Lo anterior junto con la revisión disciplinar realizada previamente y reportada en el marco teórico, permitieron inferir el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) acerca de los estados de la materia.

Finalmente como parte de esta fase, para el diseño de la ED a implementar con los alumnos de secundaria, una vez identificados los MEI acerca de los estados de la materia y planteado el Modelo Cinético de Partículas como Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), se construyó un Mapa de Desarrollo Curricular (García, Merino, Rodríguez-Pineda, Hernández, Reyes, Abella y Guevara, 2014), con el objetivo fundamental de que los alumnos de secundaria transformaran sus modelos y construyeran el MCEA sobre los estados de la materia y, de acuerdo con el planteamiento de Sanmartí (2002), se diseñaron cuatro tipos de actividades y los correspondientes instrumentos para la recolección de la información. Todos los materiales e instrumentos usados en la implementación de la ED, fueron discutidos y revisados por una experta en el campo y tutora del presente trabajo.

❖ **Fase 4. Trabajo de campo –segunda parte-**

Posteriormente, se realizó el segundo momento del trabajo de campo, en el cual se implementó la estrategia didáctica diseñada, para que a través de una serie de actividades el alumnado fuera construyendo el Modelo Cinético de Partículas con el propósito de explicar los estados de la materia a nivel microscópico y no únicamente a nivel macroscópico. Dicha estrategia se implementó con los mismos 98 estudiantes que participaron en la fase 2.

❖ **Fase 5. Análisis de resultados**

Finalmente, se realizó el análisis de los MEI del alumnado, tanto los iniciales como los que se fueron construyendo a lo largo de los diferentes tipos de actividades -de introducción de nuevos puntos de vista, de síntesis y de aplicación y generalización (Sanmartí, (2000)- de la ED, cuya finalidad era que los alumnos llegaran al MCEA. Por ende, los datos se analizaron a la luz de las entidades con sus propiedades, relaciones y condiciones tanto del MEI, como del MCEA, de lo cual se dará cuenta con mayor detalle, en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

MODELOS EXPLICATIVOS INFERIDOS DE LA LITERATURA ACERCA DE LOS ESTADOS DE LA MATERIA

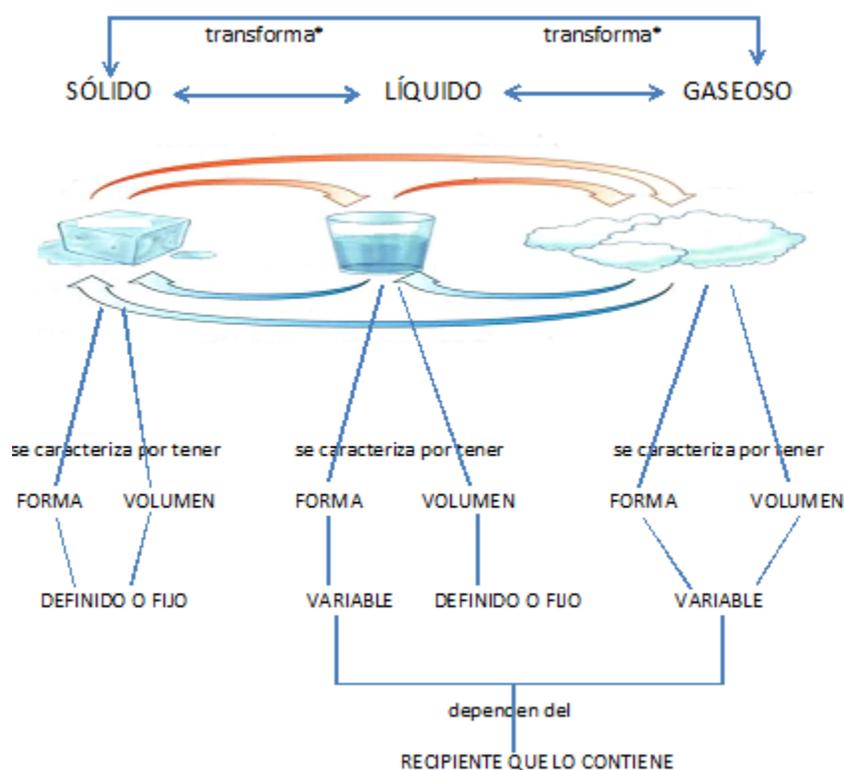
En el presente capítulo, se presentan los modelos explicativos construidos acerca de los estados de la materia, tanto el Modelo Explicativo Inicial (MEI) inferido del currículum de educación primaria y de los reportes de investigación, como el Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), construido partir del referente disciplinar y del currículo de secundaria.

4.1. Modelo Explicativo Inicial (MEI) del alumnado, inferido de la literatura y del currículo de primaria: un modelo macroscópico

El Modelo Explicativo Inicial del alumnado (figura 7) sobre los estados de la materia inferida del currículo de primaria y de las ideas reportadas en la literatura especializada, tiene como sustento dos ideas centrales.

Por un lado, desde la perspectiva macroscópica, la diferencia de los estados de la materia, está en virtud de las **propiedades físicas** de la **entidad 'materia'**, es decir de su *forma y volumen*; así, los sólidos tienen forma y volumen definido, los líquidos tienen formada variable -de acuerdo al recipiente que los contiene- y volumen definido y, los gases forma y volumen variable. Y por otro, la única '*materia*' que se reconoce, se encuentra en los tres diferentes estados, es el agua, lo cual proviene del ciclo del agua, más que de lo trabajado en el aula en torno a los estados de la materia. Así pues, la única **relación** presente en el MEI es la de la '*transformación*' de sólido, a líquido y a gas, pero con la **condición** de que sólo sucede para el *agua*. Por tanto, el MEI del alumnado, de acuerdo a lo inferido, está en el marco de lo descriptivo, pero no de lo explicativo.

Figura 7. Modelo Explicativo Inicial “Modelo Macroscópico”



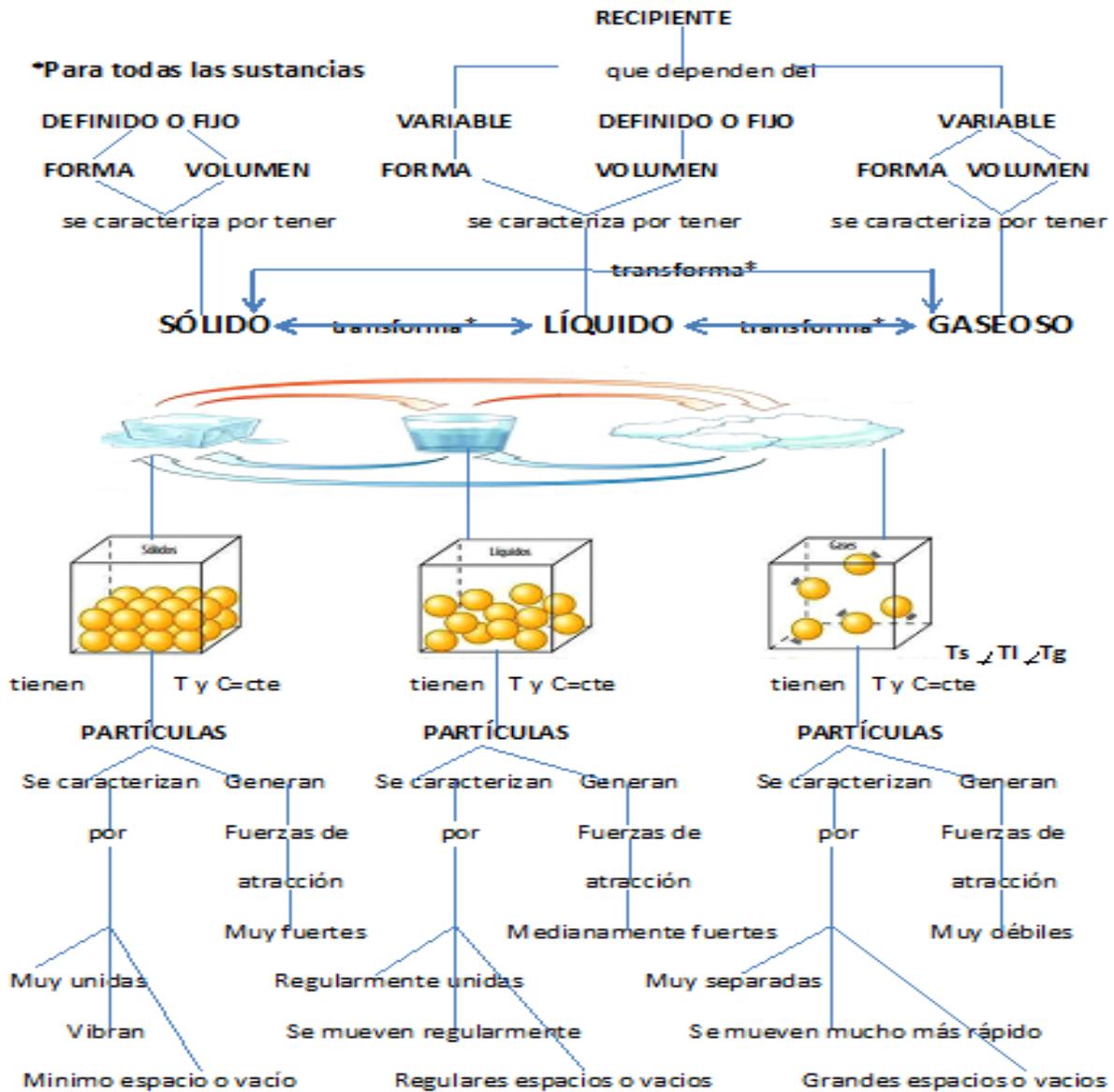
*Solo para el caso del agua

Fuente: Elaboración propia.

4.2. El Modelo Científico Escolar de Arriba (MCEA): un modelo macro y micro

Con base en la propuesta de López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), se infirió el Modelo Científico Escolar de Arriba sobre los estados de la materia, que se espera sea construido por los estudiantes de secundaria (ver figura 8). Después de revisar los Planes y Programas 2011 para la asignatura de Ciencias II (énfasis en física) de la SEP, los referentes disciplinares y algunos planteamientos propuestos en las investigaciones revisadas, se sugiere que los estudiantes de educación secundaria, expliquen los estados de la materia a partir de un modelo microscópico como lo es el Modelo Cinético de Partículas o el modelo cinético molecular de los estados de la materia.

Figura 8. Modelo Científico Escolar de Arriba “Modelo Macroscópico” y “Modelo Microscópico”



Fuente: Elaboración propia.

Este MCEA para el alumnado de secundaria, se sustenta tanto en la perspectiva macroscópica con la microscópica de la materia. Las diferencias entre los estados de la materia se basa en tres ideas principales: la materia está formada por pequeñas partículas que no podemos ver; las partículas se encuentran en continuo movimiento, frente a la apariencia estática con la que se nos presenta, el cual

depende de las fuerza de cohesión o atracción; entre esas partículas no hay absolutamente nada, lo que conlleva a la idea de vacío y una naturaleza discontinua, frente a la apariencia continua con que la percibe el estudiante de secundaria. Y la conservación de la materia en cada estado, está en virtud de ciertas condiciones de calor y temperatura.

Es decir, se espera que en las actividades de introducción de nuevos puntos de vista, de síntesis y de aplicación y de generalización, los estudiantes de secundaria puedan introducir nuevos elementos del Modelo Cinético de Partículas, tales como la **entidad** '*partícula*', propiedades de dicha entidad '*masa, volumen, velocidad (movimiento) o energía cinética*', nuevas **relaciones** entre las partículas, tales como la '*fuerza de atracción o cohesión, espacios intermoleculares*' y **condiciones** del ambiente físico tales como '*calor y temperatura constantes*'.

CAPÍTULO 5

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA GUIAR LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CINÉTICO DE PARTÍCULAS

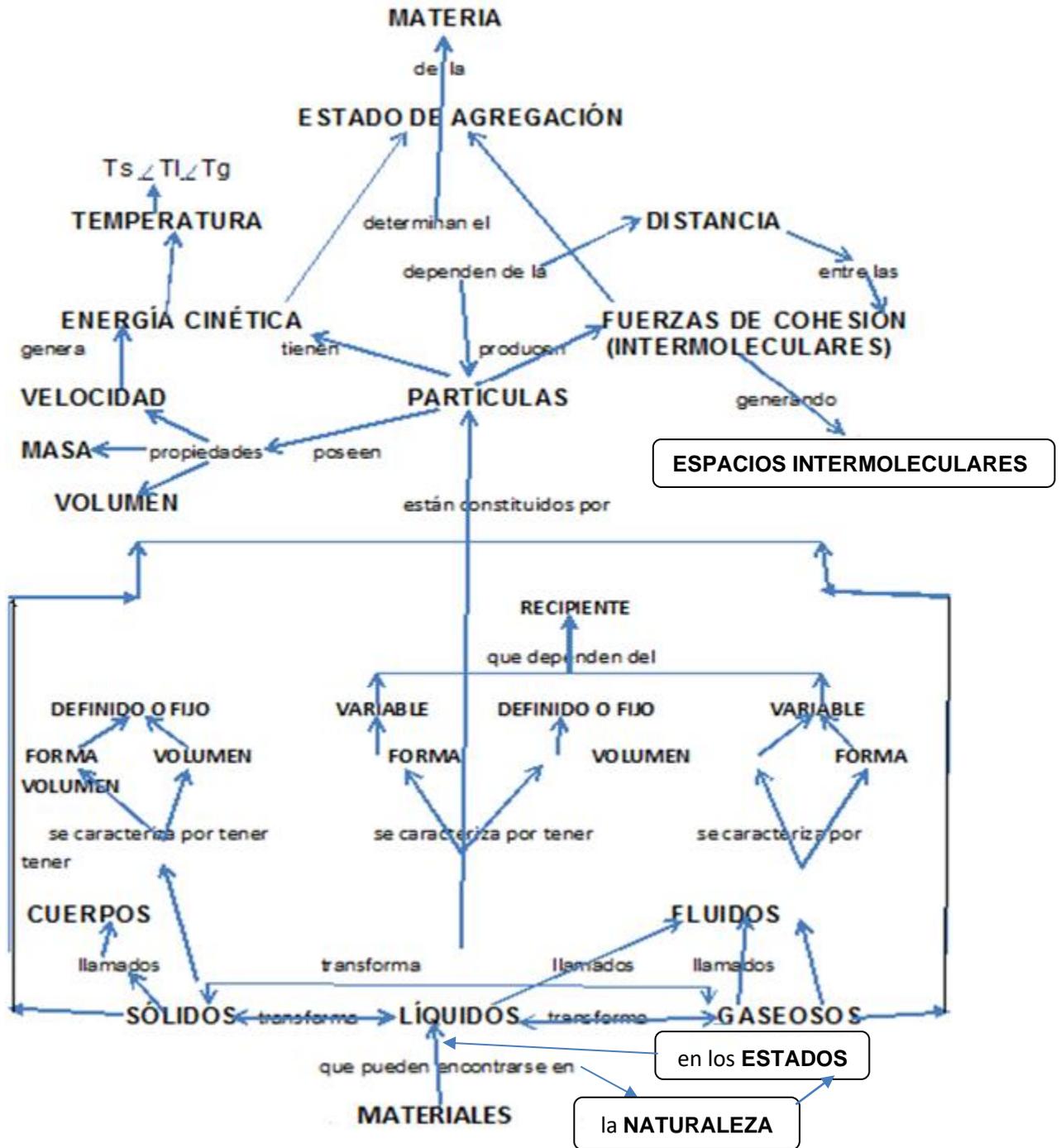
Pozo y Gómez Crespo (2002) plantean que para el alumnado, el Modelo Cinético de Partículas no es realmente un modelo explicativo de las propiedades de la materia, tal como nos plantea la ciencia, sino que más bien que acaban por explicar el funcionamiento de las partículas a partir de las propiedades del mundo macroscópico, en lugar de hacerlo a la inversa. Por lo que tener un MCEA como hipótesis directriz para el diseño de la Estrategia Didáctica (ED) resulta fundamental. Por ello, en este capítulo, se presenta el el Mapa de Diseño Curricular del Modelo Cinético de Partículas como MCEA que orienta el diseño de la ED, la Estructura de la Estrategia Didáctica para construir el modelo Cinético de Partículas y la Descripción de las actividades de la Estrategia Didáctica.

5.1. El Mapa de Diseño Curricular del Modelo Cinético de Partículas como MCEA

Para organizar y presentar la Estrategia Didáctica del Modelo Cinético de Partículas, se tomó como referente la propuesta de Mapa de Desarrollo Curricular (ver Fig. 9) y de Unidad Didáctica propuesta por García et al. (2014), quienes también retoman como sustento teórico para seleccionar y secuenciar las actividades de la ED, los planteamientos propuestos por Sanmartí (2000 y 2002).

Según García et al., (2014, p.67) *“la gestión en el aula –entendida también como desarrollo curricular– se puede realizar mediante el diseño y uso de Unidades Didácticas en los campos estructurantes de las ciencias naturales”*, ya que como lo describe Sanmartí (2002) un buen diseño didáctico es aquel que mejor responde a las necesidades diversas de los estudiantes. Por tanto, los aspectos y características que se deben considerar a la hora de planear, diseñar y evaluar una estrategia didáctica fueron retomados de la propuesta de Neus Sanmartí.

Figura 9. Mapa de Diseño Curricular de la Estrategia Didáctica del Modelo Cinético de Partículas



Fuente: Elaboración propia.

5.2 Estructura de la Estrategia Didáctica para construir el Modelo Cinético de Partículas

En el cuadro 4 se presenta la estructura general de la estrategia didáctica a implementar y en el cuadro 5, su estructura en virtud de las actividades de exploración inicial, de introducción de nuevos puntos de vista, de síntesis y de aplicación y generalización (Sanmartí, 2002) y de los materiales de trabajo.

Cuadro 4. Estructura general de la estrategia didáctica sobre los estados de la materia

ESTRUCTURA GENERAL DE LA ESTRATEGÍA DIDÁCTICA SOBRE LOS ESTADOS DE LA MATERIA	
<p>Objetivo general: Que el estudiante de secundaria construya su modelo explicativo final de los estados de la materia a partir del Modelo Cinético de Partículas, con base en las actividades desarrolladas en la propuesta didáctica, con el propósito de acercarlos al Modelo Científico Escolar de Arriba.</p> <p>Objetivos específicos: Que el estudiante de secundaria reconozca que los materiales dependen de las entidades llamadas partículas y que estas tienen propiedades como la masa, el volumen y la velocidad y relaciones llamadas espacio o vacío y fuerzas de cohesión.</p>	<p>Competencias conceptuales: El estudiante debe ser capaz de construir el Modelo Científico Escolar de Arriba.</p> <p>Competencias procedimentales: El estudiante debe ser capaz de desarrollar habilidades para la organización y seguimiento de actividades en el aula y prácticas de laboratorio.</p> <p>Competencias actitudinales: El estudiante debe ser capaz de desarrollar o reforzar habilidades, actitudes y valores para el trabajo individual y en equipo en un ambiente propicio para escuchar, compartir sus experiencias y que le permitan relacionarlas con fenómenos que ocurren en su vida cotidiana o en su ambiente.</p> <p>Competencias comunicativas: El estudiante debe ser capaz de poder comunicar y argumentar los modelos construidos.</p>
<p>Justificación: El propósito del diseño y de la aplicación de la estrategia didáctica surge a partir de la de la investigación educativa sobre las explicaciones del alumnado con relación a los estados de la materia y de un diagnóstico inicial con alumnos de secundaria., dado que sus explicaciones están en el ámbito de los macroscópico y no de lo microscópico, por tanto, se pretende que los estudiantes construyan el Modelo Científico Escolar de Arriba lo más cercano al Modelo Cinético de Partículas.</p>	
<p>Población a quién está dirigida: estudiantes de segundo grado de educación secundaria general, turno matutino, las edades oscilan entre 13 y 15 años</p>	<p>Tiempo: dos semanas; Número de sesiones: 12 (2 sesiones diarias) Número de horas: cada sesión contará con 50 minutos en promedio para su desarrollo completo</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la propuesta de García *et al.*, (2014).

Cuadro 5. Estructura General de la ED: actividades y materiales

Tipo de actividad	Actividades	Materiales
De exploración inicial	¿Cómo utilizan los estudiantes de secundaria sus modelos macroscópicos para explicar los estados de la materia?	Cuadro para que los estudiantes clasifiquen los materiales proporcionados de acuerdo a sus características macroscópicas (Anexo 2)
De introducción de nuevos puntos de vista	<p>Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 1: ¿Por qué se utilizan los modelos en la ciencia?</p> <p>-----</p> <p>Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 2: ¿Cómo se encuentra conformada la materia en su interior de los estados sólido, líquido y gaseoso?</p> <p>-----</p> <p>Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 3: ¿Qué propiedades tiene la entidad “partícula” según el Modelo Cinético de Partículas?</p> <p>-----</p> <p>Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4: ¿Cuáles son las relaciones que tiene la entidad “partícula” según el Modelo Cinético de Partículas?</p>	<p>Lectura: Los modelos en la Ciencia (Anexo 3) Hoja para que los alumnos construyan un mapa mental acerca de la palabra “modelo en las ciencias” (Anexo 4)</p> <p>-----</p> <p>Hoja para que los alumnos construyan su modelo de manera individual (Anexo 5)</p> <p>Ilustraciones para recortar materiales, así como su conformación de partículas en sus diferentes estados (Anexo 6)</p> <p>-----</p> <p>Artículo científico: Sobre el quinto estado de agregación (Anexo 7) Hoja recortable acerca de los estados de la materia y de los nuevos conocimientos aportados (Anexo 8) Anexo 9: Hoja para que los alumnos construyan un modelo de manera individual acerca del Modelo Cinético de Partículas</p> <p>-----</p> <p>Lectura: Modelo Cinético de Partículas (Anexo 10) Hoja impresa recortable (Anexo 11) Hoja impresa para que los alumnos incorporen el concepto de partícula y sus propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento), así como las relaciones de las partículas: fuerza de cohesión o atracción y espacio o vacío (Anexo 12)</p>
De síntesis	“Construyendo mis propios modelos microscópico de los estados de la materia”	Elaboración de una maqueta acerca de los estados de la materia (macro y micro) así como su explicación y socialización con sus demás compañeros y compañeras de grupo.
De aplicación y generalización	<p>Actividad de aplicación y generalización 1: ¿Cómo se encuentran las partículas en el agua de limón y luego, cuando se vuelve helado?</p> <p>Actividad de aplicación y generalización 2: ¿Por qué percibo el aroma a rosas de la veladora?</p>	<p>Actividad experimental: ¿Será agua de limón? (Anexo 13)</p> <p>Actividad experimental: Vela aromática (Anexo 14)</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la propuesta de *García et al.* (2014)

5.3. Descripción de las actividades de la Estrategia Didáctica (ED)

A continuación se presentan con cierto nivel de detalle las actividades propuestas con base en el MCEA, el cual se expresa en el Mapa de Diseño Curricular de manera que permite comprender cuales son los elementos del modelo a incorporar paulatinamente en virtud del nivel de complejidad.

5.3.1. Actividades de exploración inicial

Esta actividad (ver Cuadro 6) tiene como objetivo que los estudiantes de segundo grado de secundaria expresen sus modelos explicativos, donde se evidencie la cercanía al Modelo Explicativo Inicial (ver figura 7).

