



**Universidad Virtual**

**Escuela de Graduados en Educación**

**Nivel de entendimiento conceptual en relación a la naturaleza discontinua de la  
materia que manifiestan los estudiantes que ingresan al bachillerato**

**Tesis que para obtener el grado de:**

**Maestría en Educación**

Presenta:

**Ruth García Macedo**

Asesor Tutor:

**Alejandra Mainero del Paso**

Asesor Titular:

**Genaro Zavala Enríquez**

**Toluca, Edo. De México. México**

**Noviembre, 2011**

## **Dedicatorias**

### **A Dios:**

- Por la constancia y fuerza de voluntad que me ha proporcionado para lograr cumplir esta meta.

### **A mi Esposo Edgar:**

- Por su enorme paciencia, apoyo y amor que me permitieron alcanzar este proyecto tan importante de mi vida profesional.

### **A mis hijos Ennio y Edgar:**

- Mis grandes tesoros que son mi motor, mi inspiración... Gracias Por su amor, comprensión y apoyo que me demuestran cada día, gracias por esa energía y alegría que me contagian.

### **A mis Padres:**

- Que me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño.

### **A mis Hermanos:**

- Por sus consejos, apoyo y gran ejemplo para la realización de este proyecto de mi vida.

**Sinceramente, Ruth**

## **Agradecimientos**

### **Al Dr. Genaro Zavala:**

- Porque a través de la dedicación y profesionalidad que demuestra en cada actividad se vuelve un ejemplo a seguir por sus alumnos. Agradezco sus consejos y su tiempo, gracias por compartir su experiencia para lograr el buen desarrollo de este proyecto.

### **A la Dra. Alejandra Mainero:**

- Por su apoyo, tiempo y paciencia que me brindó durante todo el desarrollo de esta tesis. Gracias por guiarme de la mejor manera para llegar a la culminación de esta investigación.

### **A mis Profesores de la Maestría:**

- Por colaborar en la formación que me ha permitido lograr este proyecto tan importante para mí. Gracias por todas sus enseñanzas.

### **Al Mtro. Gregorio Zapata:**

- Por su apoyo para la realización de la investigación con estudiantes de la Institución Educativa a su digno cargo.

**Sinceros agradecimientos:**

**Ruth**

## Tabla de contenidos

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	11
Introducción.....	12
Organización de la investigación.....	15
1. Planteamiento del problema.....	17
1.1 Marco contextual.....	17
1.2 Antecedentes del problema.....	19
1.3 Planteamiento del problema.....	26
1.4 Objetivos de la investigación.....	28
1.4.1 Objetivo general.....	28
1.4.2 Objetivos específicos.....	29
1.5 Hipótesis.....	29
1.6 Justificación de la investigación.....	30
1.7 Limitaciones y delimitaciones.....	33
2. Marco teórico.....	35
2.1 Entendimiento conceptual.....	35
2.1.1 Entendimiento conceptual.....	35
2.1.2 Concepciones alternativas.....	36
2.1.3 Teorías del aprendizaje y concepciones alternativas.....	38
2.1.4 Relación entre concepciones alternativas, cambio conceptual y entendimiento conceptual en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.....	42
2.2 Naturaleza discontinua de la materia.....	51
2.2.1 Importancia de la naturaleza discontinua de la materia en el aprendizaje de la química.....	52
2.2.2 Concepciones alternativas sobre el tema naturaleza discontinua de la materia.....	54
2.2.3 Nivel de entendimiento conceptual en el tema de la naturaleza discontinua de la materia.....	59
2.3 Investigaciones relacionadas a concepciones alternativas y cambios conceptuales sobre la naturaleza discontinua de la materia.....	66

3.	Metodología.....	83
	3.1 Método de investigación.....	83
	3.2 Población y muestra.....	86
	3.3 Temas, categorías e indicadores de estudio.....	87
	3.4 Técnicas de recolección de datos.....	90
	3.5 Prueba piloto.....	91
	3.6 Aplicación de instrumentos.....	93
	3.7 Captura y análisis de datos.....	94
4.	Análisis de resultados.....	97
	4.1 Presentación de resultados.....	97
	4.1.1 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes sobre la teoría de los estados físicos de la materia: sólido y gas.....	98
	4.1.2 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes acerca de los cambios de fase.....	102
	4.1.3 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes acerca de la disolución.....	112
	4.1.4 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes acerca de las características de los gases.....	117
	4.2 Análisis e interpretación de los resultados.....	127
	4.2.1 Concepciones alternativas y nivel de entendimiento conceptual presentado por los estudiantes acerca de los estados físicos de la materia: sólido y gas.....	128
	4.2.2 Concepciones alternativas y nivel de entendimiento conceptual que manifiestan los estudiantes acerca de los cambios de fase.....	131
	4.2.3 Concepciones alternativa y nivel de entendimiento conceptual manifestados por los estudiantes acerca de la disolución.....	134
	4.2.4 Concepciones alternativas y nivel de entendimiento conceptual manifestados por los estudiantes acerca de las características de los gases: difusión, compresión y expansión.....	136
5.	Conclusiones.....	141

Referencias.....	150
Apéndice A: Descripción de los niveles de esquemas explicativos de los alumnos sobre la corpuscularidad de la materia.....	157
Apéndice B: Instrumento de recolección de datos aplicado a la muestra participante en la investigación.....	158
Apéndice C: cuadernillo de respuestas proporcionado a los estudiantes participante en la investigación, para plasmar sus respuesta del cuestionario del apéndice B.....	163
Apéndice D: Formato del consentimiento informado para el Director de la escuela donde se aplicó la investigación.....	166
Apéndice E: Curriculum Vitae.....	167

## Índice de tablas

		<b>Pág.</b>
Tabla 1	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 2.....	99
Tabla 2	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 2.....	100
Tabla 3	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 4.....	101
Tabla 4	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 1.....	103
Tabla 5	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 1.....	105
Tabla 6	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 3.....	106
Tabla 7	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 8.....	108
Tabla 8	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 8.....	109
Tabla 9	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 11.....	110
Tabla 10	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 6.....	113
Tabla 11	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 6.....	114
Tabla 12	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 7.....	115
Tabla 13	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 7.....	117
Tabla 14	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 9.....	118
Tabla 15	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor	

	selección, para la pregunta 9.....	120
Tabla 16	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 10.....	121
Tabla 17	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 12.....	123
Tabla 18	Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, pregunta 5.....	125
Tabla 19	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 5.....	126
Tabla 20	Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que conciben espacios vacíos respecto a los sólidos y los gases.....	128
Tabla 21	Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que consideran que las partículas de los gases son más ligeras.....	132
Tabla 22	Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que consideran que las partículas de los gases son más ligeras.....	135
Tabla 23	Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que responden correctamente y argumentan mediante el modelo cinético molecular para explicar el comportamiento de los gases.....	139