Cuadro 6. Actividad de exploración inicial

ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN INICIAL					
¿Cómo utilizan los estudiantes de secundaria sus modelos macroscópicos para explicar los estados de la materia?					
ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD					
La actividad consiste en que los estudiantes clasifiquen algunos materiales de su vida cotidiana en los diferentes estados de acuerdo a sus modelos macroscópicos.					
¿Por qué la clasifica cómo una actividad de este tipo?	¿Qué se pretende con esta actividad?	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.
La actividad les puede resultar interesante a los estudiantes debido a que ellos harán la clasificación de materiales de su vida cotidiana de acuerdo a sus saberes sobre los estados de la materia.	Comprobar que los estudiantes conocen los estados de la materia a partir de la clasificación de materiales de su vida cotidiana, de acuerdo con sus modelos macroscópicos.	<p>Vuelve a conformar a los estudiantes en equipos, es decir, por modelos (m1, m2, m3,...).</p> <p>Les explica brevemente el concepto de características físicas o macroscópicas, así como algunos ejemplos.</p> <p>Le reparte a cada equipo un recipiente con diferentes materiales en diferentes estados. Por ejemplo, un líquido (agua, aceite, alcohol), un recipiente con un sólido (arena, piedras, canicas, esferas) y un recipiente con un gas (un globo, refresco lleno sin destapar y otro vacío pero tapado).</p> <p>Observa a los alumnos y el guía para que realicen la clasificación de los materiales que les toco, de acuerdo a sus propiedades físicas o macroscópicas, como son la forma y el volumen.</p> <p>Les proporciona una hoja impresa (ver Anexo 2) para que los estudiantes clasifiquen los materiales proporcionados de acuerdo a sus características macroscópicas o físicas.</p>	<p>En equipo, observa los materiales en diferentes estados y los clasifica, de acuerdo a sus modelos explicativos iniciales con respecto a sus características o propiedades físicas o macroscópicas como lo son su forma y volumen.</p> <p>Discute con sus compañeros de equipo las similitudes y diferencias de las propiedades físicas o macroscópicas de los materiales que le tocó a su equipo.</p> <p>Clasifican en la hoja impresa (ver Anexo 2) los materiales proporcionados de acuerdo a sus características macroscópicas o físicas.</p>	<p>El profesor observa, analiza y procesa las hojas contestadas por los estudiantes de manera individual, para verificar que tienen conocimiento de los estados de la materia, de acuerdo a sus características o propiedades físicas o macroscópicas, es decir, a la forma y al volumen.</p> <p>Esta clasificación permitirá que sean retomadas por el profesor en la planeación de las siguientes actividades.</p>	<p>Hoja impresa (ver Anexo 2)</p> <p>Lápiz.</p> <p>Pluma</p>

5.3.2 Actividades de introducción de nuevos puntos de vista

Estas actividades (ver Cuadros 7, 8, 9 y 10) tienen como objetivo que el estudiante modifique su Modelo Explicativo Inicial (figura 9) para que se acerquen al Modelo Científico Escolar de Arribo (figura 8).

Cuadro 7. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 1

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 1					
¿Por qué se utilizan los modelos en la ciencia?					
ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD					
La actividad consiste en que los estudiantes comprendan que con el uso de los modelos en la ciencia se representan algunos fenómenos de la vida cotidiana y que en ocasiones son abstractos, es decir, no son tangible o perceptible a los sentidos.					
¿Por qué la clasifica como una actividad de este tipo?	¿Qué se pretende con esta actividad?	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.
Porque se le tienen que dar a los alumnos las bases de lo que es un modelo y para qué sirve, antes de entrar de lleno a la conceptualización de "partícula", la cual, la confirma y explica los estados de la materia.	Que los estudiantes comprendan la importancia que tiene la construcción y la utilización de modelos en la asignatura de ciencias	De manera individual, le entregará al alumno una hoja impresa con información básica sobre lo que es un modelo (ver Anexo 3), así como su importancia en la ciencia. Con el propósito de que lo lea y subraye las palabras o conceptos que consideren más importantes. Les solicitará a los alumnos que formen binas o parejas para que intercambien ideas sobre el contenido de la lectura de los modelos en la ciencia. Les repartirá a los alumnos, de manera individual media hoja impresa donde construirán un mapa mental (ver Anexo 4) donde en el centro se encuentra el concepto principal "Modelo" para que escriban o dibujen las palabras o conceptos que subrayaron de la lectura.	Lee el artículo sobre la información básica sobre lo que es un modelo (ver Anexo 3), así como su importancia en la ciencia. Subrayara las palabras o conceptos que consideren más importantes. Forman binas o parejas para que intercambien ideas sobre el contenido de la lectura de los modelos en la ciencia. Completarán la media hoja impresa (ver Anexo 4) con un mapa mental en donde el concepto principal es Modelo, para ello, los alumnos lo completarán dibujando o escribiendo las palabras o conceptos que subrayaron de la lectura.	El profesor observa, analiza y procesa los mapas mentales realizados por los alumnos de manera individual y verificar que tienen conocimiento de lo que es un modelo de acuerdo a sus características y su uso. El profesor conservará los mapas mentales que construyeron los alumnos sobre la importancia de los modelos en la ciencia, ya que, le permitirá que sean retomadas para su planeación en las siguientes actividades.	Hojas impresas. Lápiz. Pluma. Plumones o colores.

Cuadro 8. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 2

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 2					
¿Cómo se encuentra conformada la materia en su interior de los estados sólido, líquido y gaseoso?					
ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD					
La actividad consiste en proyectarles un video a los estudiantes acerca de la entidad "partícula", por las cuales, se encuentran conformados los estados de la materia.					
¿Por qué la clasifica cómo una actividad de este tipo?	¿Qué se pretende con esta actividad?	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.
La presente actividad implica la conceptualización de la entidad "partícula", es decir, implica el primer acercamiento del estudiante a la conformación de los materiales en los diferentes estados de la materia, de su modelo macroscópico o al modelo microscópico.	Que los estudiantes sean conscientes de que sus modelos explicativos con respecto a los estados de la materia no son las únicas, sino que incorpore el concepto de partícula, por las cuales se encuentran conformados los materiales que clasificaron en la Actividad de Exploración Inicial 2: ¿Cómo utilizan los estudiantes de secundaria sus modelos macroscópicos para explicar los estados de la materia? Realizar nuevamente la actividad anteriormente mencionada, pero ahora que incluyan sus nuevos conocimientos, es decir, sus modelos microscópicos.	Presenta un video a los estudiantes donde observen la conformación de las partículas de acuerdo al estado de agregación de la materia. https://www.youtube.com/watch?v=j5GDXza1XWA https://www.youtube.com/watch?v=cMm8rsjUQ4 Le reparte una hoja impresa al estudiante (ver Anexo 5) para que construya un modelo de manera individual, con ayuda de una hoja impresa recortable (ver Anexo 6), la cual, contiene algunas palabras e ilustraciones con el propósito de que el alumno las recorte y las pegue, de acuerdo a los nuevos conocimientos que le aportó el video sobre las partículas que conforman los materiales en sus diferentes estados. Posteriormente formará equipos para que los alumnos discutan la información que observaron en el video, así como los modelos que construyeron de acuerdo a la conformación de las partículas de los materiales en los tres estados. Escucha atentamente las explicaciones de los estudiantes.	Observa el video y describe qué es lo que conforma la materia microscópicamente y qué pasa con la entidad "partícula" al encontrarse los materiales en los diferentes estados. Construye un modelo de manera individual donde incorpora el concepto de "partícula" para explicar los estados de la materia en los que se encuentran los materiales. Esto lo hace con ayuda de una hoja impresa recortable (ver Anexo 6) algunas palabras e ilustraciones, las cuales, recortará y pegará de acuerdo a los nuevos conocimientos aportados por el video. Enseguida conformará equipos para que discuta lo que observó en el video y que socialice el modelo que construyó, de acuerdo a la conformación de las partículas de los materiales en los tres estados y lo compare con el de sus demás compañeros. Por último explican en equipo a sus compañeros de grupo y al profesor, sus conclusiones de los modelos construidos. Llenan los cuadros de la Actividad de Exploración Inicial pero ahora con sus modelos macroscópicos.	El profesor revisa y conserva los modelos construidos por los estudiantes de manera individual, para verificar que incorporaron a sus explicaciones de los materiales en sus diferentes estados, la entidad "partícula", ya que, le permitirá que sean retomadas para su planeación en las siguientes actividades. El profesor observa y escucha las explicaciones de los estudiantes para verificar que la socialización que hicieron de sus conocimientos con sus pares, sobre la entidad "partícula" sirvió para que reafirmarán esta conformación de los materiales en sus diferentes estados a nivel microscópico.	Laboratorio escolar o de cómputo. Computadora. Cañón. Hojas impresas (ver Anexo 5) y (ver Anexo 6). Tijeras. Resistol o cinta adhesiva.

Cuadro 9. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 3

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 3					
¿Qué propiedades tiene la entidad "partícula" según el Modelo Cinético de Partículas?					
ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD					
La actividad consiste en proporcionarles a los estudiantes un artículo sobre los estados de la materia y de algunas propiedades como la masa, el volumen y la velocidad o movimiento de la entidad "partícula".					
¿Por qué la clasifico como una actividad de este tipo?	¿Qué se pretende con esta actividad?	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.
Porque una vez que los estudiantes lean una copia de un artículo científico (ver Anexo 7) podrán incorporar la entidad "partícula", así como otras propiedades básicas de esta.	Que los estudiantes sean conscientes de que la entidad "partícula", por la cual se encuentran conformados los materiales en los diferentes estados, tienen otras propiedades como la masa, el volumen y la velocidad (movimiento).	Proporcionar a los estudiantes, de manera individual, una copia de un artículo científico (ver Anexo 7) sobre la conformación de las entidades "partículas" y algunas de sus propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento). Posteriormente formará equipos para que discutan lo leído en la copia del artículo científico. Les reparte a los estudiantes una hoja impresa recortable (ver Anexo 8) que contiene algunos conceptos e ilustraciones para que las recorten y peguen en una hoja impresa (ver Anexo 19) o blanca para que elaboren su modelo de manera individual, donde incorporen el concepto de partícula, así como sus propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento). Elegirá a algunos alumnos para que pasen a explicar a sus demás compañeros sus modelos. Escuchar con atención la explicación de los estudiantes.	Leen de manera individual el artículo científico (ver Anexo 7) sobre la conformación de los materiales por partículas, así como algunas de sus propiedades en cinco estados de la materia. Posteriormente formará equipos para discutir lo leído en el artículo científico y elaboren un esquema o modelo donde incorporen el concepto de partícula, así como sus propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento). Por último, algunos alumnos explicarán a sus demás compañeros de grupo y al profesor el modelo que construyeron donde incorporen el concepto de partícula, así como sus propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento).	El profesor procesa las hojas contestadas por los estudiantes para verificar que incorporaron la entidad "partícula", así como el reconocimiento de las propiedades de estas para explicar los estados de la materia de los materiales. El profesor observa y escucha las explicaciones de los estudiantes y conserva los esquemas que construyeron de manera individual. El profesor conservará los modelos que construyeron los alumnos sobre la importancia que tienen los modelos en la ciencia, ya que, le permitirá que sean retomadas para su planeación en las siguientes actividades.	Copia de artículo científico impreso (ver Anexo 7). Hoja impresa con palabras e ilustraciones (ver Anexo 8). Hoja impresa para construir su modelo (ver Anexo 9). Hojas blancas. Lápiz. Pluma. Tijeras. Resistol o cinta adhesiva.

Cuadro 10. Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4

ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 4

¿Cuáles son las relaciones que tiene la entidad "partícula" según el Modelo Cinético de Partículas?

ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD

La actividad consiste en solicitarles a los estudiantes una investigación acerca del Modelo Cinético de Partículas para que posteriormente realicen un artículo ilustrado, un tríptico o un folleto, en el cual argumenten que los materiales se encuentran conformados por partículas, que estas a su vez tienen masa, volumen y velocidad o movimiento. Pero que además las partículas tienen otras relaciones llamadas: espacio o vacío y fuerzas de cohesión o atracción.

¿Por qué la clasificamos como una actividad de este tipo?	¿Qué se pretende con esta actividad?	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.
Debido a que los estudiantes investigan nueva información sobre los aspectos básicos del Modelo Cinético de Partículas, además de las propiedades de masa, volumen, velocidad o movimiento microscópicas con las relaciones de las partículas: fuerza de cohesión o atracción y espacio o vacío.	Que los estudiantes además de conceptualizar la entidad "partícula", así como sus propiedades de masa, volumen, velocidad o movimiento, conceptualicen las relaciones de las partículas: fuerza de cohesión o atracción y espacio o vacío.	Solicitarles a los estudiantes una investigación sobre el Modelo Cinético de Partículas con los siguientes apartados: carátula, introducción, desarrollo con ilustraciones, conclusiones y/ comentarios y bibliografía Solicitarles a los alumnos que conformen triadas o equipos de tres, para que discutan sus investigaciones y las comparen. Una vez que socializaron sus investigaciones se les repartieron hojas impresas con información sobre el Modelo Cinético de Partículas (Ver Anexo 10), una hoja impresa recortable (Ver Anexo 11) para que los estudiantes elaboren un modelo de manera individual, la cual tiene algunas palabras e ilustraciones para que las recorten y peguen en una hoja impresa (Ver Anexo 12) para que reelaboren su modelo de manera individual, donde incorporen el concepto de partícula, las propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento), así como las relaciones de las partículas: fuerza de cohesión o atracción y espacio o vacío. De acuerdo con los nuevos conocimientos que les aportó la investigación y la información de las hojas impresas. Elegiré a algunos alumnos para que pasen a explicar a sus demás compañeros sus modelos.	Cumplen con la investigación individual que les dejó el profesor sobre Modelo Cinético de Partículas. Antes de entregar la investigación, se conforman en equipos de tres para que la discutan y comparen la información. Una vez que socializaron sus investigaciones y leyeron la hoja impresa elaboran un modelo de manera individual, la cual tiene algunas palabras e ilustraciones para que las recorten y peguen de acuerdo con sus nuevos conocimientos, en el cual argumenten que los materiales se encuentran conformados por partículas, que estas a su vez tienen masa, volumen y velocidad o movimiento. Pero que además las partículas tienen otras relaciones llamadas: espacio o vacío y fuerzas de cohesión o atracción. Explicar el nuevo modelo.	El profesor recibe, procesa y conserva las investigaciones realizadas por los alumnos de manera individual, así como los modelos que reelaboraron con la nueva información de la investigación y las hojas impresas proporcionadas. El profesor observa y escucha las explicaciones de los estudiantes de los trabajos que investigaron y construyeron de manera individual y en equipo.	Información sobre el Modelo Cinético de Partículas (Ver Anexo 10). Hoja impresa con palabras e ilustraciones recortables (Ver Anexo 11). Hoja impresa para construir su modelo (Ver Anexo 12). Hojas blancas. Lápiz. Pluma. Tijeras. Resistol o cinta adhesiva.

5.3.3 Actividad de síntesis

Esta actividad (ver Cuadro 11) tiene como propósito que el estudiante comunique y argumente los modelos construidos, hasta este momento, de los estados de la materia, donde utilice los conceptos científicos aportados en las actividades anteriores de acuerdo al MCEA Cinético de Partículas (ver figura 8).

Cuadro 11. Actividad de síntesis

ACTIVIDAD DE SÍNTESIS "Construyendo mis propios modelos microscópico de los estados de la materia"					
ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD La actividad consiste en que los estudiantes construyan un modelo tridimensional de los estados de la materia donde apliquen la información leída, vista y escuchada en las actividades anteriores.					
¿Por qué la clasifica cómo una actividad de este tipo?	¿Qué pretende con esta actividad?	¿Qué se hace con profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.
Debido a que los estudiantes construyen sus propios modelos tridimensional es de los materiales, conjuntando los conocimientos nuevos que les aportaron todas las actividades que realizaron anteriormente y de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas microscópicas indivisibles con masa, velocidad o movimiento, fuerza de cohesión o atracción y espacio o vacío.	Esta perspectiva contribuye a la construcción de representaciones en los alumnos, de manera que tengan bases para comprender la conformación de las partículas, así como sus causas en los diferentes estados de la materia.	Les solicita con anticipación a los estudiantes que conformen equipos de seis integrantes y lleven al salón de clases material reciclable como papel periódico, cartón, madera, botellas de plástico, botones, listón o materiales que tengan en casa y que ya no utilicen. También se les solicita resistol, cinta adhesiva y tijeras. Guía a los estudiantes para que con el material que lleven construyan un modelo tridimensional y con el cual representen los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas.	Llevar a clase y por triadas el material solicitado por el profesor, es decir, material reciclado, las tijeras, resistol y cinta adhesiva. De acuerdo con la información nueva y aportada por el material impreso y visual, utilizar los nuevos conocimientos, así como su imaginación y creatividad para construir su propio modelo de los estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas. Por equipo los estudiantes realizarán una explicación del modelo tridimensional a los compañeros del grupo sobre los estados de la materia donde utilicen los nuevos conceptos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas.	La construcción del modelo tridimensional de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas en equipos de seis integrantes. La explicación del modelo tridimensional a los compañeros del grupo sobre los estados de la materia donde utilizan los nuevos conceptos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas.	Material reciclable como papel periódico, cartón, madera, entre otros. Tijeras. Resistol o cinta adhesiva.

5.3.4 Actividades de aplicación y generalización

En estas actividades (ver Cuadros 12 y 13) el estudiante aplica el nuevo modelo construido, es decir el Modelo Final de los estados de materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas (ver figura 8) a situaciones de su vida cotidiana.

Cuadro 12. Actividad de aplicación y generalización 1

ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y GENERALIZACIÓN 1						
¿Cómo se encuentran las partículas antes y después de que el agua se vuelve helado de limón?						
ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD						
La actividad consiste en que los estudiantes elaboren helado de limón, de tal manera que expliquen los cambios de estado (líquido y sólido) percibidos a través de sus sentidos o macroscópicamente de una manera microscópica, aplicando los nuevos conocimientos de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas.						
¿Por qué la clasifica cómo una actividad de estetipo?	¿Qué se pretende con esta actividad?	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.	
Porque la actividad implica que los estudiantes apliquen sus nuevos conocimientos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas en la elaboración de helado. Ya que no únicamente explicaran los cambios de estado implicados físicamente sino también a nivel de partículas.	Se pretende que con esta actividad los estudiantes apliquen sus nuevos conocimientos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas en la elaboración de helado, ya que se trata de un fenómeno ocurrido en su ambiente o en su vida cotidiana.	Les solicita con anterioridad a los estudiantes que lleven los materiales para la elaboración de helado de limón en el laboratorio escolar. Al terminar la elaboración del helado les solicitará a los estudiantes que dibujen y expliquen sus modelos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas. También se les pedirá a los estudiantes que argumenten sus nuevos modelos de los estados las materias implicados en la práctica (sólido y líquido) (Ver Anexo 15) a nivel microscópico.	Lleva los materiales solicitados por la profesora para elaborar helado de limón en el laboratorio escolar. Dibuja sus nuevos modelos de los estados de la materia (sólido y líquido) de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas). Argumenta los nuevos modelos de los estados la materia implicada en la práctica (sólido y líquido) (Ver Anexo 15) a nivel microscópico.	Con los dibujos o modelos donde utilice los conceptos nuevos con respecto a los estados de la materia de acuerdo con Modelo Cinético de Partículas. La argumentación de los nuevos modelos de los estados las materias implicados en la práctica (sólido y líquido) a nivel microscópico.	Laboratorio escolar. Dos bolsas de plástico de diferentes tamaños o capacidades. Suficiente hielo como para llenar la mitad de la bolsa de mayor capacidad. Sal de grano (sal gruesa o marina). Azúcar la necesaria para endulzar. De 2 a 3 limones. Agua purificada 500 ml.	

Cuadro 13. Actividad de aplicación y generalización 2

ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y GENERALIZACIÓN 2					
¿Por qué percibo el aroma a rosas de la veladora?					
ENUNCIADO DE LA ACTIVIDAD					
La actividad consiste en que los estudiantes elaboren una veladora aromática, de tal manera que expliquen los cambios de estado (sólido, líquido y gaseoso) percibidos a través de sus sentidos o macroscópicamente de una manera microscópica, aplicando los nuevos conocimientos de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas.					
¿Por qué la clasifica como una actividad de estetipo?	¿Qué se pretende con esta actividad?	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	¿Cómo se realizará el seguimiento y la retroalimentación de la actividad?	Espacio, tiempo y recursos.
Porque la actividad implica que los alumnos pongan en juego sus nuevos conocimientos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas en la elaboración de una veladora aromática. Ya que no únicamente explicaran los cambios de estado de estado implicados físicamente sino también a nivel de partículas.	Se pretende que con esta actividad los estudiantes apliquen sus nuevos conocimientos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas con un fenómeno ocurrido en su ambiente o en su vida cotidiana y que le sea significativo.	Le solicita con anterioridad que lleve los materiales para la elaboración de una veladora aromática en el laboratorio escolar. Al terminar la elaboración de la veladora aromática les solicitará a los estudiantes que dibujen sus nuevos modelos de los estados de la materia implicados en la práctica (sólido, líquido y gaseoso) de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas. También se les pedirá a los estudiantes que argumenten sus nuevos modelos de los estados de la materia implicados (sólido, líquido y gaseoso) a nivel microscópico.	Lleva los materiales solicitados por la profesora para elaborar una veladora aromática en el laboratorio escolar. Dibuja sus nuevos modelos de los estados de la materia implicados en la práctica (sólido y líquido) de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas). Argumenta los nuevos modelos de los estados de las materias implicados en la práctica (sólido, líquido y gaseoso) a nivel microscópico (Ver Anexo 16).	Con los dibujos o modelos donde utilice los conceptos nuevos con respecto a los estados de la materia de acuerdo con Modelo Cinético de Partículas. La argumentación de los nuevos modelos de los estados de las materias implicados en la práctica (sólido, líquido y gaseoso) a nivel microscópico (Ver Anexo 16).	Laboratorio escolar. Cera de una vela con pabilo cortada en pedazos pequeños. Colorante vegetal. Esencia de su preferencia (rosas, violetas, entre otros). Soporte universal. Anillo de hierro. Rejilla de alambre de hierro con asbesto. Mechero de Bursen. Agitador. Vaso de vidrio Vaso de precipitados más grande que el vaso de vidrio para calentar a baño maría. Agua de la llave.

CAPÍTULO 6

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los datos y el análisis de los resultados de los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes de secundaria en torno a los estados de la materia, la Validación empírica del MEI de los alumnos de secundaria inferido a partir de la literatura especializada y del currículo de primaria en torno a los estados de la materia y la Construcción del Modelo Cinético de Partículas. Así como los resultados de las Actividades de introducción de nuevos puntos de vista, de síntesis y de aplicación y generalización.

6.1 Los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes de secundaria en torno a los estados de la materia

Al revisar las respuestas -tanto escritas como gráficas- dadas por los estudiantes de secundaria a las preguntas planteadas en el cuestionario empírico exploratorio (ver Anexo 1), para detectar los Modelos Explicativos iniciales (MEI) empíricos, previos a la actividad de Exploración Inicial, como parte de la primera sesión y actividad de la estrategia didáctica. Cabe destacar que como se identificaron algunas similitudes entre ellos, se logró definir una escala de cuatro modelos explicativos, vale la pena recordar que los estudiantes de secundaria, solo tenían como antecedente los contenidos de cuarto grado de educación primaria, en la asignatura de Ciencias Naturales de tercer grado de primaria, acerca de los estados de la materia.

A continuación se describen los cuatro tipos de Modelos Explicativos Iniciales (m0, m1, m2 y m3) que se detectaron empíricamente en los estudiantes de secundaria, con respecto a los estados de la materia, así como algunas de sus ejemplos y explicaciones (ver Cuadro 14).

Modelo 0 (m0= sin forma y volumen)

Los estudiantes no reconocen a la forma y el volumen como propiedades de los sólidos, líquidos y gases.

Modelo 1 (m1= forma y volumen)

Los estudiantes reconocen a la forma y el volumen como propiedades de los sólidos, líquidos y gases. También reconocen cambios de estado producidos por un cambio de temperatura, cambia la forma o cambia una forma diferente que puede o no verse. La única sustancia que cambia de estado para ellos es el agua.

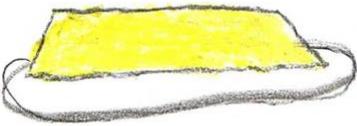
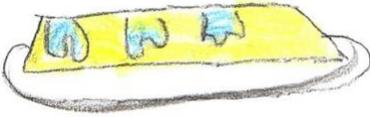
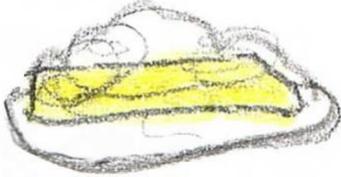
Modelo 2 (m2= m1 + partículas o moléculas)

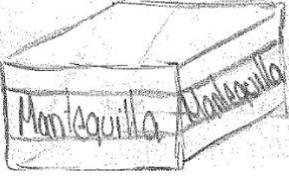
Además de reconocer lo descrito en el Modelo 1, es decir, reconocen la forma y el volumen como propiedades de los tres estados de la materia, los estudiantes incluyeron en su modelo, partículas unidas o separadas, tanto en el dibujo como en su explicación.

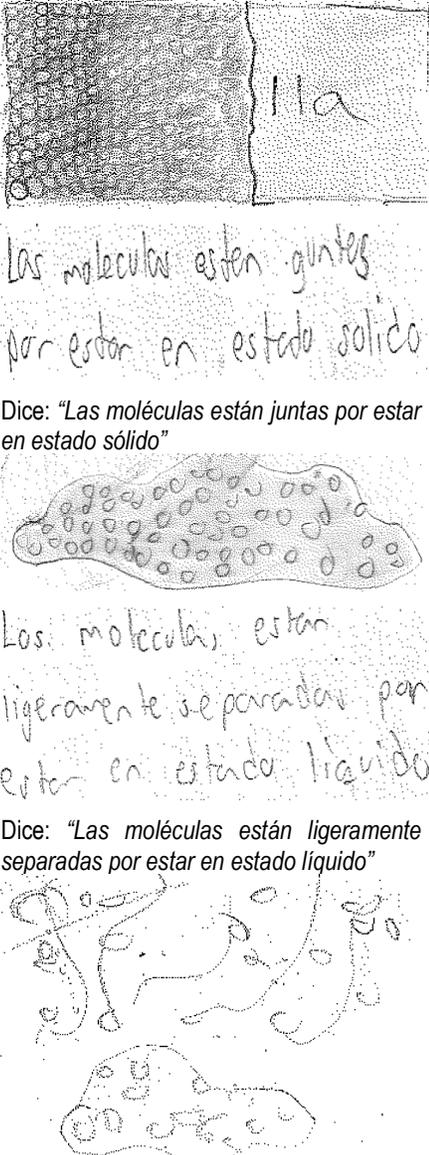
Modelo 3 (m3= m1+ m2+ características de partículas o moléculas que impliquen movimiento que pueden o no cambiar de lugar)

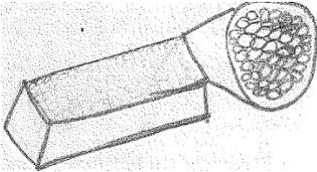
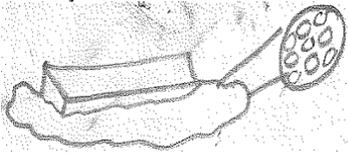
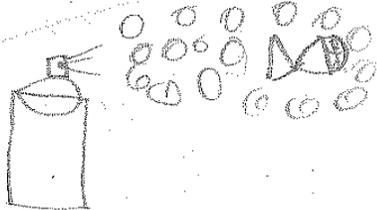
Además de reconocer lo planteado en el Modelo 1 y 2, los estudiantes identifican que las partículas o moléculas se encuentran unidas o separadas y que pueden moverse o cambiar de lugar sin especificar la causa o causas.

Cuadro 14. Descripción de algunos ejemplos de los tres Modelos Explicativos Iniciales (m0, m1, m2 y m3) y su explicación, detectados en los estudiantes de secundaria, con respecto a los estados de la materia

TIPO DE MODELO	MODELOS DE LOS ESTADOS DE LA MATERIA	TIPO DE EXPLICACIÓN
<p>MODELO 0 (m0= sin forma y volumen) Los estudiantes no reconocen a la forma y el volumen como propiedades de los sólidos, líquidos y gases.</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Que no se puede derretir se queda así como está</p> <p>Dice: "Que no se puede derretir, se queda así como está"</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Que la mantequilla se empieza a derretir</p> <p>Dice: "Que la mantequilla se empieza a derretir"</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>La mantequilla empieza a sacar vapor</p> <p>Dice: "La mantequilla empieza a sacar vapor"</p>	<p>SÓLIDO: la mantequilla esta dura, primero va a estar duro por el frío, que no se puede derretir, se queda como esta.</p> <p>LÍQUIDO: cuando se calienta, se deshace, se derrite y el agua es de mantequilla.</p> <p>GASEOSO: cuando ya está como agua y si se calienta más, se va a ir evaporando.</p>

<p>MODELO 1 (m1= forma y volumen)</p> <p>Los estudiantes reconocen a la forma y el volumen como propiedades de los sólidos, líquidos y gases.</p> <p>Cambios de estado producidos por un cambio de temperatura, cambia la forma o cambia una forma diferente que puede o no verse.</p>	 <p>En este esto la mantequilla en dura y tiene forma</p> <p>Dice: "En este está la mantequilla en dura y tiene forma"</p>  <p>En este esta la mantequilla parece agua</p> <p>Dice: "En este está la mantequilla parece agua"</p>  <p>En este estado no se puede ver ni tocar</p> <p>Dice: "En este estado no se puede ver ni tocar"</p>	<p>SÓLIDO: el material tiene forma, es duro, se puede tocar, ver y oler.</p> <p>LÍQUIDO: si la sustancia es líquida ya no es tan dura, está derretida, se ve que se mueve, parece agua, se puede beber y su forma depende del recipiente que lo contienen.</p> <p>GASEOSO: en este estado solo se ve el vapor o humo, no se puede tocar pero sí oler.</p>
---	---	--

<p>MODELO 2 (m2= m1 + partículas o moléculas)</p> <p>Además de reconocer lo descrito en el Modelo 1, es decir, reconocen la forma y el volumen como propiedades de los tres estados de la materia, los estudiantes incluyeron en su modelo, partículas unidas o separadas, tanto en el dibujo como en su explicación.</p>	 <p>Las moléculas están juntas por estar en estado sólido</p> <p>Dice: "Las moléculas están juntas por estar en estado sólido"</p> <p>Las moléculas están ligeramente separadas por estar en estado líquido</p> <p>Dice: "Las moléculas están ligeramente separadas por estar en estado líquido"</p> <p>Las moléculas están separadas por estar en estado gaseoso</p> <p>Dice: "Las moléculas están separadas por estar en estado gaseoso"</p>	<p>SÓLIDO: sus partículas o moléculas están muy, más o totalmente juntas o unidas, se compactan las partículas, está llena de moléculas, el material es duro porque sus moléculas están juntas.</p> <p>LÍQUIDO: sus partículas o moléculas están poco o ligeramente separadas o se separan más, están dispersas alrededor o se esparcieron y se descomponen.</p> <p>GASEOSO: sus partículas o moléculas están más o muy separadas o dispersas, las partículas en el estado de gas suben y llega su aroma.</p>
--	--	--

<p>MODELO 3 (m3= m1+ m2+ características de partículas o moléculas que impliquen movimiento que pueden o no cambiar de lugar)</p> <p>Además de reconocer lo planteado en el Modelo 1 y 2, los estudiantes identifican que las partículas o moléculas se encuentran unidas o separadas y que pueden moverse o cambiar de lugar sin especificar la causa o causas.</p>	 <p>La mantequilla al estar en estado sólido sus moléculas son más fuertes y se mantienen juntas</p> <p>Dice: "La mantequilla, al estar en estado sólido, sus moléculas son más fuertes y se mantienen juntas"</p>  <p>Las partículas al entrar en contacto en calor del sartén empiezan a separarse y hacen la mantequilla líquida.</p> <p>Dice: "Las partículas, al entrar en contacto en calor del sartén, empiezan a separarse y hacen la mantequilla líquida"</p>  <p>Sus moléculas son débiles por lo que se separan, estas no tienen una forma, por lo que toman la forma del lugar o recipiente que lo tiene.</p> <p>Se separan pero pueden moverse.</p> <p>Dice: "Sus moléculas son débiles, por lo que se separan. Estas no tienen una forma, por lo que toman la forma del lugar o recipiente que lo tiene"</p> <p>"Se separan pero pueden moverse"</p>	<p>SÓLIDO: las partículas o moléculas están demasiado fuertes o juntas y no pueden cambiar de lugar, se juntan entre sí y se mantienen juntas.</p> <p>LÍQUIDO: las partículas o moléculas están más separadas y pueden cambiar de lugar o moverse por lo que toma la forma del recipiente que lo contiene.</p> <p>GASEOSO: las partículas o moléculas son débiles, están muy separadas y pueden andar libres, vuelan por todas partes, de tal manera que después de separarse podemos olerlo.</p>
---	---	--

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Validación empírica del MEI del alumnado inferido a partir de la literatura especializada y del currículo de primaria en torno a los estados de la materia

Dado que uno de los objetivos de esta investigación es validar empíricamente los MEI de los estudiantes de secundaria, se aplicó y un cuestionario empírico exploratorio a una muestra de 98 estudiantes de una secundaria general de la ciudad de México.

Analizando los resultados del cuestionario empírico exploratorio (ver Cuadro 14), la cual, es la primera actividad que conforma la Estrategia Didáctica propuesta en la presente tesis, se encontró que, de los 98 estudiantes, por lo menos 62 están en el modelo m1 aunque 11 están por debajo, ubicados en el modelo m0, 17 alumnos se encontraron en el modelo m2 y 8 alumnos en el modelo m3.

En efecto, lo que habíamos identificado se cumplió aproximadamente para el 60% de estudiantes, ya que, al analizar sus primeras respuestas, comprobamos empíricamente, que la mayoría de estudiantes tenían una visión macroscópica de los estados de la materia. Este dato parece bastante lógico, sobre todo, si se tienen en cuenta los antecedentes en contenidos con los que contaban, es decir, las características o propiedades físicas del agua en el ciclo como único material que se transforma en estado sólido, líquido y gaseoso (SEP, 2017).

Sin embargo, por los resultados obtenidos, no todos los estudiantes de secundaria, tuvieron esta visión, hubo otros que ya tenían una visión microscópica de los estados de la materia, basada en un modelo descriptivo del modelo microscópico de moléculas, átomos y partículas que se encuentran unidas o separadas y que pueden moverse o cambiar de lugar sin especificar la causa o causas.

Este dato fue muy importante, ya que, durante el diseño, aplicación y evaluación de la unidad didáctica, el uso de los modelos se convirtió en un recurso muy útil y fundamental, sobre todo para acercar a los estudiantes al Modelo Cinético de Partículas, el cual se acerca al currículo académico o escolar. Pero también puede

servir como un instrumento dirigido a enganchar a los estudiantes, para motivarlos a construir modelos abstractos a partir de sus nociones próximas a su vida cotidiana o diaria.

En esta primera Actividad Inicial 1, los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes de secundaria, con respecto a los estados de la materia en un nivel macroscópico, el referente del modelo a construir consistía en una versión cualitativa del Modelo Cinético de Partículas, en donde las partículas, los átomos o las moléculas, fueron representadas por los alumnos, algunas veces como círculos o esferas y en la mayoría de los casos no hubo tal representación, sino que dibujaron las característica o propiedades de los materiales como las observan físicamente.

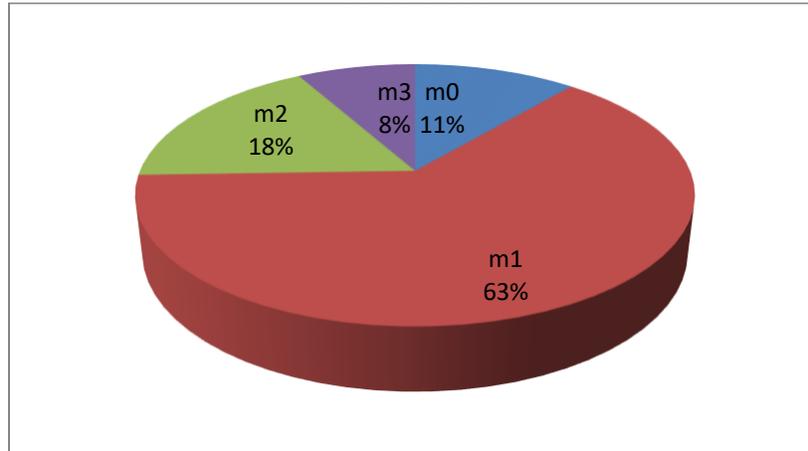
A continuación, se presentan la Tabla 1 y la Gráfica 1, la cantidad total de estudiantes, así como la clasificación que se hizo de los cuatro modelos con respecto a los estados de la materia después de haber realizado la validación empírica del MEI del alumnado inferido a partir de la literatura especializada y del currículo de primaria.

Tabla 1. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos detectados en la validación empírica del MEI

MODELO 0 (m0)	MODELO 1 (m1)	MODELO 2 (m2)	MODELO 3 (m3)
11	62	17	8

TOTAL DE ALUMNOS= 98

Gráfica 1. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos detectados



Como se puede observar tanto en la tabla 1, como en la gráfica 1, en la Actividad de Exploración Inicial 1, empíricamente se identificaron 4 MEI, las respuestas dadas por el 11 % de los estudiantes se encuentran en el modelo m0, el 63% del alumnado corresponden al MEI -macroscópico- inferido de la literatura (m1), mientras que el 26% restante incluyó de manera diferenciada elementos de tipo microscópico (m2 y m3), así pues, se validó empíricamente el MEI inferido de la investigación educativa. Cabe señalar que los porcentajes fueron obtenidos sobre el total de los estudiantes.

6.3 Construcción del Modelo Cinético de Partículas por parte el alumnado de secundaria

En el presente apartado se continúan presentando los cambios o transformaciones de los MEI de los 98 estudiantes de secundaria en las siguientes fases de la aplicación de la estrategia didáctica.

6.3.1 Actividades de introducción de nuevos puntos de vista

6.3.1.1 ¿Por qué se utilizan los modelos en la ciencia?

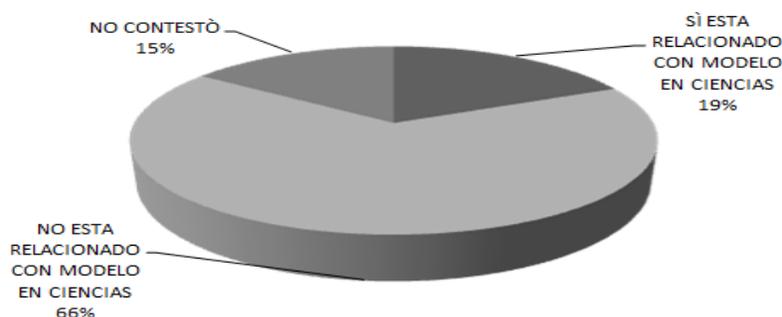
En esta actividad se inicia con una detección de ideas previas de lo que los alumnos sabían sobre lo que era un modelo, para ello, describieron y dibujaron en un mapa mental lo primero que se le vino a la mente en cuanto leyeron la palabra.

Una vez revisadas las respuestas del estudiantado, una tipología de las mismas y su frecuencia, se concentraron en la Tabla 2 y se construyó la Gráfica 2, donde se los resultados obtenidos después de realizada esta actividad.

Tabla 2. Tipos de respuestas del alumnado y frecuencia de las mismas sobre la idea de Modelo

Resultados	
No. de Alumnos que dibujaron y respondieron palabras relacionadas con el concepto de Modelo en ciencias.	18
No. de Alumnos que dibujaron y respondieron, pero sus respuestas no se encuentran relacionadas con el concepto de Modelo en ciencias.	65
No. de Alumnos que no respondieron el ejercicio.	15
TOTAL, DE ESTUDIANTES	98

Gráfica 2. Porcentaje de los tipos de respuestas del alumnado sobre la idea de Modelo

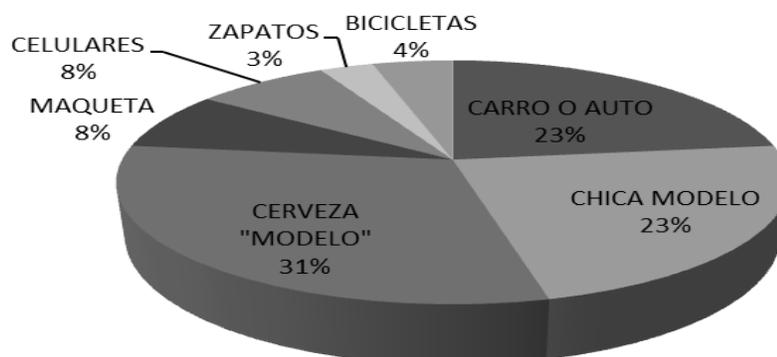


En la Tabla 2 y en la Gráfica 2 se puede observar que el número de alumnos que dieron respuestas relacionadas con el concepto de Modelo científico en ciencias fueron 18 los cuales representan un 19% del total de alumnos, el número de alumnos que dieron respuestas no relacionadas con el modelo científico fue en su mayoría un 66%, mientras que un 15% no contestó la actividad (ver Tabla 3 y Gráfica 3).

Tabla 3. Ejemplos de ideas relacionadas con la palabra modelo

Cosas con las que relacionan la palabra "Modelo"	No. De alumnos
Carros o autos	15
Chica modelo	15
Modelo (cerveza)	20
Maqueta	5
Celulares	5
Zapatos	2
Bicicleta	3
TOTAL DE ESTUDIANTES	65

Gráfica 3. Porcentaje de los tipos de cosas asociadas con la palabra modelo



Como se puede observar en la Tabla 3 y en la Gráfica 3, los alumnos que dieron respuestas no relacionados con el modelo en ciencias en su mayoría, es decir, el 46% se refirió a una chica modelo o un auto o carro, el 31% se refirió a la cerveza “Modelo”, el 8% se refirió a los celulares, el 8% a una maqueta, el 4% a las bicicletas y el 3% los zapatos.

Una vez que se les repartieron las lecturas relacionadas con el tema de modelo en ciencias (ver Anexo 3), la leyeron en equipos, las comentaron y socializaron (Ver Imagen 1).

Imagen 1. Trabajo de los estudiantes en introducción de nuevos puntos de vista 1.

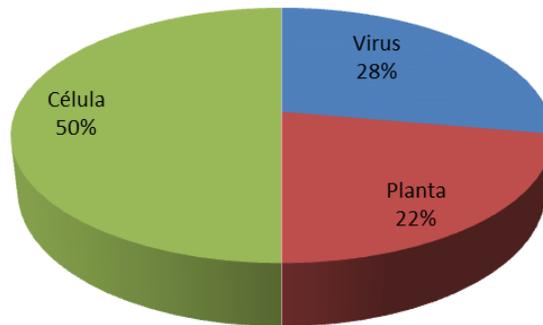


Posteriormente volvieron a elaborar un mapa mental de manera individual pero ahora con los nuevos conocimientos que les aportaron las lecturas acerca de los modelos en ciencias. Algunos ejemplos de sus contestaciones y sus porcentajes se pueden encontrar en la Tabla 4 y Gráfica 4.

Tabla 4. Ejemplos de algunas palabras relacionadas con la idea de modelo en ciencias

Cosas con las que relacionan la palabra "Modelo"	No. De alumnos
Virus	5
Planta	4
Célula	9
TOTAL, DE ESTUDIANTES	18

Gráfica 4. Ideas asociadas por los estudiantes con los modelos en ciencias



En la Tabla 4 y en la Gráfica 4 se puede observar que de los alumnos que dieron respuestas relacionados con el modelo en ciencias en su mayoría, es decir, el 50% se refirió a una célula, el 28% a un virus y el 22% a una planta, estas respuestas se encuentran relacionadas con los temas que los estudiantes estudiaron en la asignatura de Ciencias I (énfasis en biología).

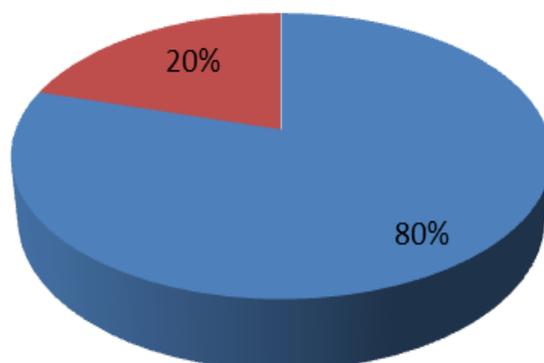
Una vez que los estudiantes revisaron las lecturas y volvieron a elaborar sus mapas mentales contestaron lo que a continuación se encuentra en la Tabla 5 y en la Gráfica 5.

Tabla 5. Relación de las respuestas del alumnado con la palabra modelo

Resultados	
No. de Alumnos que dibujaron y respondieron palabras relacionadas con el concepto de Modelo en ciencias.	78
No. de Alumnos que dibujaron y respondieron, pero sus respuestas no se encuentran relacionadas con el concepto de Modelo en ciencias.	20
TOTAL DE ESTUDIANTES	98

Gráfica 5. Relación de las respuestas del alumnado con la palabra modelo

- CONTESTACIONES RELACIONADAS CON MODELOS EN CIENCIAS
- CONTESTACIONES NO RELACIONADAS CON MODELOS EN CIENCIAS



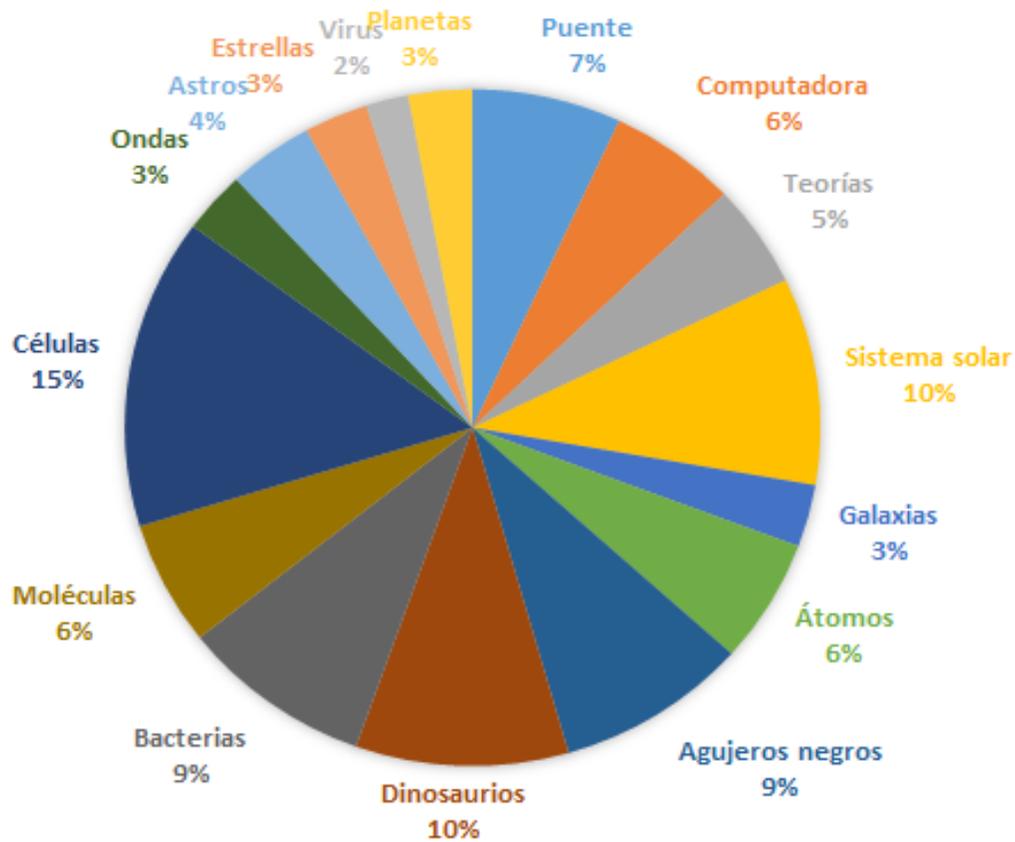
Las palabras y dibujos con los que lo relacionaron se presentan a continuación en la Tabla 6 y la gráfica 6.