## Índice de figuras

		<b>Pág.</b>
Figura 1	Tres dimensiones de cambio en el aprendizaje de la ciencia.....	48
Figura 2	Entendimiento conceptual y sus implicaciones.....	50
Figura 3	El cambio conceptual en el aprendizaje de la química.....	60
Figura 4	Naturaleza discontinua de la materia y el entendimiento conceptual...	64
Figura 5	Investigaciones relacionadas con el cambio conceptual sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia.....	79
Figura 6	Fases de la investigación nivel de cambio conceptual que manifiestan los estudiantes que inician el bachillerato en relación a la naturaleza discontinua de la materia.....	84
Figura 7	Relación entre la variable dependiente e independiente de la investigación: nivel de entendimiento conceptual en relación a la naturaleza discontinua de la materia que manifiestan los estudiantes que inician el bachillerato .....	89
Figura 8	Interpretación de un coeficiente de confiabilidad.....	93
Figura 9	Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, pregunta 4.....	102
Figura 10	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 1.....	104
Figura 11	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 3.....	106
Figura 12	Resultados registrados para la respuesta incorrecta de mayor incidencia, pregunta 3.....	107
Figura 13	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 8.....	109
Figura 14	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 11.....	111
Figura 15	Resultados registrados para la respuesta incorrecta, pregunta 11.....	112
Figura 16	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 6.....	114
Figura 17	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 7.....	116
Figura 18	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 9.....	119
Figura 19	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 10.....	121
Figura 20	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 10.....	122
Figura 21	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 12.....	124

Figura 22	Resultados registrados para la respuesta incorrecta, pregunta 12.....	124
Figura 23	Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 5.....	126

### *Resumen*

El propósito de esta investigación ha sido reconocer el nivel de entendimiento conceptual que los estudiantes manifiestan, en torno al tema de la naturaleza discontinua de la materia cuando ingresan al bachillerato. En el estudio participó una muestra de 247 estudiantes que iniciaban el bachillerato, en una escuela pública de México, ubicada al Sur del Estado de México. El procedimiento se realizó mediante una investigación no experimental cuantitativa, a través de un diseño transversal correlacional. Para obtener los datos necesarios, se aplicó a los participantes un cuestionario de preguntas abiertas, enfocadas a indagar sobre el razonamiento de los estudiantes para explicar fenómenos relacionadas con los estados físicos de la materia, cambios de fase, estructura de la materia, difusión de los gases y la disolución, dirigidos a fenómenos cotidianos, manifestando su entendimiento conceptual y permitiendo observar cómo aplican el modelo corpuscular de la materia para explicar dichos fenómenos. Los resultados mostraron que los estudiantes que ingresan al primer semestre de bachillerato tienen escasamente asumida la idea de la discontinuidad de la materia, menos del 40% de los estudiantes sustentan sus respuestas en el modelo corpuscular, más del 60% mostró dificultades para interpretar correctamente fenómenos cotidianos, necesarios para asimilar temas diversos que se abordarán en la química del bachillerato. Esta investigación proporciona datos importantes, sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, que el docente debe tomar en cuenta para crear circunstancias donde las creencias y explicaciones alternativas puedan ser externadas y expresadas. A partir del entendimiento conceptual identificado, los maestros podrán construir sobre estas ideas existentes y guiar a los alumnos hacia conocimientos más maduros, buscando mejorar los resultados escolares en la enseñanza de la química del bachillerato.

## *Introducción*

El tema de la naturaleza discontinua de la materia es uno de los tópicos sobre los que más se ha investigado en el campo de la didáctica de la química, es de los principales objetivos educativos en los currículos de ciencias de la enseñanza secundaria y constituye una base fundamental para la comprensión de temas diversos de currículo de bachillerato. El tema es de importancia primordial para la ciencia actual y para toda explicación causal de cualquier tipo de cambio de materia, es importante para la comprensión de la constitución de la materia en fenómenos científicos y de la vida cotidiana. Se reconoce por su potencialidad para clarificar confusiones de conceptos macroscópicos con microscópicos. Es también considerado como requisito indispensable para la iniciación en el campo de la química y su relevancia en la comprensión de temas en otras ciencias. Se ha reconocido que el principal problema para la comprensión correcta de este tema lo constituyen las concepciones alternativas que los estudiantes mantienen aún después de haber recibido instrucción (Benarrouch, 2000).

Pozo, Gómez, Limón y Sanz (2001) señalan que el actual diseño curricular de la secundaria y bachillerato se caracteriza por asumir una concepción del aprendizaje basada en el constructivismo, desde esta perspectiva, el alumno construye el conocimiento científico a partir de sus ideas y representaciones previas. Para lograrlo, la enseñanza de las ciencias debe dirigirse a promover un cambio en esas ideas, con el fin de acercarlas progresivamente al verdadero conocimiento científico. Los docentes entonces, necesitan reconocer primeramente los conocimientos previos con los que el estudiante llega al aula.

El tema de la naturaleza discontinua de la materia es abordado por primera vez en la secundaria, en los cursos de ciencias II y III. En el bachillerato, constituye un prerrequisito para la comprensión de los temas que se contemplan en los cursos de Química. Esto

justifica porque la mayor parte de las investigaciones, enfocadas al modelo corpuscular de la materia, hacen referencia principalmente a estudiantes de educación secundaria.

Un número muy reducido se ha preocupado por indagar sobre el nivel de apropiación en este tópico, con el que los estudiantes llegan al bachillerato y las implicaciones que tiene en la comprensión de los temas abordados en los programas de química del nivel medio superior (Driver, Guizne y Tiberguien, 1992; Espíndola y Cappannini, 2006; Gentil, Blanco y Martínez, 1989; Borsese, Lumbaca y Pentimalli, 1996; Gallegos y Garritz, 2004; Benarroch, 2001). Los resultados obtenidos hasta ahora resaltan la necesidad de más investigación que pueda constatar las virtudes y deficiencias de las estrategias didácticas propuestas para abordar este tema en la secundaria (Gentil, Blanco y Martínez, 1989, Benarroch, 2001; Gallegos y Garritz, 2004).

Con esta investigación se pretende reconocer las concepciones alternativas que los estudiantes mantienen en torno al tema de la naturaleza discontinua de la materia, permitiendo identificar el nivel de entendimiento conceptual con el que los estudiantes ingresan al bachillerato, después de haber recibido instrucción sobre el tema en la secundaria. Estos datos proporcionarán herramientas valiosas a los docentes de ambos niveles que les permitirán reestructurar o mejorar sus estrategias de enseñanza aplicadas en el aula.

Se estableció entonces como objetivo general de la investigación: identificar el nivel de entendimiento conceptual que los estudiantes manifiestan cuando ingresan al primer semestre de bachillerato en relación al tema de la naturaleza discontinua de la materia, para determinar si éste sigue siendo uno de los factores que afectan el proceso del aprendizaje de la química en el nivel medio superior.

La pregunta de investigación quedó planteada de la forma siguiente: ¿Cuál es nivel de entendimiento conceptual sobre la naturaleza discontinua de la materia que los estudiantes manifiestan cuando ingresan al primer semestre de bachillerato?

Los estudios realizados en México son pocos, generalmente las investigaciones han sido llevadas a cabo en otros países, en dónde los contextos culturales, sociales y económicos son distintos a lo que aquí se vive, al igual que las características y condiciones de los estudiantes. Esta investigación se realizó con estudiantes que inician el bachillerato en una escuela pública de México, ubicada al Sur del Estado de México, con la intención de obtener información que correspondan a los entornos socioculturales y económicos en los que se desenvuelven los estudiantes de este país.

En el momento de la investigación, la escuela contaba con una matrícula de 1058 alumnos, de los cuales 452 correspondían a estudiantes de primer semestre, que iniciaban sus estudios de bachillerato, ellos conformaron la población sobre la que se realizó la investigación propuesta en el presente trabajo. Los resultados de esta investigación pretenden contribuir al análisis de las razones por las que la química en el nivel medio superior representa un área abstracta, de difícil acceso para los estudiantes, desmotivándolos al estudio de esta ciencia.