Tabla 6. Palabras y Dibujos con las que los alumnos relacionan el concepto de “modelo en ciencias”

Dibujo y palabra con la que lo relacionaron	No. de alumnos
Puente	7
Computadora	6
Teorías	5
Sistema solar	10
Galaxias	3
Átomos	6
Agujeros negros	9
Dinosaurios	8
Bacterias	9
Moléculas	6
Células	15
Ondas	3
Astros	4
Estrellas	3
Virus	2
Planetas	3
TOTAL DE ALUMNOS	98

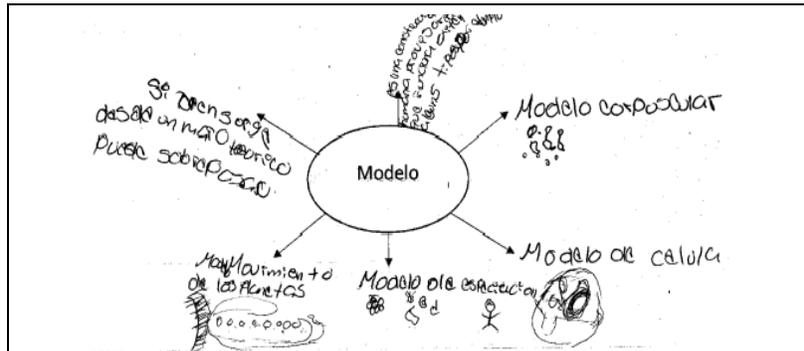
Como se puede observar en la Tabla 6 y en la Gráfica 6, los alumnos relacionan la palabra modelo en ciencias, en un 93%, el 17% restante todavía no lo relacionan con ejemplos de su vida cotidiana, aún con la información que se les proporcionó con la lectura.

Gráfica 6. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos en ciencias detectados

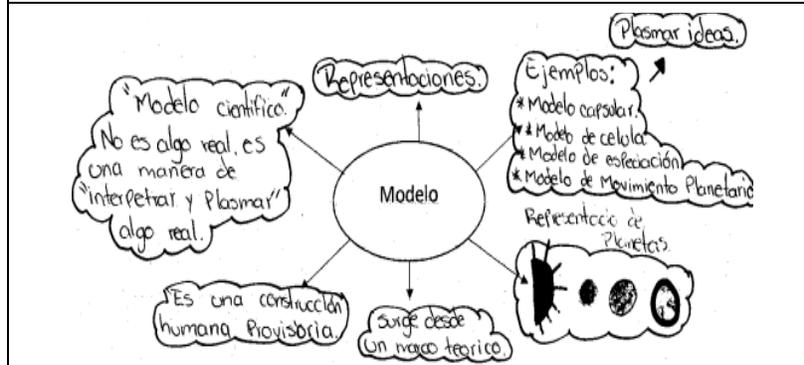


En el Cuadro 15 se presentan algunos ejemplos de las representaciones sobre los modelos construidos por los estudiantes después de haber realizado la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 1.

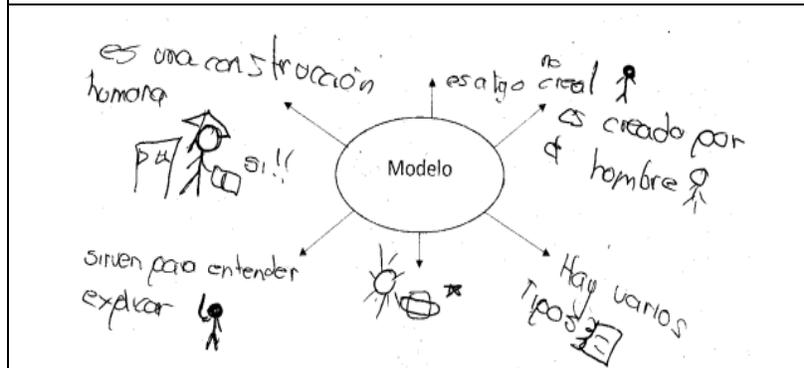
Cuadro 15. Ejemplos de algunas representaciones sobre la idea de 'modelo'



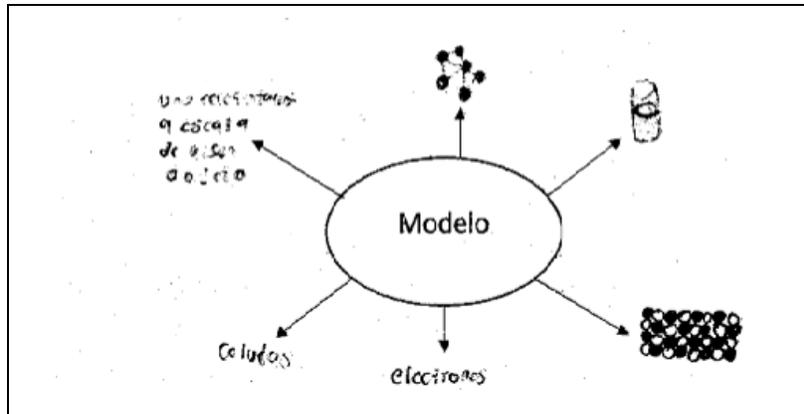
Dice:
 Modelo corpuscular, "Modelo de célula", "Modelo de especiación", "Movimiento de los planetas".



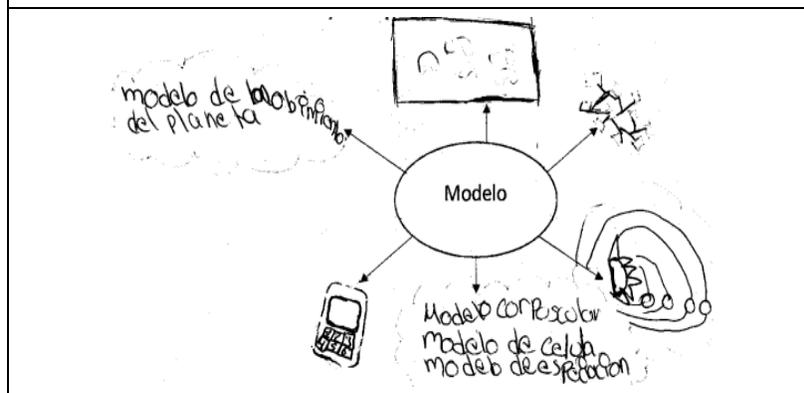
Dice:
 1. "Representaciones". 2. "Ejemplos: Modelo corpuscular, modelo de célula, modelo de especiación, modelo de movimiento planetario. Plasmar ideas".
 3. "Representación de planetas". 4. "Surge desde un marco teórico". 5. "Es una construcción humana provisoria". 6. "Modelo científico. No es algo real, es una manera de interpretar y plasmar algo real".



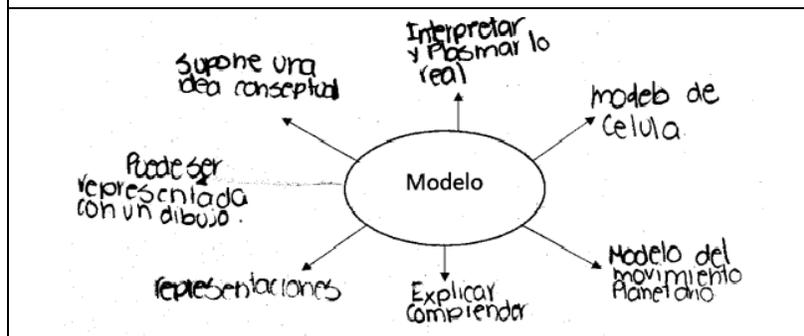
Dice:
 1. "No es algo real". 2. "Es creado por el hombre". 3. "Hay varios tipos". 4. (Dibujos).
 5. "Sirven para entender, explicar". 6. "Es una construcción humana".



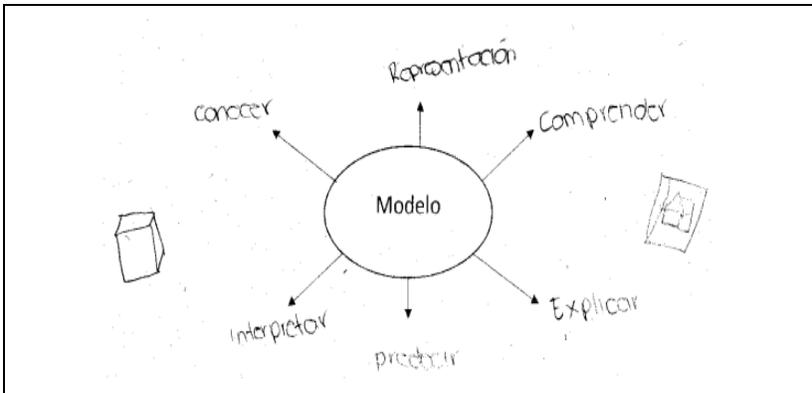
Dice:
 1.(Dibujo). 2.(Dibujo). 3.(Dibujo). 4.“Electrones”. 5.“Células”. 6.“Una representación a escala de algún objeto”.



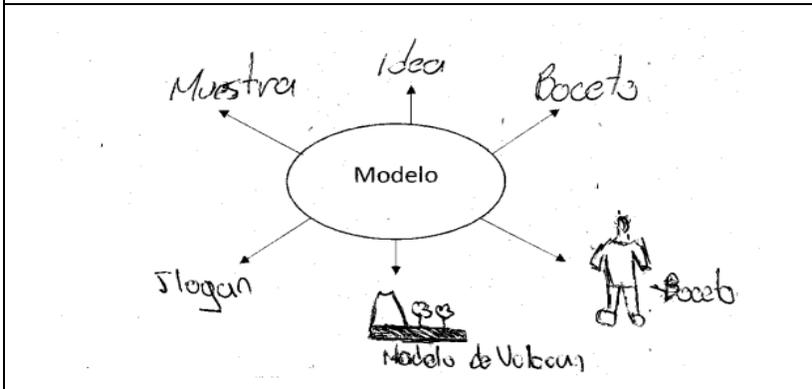
Dice:
 1.(Dibujo). 2.(Dibujo). 3.(Dibujo). 4.“Modelo corpuscular, modelo de célula, modelo de especiación”. 5. (Dibujo). 6. “Modelo de movimiento del planeta”.



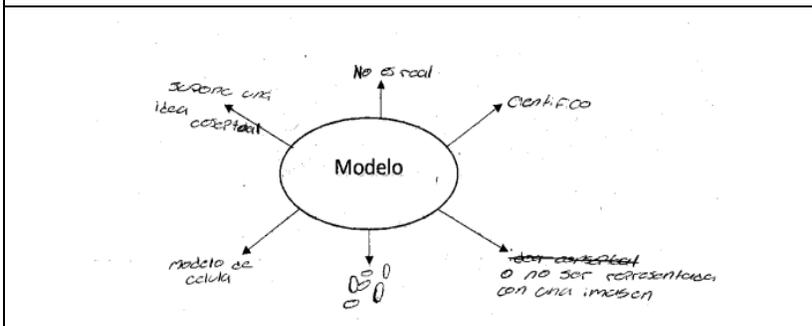
Dice:
 1.“Interpretar y plasmar lo real”. 2.“Modelo de célula”. 3.“Modelo del movimiento planetario”. 4.“Explicar, comprender”. 5.“Representaciones”. 6.“Puede ser representada con un dibujo”. 7.“Supone una idea conceptual”.



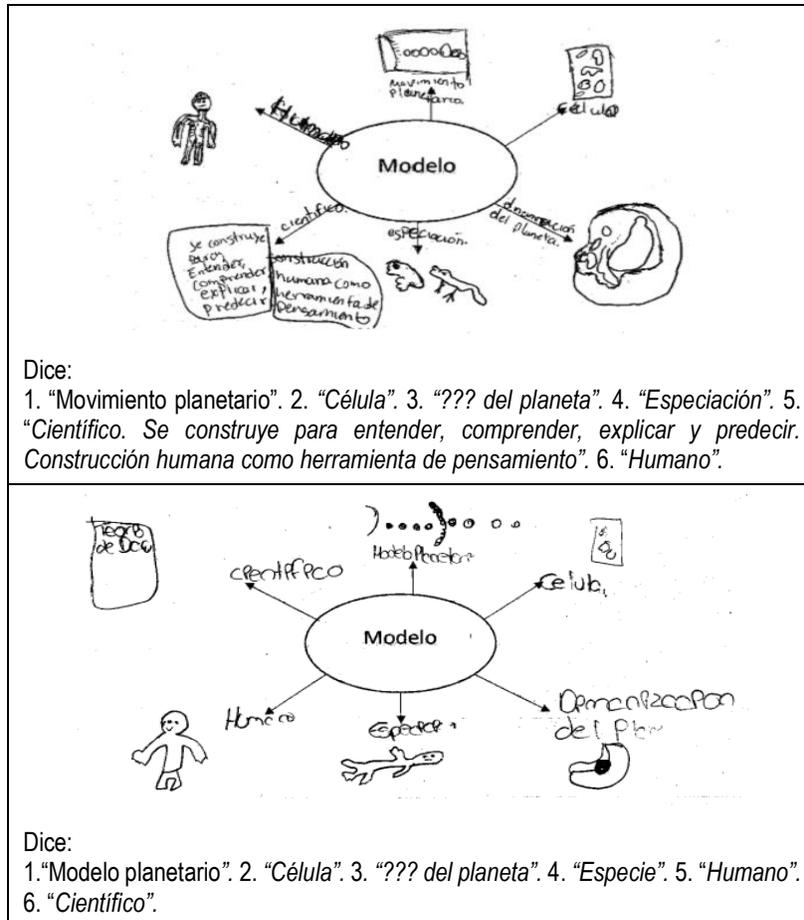
Dice:
 1. "Representación". 2. "Comprender". 3. "Explicar". 4. "Predecir". 5. "Interpretar". 6. "Conocer".



Dice:
 1. "Idea". 2. "Boceto". 3. "Boceto". 4. "Modelo de volcán". 5. "Slogan". 6. "Muestra".



Dice:
 1. "No es real". 2. "Científico". 3. "O no ser representada con una imagen". 4. (Dibujar). 5. "Modelo de célula". 6. "Supone una idea conceptual".



6.3.1.2 ¿Cómo se encuentra conformada la materia en su interior de los estados sólido, líquido y gaseoso?

En el desarrollo de esta actividad, los estudiantes observaron un video de un simulador en donde una sustancia cambia en sus tres estados de agregación de la materia, conforme se incrementa el calor y la temperatura (ver Imágenes 2 y 3).

Con esta actividad se pretendía que los estudiantes modificaran sus modelos Explicativos iniciales que se detectaron en las actividades de exploración inicial.

Imagen 2. Trabajo de los estudiantes en la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 2



Imagen 3. Observación de los estudiantes en la secundaria del simulador



Posteriormente se le reparte una hoja impresa al estudiante (Ver Anexo 5) para que construya un modelo de manera individual, con ayuda de una hoja impresa recortable (Ver Anexo 6), la cual, contiene algunas palabras e ilustraciones con el propósito de que el alumno las recorte y las pegue (ver Imagen 4) de acuerdo con los nuevos conocimientos que le aportó el video sobre las partículas que conforman los materiales en sus diferentes estados. Para que formen equipos y discutan la información que observaron en el video, así como los modelos que construyeron de acuerdo con la conformación de las partículas de los materiales en los tres estados.

Imagen 4. Lectura y elaboración de los modelos de los estudiantes en la secundaria



Al final de esta actividad, los alumnos construyen un modelo de manera individual donde incorporaron el concepto de “partícula” para explicar los estados de la materia en los que se encuentran los materiales. Esto lo hace con ayuda de una hoja impresa recortable (Ver Anexo 6) algunas palabras e ilustraciones, las cuales, recortaron y pegaron de acuerdo con los nuevos conocimientos aportados por el video.

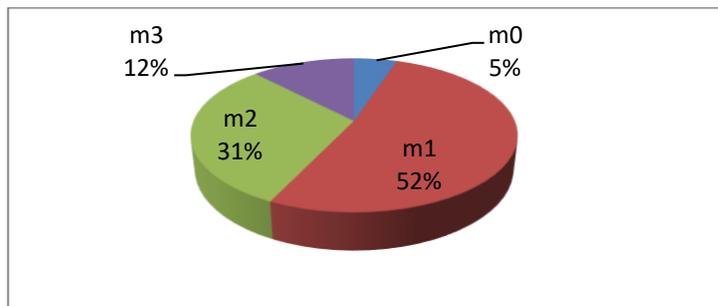
A continuación, se presentan en la Tabla 7 y en la Gráfica 7 la cantidad total de estudiantes, así como la clasificación que se hizo de los cuatro modelos con respecto a los estados de la materia y su cambio o transformación.

Tabla 7. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 2

MODELO 0 (m0)	MODELO 1 (m1)	MODELO 2 (m2)	MODELO 3 (m3)
5	51	30	12

TOTAL DE ALUMNOS= 98

Gráfica 7. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 2.

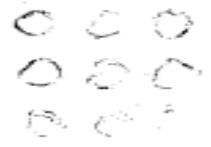


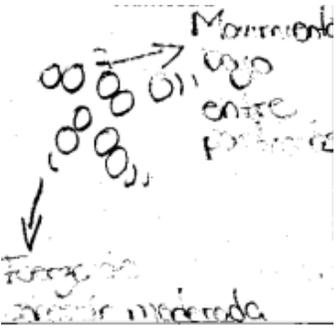
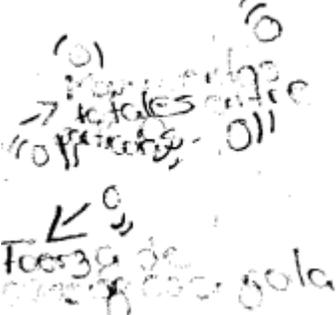
Como se puede observar en la tabla y gráfica anterior, en la Actividad de Nuevos puntos de vista 2, las respuestas dadas por el 5 % de los estudiantes se encuentran en el modelo m0, el 52% del alumnado corresponden al MEI -macroscópico- inferido de la literatura (m1), mientras que el 43% restante incluyó de manera diferenciada elementos de tipo microscópico (m2 y m3), es decir, se pudo observar una pequeña disminución en la cantidad de estudiantes que se encontraban en los modelos m0 y m1 y un incremento en la cantidad de estudiantes que se encontraban en los modelos m2 y m3.

A continuación, se presenta en el Cuadro 16, algunos ejemplos de los modelos y las explicaciones dadas por algunos de los estudiantes.

Cuadro 16. Descripción de algunos cambios mostrados en los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes de secundaria sobre los estados de la materia

Tipos de modelos detectados	Modelos de los estados de la materia	Tipo de explicación
<p>MODELO 1 (m1= forma y volumen) Los estudiantes reconocen a la forma y el volumen como propiedades de los sólidos, líquidos y gases. Cambios de estado producidos por un cambio de temperatura, cambia la forma o cambia una forma diferente que puede o no verse.</p>	<p>Dice <i>"Tiene forma propia, tiene volumen propio, no se puede comprimir"</i></p> <p><i>Tiene forma propia, tiene volumen propio. No se puede comprimir</i></p> <p>Dice <i>"No tiene forma propia, tiene volumen propio, se comprime más que los sólidos"</i></p>	<p>SÓLIDO: el material tiene forma, es duro, se puede tocar, ver y oler.</p> <p>LÍQUIDO: las partículas o moléculas están más separadas y pueden cambiar</p>

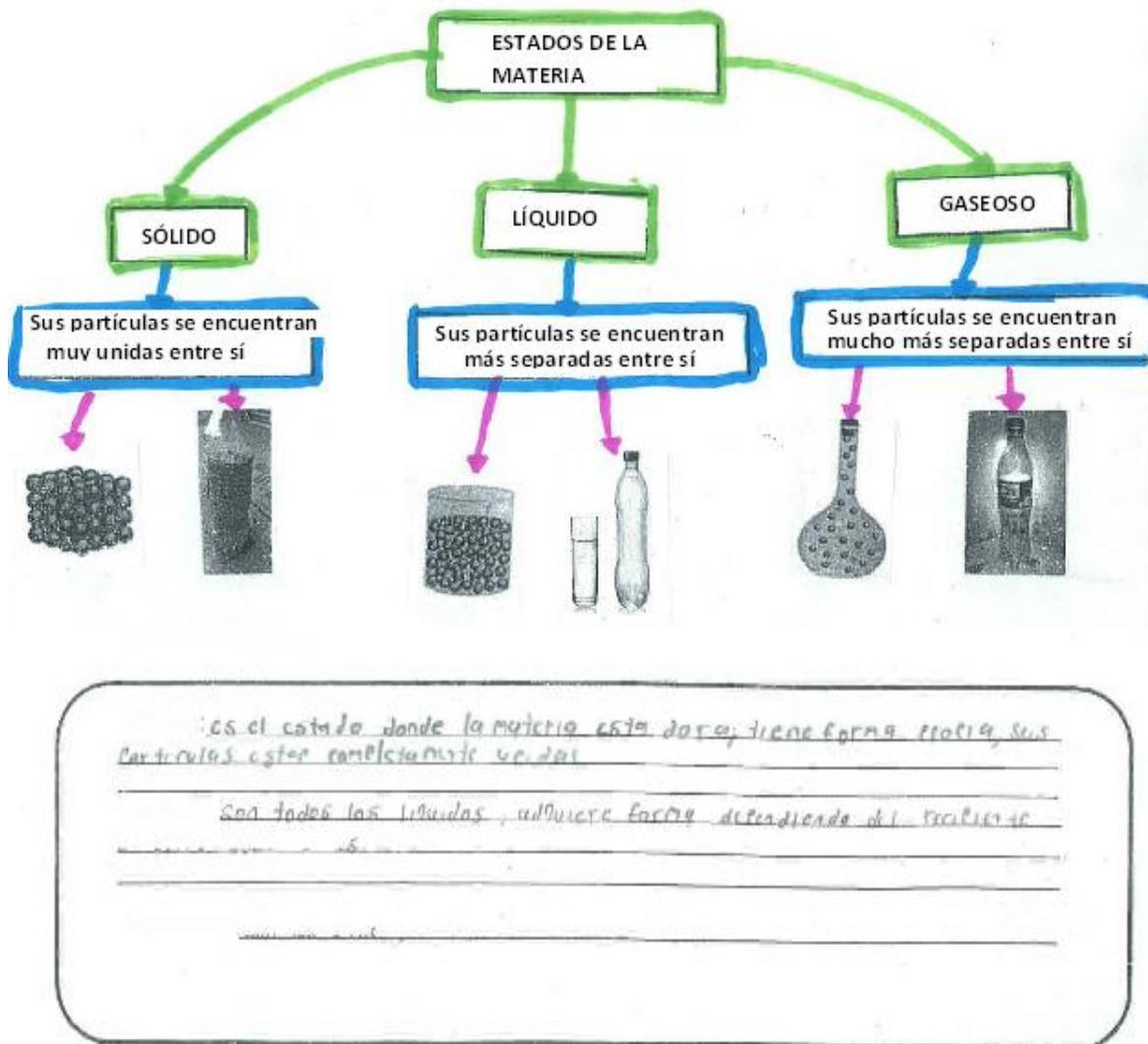
	<p>No tiene forma Propia tiene, volumen propio, se comprime más que los sólidos</p> <p>Dice "No tiene forma propia, No tiene volumen propio, se comprimen con facilidad</p> <p>No tiene forma Propia, No tiene volumen propio, se com- prime con faci- lidad</p>	<p>de lugar o moverse por lo que toma la forma del recipiente que lo contiene.</p> <p>GASEOSO: las partículas o moléculas son débiles, están muy separadas y pueden andar libres, vuelan por todas partes, de tal manera que después de separarse podemos olerlo.</p>
<p>MODELO 2 (m2= m1 + partículas o moléculas) Además de reconocer lo descrito en el Modelo 1, es decir, reconocen la forma y el volumen como propiedades de los tres estados de la materia, los estudiantes incluyeron en su modelo, partículas unidas o separadas, tanto en el dibujo como en su explicación.</p>	<p>Dice "las partículas están juntas"</p> <p>los 200 cubos están juntos</p>  <p>Dice "las partículas están algo separadas"</p> <p>los 200 cubos están algo separados</p>  <p>Dice "las partículas están separadas"</p> <p>los 200 cubos están separados</p> 	<p>SÓLIDO: sus partículas o moléculas están muy, más o totalmente juntas o unidas, se compactan las partículas, está llena de moléculas, el material es duro porque sus moléculas están juntas.</p> <p>LÍQUIDO: sus partículas o moléculas están poco o ligeramente separadas o se separan más, están dispersas alrededor o se esparcieron y se descomponen.</p> <p>GASEOSO: sus partículas o moléculas están más o muy separadas o dispersas, las partículas en el estado de gas suben y llega su aroma.</p>

	<p>Dice <i>Fuerza de cohesión casi nulas</i> <i>Partículas muy separadas</i> <i>Movimiento excesivo entre partículas</i></p>  <ul style="list-style-type: none"> - Fuerza de cohesión casi nula. - Partículas muy separadas. - Movimiento excesivo entre partículas.  <p><i>Fuerza de cohesión casi nula</i></p>	<p>GASEOSO: las partículas o moléculas son débiles, están muy separadas y pueden andar libres, vuelan por todas partes, de tal manera que después de separarse podemos olerlo.</p>
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de los modelos y sus explicaciones de los estudiantes de secundaria, después de realizar la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 1.

Figura 10. MODELO 1 -Primera Representación-

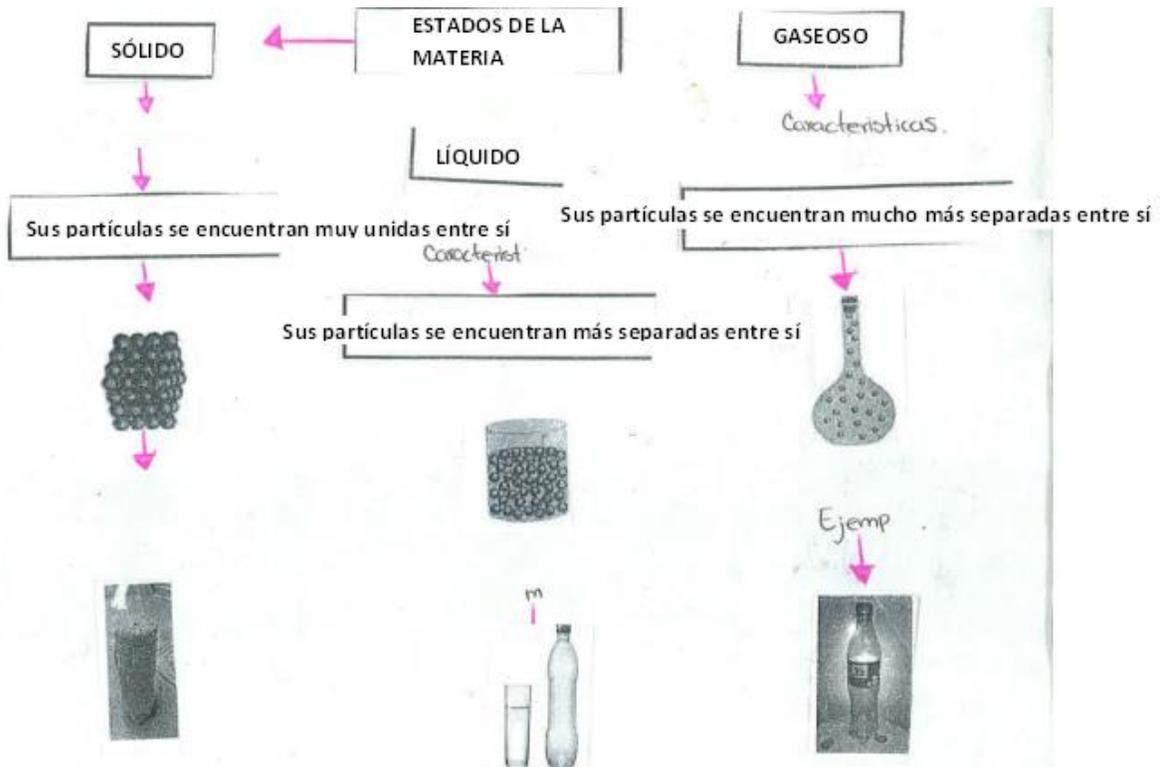


Dice:

"Es el estado donde la materia está dura, tiene forma propia, sus partículas están completamente unidas"

"Son todos los líquidos, adquiere forma dependiendo del recipiente"

Figura 11. MODELO 2 –Primera Representación-



:El estado sólido tiene partículas muy juntas y un ejemplo es la arena.

: El estado líquido tiene partículas separadas un ejemplo es el agua

El estado gaseoso tiene partículas muy

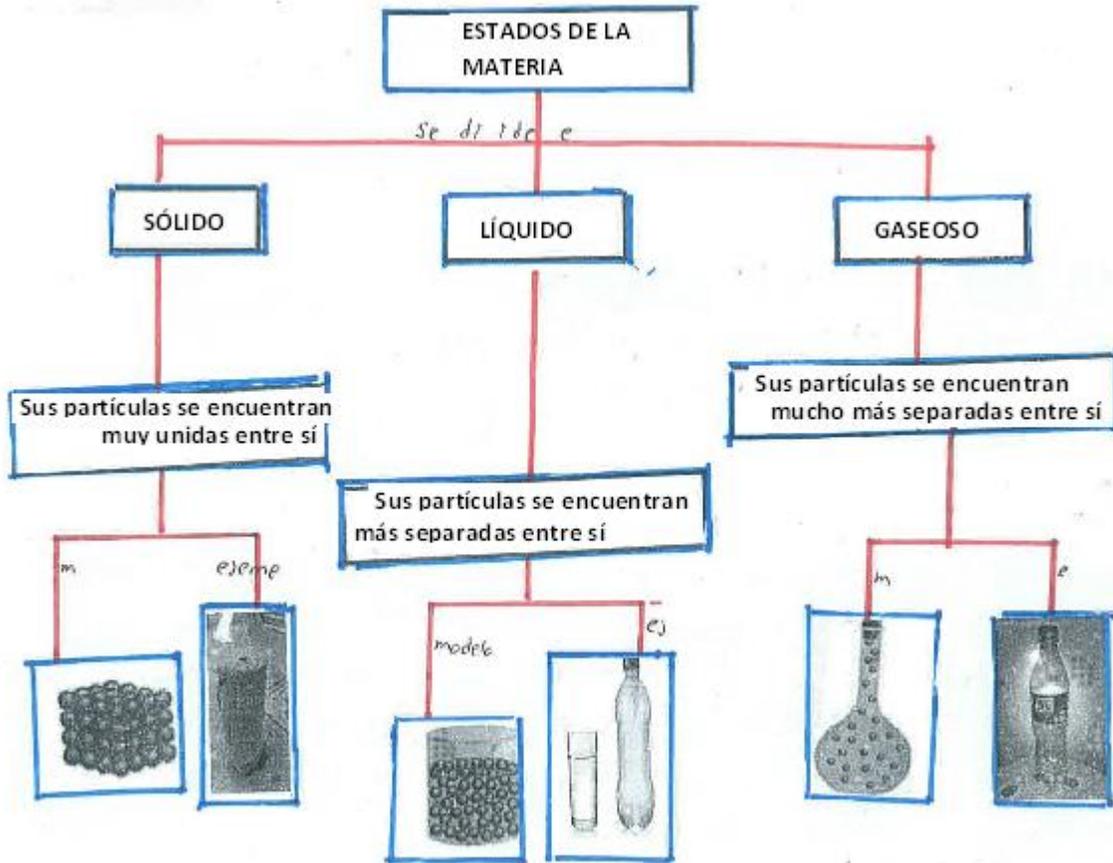
Dice:

"El estado sólido tiene partículas muy juntas y un ejemplo es la arena"

"El estado líquido tiene partículas separadas. Un ejemplo es el agua"

"El estado gaseoso tiene partículas muy..."

Figura 12. MODELO 3 –Primera Representación-



O: se caracteriza por que sus partículas se encuentran
 muy unidas entre sí
 : sus partículas se encuentran más separadas
 se encuentran mucho más separadas

Dice:
 "Se caracteriza porque las partículas se encuentran muy unidas"
 "Sus partículas se encuentran más separadas"
 "Se encuentran mucho más separadas"

6.3.1.3 ¿Qué propiedades tiene la entidad “partícula” según el Modelo Cinético de Partículas?

Una vez que se les proporcionó a los estudiantes, de manera individual, una copia de un artículo científico (Ver Anexo 7) sobre la conformación de las entidades “partículas” y algunas de sus propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento), formaron equipos para discutir lo leído en la copia (ver Imagen 5).

Imagen 5. Trabajo de los estudiantes en introducción de nuevos puntos de vista 3.



Posteriormente se les reparte a los estudiantes una hoja impresa recortable (ver Anexo 8) que contiene algunos conceptos e ilustraciones para que las recorten y peguen en una hoja impresa (Ver Anexo 9) o blanca para que elaboraran su modelo de manera individual, donde incorporaran el concepto de partícula, así como sus propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento).

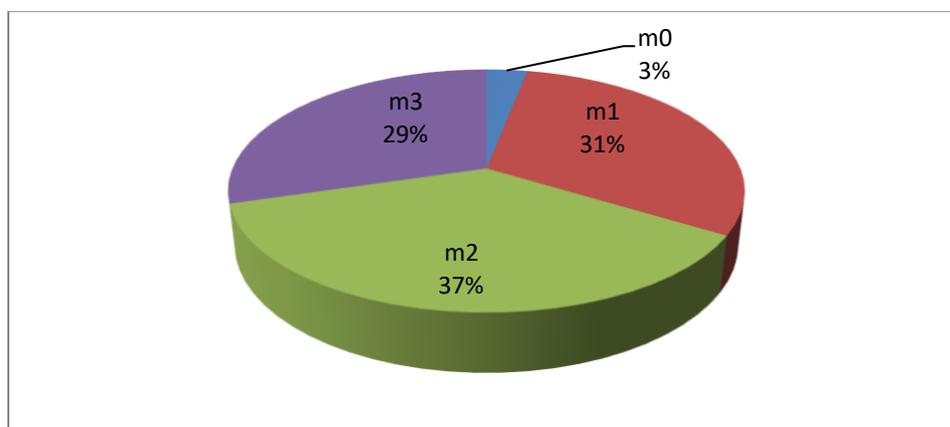
Algunos de los resultados obtenidos se presentan a continuación en la Tabla 8 y en la Gráfica 8.

Tabla 8. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 3.

MODELO 0 (m0)	MODELO 1 (m1)	MODELO 2 (m2)	MODELO 3 (m3)
3	30	36	29

TOTAL DE ALUMNOS= 98

Gráfica 8. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 3



Como se puede observar en la tabla y gráfica anterior, en la Actividad de Exploración Inicial 2, las respuestas dadas por el 3 % de los estudiantes se encuentran en el modelo m0, el 31% del alumnado corresponden al MEI - macroscópico- inferido de la literatura (m1), mientras que el 66% restante incluyó de manera diferenciada elementos de tipo microscópico (m2 y m3), es decir, se pudo observar una pequeña disminución en la cantidad de estudiantes que se encontraban en los modelos m0 y m1 y un incremento en la cantidad de estudiantes que se encontraban en los modelos m2 y m3.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de los modelos y sus explicaciones, contestados por un estudiante después de haber realizado la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 3.

Figura 13. MODELO 1 -Segunda representación-



SÓLIDO: partículas están muy unidas entre sí

LÍQUIDO: partículas regularmente unidas sí pero con un pequeño espacio

GASEOSO: partículas están muy separadas

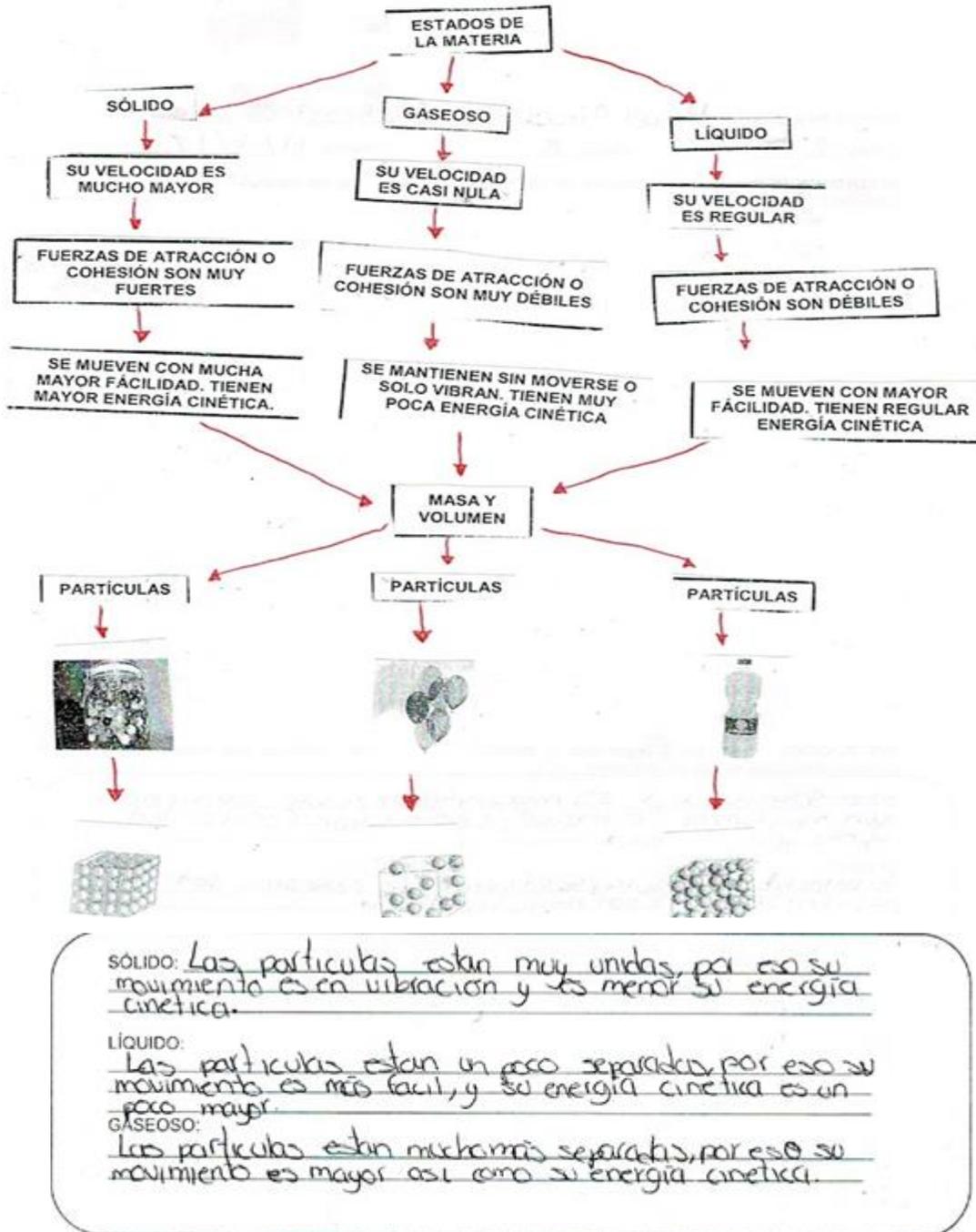
Dice:

"Partículas están muy unidas entre sí"

"Partículas regularmente unidas sí, pero con un pequeño espacio"

"Partículas están muy separadas"

Figura 14. MODELO 2 -Segunda representación-



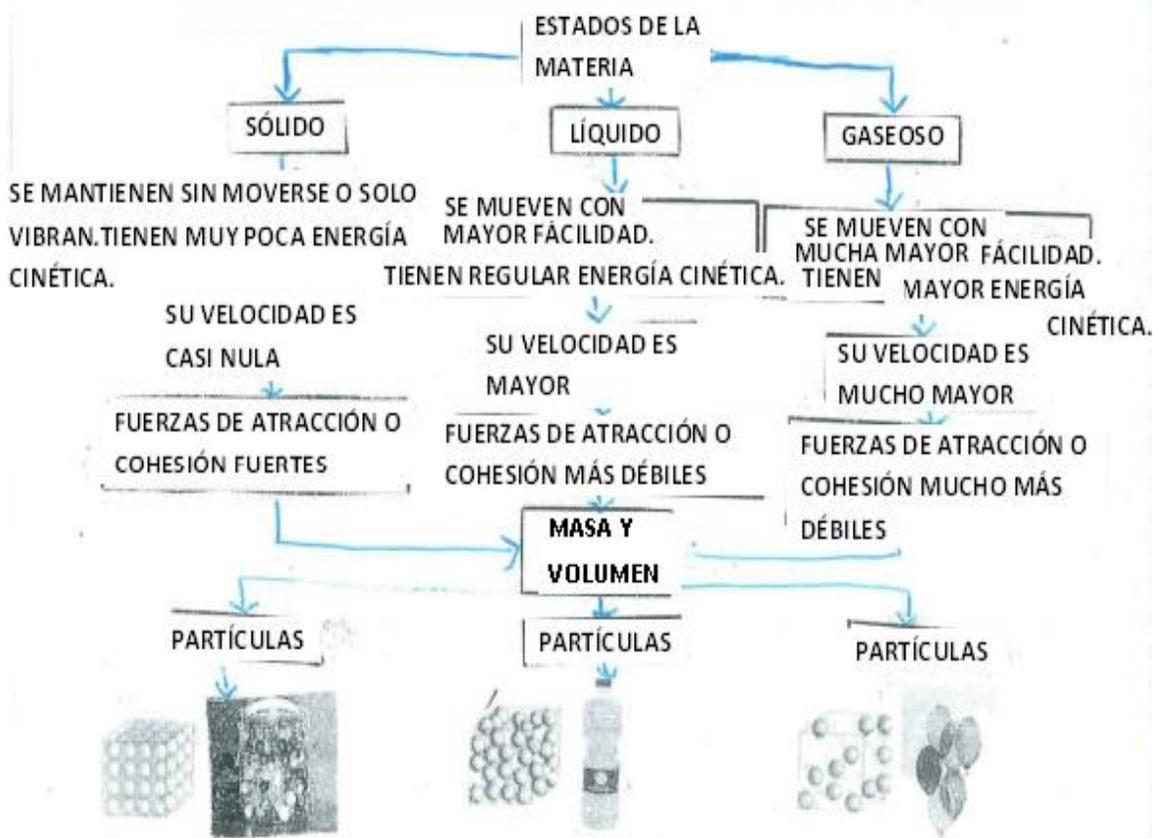
Dice:

"Las partículas están muy unidas, por eso su movimiento es en vibración y es menor su energía cinética"

"Las partículas están un poco separadas, por eso su movimiento es más fácil, y su energía cinética es un poco mayor"

"Las partículas están mucho más separadas, por eso su movimiento es mayor, así como su energía cinética"

Figura 15. MODELO 3 -Segunda representación-



Se mantienen sin moverse o solo vibran, tienen muy poca energía cinética, su velocidad es casi nula, fuerzas de atracción o cohesión son muy fuertes.

Se mueven con mayor facilidad. Tienen regular energía cinética, su velocidad es regular, fuerzas de atracción o cohesión débiles.

Se mueven con mucha mayor facilidad, tienen mayor energía cinética, su velocidad es mucho mayor, fuerzas de atracción o cohesión son débiles.

Dice:

“Se mantienen sin moverse o solo vibran, tienen muy poca energía cinética, su velocidad es casi nula, fuerzas de atracción o cohesión son muy fuertes”

“Se mueven con mayor facilidad. Tienen regular energía cinética, su velocidad es regular, fuerzas de atracción o cohesión débiles”

“Se mueven con mucha mayor facilidad. Tienen mayor energía cinética, su velocidad es mucho mayor, fuerzas de atracción o cohesión son débiles”

6.3.1.4 ¿Cuáles son las relaciones que tiene la entidad 'partícula' según el Modelo Cinético de Partículas?

Una vez que se les solicitó a los estudiantes una investigación sobre el Modelo Cinético de Partículas se les pidió que conformaran triadas para que discutieran sus investigaciones y las compararan.

Una vez que socializaron sus investigaciones y se les repartieron dos hojas impresas con información sobre el Modelo Cinético de Partículas (Ver Anexo 10), una hoja impresa recortable (Ver Anexo 11) y peguen en una hoja impresa (Ver Anexo 12). Para que los estudiantes elaboraran un modelo de manera individual, en la cual recortaron y pegaron algunas palabras e ilustraciones donde incorporen el concepto de partícula, las propiedades: masa, volumen y velocidad (movimiento), así como las relaciones de las partículas: fuerza de cohesión o atracción y espacio o vacío. De acuerdo a los nuevos conocimientos que les aportó la investigación y la información de las hojas impresas.

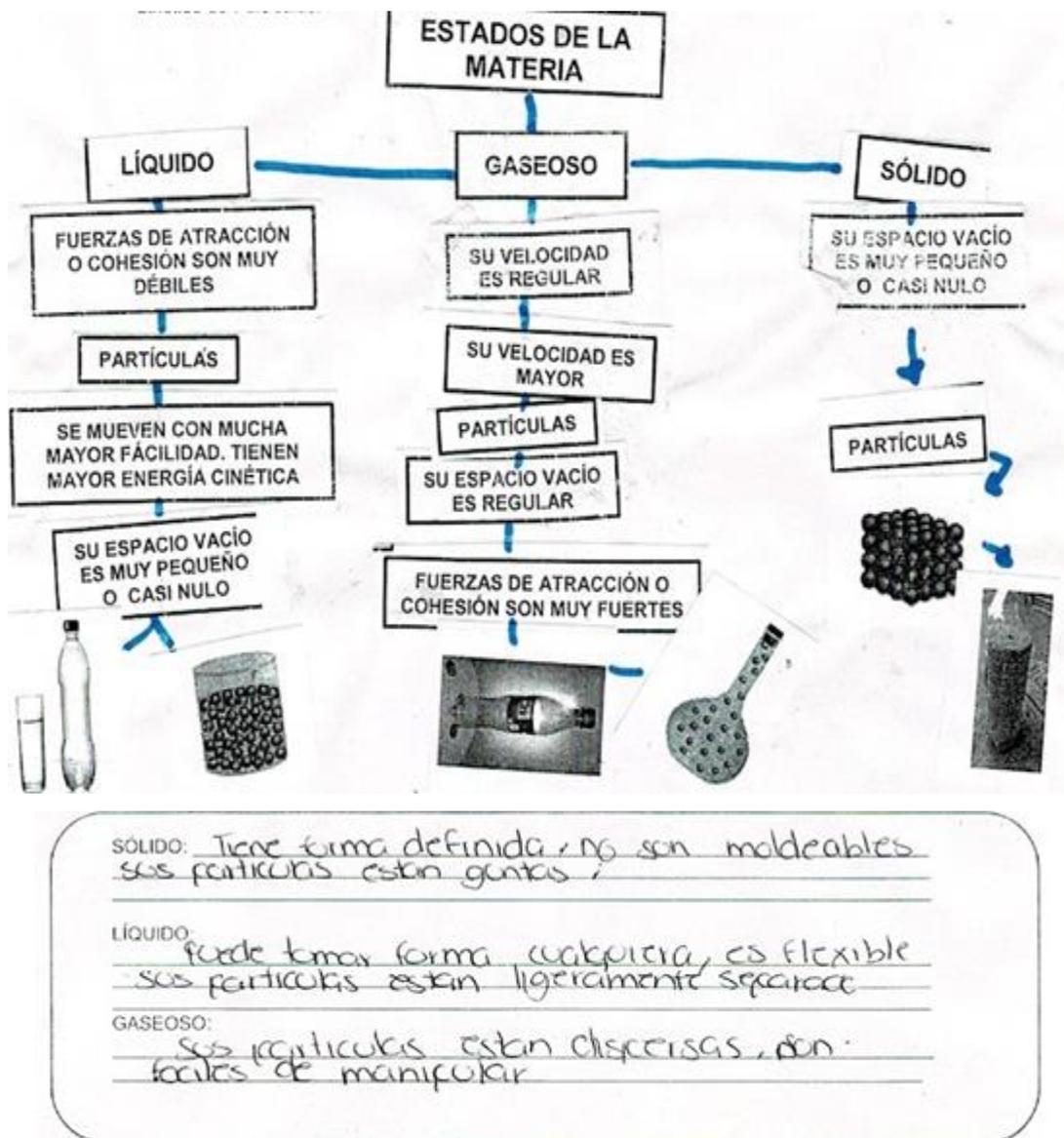
Al final de la actividad, se eligieron a algunos alumnos para que pasaran a explicar a sus demás compañeros sus modelos y escucharan con atención (ver Imagen 6).