El contar con una información más cercana a lo que los estudiantes de este país, México, han asumido sobre el tema puede ser una herramienta muy valiosa para entender los problemas de los estudiantes para comprender e interpretar los temas subsecuentes, en donde la naturaleza discontinua es un prerrequisito, pues actualmente se manifiesta un bajo rendimiento académico, poco interés en su estudio, cierta aversión en los estudiantes. Los índices de reprobación de la química, siguen ocupando los primeros lugares, así como las actitudes negativas hacia el estudio de las ciencias (Medina, 2009).

### *Organización de la investigación*

La presente investigación contiene cinco secciones. En la primera sección se exponen los aspectos que justifican el presente estudio, se describe el marco contextual donde se desarrolló y se analizan los antecedentes referidos al tema tratado, la cual parte de la formulación de una situación problemática que se presenta en la enseñanza de las ciencias en el área de química en los estudiantes que inician el bachillerato. Posteriormente se presentan las preguntas y objetivos perseguidos con esta investigación, derivados del problema planteado. Se mencionan también las limitaciones y delimitaciones a las que se enfrentó la investigadora durante el desarrollo de esta investigación.

En la segunda sección se exponen diferentes aspectos teóricos en los que se sustenta la investigación que se presenta, con la finalidad de reconocer la importancia y ubicar el tema. Se describen los constructos que se involucran en la problemática, posteriormente se establece la relación de estos con los objetivos que aquí se persigue, establecida de acuerdo a la problemática planteada para el estudio.

En la tercera sección se definen los aspectos metodológicos de la investigación. Se describe la perspectiva metodológica a seguir, las variables que se involucran en el estudio y sus respectivos indicadores. Se describe también la selección y características de la muestra tomada de la población que participó en esta investigación. Aquí se establecen los instrumentos a utilizar para la recolección de datos y se especifica la manera como se aplicarán, se detalla la forma para aplicar la prueba piloto y su finalidad. Se planea la forma en que se realizará el análisis, la validez, confiabilidad y la interpretación de los datos para responder a la pregunta de investigación planteada.

En la cuarta sección se presentan los resultados obtenidos después de la aplicación del instrumento de investigación. Se realiza el análisis de los datos obtenidos, apoyándose en la sección del marco teórico que sustenta el estudio. Posteriormente se procede a la interpretación de los resultados para llegar a la respuesta de la pregunta general y preguntas específicas que se plantearon al inicio de la investigación y compararlos con la hipótesis establecida.

En la quinta y última sección, se describe la respuesta obtenida para la pregunta de investigación y preguntas específicas, se describe la manera en que se lograron los objetivos establecidos al inicio del estudio. Se comparan los resultados con la hipótesis planteada, también se hacen las recomendaciones para los involucrados y para futuros estudios y se presentan los hallazgos de mayor relevancia que aporta la investigación sobre el tema tratado, al campo científico.



## **1. Planteamiento del problema**

En este capítulo se exponen los aspectos que han motivado y justifican el desarrollo de este estudio, partiendo de la formulación de una situación problemática que se presenta en la enseñanza de las ciencias en el área de química, en los estudiantes que inician el bachillerato. Se describe el marco contextual donde se desarrolló la investigación y se analizan los antecedentes referidos al tema de estudio. Se presentan las preguntas y objetivos que aquí se persiguen, se mencionan las limitaciones y delimitaciones encontradas durante el desarrollo de la investigación.

### *1.1 Marco contextual*

La investigación se llevó a cabo en una escuela preparatoria, ubicada al sur del Estado de México. En el momento del estudio, el colegio contaba con una matrícula de 1058 alumnos, de los cuales 452 (233 hombres y 219 mujeres) correspondían a estudiantes de primer semestre, es decir, que iniciaban sus estudios de bachillerato. Estos 452 estudiantes constituyeron la población de la que se tomó la muestra que participó en la investigación propuesta en el presente trabajo, ya que la problemática planteada se dirige a alumnos que inician el bachillerato. En el colegio, los grupos se conforman de 45 y 46 estudiantes, por lo que se tenían 10 grupos de primer semestre.

Los estudiantes que ingresan a primer semestre de bachillerato en este colegio, tienen entre 14 y 16 años de edad, procedentes de poblaciones cercanas al municipio donde se ubica la escuela, los ambientes son rurales o medio urbanos. Son egresados de diversas escuelas secundarias pertenecientes a sus poblaciones, algunas son de carácter estatal y

otras federales, pero en su gran mayoría escuelas públicas, en muy poca proporción escuelas particulares. Las principales secundarias de donde provienen los estudiantes que ingresan al CECyTEM Tenancingo son escuelas grandes, con grupos de alumnos numerosos, aproximadamente entre 50 y 55 estudiantes por grupo.

Esto indica que en lo referente al curso de química que tomaron en la secundaria, concretamente en el tema de la naturaleza discontinua de la materia, los estudiantes adquirieron una instrucción diferente, mediante variadas estrategias y recursos distintos, pero en contextos socioeducativos similares.

La mayoría de estos municipios tienen una actividad económica principalmente dedicada al comercio, en los que se destaca la producción y venta de flores. El nivel socioeconómico es de medio a bajo. El contexto sociocultural y económico influye en los estudiantes a no concluir sus estudios de bachillerato, encontrando un índice de deserción considerable. De los alumnos que logran terminar el bachillerato la mayoría no continúa con estudios de Licenciatura, por lo que no se cuenta con muchos profesionistas en el Municipio.

El colegio donde se realizó la investigación es una institución pública, en la que los estudiantes además de cursar el bachillerato, estudian una carrera técnica. En este plantel se ofrecen las carreras de Técnico en Mantenimiento de Equipo y Sistemas, Técnico en Contabilidad Fiscal Contable y Técnico en Floricultura. Los programas que se siguen para las asignaturas son los que elabora la Secretaría de Educación Pública (SEP) junto con la Coordinación Sectorial de Desarrollo Académico (COSDAC).

En el programa de estudios bajo el que se rige el colegio, se contempla la asignatura de Química, que contiene el curso de Química I, Química II y Bioquímica, que se imparten en el primer, segundo y sexto semestre, respectivamente (Bioquímica solamente es cursada por los estudiantes de la especialidad de Floricultura). La disciplina está constituida por el concepto fundamental “Materia y Energía”, que se justifica por ser el conocimiento más global del área en el que se integran todos los conocimientos que se deben desarrollar en los tres cursos que conforman la asignatura (Ruiz, Amézquita, Reza, Macal, López, Mar y Arvizu, 2009).

Química I está integrada por los conceptos subsidiarios: composición de la materia, enlaces químicos, nomenclatura inorgánica y obtención de compuestos inorgánicos.

Química II se integra por los conceptos: estequiometría y química del carbono. Bioquímica está compuesta por los temas: agua, biomoléculas, vitaminas, minerales y ácidos nucleicos.

El tema tabla periódica y reacciones químicas, se convierten en un eje transversal que se aborda según sea requerido en las diversas actividades de aprendizaje de los conceptos anteriores (Ruiz, et al., 2009).

### *1.2 Antecedentes del problema*

Las tres asignaturas que integran el programa de Química en el bachillerato tecnológico (Química I, Química II y Bioquímica) contribuyen a la comprensión del mundo natural y tecnológico; la química se ocupa de identificar los sistemas materiales y especifica las sustancias que los componen y las transformaciones que sufren a través de la energía. La enseñanza de la química pretende que el estudiante se aproxime a esta visión y que integre estos conocimientos con los de las otras disciplinas de las Ciencias Naturales (Ruiz, et al., 2009).