Imagen 6. Trabajo de los estudiantes en introducción de nuevos puntos de vista 4



A continuación, se presentan algunos ejemplos de modelos y sus explicaciones contestados por los estudiantes de secundaria después de haber realizado la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4.

Figura 16. MODELO 1 -Tercera representación-



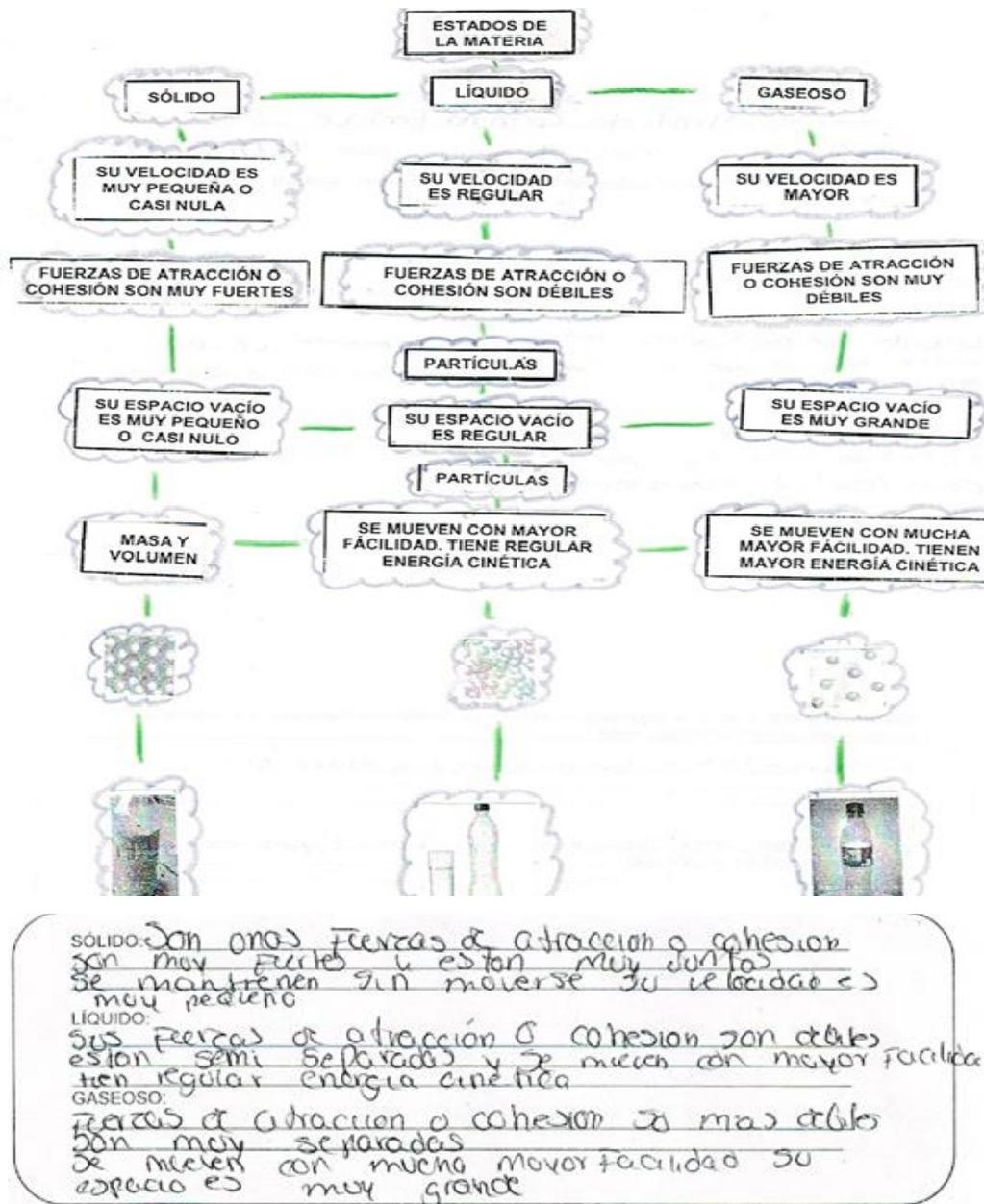
Dice:

"Tiene forma definida, no son moldeables, sus partículas están juntas"

"Puede tomar forma cualquiera, es flexible, sus partículas están ligeramente separadas"

"Sus partículas están dispersas, son fáciles de manipular"

Figura 17. MODELO 2 -Tercera representación-



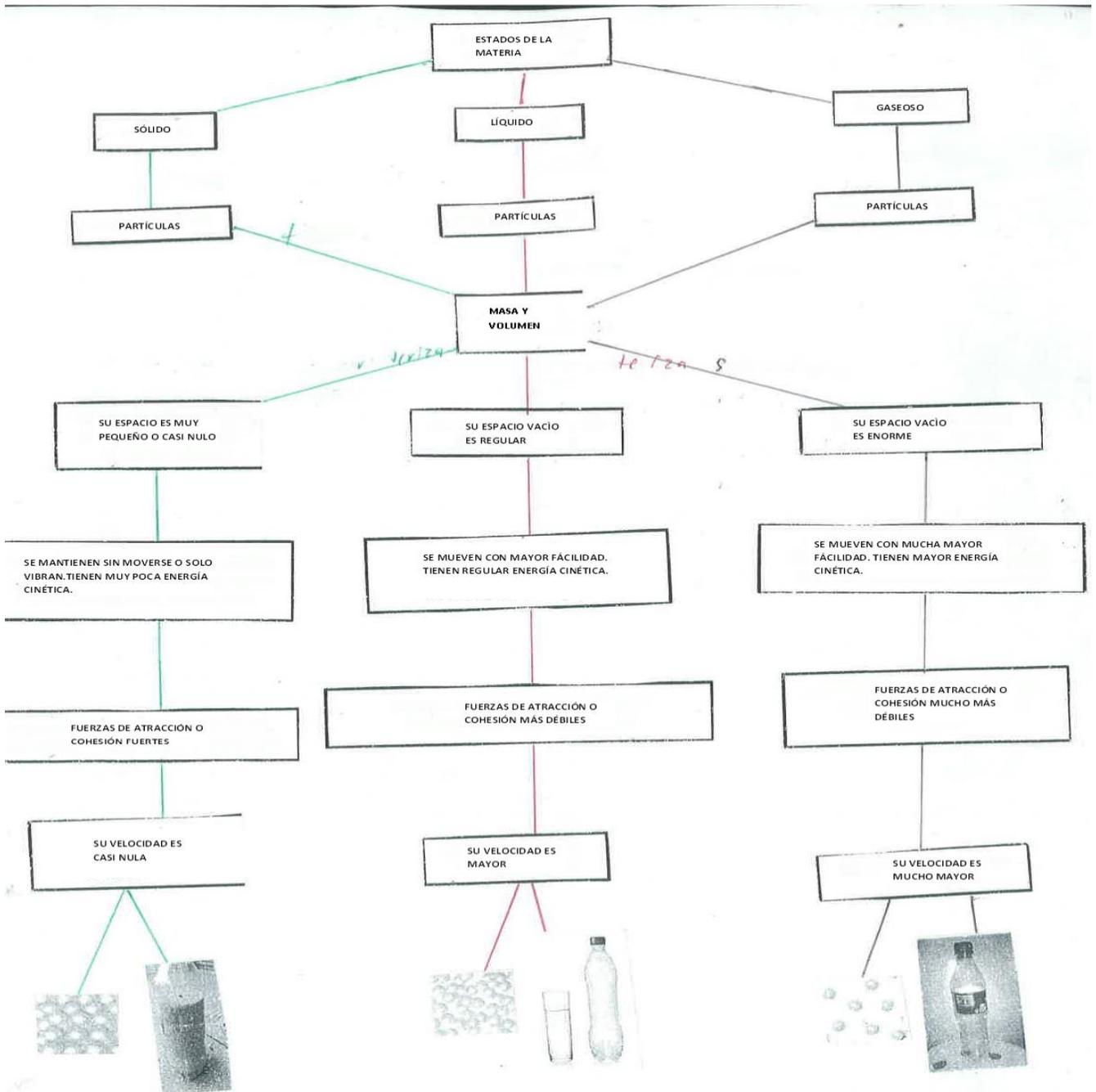
Dice:

“Son unas fuerzas de atracción y cohesión, son muy fuertes y están muy juntas, se mantienen sin moverse, su velocidad es muy pequeña”

“Sus fuerzas de atracción o cohesión son débiles, están semi separadas y se mueven con mayor facilidad, tienen regular energía cinética”

“Fuerzas de atracción y cohesión son más débiles, son muy separadas, se mueven con mucha mayor facilidad, su espacio es muy grande”

Figura 18. MODELO 3 -Tercera representación-



Sus Partículas tienen volumen y masa tiene poca energía cinética, solo vibran, su espacio es muy pequeño, su velocidad es nula.

Sus Partículas tiene regular energía cinética, su espacio es regular, su velocidad es regular.

Sus Partículas tiene mayor energía cinética su espacio es muy grande, su velocidad es mayor.

Dice:

"Sus partículas tienen volumen y masa, tiene poca energía cinética, solo vibran, su espacio es muy pequeño, su velocidad es nula"

"Sus partículas tienen regular energía cinética, su espacio es regular, su velocidad es regular"

"Sus partículas tienen mayor energía cinética, su espacio es muy grande, su velocidad es mayor"

10 Fuerza de atracción es muy fuerte, no se mueven, solo vibran, su velocidad es muy pequeña su espacio muy pequeño.

11 Fuerza de atracción débil, se mueve con mayor facilidad, velocidad regular, espacio regular.

GAS Fuerza de atracción es muy débil, se mueve con facilidad y tiene energía cinética, velocidad mayor, espacio mayor.

Dice:

"Fuerza de atracción es muy fuerte, no se mueven, solo vibran, su velocidad es muy pequeña, su espacio es muy pequeño"

"Fuerza de atracción débil, se mueve con mayor facilidad, velocidad regular, espacio regular"

"Fuerza de atracción es muy débil, se mueve con facilidad y tiene energía cinética, velocidad mayor, espacio mayor"

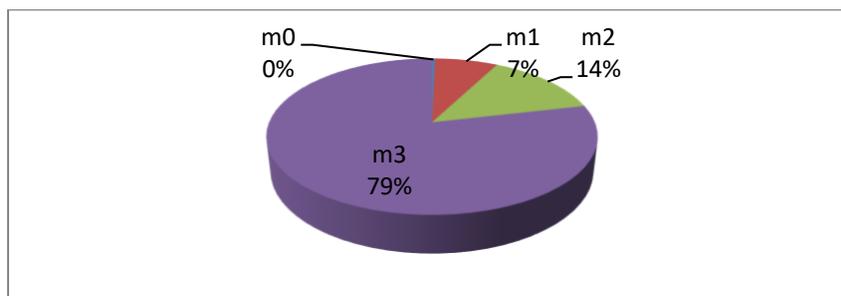
Algunos de los resultados obtenidos se presentan a continuación en la Tabla 9 y en la Gráfica 9.

Tabla 9. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 4.

MODELO 0 (m0)	MODELO 1 (m1)	MODELO 2 (m2)	MODELO 3 (m3)
1	22	41	35

TOTAL DE ALUMNOS= 98

Gráfica 9. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad nuevos puntos de vista 4.



Como se puede observar en la tabla y gráfica anterior, en la Actividad de Introducción de nuevos puntos de vista 4, las respuestas dadas por el 0 % de los estudiantes se encuentran en el modelo m0, el 7% del alumnado corresponden al MEI -macroscópico- inferido de la literatura (m1), mientras que el 93% restante incluyó de manera diferenciada elementos de tipo microscópico (m2 y m3), es decir, se pudo observar una disminución en la cantidad de estudiantes que se encontraban en los modelos m0 y m1 y un incremento en la cantidad de estudiantes que se encontraban en los modelos m2 y m3.

6.3.2. Actividad de síntesis

6.3.2.1 Construyendo mi modelo microscópico de los estados de la materia

Se les solicitó con anticipación a los estudiantes que conformaran equipos de seis integrantes y que llevaran al salón de clases material reciclable como papel periódico, cartón, madera, botellas de plástico, botones, listón o materiales que tuvieran en casa y que ya no utilizaran. También se les solicitó resistol, cinta adhesiva y tijeras.

De acuerdo con la información nueva y aportada por el material impreso y visual, utilizando los nuevos conocimientos, así como su imaginación y creatividad construyeron su propio modelo de los estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas (figura 10).

Por equipo los estudiantes realizaron una explicación del modelo tridimensional a los compañeros del grupo sobre los estados de la materia donde utilizaron los nuevos conceptos de los estados de la materia de acuerdo con el Modelo Cinético de Partículas (ver Imágenes 7 y 8).

Imagen 7. Trabajo de los estudiantes en actividad de síntesis



Imagen 8. Exposición de los estudiantes en actividad de síntesis



6.3.3. Actividades de aplicación y generalización

6.3.3.1 *¿Cómo se encuentran las partículas en el agua de limón y luego, cuando se vuelve helado?*

La actividad consistió en que los estudiantes elaboraran helado de limón (ver Imagen 9) de tal manera que explicaran los estados (líquido y sólido) percibidos a través de sus sentidos o macroscópicamente de una manera microscópica, aplicando sus nuevos conocimientos de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas.

Imagen 9. Trabajo de los estudiantes en actividad de aplicación y generalización 1



Para ello, los alumnos llevan los materiales solicitados por la profesora para elaborar helado de limón en el laboratorio escolar (ver Imagen 10).

Imagen 10. Estudiantes manipulando los materiales para realizar helado de limón

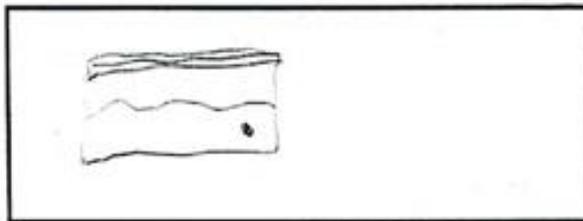


Argumentaron los nuevos modelos de los estados la materia implicada en la práctica (sólido y líquido) a nivel microscópico. Dibujaron sus nuevos modelos de los estados de la materia (sólido y líquido) de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas).

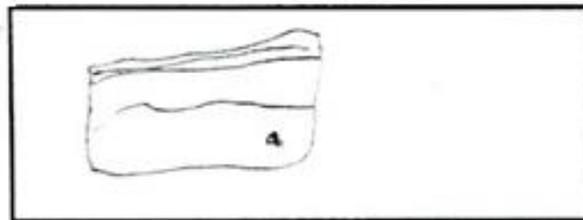
A continuación, se presentan algunos ejemplos de los modelos y sus explicaciones, contestadas por algunos de los estudiantes después de haber realizado la actividad de aplicación y generalización 1.

Figura 19. MODELO 1 -Cuarta representación-

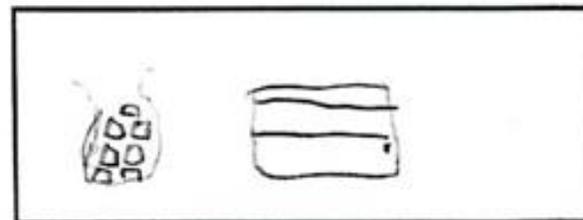
Estaba tan líquida que se
escurrió un poco
era verde y ácida



es líquida y tenía el
volumen de la bolsa en la
que estaba
debiles a diferencia del
sólido



se hizo suave pero no estaba
ni tan líquida ni tan sólida



Dice:

“Estaba tan líquida que se escurrió un poco. Era verde y ácido”

“Es líquida y tenía el volumen de la bolsa en la que estaba. Débiles a diferencia del sólido”

“Se hizo suave pero no estaba ni tan líquida ni tan sólida”

Figura 20. MODELO 2 -Cuarta representación-



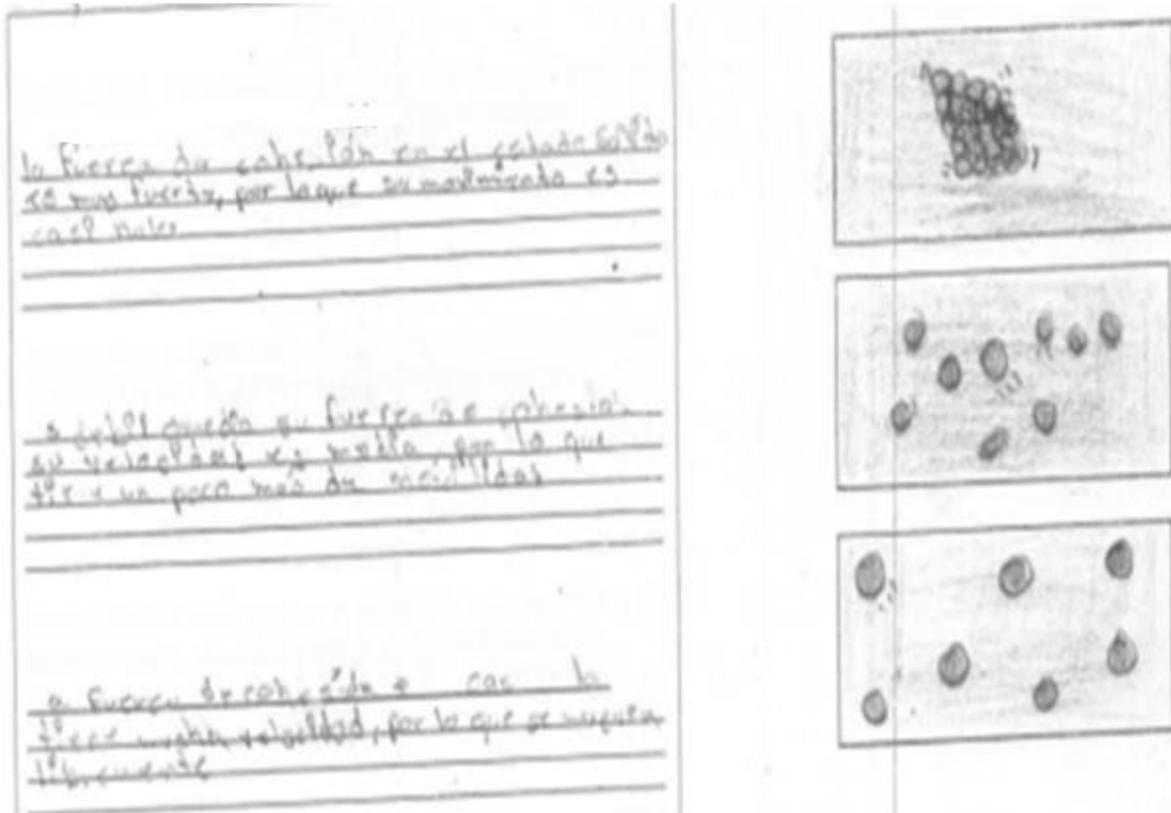
Dice:

“Era sólido, sus partículas no se movían porque estaban juntas”

“Era líquido y sus moléculas estaban ligeramente separadas”

“Está líquido y cada vez sus partículas son más separadas y más débiles”

Figura 21. MODELO 3 -Cuarta representación-



Dice:

“La fuerza de cohesión en el estado sólido es más fuerte, por lo que su movimiento es casi nulo”

“Es débil su fuerza de cohesión, su velocidad es media, por lo que tiene un poco más de movilidad”

“La fuerza de cohesión con la que tiene mucha velocidad, por lo que se mueve libremente”

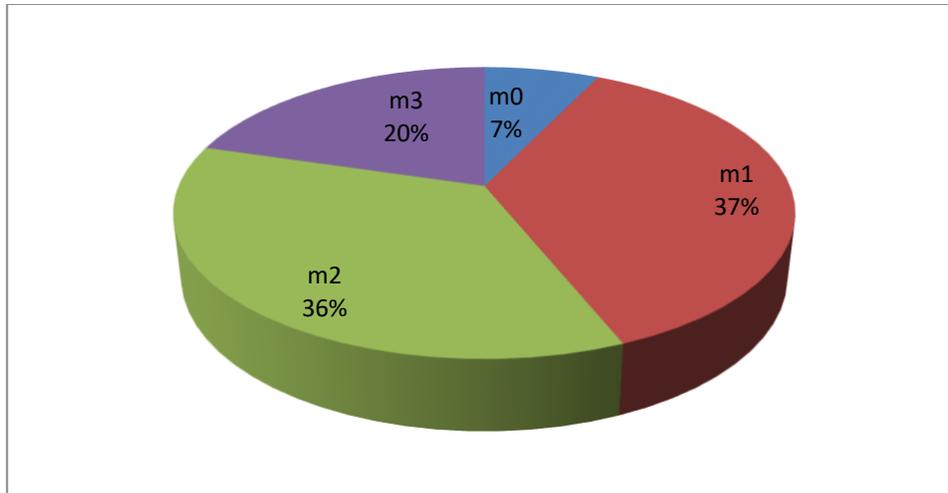
Algunos de los resultados obtenidos se presentan a continuación en la Tabla 10 y en la Gráfica 10.

Tabla 10. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad de aplicación y generalización 1.

MODELO 0 (m0)	MODELO 1 (m1)	MODELO 2 (m2)	MODELO 3 (m3)
7	36	35	20

TOTAL DE ALUMNOS= 98

Gráfica 10. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos después de la actividad de aplicación y generalización 1.



Como se puede observar en las tabla y gráfica anterior, en la Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4, las respuestas dadas por el 7 % de los estudiantes se encuentran en el modelo m0, el 37% del alumnado corresponden al MEI -macroscópico- inferido de la literatura (m1), mientras que el 56% restante incluyó de manera diferenciada elementos de tipo microscópico (m2 y m3), es decir, se pudo observar un aumento en la cantidad de estudiantes que se en encontraban en los modelos m0 y m1 y una disminución en la cantidad de estudiantes que se en encontraban en los modelos m2 y m3.

6.3.3.2 ¿Por qué percibo el aroma a rosas de la veladora?

La actividad consistió en que los estudiantes elaboraran una veladora aromática, de tal manera que explicaran los estados (sólido, líquido y gaseoso) percibidos a través de sus sentidos o macroscópicamente de una manera microscópica, aplicando los nuevos conocimientos de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas.

Llevaron los materiales solicitados por la profesora para elaborar una veladora aromática en el laboratorio escolar. Dibujaron sus nuevos modelos de los estados

de la materia implicados en la práctica (sólido y líquido) de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas).

Argumentaron los nuevos modelos de los estados de la materia según el Modelo Cinético de Partículas en la práctica (sólido y líquido) a nivel microscópico. Algunos ejemplos de las veladoras que realizaron los estudiantes en el laboratorio escolar de la práctica se muestran en la Imagen 11.

Imagen 11. Ejemplos de trabajos realizados por los estudiantes de secundaria en la actividad de aplicación y generalización 2



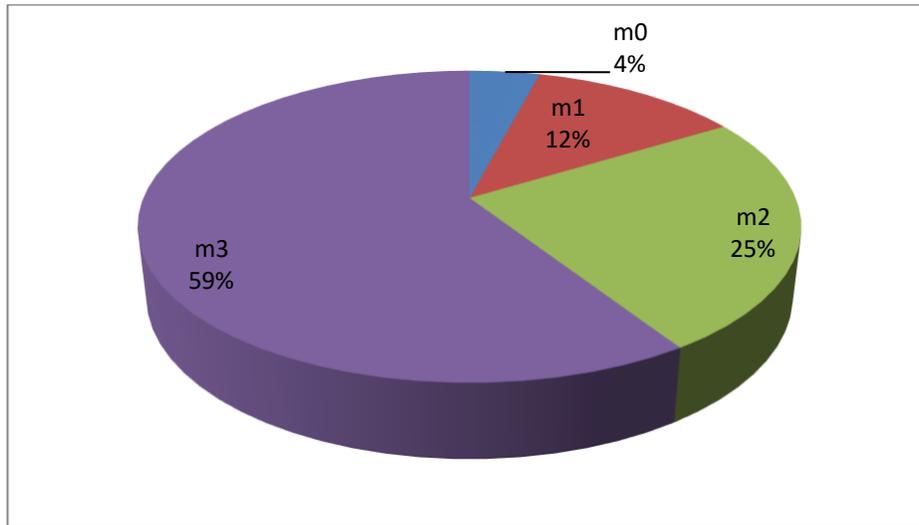
Algunos de los resultados obtenidos se presentan a continuación en la Tabla 11 y en la Gráfica 11.