El papel formativo de la Química en el bachillerato debe centrarse entonces en desarrollar las capacidades de los alumnos para interpretar los fenómenos químicos, a través de modelos que de manera progresiva se acerquen a aquellos propuestos por la comunidad científica. La comprensión de conocimientos científicos básicos que permitan al estudiante describir objetos o fenómenos naturales con un vocabulario acorde a la disciplina; la formulación de hipótesis, la selección y aplicación de estrategias metodológicas personales en la resolución de problemas; la discriminación entre información científica y de divulgación, con criterios científicos y tecnológicos básicos; la promoción del pensamiento reflexivo, crítico, la adquisición y afianzamiento de un sistema de valores para que los estudiantes se incorporen con éxito a la sociedad del conocimiento, a partir del reconocimiento de sus potencialidades (Ruiz, et al., 2009).

La asignatura de Química I es la primera del currículo de bachillerato que forma parte del campo de las ciencias experimentales, donde los estudiantes que inician el primer semestre de bachillerato darán aplicación y continuidad a los conocimientos relacionados con la naturaleza discontinua de la materia, adquiridos en la escuela secundaria. Los antecedentes de esta asignatura son los cursos de Ciencias con énfasis en Física y Química, de la educación básica secundaria.

El tema de la naturaleza discontinua de la materia, se aborda por primera vez en el curso de Ciencias II, énfasis en Física. El bloque número tres de éste programa se denomina: “las interacciones de la materia. Un modelo para describir lo que no percibimos”. En este bloque se avanza en el estudio de las interacciones de la materia y se potencian las habilidades de los alumnos para representar fenómenos que no son perceptibles a través de los sentidos, relacionándolos con la generación de imágenes y representaciones mediante el análisis del modelo cinético molecular de la materia, a partir

del estudio de fenómenos que sirven también como puente entre dos niveles de abstracción: el macroscópico y el microscópico. Con el estudio de ellos se pretende que los estudiantes lleguen a elaborar, en un segundo momento, otro tipo de interpretaciones de fenómenos no mecánicos, como los asociados con el calor (Menéndez, Vargas y Villafranco, 2006).

Los propósitos del bloque son: Primero, que los alumnos construyan explicaciones sencillas de procesos o fenómenos macroscópicos como los asociados con el calor, la presión o los cambios de estado, utilizando el modelo cinético corpuscular. Segundo, comprendan el papel de los modelos en las explicaciones de los fenómenos físicos, así como sus ventajas y limitaciones. Tercero, reconozcan las dificultades que se encontraron en el desarrollo histórico del modelo cinético (Menéndez, Vargas y Villafranco, 2006).

Dentro de los propósitos del curso de Ciencias con énfasis en Química, de la educación básica secundaria, se busca: continuar con el uso y la reflexión acerca de los modelos y las representaciones del mundo microscópico, iniciada en el curso anterior de las ciencias de secundaria (énfasis en Física); utilizar dichos modelos para describir las características, propiedades y transformaciones de los materiales a partir de su estructura interna básica. También se pretende interpretar y explicar algunas características de las sustancias y del cambio químico a partir del modelo cinético molecular como un primer encuentro en la comprensión del mundo microscópico (Menéndez, Vargas y Villafranco, 2006).

Los estudiantes que participaron en la investigación, a través de estos cursos tuvieron un acercamiento para comprender las propiedades, características y transformaciones de los materiales desde su estructura interna, es decir, recibieron instrucción relacionada con la naturaleza discontinua de la materia.

Los actuales programas de Ciencias de la Educación Secundaria Obligatoria son los que surgieron como resultado de la Reforma Educativa, del 2006, aquí se reconoce la influencia de los conocimientos previos en el proceso de enseñanza aprendizaje. Se identifica a los estudiantes como los principales encargados de construir o reconstruir sus conocimientos y de establecer relaciones prácticas con la vida cotidiana a partir de esos conocimientos previos. Se establecen tres variables principales que podrían facilitar o impedir el entendimiento conceptual de los alumnos: las ideas previas, las características de la información que se les presenta y las estrategias de enseñanza.

Esto indica que en las estrategias de enseñanza-aprendizaje aplicadas en la educación secundaria para abordar el tema de la naturaleza discontinua de la materia, se han contemplado las ideas previas con la que los estudiantes llegaron al aula, las actividades debieron dirigirse a lograr un cambio conceptual en el tema, de manera que al llegar al bachillerato los cambios conceptuales deben manifestarse en cierto nivel de entendimiento conceptual y se espera que los estudiantes los apliquen en los conocimientos que van a adquirir en este nivel educativo que enfrentarán ahora.

Para los sistemas de bachillerato, también se reformaron los programas de estudio, los subsistemas más representativos de la educación media superior en México sufrieron reformas importantes: en 2003 inició la reforma del bachillerato general en escuelas piloto y se instrumentó de lleno al año siguiente. Paralelamente en 2004 entró en vigor una reforma curricular en los bachilleratos tecnológicos, anunciada desde el Programa Nacional de Educación 2000-2006, precedida por otras reformas propuestas a través de la RIEMS (Reforma Integral de la Educación Media Superior). En estas reformas sobresalen dos ejes discursivos: las prácticas educativas basadas en competencias y un enfoque pedagógico constructivista (López y Tinajero, 2009).

El documento “Modelo de la Educación Media Superior Tecnológica” justificó en 2004 la entrada en vigor del nuevo planteamiento curricular argumentando que el plan de estudios vigente desde 1982 contenía una carga excesiva de contenidos, se privilegiaba la memorización sobre el aprendizaje y la comprensión, no existía congruencia entre los contenidos de las especialidades que se ofrecían y los requerimientos del ámbito laboral actual. Otros argumentos importantes para esta reforma se relacionan con la heterogeneidad y diversidad curricular, nula movilidad estudiantil y la rigidez del sistema (COSNET, 2004).

Las autoridades argumentaron que la propuesta curricular fortalecería la identidad del bachillerato tecnológico, además de que los cambios introducidos en los contenidos se articulaban con los planes de nivel básico y superior, haciendo énfasis en que el nuevo modelo respondía “a los requerimientos del mundo laboral” (COSNET, 2004).

Sin embargo, a pesar de las reformas indicadas y los esfuerzos aparentes por lograr los objetivos y metas señalados en los párrafos anteriores, la realidad evidencia que la ciencia aprendida parece ser irrelevante en el entendimiento del mundo natural, los estudiantes no disponen de pensamiento científico, por lo tanto no son capaces de distinguirlo ni de cambiar sus preconcepciones, pareciera que no logran un verdadero entendimiento conceptual o no consiguen un razonamiento lógico, mucho menos continuar con estudios científicos.

Esto último, se puede observar en el bajo número de estudiantes que optan por carreras científicas y la proporción menor de científicos en México, ya que el porcentaje de investigadores en el área de ciencias físico-matemáticas y de la tierra fue del 17.10%, en ingeniería 14.70 %; según datos del CONACYT en 2005 (fuente INEE); la tasa de graduados en doctorado es del 0.1 % en edad de graduarse, contra el 1.90 % en Finlandia en

2004. México en 2003 contaba con 44,577 investigadores, mientras que en Estados Unidos (USA) había más de 1'943,000 (Medina, 2009).

Los resultados que mostró la prueba PISA (Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, *Programme for International Student Assessment*) 2006, la cual es un proyecto de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que evalúa a jóvenes de 15 años de edad que estén en cualquier grado escolar, a partir del primero de secundaria, mostraron que el sistema educativo mexicano debía enfrentar dos retos importantes:

Por una parte, México tenía una proporción elevada de alumnos por debajo del nivel dos (alrededor del 50%), lo que implicaba que muchos jóvenes no estaban siendo preparados para una vida fructífera en la sociedad de entonces. Por otra, el país tenía muy pocos estudiantes en los niveles más altos (menos de 1% en los niveles cinco y seis), lo que significaba que los alumnos de mejores resultados no estaban desarrollando las competencias que se requerían para ocupar puestos de alto nivel en los diversos ámbitos de la sociedad. En estas pruebas, el nivel dos representa el mínimo necesario para la vida en la sociedad actual y alcanzar los niveles cinco y seis significa que un alumno está preparado para realizar actividades cognitivas complejas (Martínez, Díaz y Flores, 2007).

El estudio mostró en relación a los índices de estatus económico, social y cultural, que el contraste es muy marcado entre los estudiantes del Distrito Federal y algunos estados del norte y centro del país, como Nuevo León, Querétaro y Aguascalientes, que obtuvieron mejores resultados frente a entidades de menor desarrollo que concentran elevadas proporciones de población rural e indígena, como las del sureste (Martínez, Díaz y Flores, 2007).



Los resultados sobre el logro educativo constituyen algunos de los argumentos para la instrumentación de políticas que introducen cambios en la gestión de las instituciones o impulsan reformas en los modelos educativos que, afirman las autoridades, tienen como propósito mejorar la calidad de los servicios educativos (López y Tinajero, 2009).

El gobierno mexicano ha insistido en que los beneficios potenciales de las evaluaciones internacionales valen la pena, a pesar de los efectos negativos por los puntajes obtenidos (Vidal y Díaz, 2004). Esta idea ha impulsado reformas que han incidido en diversos aspectos: currículo, gestión de instituciones, modelos pedagógicos y formación de maestros. Además, las autoridades señalan que los cambios introducidos pueden revertir indicadores de rezago educativo, tales como, baja eficiencia terminal, reprobación y deserción (López y Villavicencio, 2009).

Como consecuencia de los resultados que México obtuvo en PISA 2000 y 2004 surgió la Reforma Educativa para la enseñanza secundaria y bachillerato, generando los programas actuales que se imparten en estos niveles educativos (Martínez, Díaz y Flores, 2007). En lo que respecta al problema de estudio de esta investigación, los programas de ciencias de secundaria se han preocupado en reconocer las concepciones alternativas de los estudiantes y recomendado el diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje dirigidas a lograr el cambio conceptual. La reforma también busca una articulación entre los conocimientos del nivel medio básico y el bachillerato. Con esta investigación se pretende obtener una visión de los cambios logrados hasta el momento y su posible influencia en la comprensión de temas y/o asignaturas relacionadas en el nivel medio superior.

La última prueba PISA se aplicó en México en el año 2009, los resultados obtenidos mostraron tendencias de mejoría. En el área de ciencias la diferencia entre la media obtenida en el año 2006 y la aplicación del 2009 es de seis puntos (Díaz y Flores, 2010). En

los niveles de puntuación obtenidos el mayor porcentaje se ubica en el nivel dos, con muy poca diferencia de los que se encuentran en nivel uno. Ubicarse debajo del nivel dos para el estudiante significa que probablemente tendrá dificultades para continuar su escolarización de manera exitosa. El país sigue con una mínima cantidad de estudiantes en el nivel cinco, sin lograr alcanzar el nivel seis. Será hasta la aplicación del 2015 cuando ciencias sea el área de énfasis, para tener una comparación más confiable. Al igual que en años anteriores, el Distrito Federal nuevamente presentó la situación más favorable (Díaz y Flores, 2010).

### *1.3 Planteamiento del problema*

Es evidente que la crisis que se viene mencionando desde hace ya cuatro décadas en relación a la enseñanza de las ciencias, aún no ha sido superada. Uno de los principales obstáculos en este proceso es la influencia de los conocimientos previos con los que el estudiante llega al aula, siendo fundamental la necesidad urgente de lograr el entendimiento conceptual a través del cambio o reestructuración de concepciones alternativas en los estudiantes por los verdaderos conocimientos científicos, reconociendo desde luego, que el cambio conceptual es un fenómeno que se lleva a cabo en forma lenta y gradual, pues es un proceso complejo en el que además intervienen otros factores como el contexto y nivel de comprensión de los conceptos (Vosniadou, 2006).

En la enseñanza y aprendizaje de la química, numerosos estudios reconocen las dificultades conceptuales en su aprendizaje, que persisten incluso después de largos e intensos periodos de instrucción. En el área del conocimiento de esta ciencia, la naturaleza discontinua de la materia es un tema fundamental que se maneja en los programas de secundaria y bachillerato, éste permite la correcta interpretación de fenómenos cotidianos, así como una gran cantidad de temas importantes que de él se desglosan. Es abordado con

los estudiantes, por primera vez, en el curso de Ciencias II, acentuación en enseñanza de la Física y retomado en el curso de Ciencias III, acentuación en enseñanza de la Química, ambos en la Secundaria.

Las concepciones alternativas de los estudiantes con relación a la naturaleza discontinua de la materia, han sido identificadas y estudiadas, reconocidas como un obstáculo importante para que los estudiantes logren asimilar el tema y posteriormente, aplicarlo correctamente para la explicación de fenómenos cotidianos. Para dicho propósito los programas de estas asignaturas se modificaron, a la vez que se han propuesto una variedad de estrategias dirigidas a lograr el cambio conceptual.

En el nivel Bachillerato, la idea de discontinuidad, es fundamental para comprender como está formada la materia, por lo tanto interpretar y comprender sus propiedades y transformaciones, que se profundiza en las asignaturas de Química del nivel medio superior. Sin embargo, los resultados de diversas investigaciones (Cárdenas y González, 2005; Cárdenas, 2007; Cuellar, 2009; Jiménez, Caamaño, Oñorbe, Pedrinaci y de Pro, 2007; Pozo y Gómez, 2001; Pozo, et al., 1991; Goñi y Domingo, 2005) muestran que los estudiantes tienen serias dificultades para la comprensión de esos temas, una de las razones parece ser el nivel de comprensión de la naturaleza discontinua de la materia con la que el estudiante ingresa a nivel bachillerato.

Precisamente esta investigación se dirigió a evaluar hasta qué punto se ha logrado ese cambio conceptual esperado para este tema en particular, en los alumnos que inician sus estudios de bachillerato, identificando el nivel de entendimiento conceptual que manifiestan los estudiantes que finalizan la escuela secundaria e inician el bachillerato. De este modo, el problema de investigación quedó definido en los términos siguientes:

¿Cuál es nivel de entendimiento conceptual sobre la naturaleza discontinua de la materia que los estudiantes manifiestan cuando ingresan al primer semestre de bachillerato?

A partir de esta pregunta general se desglosaron las preguntas particulares de la investigación:

1. ¿Utilizan los estudiantes que ingresan al bachillerato de manera espontánea el modelo corpuscular de la materia para la explicación de fenómenos cotidianos relacionados a este tema?
2. ¿Qué concepciones alternativas mantienen los estudiantes sobre la naturaleza discontinua de la materia cuando ingresan al bachillerato?
3. ¿Cómo influye este nivel de concepción actual en el proceso de enseñanza aprendizaje de la química de Bachillerato?