Tabla 11. Cantidad de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos al finalizar la implementación de la Estrategia Didáctica.

MODELO 0 (m0)	MODELO 1 (m1)	MODELO 2 (m2)	MODELO 3 (m3)
4	12	24	58

TOTAL DE ALUMNOS= 98

Gráfica 11. Porcentaje de estudiantes que se encuentran en cada uno de los modelos al finalizar la implementación de la Estrategia Didáctica.



Como se puede observar en las tabla y gráfica anterior, en la Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4, las respuestas dadas por el 4 % de los estudiantes se encuentran en el modelo m0, el 12% del alumnado corresponden al MEI -macroscópico- inferido de la literatura (m1), mientras que el 84% restante incluyó de manera diferenciada elementos de tipo microscópico (m2 y m3), es decir, se pudo observar nuevamente una disminución en la cantidad de estudiantes que se en encontraban en los modelos m0 y m1 y un incremento en la cantidad de estudiantes que se en encontraban en los modelos m2 y m3.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de sus modelos y sus explicaciones, contestadas por algunos de los estudiantes de secundaria después de haber realizado la actividad de aplicación y generalización 2.

Figura 22. MODELO 1 -Quinta representación-

<p>el estado en el que esta la parafina y el crayón está líquido se encuentra en temperatura estable</p>	
<p>la parafina y el crayón se está derritiendo poco a poco está cambiando de estado a gaseoso está cambiando su forma</p>	
<p>se unió la parafina y el crayón y cambiaron de estado pero a igual a sólido y se derretió</p>	

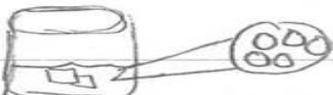
Dice:

“El estado en el que está la parafina y el crayón está líquida, se encuentra en temperatura estable”

“La parafina y el crayón se está derritiendo poco a poco, está cambiando de estado a gaseoso, está cambiando su forma”

“Se unió la parafina y el crayón y cambiaron de estado, pero a igual a sólido y se derretió”

Figura 23. MODELO 2 -Quinta representación-

<p>Está en estado sólido y las partículas están muy juntas.</p>	
<p>Esta en estado líquido y las partículas se están separando.</p>	
<p>Se encuentra en estado sólido y sus partículas están juntas y también en estado gaseoso por el aromatizante.</p>	

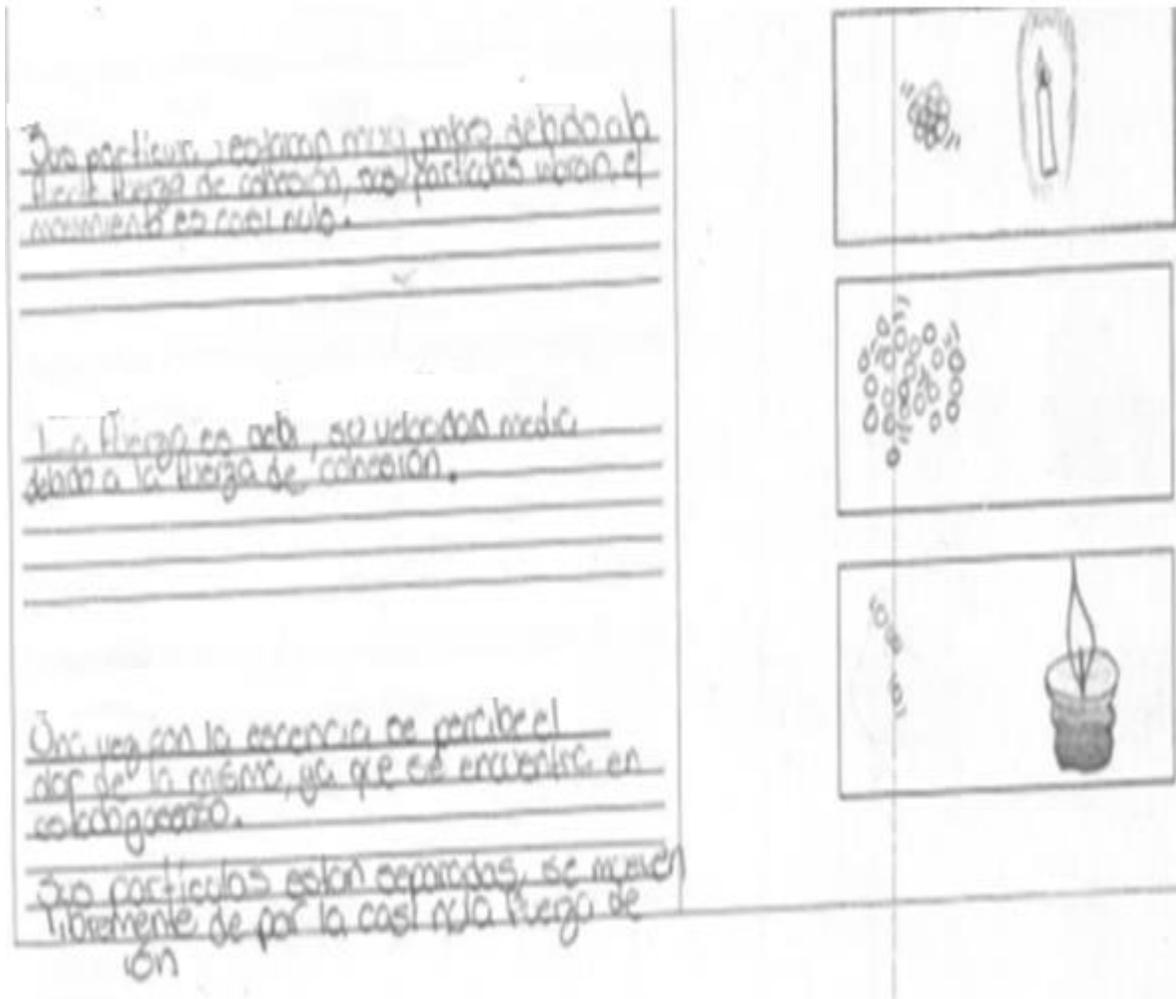
Dice:

“Está en estado sólido y las partículas están muy juntas”

“Está en estado líquido y las partículas se están separando”

“Se encuentra en estado sólido y sus partículas están juntas y también en estado gaseoso por el aromatizante”

Figura 24. MODELO 3 -Quinta representación-



Dice:

“Sus partículas están muy juntas debido a la fuerte fuerza de cohesión, sus partículas vibran, el movimiento es casi nulo.”

“La fuerza es débil, su velocidad media debido a la fuerza de cohesión”

“Una vez con la esencia se percibe el olor de la misma, ya que se encuentra en estado gaseoso. Sus partículas están separadas, se mueven libremente de por la casi nula fuerza de cohesión”

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la transformación de los MEI de los 98 estudiantes de educación secundaria de una escuela general de la Ciudad de México.

Tabla 12. Comparación entre los modelos explicativos a lo largo de la estrategia didáctica implementada

ACTIVIDADES	MODELO 0	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN INICIAL 1	11	62	17	8
ACTIVIDAD DE EXPLORACIÓN INICIAL 2				
ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 1	10	58	20	10
ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 2	5	51	30	12
ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 3	3	30	36	29
ACTIVIDAD DE INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PUNTOS DE VISTA 4	1	22	41	35
ACTIVIDAD DE SÍNTESIS				
ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y GENERALIZACIÓN 1	7	36	35	20
ACTIVIDAD DE APLICACIÓN Y GENERALIZACIÓN 2	4	12	24	58

TOTAL DE ALUMNOS= 98

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Para responder a la primera pregunta de investigación, ¿cuáles son los Modelos Explicativos Iniciales (MEI) empíricos de los estudiantes de secundaria en torno a los estados de la materia?, después de llevar a cabo la revisión de la literatura especializada acerca de los estados de la materia (ver Cuadro 1) se concluye que el MEI de los estudiantes de secundaria se enfocan principalmente a nivel macroscópico, así como también lo plantean en los contenidos del Libro de Cuarto Grado de Ciencias Naturales de Educación Primaria (SEP, 2010) y los Planes y Programas de Cuarto Grado de Educación Primaria (SEP, 2008).

Para responder a la segunda pregunta de investigación, ¿qué similitudes o diferencias existen entre los MEI de los estudiantes identificados de manera empírica con los inferidos a partir de la literatura especializada y del currículo de primaria en torno a los estados de la materia?, después de aplicar el cuestionario empírico exploratorio a 98 estudiantes de una escuela secundaria general pública de la Ciudad de México y al analizar las respuestas, se clasificaron en cuatro categorías de modelos: modelo 0 (m0), modelo 1 (m1), modelo 2 (m2) y el modelo 3 (m3). En el m0, los estudiantes no reconocen a la forma y el volumen como propiedades de los sólidos, líquidos y gases; en el m1, los estudiantes reconocen a la forma y el volumen como propiedades de los sólidos, líquidos y gases.

También reconocen cambios de estado producidos por un cambio de temperatura, cambia la forma o cambia una forma diferente que puede o no verse. La única sustancia cambia de estado para ellos es el agua; en el m2, además de reconocer lo descrito en el m 1, es decir, reconocen la forma y el volumen como propiedades de los tres estados de la materia, los estudiantes incluyeron en su modelo, partículas unidas o separadas, tanto en el dibujo como en su explicación y en el m3, además

de reconocer lo planteado en el m1 y m2, los estudiantes identifican que las partículas o moléculas se encuentran unidas o separadas y que pueden moverse o cambiar de lugar sin especificar su causa o causas.

Los estudiantes explican dichos estados conceptualizando la entidad “partícula” como sucede en el m2 y la entidad “molécula” en el m3, siendo modelos microscópicos, se observó que se trata de casi la cuarta parte de estudiantes a los que se les aplicó el cuestionario (25%) comparado con los estudiantes que se encuentran en un modelo macroscópico, m1 (63%) donde explican a los estados de la materia a través de sus propiedades físicas como la masa y el volumen y tangible a su realidad y el resto del porcentaje, aproximadamente un 12% de estudiantes que están por debajo del m1, a los cuales se les clasificó en el modelo m0, ya que no explicaron a los estados de la materia a través de sus propiedades físicas como la masa y el volumen.

Con la información anterior se concluye que coinciden los MEI de los estudiantes de secundaria, los cuales son en su mayoría son macroscópicos de la la investigación realizada en la literatura especializada acerca de los estados de la materia (ver Cuadro 1) así como también lo plantean en los contenidos del currículo de educación primaria: Libro de Cuarto Grado de Ciencias Naturales de Educación Primaria (SEP, 2010) y los Planes y Programas de Cuarto Grado de Educación Primaria (SEP, 2008) con lo encontrado en la investigación de campo, al aplicar el cuestionario empírico exploratorio.

Por último para contestar la tercera pregunta de investigación, ¿de qué manera se transforman los Modelos Explicativos Iniciales de los estudiantes como producto de una intervención didáctica, cuyo propósito es que construyan el Modelo Cinético de Partículas para explicar los estados de la materia y sus posibles cambios?, se recurrió al seguimiento de los porcentajes obtenidos en los cambios observados al aplicar la estrategia didáctica en sus diferentes actividades:

Actividad de exploración inicial 1

m0=11% m1= 63% m2=17% m3=8%

Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 1

m0=10% m1= 58% m2=20% m3=10%

En esta actividad se puede observar una pequeña disminución del m0 y el m1, sin embargo, se observa un significativo aumento de los m2 y m3 comparado con la actividad de exploración inicial 1.

Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 2

m0=5% m1= 52% m2=31% m3=12%

En esta actividad se puede observar una pequeña disminución del m0 y el m1, sin embargo, se observa un significativo aumento de los m2 y m3 comparado con la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 1.

Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 3

m0=30% m1= 31% m2=37% m3=29%

En esta actividad se puede observar un aumento significativo del m0 y una disminución en el m1, sin embargo, se observa un pequeño aumento de los m2 y m3 comparado con la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 2.

Actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4

m0=1% m1= 22% m2=41% m3=35%

En esta actividad se puede observar nuevamente una disminución significativa del m0, otra disminución en el m1, sin embargo, se observa un pequeño aumento de los m2 y m3 comparado con la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 3.

Actividad de aplicación y generalización 1

m0=7% m1= 37% m2=36% m3=20%

En esta actividad se puede observar nuevamente un aumento significativo del m0 y en el m1, sin embargo, se observa una pequeña disminución de los m2 y m3 comparado con la actividad de introducción de nuevos puntos de vista 4.

Actividad de aplicación y generalización 2

m0=4% m1= 12% m2=24% m3=59%

En esta actividad se puede observar nuevamente una disminución significativa del m0 y del m1, sin embargo, se observa una pequeña disminución del m2 y un incremento significativo del m3 comparado con la actividad de aplicación y generalización 1.

Con la anterior información se puede concluir que fue muy importante el diseño, aplicación y evaluación de la estrategia didáctica, ya que el uso de los modelos se convirtió en un recurso importante para acercar a los estudiantes al Modelo Cinético de Partículas, el cual se acerca al currículo académico o al escolar o MCEA, pues tal como lo plantean López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), la construcción y uso de los modelos, que tienen sus cimientos en la práctica de los científicos, se constituyen en una posibilidad de gran ayuda, tanto para el profesor como para el estudiante.

Por último y después de realizar todo el análisis anterior de los resultados de la aplicación de la estrategia didáctica, se puede concluir que a partir de validación de los Modelos Explicativos Iniciales (MEI) de los 98 estudiantes la secundaria general de la Ciudad de México, si hubo un cambio o una transformación significativa de los modelos m0, m1, m2 y m3, pero sobre todo del modelo m3 de aproximadamente un

60% , comparando los porcentajes de la actividad de exploración inicial 1 y de la actividad de aplicación y generalización 2.

De manera crítica, también es importante mencionar que no todas las actividades fueron adecuadas para contestar a las tres preguntas de investigación, ya que en su aplicación, se pueden observar bajos y alto porcentajes, es decir, las actividades que conformaron la estrategia didáctica, se encuentran sujetas a cambios o modificaciones para su mejora para que los estudiantes transformen sus MEI al MCP, como modelo científico escolar de arribo .

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva-Martínez, O. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 3(30), 155-166. DOI: <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 40-49.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 1-9. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9).
- Aragón, M. (2012). *Aportaciones de la enseñanza con analogías al desarrollo del pensamiento modelizador de los alumnos acerca del cambio químico* (Tesis Doctoral). España: Universidad de Cádiz.
- Asimov, I. (1975). *Breve historia de la química. Introducción a las ideas y conceptos de la química*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ausubel, D., Novak, J. y Henesian, H. (1995). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Barker, V. (2000). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas. A report prepared for the Royal Society of Chemistry*. Recuperado de <http://modeling.asu.edu/modeling/KindVanessaBarkerchem.pdf>
- Beltrán, J. (2003). Estrategias de aprendizaje. *Revista de Educación*, 332, 55-73.
- Benarroch, A. (2000a). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (23), 95-108.
- Benarroch, A. (2000b). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpúscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 235-244.
- Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpúscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 123-134.
- Brook, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. Leeds, Inglaterra: Center of Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

- Buendía Eisman, L., Colas Bravo, M. y Hernández Pina, F. (1998). *Métodos de Investigación en Psicopedagogía*. España: McGraw-Hill
- Carrascosa, J. y Gil, D. (1985). La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 113-120.
- Chang, R. (1998). *Química*. México: McGraw-Hill
- De la Torre, A. C. (1998). Cómo explicar lo grande y lo pequeño. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11 (1), 53-56.
- Del Re, G. (2000). Models and analogies in science. *HYLE. International Journal of the Philosophy of Chemistry*, 6, 3-12.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). Constructivismo y aprendizaje significativo. En F. Díaz y G. Hernández, *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*, (pp. 23-62). México: Mc Graw Hill.
- Driver, R. y Easley, J. (1978). Pupils and paradigm: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R. (1983). *The pupil as Scientist?*. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Ducci, M. & Oetken, M. (2012). "Nerves made of iron" - electrochemical model experiments on the excitation of nerve fibre. *Journal of Science Education*, 2(13), 56-59.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Fetherstonhaugh, T y Treagust, F. (1992). Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76 (6), 653-672.
- Gabel, D. L. & Bunce, D. (1994). Research on problem solving: Chemistry. In D. Gabel (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 301-326). New York: Macmillan,
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- Galindo, J. (1998). *Técnicas de Investigación*. En *Sociedad, Cultura y Comunicación*. México: Pearson.
- García, A., Merino, C., Rodríguez, D., Hernández, R., Reyes, F., Abella, L.y Guevara, J. (2014). *La formación del profesorado de ciencias en contextos de diversidad. Una mirada desde la mediación con las TIC y la construcción de diseños didácticos*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Garnett, J. & Hackling, W. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- Garritz, A. y Chamizo, J (1994). *Química*. México: Addison-Wesley Longman, Incorporated.
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 63-70.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, J., Boulter, C. & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert y C. J. Boulter (eds), *Developing Models in Science Education*, (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer. En: https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1
- Gimeno, J. y Pérez, A. (1983). *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Akal.
- Giomini C., Marrosu G. & Cardellini L. (2006). Unusual oxidation numbers in some radicalic molecules. *Journal of Science Education*, 2(7), 126-127. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069980200106>.
- Gómez-Crespo, M.A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique*, 7, 37-44.
- Gómez Galindo, A. (2013). Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (1), 11-28.
- Haidar, A. & Abraham, M. (1991). A Comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on the Particulate Nature of Matter. *Journal Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938.
- Halloun, I. (1996). Schematic modelling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199611\)](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199611)).
- Halloun, I. A. (2004). *Modeling Theory in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Helm, H. (1980). Misconceptions about physical concepts among South African pupils studying physical science. *South African Journal of Science*, 74, 285-290.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-562.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*,(6), 125- 138.

- Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43. Recuperado de <http://.hyle.org/journal/issues/5/tomasi.html>
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. *Enseñanza de las Ciencias*, (número extra), 1 - 4.
- Jackson, P. (1968). *Life in classrooms*. New York: Holt, Rinehart and Winston. (Trad. cast. La vida en las aulas. Madrid: Marova, 1978).
- Jiménez, G. E., Solano, M. I. y Marín, M. N. (1994). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de «lo que el alumno sabe» sobre ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 235-245.
- Johnson, P. (1998). Progression in Children's Understanding of a Basic Particle Theory: a Longitudinal Study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Justi, R. & Gilbert, J. K. (2002a). Modelling teacher's views on the nature of modelling and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom. Key teacher's role in supporting the development of students modelling skills. *Revista de Educación Química*, 20(1), 32-40. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30005-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30005-3)
- Kuhn, T.S. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kozma, R. & Russell, J. (2005). Modelling students becoming chemists: Developing representational competence. En J. K. Gilbert (ed.), *Visualization in Science Education*. Dordrecht: Springer.
- López y Mota, A. y Rodríguez-Pineda, D. P. (2013). Anclaje de los modelos y la modelización científica en estrategias didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, (número extra), 2008-2013. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307675/397652>
- Llorens, J.A. (1988). La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la Escuela*, 4, 33-49.
- Martínez, C. y Rodríguez-Pineda, D. (2014). Estrategia didáctica para promover la modelización del fenómeno de la nutrición de las plantas verdes. En Coordinación Posgrado (Eds.) *Algunas miradas de la investigación educativa*

- desde el posgrado de la Universidad Pedagógica Nacional (pp.149 -162). México: UPN -Horizontes Educativos.
- Monereo, C., Castelló, M., Clariana, M., Palma, M. y Pérez, M. L. (1994). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación a la escuela*. Barcelona: Grao.
- Monereo, C. (1997). La construcción del conocimiento estratégico en el aula. En: M. L. Pérez. (coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de estrategias desde el currículum*, (pp. 21-34) Girona: Universitat de Girona y Barcelona -Horsori.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. (Trad. cast. Teoría y práctica de la educación. Madrid: Alianza Editorial, 1982).
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1978). Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: an Interview Study. *Science Education*, 62(3), 273-281.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, 65 (2), 187-196.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative Frameworks, Conceptual Conflict and Accommodation: Toward a Principled Teaching Strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Nussbaum, J. (1985). The Particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase. En R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (eds.), *Children's Ideas in Science*, (pp. 125-144). Philadelphia: Open University Press.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science. The implications of children's' science*. NuevaZelanda: Heinemann Publishers. (Trad. cast. El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos. Madrid: Narcea, 1991).
- Pérez, G. (1994). *Investigación cualitativa: retos e interrogantes. I. Métodos*. Madrid: Muralla.
- Porlán, R. (1988). Del pensamiento a la investigación. *Cuadernos de Pedagogía*, 161, 22-24.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional* (Tesis Doctoral). España: Universidad de Sevilla.
- Posada, J.M. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (1), 12-19.
- Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., Limón, M. y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

- Pozo, I. y Carretero, M. (1992). Causal theories, reasoning strategies and conflict resolution by experts and novices in Newtonian mechanics. En: A. Demetriou, A. Efklides, D. M. Shayer & M. Shayer (eds.) *Neo-Piagetian Theories of Cognitive Development. Implications and Applications for Education* (231-255). London: Routledge.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid, España: Morata.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo; M. A. (2002). Más allá del “equipamiento cognitivo de serie”: la comprensión de la naturaleza de la materia. En: M. Benlloch (ed.) *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica* (pp. 235-264). Barcelona: Paidós.
- Rodríguez-Pineda, D.P., López y Mota, A.D., López Becerra, C. y Flores López, M.L. (2013). El campo de Educación en Ciencias: una mirada desde la UPN. *Revista Entre Maestr@s*, 13 (46), 60-67.
- Rodríguez-Pineda, D., Morales, L., López-Valentín, D y Pérez, R. (2016). La investigación como fundamento para la intervención educativa en la formación continua de profesores de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número Extraordinario, Séptimo Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias*, 1716-1727.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. Perales y P. Cañal (dirs.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 239-266). España: Editorial Marfil.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid, España: Síntesis Educación.
- Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Pozo, J. I. (1993). Influencia de la instrucción en la utilización del modelo de partículas. *Enseñanza de las Ciencias*, (número extra), 281-282.
- Schwarz, C. (2002). Is there a connection? The role of meta-modeling knowledge in learning with models. In *Proceedings of International Conference of Learning Sciences*. Seattle, WA.
- Solbes, J., Carrascosa, J. y Furió, C. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Alambique*, 48, 64-77.
- SEP (2008). *Planes y Programas de Estudio. Educación Básica Primaria*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2010). *Libro de Educación Primaria. Ciencias Naturales. Cuarto grado*. México: Secretaría de Educación Pública..
- SEP (2011). *Programas de Estudio 2011. Educación Secundaria. Ciencias*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Torres, P. (2003). ¡Tutor!... ¿Qué hago para redactar? *Revista Desafío Escolar*, 1, 5-7.

- Vigotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on Alternative Conceptions in Science. In D. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.
- White, T. & Gustone. F. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 11(5), 577-586.

ANEXOS

ANEXO 1

¿CÓMO ME IMAGINO A LA MANTEQUILLA Y OTROS MATERIALES EN LOS ESTADOS SÓLIDO, LÍQUIDO Y GASEOSO?