#### *1.4 Objetivos de la investigación*

Los antecedentes del problema y la pregunta de investigación planteada, dieron lugar a establecer los objetivos siguientes que persiguió la investigación.

##### *1.4.1 Objetivo general*

Identificar el nivel de entendimiento conceptual que los estudiantes manifiestan cuando ingresa al primer semestre de bachillerato sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, para determinar si éste sigue siendo uno de los problemas que afectan el proceso del aprendizaje de la química en el nivel medio superior.

#### *1.4.2 Objetivos específicos*

Los objetivos específicos que se establecieron, determinando el rumbo de la indagación, son los siguientes:

1. Determinar hasta qué punto los estudiantes que inician sus estudios de bachillerato utilizan el modelo corpuscular de la materia para la explicación de fenómenos cotidianos de forma espontánea.
2. Identificar las concepciones alternativas con respecto a la naturaleza discontinua de la materia, que los estudiantes mantienen cuando terminan la escuela secundaria e inician el bachillerato
3. Identificar si el nivel de concepción actual sobre la naturaleza discontinua de la materia sigue representando un problema en el proceso de aprendizaje de los temas de química que se abordan en el bachillerato.

#### *1.5 Hipótesis*

Los antecedentes del problema planteado en esta investigación, las características de las concepciones alternativas que mantienen los estudiantes, lo difícil que resulta conseguir el cambio conceptual y los resultados mostrados hasta ahora, parecen indicar que el cambio conceptual que se ha logrado en los estudiantes que inician el bachillerato, en relación al tema de la naturaleza discontinua de la materia es muy bajo. Aparentemente los estudiantes insisten en mantener sus concepciones alternativas, generando una de las mayores dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, en este caso, enfocado en el nivel bachillerato. Esto llevó a la autora a establecer el enunciado de la hipótesis de la investigación de la manera siguiente:

“El nivel de entendimiento conceptual que los estudiantes han logrado, después de haber recibido instrucción en los cursos de Ciencias II y III en el nivel secundaria, es muy bajo. El tema de la naturaleza discontinua de la materia no ha sido comprendido por la mayoría de los estudiantes, constituyendo un problema que afecta el aprendizaje de los conocimientos impartidos en el bachillerato, en el área de Química y otras ciencias relacionadas”.

### *1.6 Justificación de la investigación*

En los últimos años la investigación en didáctica de las ciencias, respecto al tema de la naturaleza discontinua de la materia, ha dado lugar a un gran número de aportaciones en relación al proceso de enseñanza-aprendizaje (Driver, Guizne y Tiberghien, 1992; Espíndola y Cappannini, 2006; Gentil, Blanco y Martínez, 1989; Borsese, Lumbaca y Pentimalli, 1996; Gallegos y Garritz, 2004, Benarroch, 2001). Sin embargo, la mayoría de estas aportaciones hacen referencia a estudiantes de nivel secundaria, sólo un número muy reducido se ha preocupado por indagar el nivel de apropiación con el que los estudiantes llegan al bachillerato, sobre el tema en cuestión y las implicaciones que éste tiene en la comprensión de los temas abordados en los programas de química, del nivel medio superior.

Por otro lado, los estudios realizados en México son pocos, generalmente las investigaciones han sido realizados en otros países, en dónde los contextos culturales, sociales y económicos son muy distintos a lo que se vive en éste país, consecuentemente, las características y condiciones de los estudiantes suele ser distinta.

El tema de la naturaleza discontinua de la materia es uno de los tópicos sobre los que más se ha investigado en el campo de la química, sobre todo enfocado a las

concepciones que los estudiantes tienen acerca de este tema para resolver fenómenos de la vida cotidiana, pues su relevancia se justifica desde diferentes motivos:

Se considera como requisito indispensable para la iniciación en el ámbito de la química, es uno de los principales objetivos educativos en los currículos de ciencias de la enseñanza secundaria, es de importancia primordial para la ciencia actual y para toda explicación causal de cualquier tipo de cambio de materia y la comprensión de la constitución de la materia (Benarrouch, 2000).

Otra justificación se debe a su poder explicativo y predictivo en cuestiones de la vida cotidiana, ya que muchos fenómenos que se observan en el entorno son explicados a través del modelo cinético molecular, como el comportamiento de los gases, los cambios de estado, las características y diferencias de los estados de agregación de la materia (Benarrouch, 2000).

El tema de la naturaleza discontinua de la materia es de gran relevancia por su potencialidad para favorecer el trabajo con modelos físicos que permiten acercar al alumno a la actividad científica; por su potencialidad para clarificar confusiones de conceptos macroscópicos con microscópicos. Es también considerado como requisito indispensable para la iniciación en el campo de la química y su relevancia en la comprensión de temas en otras ciencias (Benarrouch, 2000).

Los resultados obtenidos hasta ahora resaltan la necesidad de más investigación que pueda constatar las virtudes y deficiencias de las estrategias didácticas propuestas para abordar este tema. Conocer el nivel de asimilación de la naturaleza corpuscular de la materia le permitirá a los docentes de la química del bachillerato establecer estrategias adecuadas para mejorar el aprendizaje con los estudiantes. Con el presente estudio se buscó

indagar acerca de los cambios conceptuales que el estudiante ha logrado, cómo ha evolucionado su pensamiento respecto a la naturaleza discontinua de la materia.

Actualmente, el diseño curricular asume una concepción del aprendizaje escolar basada en el constructivismo, de manera que los alumnos construyen el conocimiento científico a partir de sus ideas y representaciones previas. La enseñanza de las ciencias, debe enfocarse entonces a promover un cambio en esas ideas, con el fin de acercarlas progresivamente al verdadero conocimiento científico.

Se necesita entonces partir del nivel de desarrollo del alumno, ya que éste determina los conocimientos previos con los que los estudiantes llegan al aula, y con los que se conectarán los materiales de aprendizaje para lograr la construcción del aprendizaje significativo (Pozo, Gómez, Limón y Sanz, 2001). Con la investigación que se presenta se identificaron los conocimientos previos con los que los estudiantes ingresan al bachillerato, proporcionando herramientas a los docentes para determinar con cuáles deberá conectar esos materiales de aprendizaje y proponer los más adecuados.

Los cambios conceptuales en el tema de la naturaleza discontinua de la materia sigue siendo un tópico de mucha relevancia, en el que se ha demostrado a través de diversas investigaciones (Driver, Guizne y Tiberghien, 1992; Espíndola y Cappannini, 2006; Gentil, Blanco y Martínez, 1989; Borsese, Lumbaca y Pentimalli, 1996; Gallegos y Garritz, 2004, Benarroch, 2001) que aún no ha sido superado.

Esta investigación pretende contribuir al establecimiento de un indicador sobre el grado en que los estudiantes han logrado modificar sus concepciones alternativas al llegar al bachillerato en México. Estos cambios conceptuales logrados se reflejan entonces en el entendimiento conceptual que manifiestan los estudiantes al tratar de explicar situaciones o fenómenos planteados, reconociendo que el cambio conceptual es un proceso complejo que



se lleva a cabo en forma gradual, las concepciones alternativas persisten inclusive después de haber recibido instrucción sobre el tema. Los resultados que se obtengan en esta investigación contribuirán al análisis de las razones por las que la química en el nivel medio superior representa un área abstracta, de difícil acceso para los estudiantes, conduciéndolos a una desmotivación para el estudio de ella.

### *1.7 Limitaciones y delimitaciones*

La mayoría de las investigaciones relacionadas con el tema que aquí se trata, se han llevado a cabo en contextos diferentes, en otros países, por lo que no se contó con puntos de referencia de estudios realizados en entornos similares. Se pretende entonces, que este estudio constituya un paso inicial para tener una panorámica, una exploración que permita obtener evidencias concretas acerca de las concepciones previas de los estudiantes, sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, cuando ingresan al bachillerato, en México. Esas evidencias podrán servir de referencia para futuras investigaciones que pretendan generalizar con una población más numerosa y/o profundizar sobre el razonamiento que predomina en los estudiantes y que los hace mantener sus ideas erróneas.

Los recursos humanos para la realización de esta investigación limitaron el número de la muestra y la realización de la investigación únicamente en una zona de México y, como se mencionó anteriormente, los resultados de la evaluación PISA marcaron grandes diferencias en los estudiantes de acuerdo a la ubicación de la región a la que pertenecen. Un equipo de trabajo podría cubrir un área mayor y así ampliar la investigación, profundizar más y obtener otros hallazgos importantes durante la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y la interpretación de resultados.

La investigación se enfocó a estudiantes que inician sus estudios de bachillerato, en este caso se delimitó el estudio a una población de 452 estudiantes que ingresaron a un colegio del sur del Estado de México, de este país, México. El proceso de la investigación se realizó durante los meses de Septiembre del 2010 a Mayo del 2011. Se aplicó un cuestionario de preguntas abiertas, en el que se incluyeron planteamientos de fenómenos cotidianos para identificar, primeramente si los estudiantes mantienen sus concepciones alternas sobre la naturaleza discontinua de la materia, posteriormente identificar si los estudiantes que aparentemente asimilan la teoría corpuscular de la materia, la aplican de forma espontánea para explicar fenómenos cotidianos. Los datos se analizaron desde un punto de vista cuantitativo.

A lo largo de los aspectos desarrollados en este capítulo, se resaltaron los motivos y razones para justificar la investigación relacionada con la identificación del nivel de entendimiento conceptual sobre la naturaleza discontinua de la materia, que los estudiantes manifiestan cuando inician sus estudios de bachillerato. A la vez se describieron los objetivos que persigue el estudio, con los que se pretende aportar información relevante para los docentes que imparten la asignatura de química en nivel secundaria y bachillerato. Esta información constituirá herramientas tangibles para la mejora o cambio de estrategias de enseñanza en este tema para aplicar en el aula.

## 2. Marco teórico

En este capítulo se exponen diferentes aspectos teóricos en los que se sustenta la investigación que se presenta con la finalidad de reconocer la importancia y ubicar el tema. Se describe primeramente el constructo entendimiento conceptual y sus implicaciones teóricas relacionadas con la investigación, resaltando la relación existente entre este, las concepciones alternativas y el cambio conceptual. En segundo lugar se describe la relevancia para la enseñanza de la química, el tema de la naturaleza discontinua de la materia, segundo constructo, detallando su importancia en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias para esta investigación. Posteriormente se establece la relación entre los dos constructos, entendimiento conceptual en el tema naturaleza discontinua de la materia.

Para finalizar el capítulo, se revisaran publicaciones recientes para indagar y comentar sobre otras investigaciones relacionadas con lo que aquí se investiga, examinado sus resultados y enfoques, permitiendo a la autora tomar las experiencias de otros investigadores y contar con puntos de referencia.

### *2.1 Entendimiento conceptual*

#### *2.1.1 Entendimiento conceptual*

Una de las prioridades en el proceso de enseñanza y aprendizaje es el desarrollo del entendimiento conceptual en cualquier nivel educativo. El aprendizaje de la ciencia no puede ser concebida como una mera memorización de los "hechos", se debe llegar a la comprensión y manejo de relaciones no triviales entre los diferentes conceptos, que son necesariamente abstractos, es decir, alcanzar al entendimiento conceptual, que permita una

transferencia a una explicación de un fenómeno de las diferentes variantes de una situación que han sido previamente analizados (Viennot, s/f).

El entendimiento conceptual, a diferencia del aprendizaje memorístico o la ejecución de los procedimientos algorítmicos, ha sido el blanco de una corriente amplia de la investigación de las últimas tres décadas. Según Gabel, Samuel y Hunn (1987), así como Pozo y Gómez (2001) las dificultades que presenta el estudiante para la asimilación de conceptos en ciencias naturales, se debe principalmente a la posesión de concepciones científicas alternativas, constituyendo un obstáculo para formular juicios críticos relacionados con la ciencia y aplicar los conceptos en diversas situaciones naturales y artificiales.

### *2.1.2 Concepciones alternativas*

El tema de las ideas previas es una situación que se reconoce desde finales de los años setentas, a través de investigaciones que pusieron de manifiesto que un gran porcentaje de estudiantes no habían logrado comprender los conceptos científicos básicos, a pesar de la insistencia y repetición con que habían sido enseñados. Inicialmente se le denominó a este fenómeno “errores conceptuales” y originaron gran parte de la investigación didáctica de los años ochenta, que intentaban indagar las causas de los mismos y desarrollar nuevas propuestas de enseñanza para superarlos. Esto dio lugar a una importante línea de investigación con un rápido y creciente desarrollo, junto con el establecimiento de la Didáctica de las Ciencias (Solbes, 2009).

Las investigaciones sobre errores conceptuales, condujeron a distintos autores a verificar la hipótesis plausible de la existencia de ideas sobre temas científicos previas al aprendizaje escolar, presentadas por los estudiantes al llegar al aula, llamadas de varias

formas: preconceptos, preconcepciones, ideas previas, ideas alternativas, teorías implícitas, teorías ingenuas, ciencia de los niños, esquemas conceptuales alternativos o representaciones (Solbes 2009).

El término “concepciones alternativas” es el que se considera más adecuado en la actualidad, tomando en cuenta que no sólo se refiere a las explicaciones construidas por el estudiante basadas en la experiencia para los fenómenos y objetos naturales, también expresa respeto al estudiante, ya que implica que las concepciones alternativas son contextualmente válidas y racionales. El término “concepción” indica cómo el estudiante construye una representación mental del mundo que le permite entender su entorno y actuar de forma apropiada, y el término “alternativa” establece una distinción con las concepciones científicas (Trinidad y Garritz, 2003).

Los estudiantes se desenvuelven en un entorno físico, químico y biológico en el que tienen que actuar mucho antes de que los profesores de ciencias les enseñen las concepciones científicas, por lo que construyen explicaciones para poder organizar, predecir, resolver problemas y poder actuar en su entorno (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Las concepciones alternativas resultan muy adaptativas y funcionales, lo que explica la motivación de los alumnos por mantenerlas y una resistencia a cambiarlas. La funcionalidad se refiere a que las características son espontáneas y personales, las personas las elaboran sin enseñanza formal, lo hacen de forma natural ante la necesidad que tienen de ellas para actuar. Son personales porque es el propio individuo el que las construye en función de su experiencia previa, son implícitas porque se trata de nociones funcionales que se construyen para aplicarlas, se expresan en la acción y el sujeto no tiene plena conciencia de que las posee, sólo las emplea (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Algunas concepciones tienen su origen en las interacciones con el entorno social y cultural, ideas de las que se impregna el alumno, ingresando a las aulas con creencias socialmente inducidas sobre gran número de hechos y fenómenos (Pozo y Gómez, 2001). En ocasiones, los libros de texto y las explicaciones de los profesores inducen a la construcción de concepciones alternativas en los estudiantes al proporcionar explicaciones ambiguas o cuando los profesores explicitan sus propias concepciones alternativas con la idea de enlazar más fácilmente con el conocimiento previo de los alumnos (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Bello (2004) considera que las ideas previas son construcciones que las personas elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, también para brindar explicaciones, descripciones y predicciones. Son construcciones personales al mismo tiempo que universales, ya que son comunes en muchas personas, son muy resistentes al cambio, persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada.