Nombre del alumno / a: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: *Estimado alumno, el presente cuestionario no tiene fines de evaluación, es un instrumento propio del trabajo de aula, por lo cual solicitamos tú sincera respuesta al mismo.*

1. Imagina que tú mamá tiene un pedazo de mantequilla en estado sólido y lo pone a calentar en un recipiente encima de la estufa; la mantequilla puede derretir hasta que se vuelva completamente líquida e incluso se puede evaporar expandiendo su aroma por toda la cocina. Si pudieras navegar o viajar dentro de la mantequilla con una nave mágica, ¿cómo te imaginas que verías a la mantequilla INTERNAMENTE en cada uno de sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso?

DIBUJA cómo te imaginas ver a la mantequilla INTERNAMENTE en el estado sólido:	Escribe la explicación de tú dibujo de la mantequilla en el estado sólido:

DIBUJA cómo te imaginas ver a la mantequilla INTERNAMENTE en el estado líquido:	Escribe la explicación de tú dibujo de la mantequilla en el estado líquido:

DIBUJA cómo te imaginas ver a la mantequilla INTERNAMENTE en el estado gaseoso:	Escribe la explicación de tú dibujo de la mantequilla en el estado gaseoso:

ANEXO 2

Nombre del alumno / a: _____

Grado: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Llena el siguiente cuadro clasificando los ejemplos de los materiales en el estado que corresponda, de acuerdo a sus propiedades o características macroscópicas.

EJEMPLOS DE LOS MATERIALES EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE LA MATERIA Y SUS CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

SÓLIDO	LÍQUIDO	GASEOSO
EJEMPLOS	EJEMPLOS	EJEMPLOS
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

ANEXO 3

“LOS MODELOS EN LA CIENCIA”

El modelo científico en las ciencias puras y, sobre todo, en las ciencias aplicadas, son representaciones abstractas, conceptuales, gráficas o visuales, por ejemplo un mapa conceptual. En física y matemáticas puede presentar fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar, simular en general, explorar, controlar y predecir, esos fenómenos o procesos. Un modelo permite determinar un resultado final a partir de unos datos de entrada. Se considera que la creación de un modelo es una parte esencial de toda actividad científica.

Para hacer un modelo es necesario plantear una serie de hipótesis, de manera que lo que se quiere estudiar esté suficientemente plasmado en la representación, aunque también se busca, normalmente, que sea lo bastante sencillo como para poder ser manipulado y estudiado.

El modelo en la ciencia, es un objeto que ayuda a comprender mejor lo que se investiga, para que sea más fácil, observarlo e investigarlo. El modelo representa una teoría de la realidad, tratando de hacer ver, lo que comprende al fenómeno para poderlo estudiar. La dimensión de un modelo, es importante para su visibilidad ver mejor los detalles, problemas o causas que se necesitan investigar (o sea, la causa por la que se hace el modelo). El modelo, también tiene que servir para ilustrar una actividad de experimentación.

El modelo debe ser lo más simple posible y debe ser capaz de predecir fenómenos que puedan ser comprobados experimentalmente. El hacer modelos siempre ha sido una respuesta del hombre para entender el mundo. Los científicos entienden por modelo una representación o analogía conveniente de un sistema real.

El modelo es una herramienta para entender lo que pasa, una forma de experimentación, cuando no sabe lo que sucede, lleva a una investigación, que se basa en un modelo, para tener el problema físicamente representado. Algunas veces tiene que remplazar a un objeto para poder hacer más fácil su estudio. Su importancia es para encontrar una respuesta, al problema que se plantea desde el principio.

las ciencias naturales son una manera de hablar, de mirar y pensar sobre el mundo.

La CIENCIA utiliza las representaciones como forma de plasmar ideas, reproducir fenómenos, armar situaciones con la finalidad de estudiar y comprender lo que sucede



las ciencias naturales son una manera de hablar, de mirar y pensar sobre el mundo.

En la ENSEÑANZA de las CIENCIAS también se utilizan las representaciones como forma de plasmar ideas, reproducir fenómenos, armar situaciones con la finalidad de que los alumnos comprendan analicen y aprendan desde esas representaciones



LOS MODELOS COMO UNA FORMA DE REPRESENTAR DE LA CIENCIA

Ejemplos:

- Modelo corpuscular
- Modelo de célula
- Modelo de especiación
- Modelo de la dinamización del planeta
- Modelo del movimiento planetario



Ejemplo: Modelo de especiación

Notar que la noción de modelo supone una idea conceptual, que puede o no ser representada con una imagen.

Especie: son de la misma especie los individuos que comparten determinadas características, como tener órganos semejantes

Especie: Pertenecen a una especie los individuos que, en condiciones naturales, son capaces de cruzarse y dar descendientes fértiles (que a su vez pueden tener hijos).



El ejemplo de la noción de especie ejemplifica además que es posible tener más de una idea "para lo mismo" y que ambas logran convivir



ANEXO 4

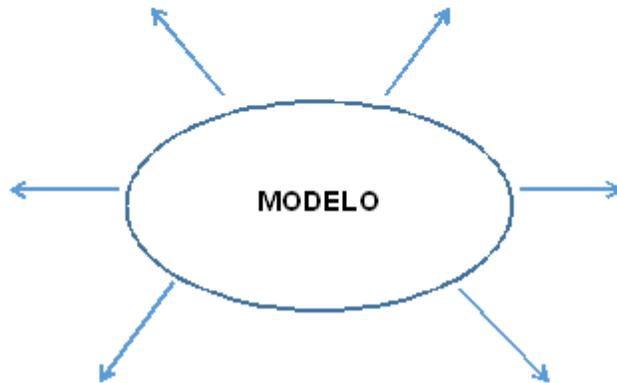
Nombre del alumno / a: _____

Grado: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: *Com pleta el siguiente mapa mental escribiendo o dibujando lo primero que se te venga ala mente cuando lees la palabra Modelo.*



ANEXO 5

Nombre del alumno / a: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Construye el modelo de cada estado de la materia, de acuerdo al modelo de partículas.

INSTRUCCIONES: Explica o argumenta el modelo de partículas que acabas de construir para cada estado de la materia.

SÓLIDO: _____

LÍQUIDO: _____

GASEOSO: _____

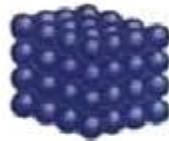
ANEXO 6

LÍQUIDO

ESTADOS DE LA
MATERIA

GASEOSO

SÓLIDO



Sus partículas se encuentran muy unidas entre sí

Sus partículas se encuentran más separadas entre sí

Sus partículas se encuentran mucho más separadas entre sí

ANEXO 7

http://www.fisica.unam.mx/modulos_quintoestado/agregacion2012.php

6/dic/2012

Karina Maldonado Portillo

INSTITUTO DE FÍSICA DE LA UNAM SOBRE EL QUINTO ESTADO DE AGREGACIÓN

Un hindú de apellido Bose y un ahora famoso Einstein fueron los primeros que propusieron la existencia de un quinto estado de la materia. Después del líquido, sólido, gaseoso y el plasma no se había observado una forma distinta en que la materia pudiera "agregarse", hasta que en 1995 los investigadores Eric Cornell, Wolfgang Ketterle y Carl Weiman lograron crear un nuevo estado de agregación, lo cual les valió el Premio Nobel de Física en 2001. El hallazgo fue denominado Condensado de Bose-Einstein (BEC), en honor a los primeros que lo sugirieron.

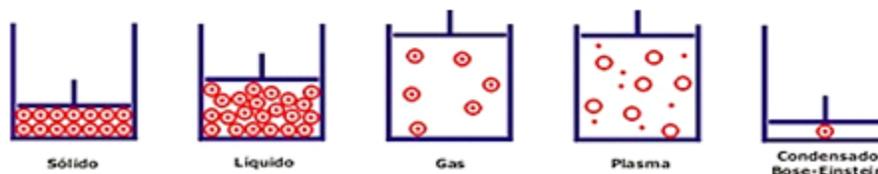
Rosario Paredes Gutiérrez, investigadora del IFUNAM, dedicó su ponencia al BEC titulada "Fluidos cuánticos: Condensación de Bose y la superfluidez en fermiones y bosones", como parte del coloquio del Posgrado en Ciencias Físicas el pasado 8 de noviembre, en el cual explicó en qué consiste este estado de agregación y cuáles son sus principales características.

En su charla, Paredes definió al BEC como "un sistema o un conglomerado de muchas partículas, tal que éstas tienen mismos efectos cuánticos y muestran una estadística inherente al tipo de partícula que se esté tratando". De esta forma, los átomos se comportan como si fueran un gran átomo, lo que resulta en una nueva forma en que la materia puede agruparse.

Los átomos están reunidos de diferentes maneras en cada estado: en el sólido, están acomodados en un volumen pequeño, comprimidos sin poder moverse pero siguiendo una estructura rígida; en el líquido, están en un espacio más grande en el que pueden desplazarse; mientras que en el gaseoso, los átomos tienen más espacio entre ellos.

En el plasma, que es lo que constituye al Sol y las estrellas, los átomos están separados en sus partículas individuales y núcleos, como es muy parecido a un gas, el plasma ocupa un gran espacio pero está conformado de elementos cargados eléctricamente.

En el Condensado de Bose-Einstein sucede que los átomos están en un mismo espacio pero con una característica distintiva: todos actúan como uno solo.



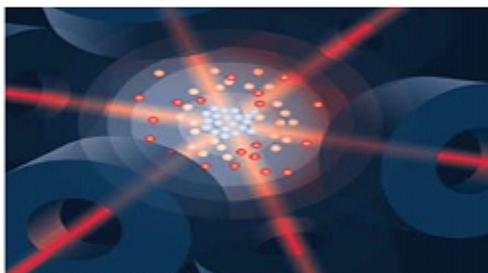
Distribución de los átomos en los 5 estados de agregación de la materia. Imagen: Universidad de Valencia.

Este estado únicamente se logra a temperaturas muy bajas, tal vez las más bajas que hasta ahora se hayan conseguido (cerca del cero absoluto). Paredes explica que para que los átomos lleguen a esa temperatura es necesario que los átomos mantengan fija la densidad y al mismo tiempo se vaya disminuyendo su temperatura. En pocas palabras que se mantengan juntos y fríos.

Para crear un BEC es necesaria una caja de cristal en la que se crea un vacío perfecto -que consiste en extraer todo el aire de la caja- para que los átomos se aislen, no absorban calor y, con ello, disminuyan su temperatura. Después, se introduce una pequeña cantidad de gas rubidio puro, cuyas propiedades (como las del cesio y el sodio) lo hacen enfriar más fácilmente.

Posteriormente, se procede al enfriamiento de la caja a través de luz láser o enfriamiento por evaporación mediante trampas magnéticas. Dentro de la caja se colocan las series de átomos de rubidio de tal forma que se entrecruzan entre ellos.

Rosario Paredes explica que en el caso del enfriamiento por luz láser, se hacen incidir seis haces -uno por cada cara de la caja- con la finalidad de que los átomos puedan absorber la radiación y al mismo tiempo sean capaces de emitir fotones.



Haces que inciden a los átomos para conseguir enfriarlos y producir un BEC. Imagen: NASA.

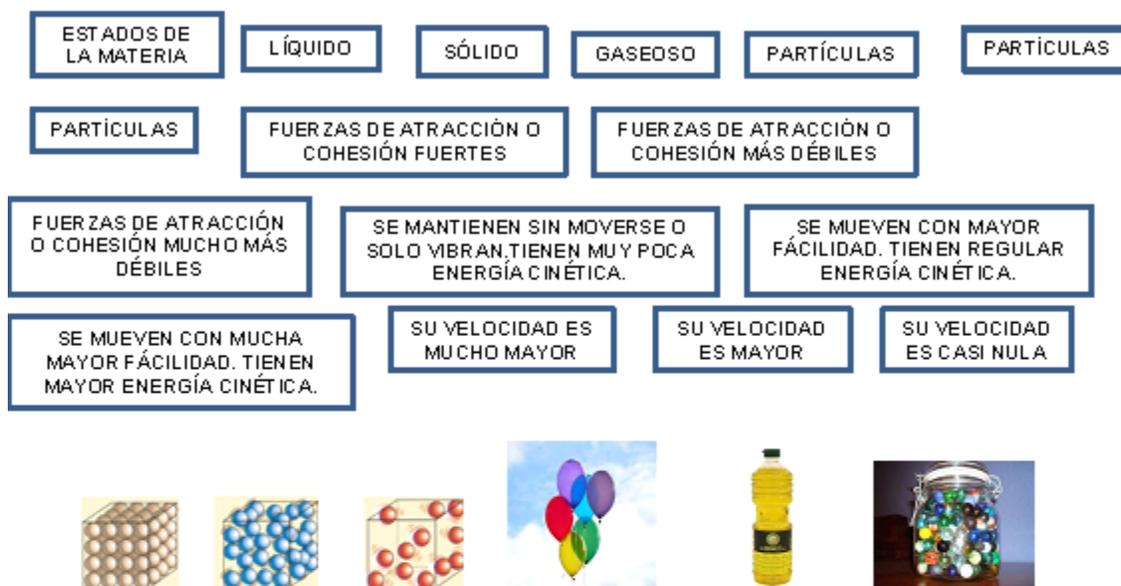
Luego suceden dos cosas paralelas: al mismo tiempo que los átomos emiten y absorben fotones, se va creando un efecto Doppler que hace que haya una variación de frecuencia de los fotones emitidos en función de si se alejan o se acercan. La misma densidad atómica, que los 'junta', obliga a los átomos a frenar y disminuir su energía cinética (de movimiento), lo que da como resultado final su enfriamiento.

En 1995 se observó por primera vez un condensado de Bose-Einstein a partir de un átomo de sodio, acontecimiento que ocurrió 70 años después de que los físicos lo predijeran en 1925. La doctora Paredes explica que el sodio se considera un bosón porque la suma "total de sus electrones, protones y neutrones es un número par".

Paredes Gutiérrez afirmó que las investigaciones que recientemente fueron galardonadas con el Premio Nobel de Física 2012 también tienen relación con los condensados de Bose-Einstein, ya que enfriar átomos también implica atraparlos en condiciones muy controladas dentro de una caja.

Por eso, dijo, el BEC es considerado "un laboratorio de la mecánica cuántica" que permite manipular átomos inmovilizados a temperaturas muy bajas.

ANEXO 8



ANEXO 9

Nombre del alumno / a: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Construye el modelo de cada estado de la materia, de acuerdo al Modelo de Cinético de Partículas.

INSTRUCCIONES: Explica o argumenta el Modelo de Cinético de Partículas que acabas de construir para cada estado de la materia.

SÓLIDO: _____

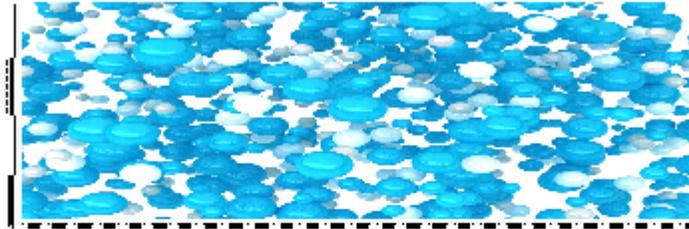
LÍQUIDO: _____

GASEOSO: _____

ANEXO 10

<https://ciencias2univia.wordpress.com/2012/05/14/modelo-cinetico-de-particulas/>

Modelo cinético de partículas



Para entender cómo está formada la materia, tuvieron que pasar más de 20 siglos y esa pregunta no está resuelta del todo. En un principio existieron dos teorías. Una de ellas proponía a la materia como divisible hasta el infinito y que cada una de las partes conservaba las características de la totalidad de la cual surgió. La otra teoría propone que la división infinita de la materia es posible hasta cierto punto y que existe una cantidad mínima de la cual parte todo. A este modelo se le llamó modelo discontinuo de la materia. Y es ahí, en la misma Grecia, que surge la idea de una partícula básica, mínima, indivisible y en constante movimiento denominada átomo. Y aunque esta idea nació hace tantísimo tiempo, no fue retomada sino más de 2000 años. Cuando se empezaron a estudiar con más detalle el estado gaseoso, los científicos son capaces de explicar el comportamiento de los gases imaginando que están formados por partículas y espacio vacío, de esta manera es posible comprender propiedades como la expansión y la compresión. Así es como surgió el modelo cinético de partículas, que más tarde se adapta a los demás estados de la materia con muy buenos resultados. Bajo esta perspectiva, debemos considerar que en la época de Newton, por ejemplo, átomo y partícula eran tratados como sinónimos, la realidad es que no lo son.

En la actualidad se concibe una partícula como porción mínima de materia que conserva las características y propiedades de la totalidad de la materia que forma parte. A partir de estos estudios nace un modelo basado en la existencia de las partículas, el cual es llamado "modelo cinético de partículas", entre sus postulados básicos están los siguientes:

- Toda la materia está formada por partículas y espacio vacío entre ellas.
- Las partículas se encuentran siempre en movimiento.
- Las partículas interactúan entre sí con fuerzas de mayor o menor intensidad.
- La distancia que existe entre partícula es muy grande en comparación con su tamaño.
- Los choques entre partícula y la pared del recipiente en donde se encuentran ocurren sin pérdida de energía.

- La energía cinética promedio de las partículas es proporcional a su temperatura.

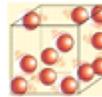
MODELO CINÉTICO DE PARTÍCULAS

Este modelo sirve para explicarte, que los materiales están conformados por pequeñas partículas que tienen masa y volumen, pero que no se pueden observar a simple vista, es decir, son microscópicos. Y que además se encuentran en continuo movimiento a cierta velocidad. Además, también es capaz de explicarte, por qué un mismo material se puede encontrar en los tres estados – sólido, líquido y gaseoso – ya que, va a depender de la manera en que se agrupen y se ordenen sus partículas en cada estado, manteniéndose constante porque no varía su cantidad de partículas.

El Modelo Cinético de Partículas explica a los estados en los que se encuentran los materiales, de la siguiente manera:

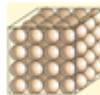
Estado gaseoso:

- Los gases están conformados por un gran número de partículas muy pequeñas, sobre todo si se les compara con la distancia que las separa, ya que se encuentran muy separadas unas con otras.
- Las fuerzas de atracción o cohesión entre las partículas son muy débiles o casi inexistentes.
- Estas partículas se mueven rápidamente y continuamente, de forma desordenada, es decir, su velocidad es mucho mayor que en estado sólido y líquido.
- Las partículas en su movimiento chocan entre sí y contra las paredes del recipiente que contiene el gas.
- El espacio vacío entre las partículas es enorme comparado con el tamaño de las mismas.



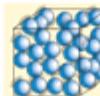
Estado sólido:

Sus partículas están unidas por fuerzas de atracción o cohesión mucho más grandes que en el estado líquido y gaseoso, por lo que se mantienen fijas en su lugar, solo vibran unas con otras, es decir su velocidad es muy pequeña o casi nula. El espacio vacío entre las partículas es muy pequeño o casi nulo.



Estado líquido:

Sus partículas están unidas, pero las fuerzas de atracción o cohesión son más débiles, de modo que las partículas se mueven y chocan entre sí, es decir, su velocidad es mayor. Hay más espacio vacío entre las partículas que en el estado sólido.



ANEXO 11



ANEXO 12

Nombre del alumno / a: _____

Grado: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Construye el modelo de cada estado de la materia, de acuerdo al Modelo de Cinético de Partículas.

INSTRUCCIONES: Explica o argumenta el Modelo de Cinético de Partículas que acabas de construir para cada estado de la materia.

SÓLIDO: _____

LÍQUIDO: _____

GASEOSO: _____

ANEXO 13

Nombre: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

¿Será agua de limón?

Propósito: Que los alumnos identifiquen y comprendan que los materiales se encuentran en los estados sólido, líquido y gaseoso se debe al Modelo Cinético de Partículas.

Conceptos previos: Estados de la materia, Modelo Cinético de partículas.

Material:

1. Dos bolsas de plástico de diferentes tamaños o capacidades
2. Suficiente hielo como para llenar la mitad de la bolsa de mayor capacidad
3. Sal de grano (sal gruesa o marina)
4. Azúcar la necesaria para endulzar 1/4kg
5. De 2 a 3 limones
6. Agua purificada 500 ml

Procedimiento:

1. Prepara agua de limón dentro de la bolsa de menor capacidad (un poco dulce más de lo normal), la cierras bien y hazle un nudo. Observa, dibuja y escribe las características físicas del agua de limón.
2. En la bolsa de mayor capacidad agrega hielo hasta la mitad de su capacidad y un poco de sal
3. Introduce la bolsa con agua de limón en la bolsa con hielo y sal, de tal manera que quede cubierta y la cierras bien y hazle un nudo.
4. Agita ambas bolsas las cuales contienen el hielo, sal y el agua de limón. Aproximadamente unos 10 min.
5. Mientras agitas, observa, dibuja y escribe lo que ocurre con el agua de limón.

Hipótesis:

¿Qué crees que va a ocurrir con el agua de limón una vez que se encuentra introducida dentro de la bolsa con hielo y sal es decir, cuando se disminuye su temperatura?

—

—
Según el Modelo Cinético de Partículas, ¿qué crees que le va a ocurrir al agua de limón cuando se disminuye su temperatura?

—

—
Según el Modelo Cinético de Partículas, ¿qué crees que le va a ocurrir al agua de limón cuando se deja a cierto tiempo a temperatura ambiente o al incrementar su temperatura?

—

Resultados:

1. Dibuja y escribe las características físicas que observaste del agua de limón.



3. Dibuja y escribe las propiedades que presenta el agua de limón, de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas



5. Dibuja y escribe las características de la sustancia que se formó, de acuerdo al Modelo Cinético de Partículas.



Conclusiones:

Comparen tú y tus compañeros de equipo las respuestas que escribieron en la hipótesis y compárenlas con los resultados obtenidos, escriban la diferencia de sus respuestas y concluyan.

ANEXO 14

Nombre: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

Vela Aromática

Propósito: Que los alumnos elaboren una vela aromática para que comprendan que de acuerdo al *Modelo Cinético de Partículas* se pueden explicar los estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

Conceptos previos: materia, partícula, átomo, molécula, sólido, líquido, gaseoso, masa, volumen, espacio vacío, fuerza de atracción o cohesión, velocidad y energía cinética.

Material:

- > Un vaso de vidrio limpio y seco.
- > 50g – 100g de parafina
- > Un crayón del color de su preferencia.
- > 3 gotitas de esencia de su preferencia
- > 10 cm de hilo, hilaza o pabilo.
- > Agua
- > Vaso de precipitados de 500 ml
- > Soporte universal
- > Anillo de hierro
- > Rejilla de hierro de alambre con asbesto
- > Alcohol sólido
- > Agitador o cuchara de fierro
- > Franela

Procedimiento:

1. Agrega agua en el vaso de precipitado aproximadamente a la mitad de y capacidad
2. Agrega la parafina y el crayón en el vaso de vidrio
3. Calienta a baño maría el vaso de vidrio con la parafina y el crayón, mientras se funden, agrega la esencia.
4. Una vez que observaste que se fundió la mezcla anterior, tapa el alcohol sólido y en seguida introduce el hilo o la hilaza dentro de la mezcla tratando que esta quede bañada completamente de parafina, después retiramos para ponerlo a secar hasta que endurezca.
5. Una vez endurecida la hilaza o el hilo introduce nuevamente en el vaso que contiene la parafina y el crayón fundido de tal manera que quede en el centro.
6. Por ultimo deja que se enfríe totalmente tu vela hasta que se solidifique.

Hipótesis:

¿De acuerdo al *Modelo Cinético de Partículas* como se encuentran las partículas *antes de derretir* la parafina y el crayón?

—

—

¿De acuerdo al *Modelo Cinético de Partículas* como se encuentran las partículas cuando la parafina y el crayón *se derriren*?

—

—

¿Podrás observar el estado gaseoso en este experimento?

Resultados:

1. Dibuja y explica el estado en que se encuentra la parafina y el crayón antes de fundirlos según el **Modelo Cinético de Partículas**



2. Dibuja y explica el estado en que se encuentra la parafina y el crayón una vez fundidos según el **Modelo Cinético de Partículas**



3. Dibuja y explica el estado en el que se encuentra lo que se percibe de la vela aromática una vez terminado según el **Modelo Cinético de Partículas**



Conclusiones: Comenta tus respuestas con las de tus compañeros y concluyan.