Pintó, Aliberas y Gómez (1996) opinan que las concepciones alternativas no son simples olvidos o equivocaciones momentáneas, sino que se muestran como ideas seguras y arraigadas, son similares para alumnos de distintos países, son inconsistentes y presentan una notable resistencia a ser sustituidas por los conocimientos científicos en la enseñanza usual.

### *2.1.3 Teorías del aprendizaje y concepciones alternativas*

En la construcción de conceptos científicos el primer obstáculo es la experiencia básica o los conocimientos previos. Los individuos antes de iniciar cualquier estudio, tienen

un conjunto de ideas propias acerca del cómo y el por qué las cosas son como son. Esto carga de subjetividad las observaciones y se pueden tener concepciones erróneas, ya que las cosas se ven tal como el sujeto quiere verlas y no como realmente son, dificultando la asimilación de conocimientos científicos en contextos de instrucción (Bachelard, 1976; Pozo, 1999).

Pozo (2006) señala que desde la perspectiva de las teorías cognitivas del aprendizaje por reestructuración, que son las que hoy predominan, se resalta la intervención de las concepciones alternativas en el proceso del aprendizaje. Las teorías de la reestructuración consideran el cambio como un proceso inherente al organismo, adoptando una posición organicista, interesándose por los procesos de desarrollo y los cambios a largo plazo, más que por los micros-cambios generados experimentalmente. Estas teorías asumen un “constructivismo dinámico por el que no sólo se construyen interpretaciones de la realidad a partir de conocimientos anteriores, sino que también construyen esos mismos conocimientos en forma de teorías” (Pozo, 2006, p. 169).

En las teorías de la reestructuración se encuentra la teoría de la Gestalt, teoría de la equilibración de Piaget, teoría asociacionista de Vygotsky y el aprendizaje significativo de Ausubel. En estas teorías, las concepciones previas de los estudiantes intervienen en el proceso del aprendizaje.

Para Piaget, el progreso cognitivo está regido por un proceso de equilibración entre dos procesos: la asimilación y la acomodación. La asimilación se dirige al modo en que un organismo se enfrenta a un estímulo del entorno en términos de organización actual, mientras que la acomodación implica una modificación de la organización actual en respuesta a las demandas del medio. El equilibrio aquí se considera cómo un proceso

regulador a un nivel más alto, que gobierna la relación entre la asimilación y la acomodación (Pozo, 2006).

Según Piaget el proceso de equilibración entre asimilación y acomodación se establece en tres niveles sucesivamente más complejos: primero, el equilibrio se establece entre los esquemas del sujeto y los acontecimientos externos, los esquemas que posee el sujeto deben estar en equilibrio con los objetos que asimila; segundo, el equilibrio se establece entre los propios esquemas del sujeto, tiene que existir un equilibrio entre los diversos esquemas del sujeto que deben asimilarse y acomodarse recíprocamente, de lo contrario se produce un conflicto cognitivo o desequilibrio entre dos esquemas; y el tercero, el equilibrio se traduce en una integración jerárquica de esquemas diferenciados (Pozo, 2006).

En los tres casos los desequilibrios muestran la insuficiencia de los esquemas disponibles para asimilar la información presentada y, por lo tanto, la necesidad de acomodar esos esquemas para recuperar el equilibrio (Pozo, 2006).

Vygostky plantea un modelo de aprendizaje sociocultural, a través del cual sostiene, a diferencia de Piaget, que ambos procesos, desarrollo y aprendizaje, interactúan entre sí considerando el aprendizaje como un factor del desarrollo. La adquisición de aprendizajes se explica cómo formas de socialización (Pozo, 2006).

Esta relación entre desarrollo y aprendizaje lo lleva a formular su teoría de la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). Subraya que el motor del aprendizaje es siempre la actividad del sujeto, condicionada por dos tipos de mediadores: “herramientas” y “símbolos”, ya sea autónomamente en la “zona de desarrollo real”, o ayudado por la mediación en la “zona de desarrollo potencial”. Las “herramientas” (herramientas técnicas) son las expectativas y conocimientos previos del alumno que transforman los estímulos informativos que le llegan



del contexto. Los “símbolos” (herramientas psicológicas) son el conjunto de signos que utiliza el mismo sujeto para hacer propios dichos estímulos (Pozo, 2006).

Según Vygotsky, los conceptos científicos pueden aprenderse sólo cuando los conceptos espontáneos, conocimientos previos, se hallan ya relativamente desarrollados. Los verdaderos conceptos sólo pueden adquirirse por reestructuración, pero esa reestructuración sólo es posible si se apoya en asociaciones previas (Pozo, 2006).

La teoría de Ausubel se ocupa específicamente de los procesos de enseñanza-aprendizaje de conceptos científicos. Desarrolla una teoría sobre la interiorización o asimilación, a través de la instrucción, de los conceptos verdaderos, que se construyen a partir de conceptos previamente formados por el niño en su entorno, en la vida cotidiana. Resalta en su teoría la organización del conocimiento en estructuras y en las reestructuraciones que se producen debido a la interacción entre esas estructuras presentes en el sujeto y la nueva información, precisando para esto de una instrucción formalmente establecida, que presente, de modo organizado y explícito, la información que debe desequilibrar las estructuras existentes, distinguiendo claramente el aprendizaje y la enseñanza (Pozo, 2006).

Cualquiera que sea el principio utilizado por el docente para la enseñanza de conocimientos científicos, la influencia de las concepciones alternativas estará inmersa, aprender ciencias requiere un profundo cambio conceptual que ayude a reorganizar las representaciones erróneas de los alumnos. Para lograr un verdadero aprendizaje de la ciencia es preciso diseñar estrategias de enseñanza orientadas al logro de ese cambio conceptual (Pozo et al., 1991).

Proponer estrategias dirigidas a lograr el cambio conceptual no ha sido una tarea fácil, considerando que las concepciones alternativas no son correctas desde el punto de

vista científico, se corresponden con construcciones personales, no tienen el mismo nivel de especificidad y generalidad, por lo tanto las dificultades que generan no son de igual importancia, son ideas muy resistentes, difíciles de identificar y modificar. El grado de coherencia y solidez es variable, puede tratarse de representaciones difusas aisladas, hasta conformar un modelo mental completo, incluso con alguna capacidad de predicción. Muchas de ellas están guiadas por la percepción y la experiencia del alumno en su vida cotidiana (Carretero, 1997).

#### *2.1.4 Relación entre concepciones alternativas, cambio conceptual y entendimiento conceptual en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias*

En el momento en que el aprendizaje de la ciencia y su enseñanza obtienen como meta dar sentido al mundo que nos rodea y entender el sentido del conocimiento científico y su evolución, se convierte en una tarea compleja y laboriosa. La crisis de la educación científica que se describía al inicio de este capítulo se debe en gran parte a la dificultad que tienen los alumnos para encontrar precisamente ese sentido, ya que habitualmente la enseñanza de las ciencias se muestra ineficaz para lograr los profundos cambios conceptuales, desde luego también los actitudinales y procedimentales, que requiere la transición del conocimiento cotidiano al científico (Pozo y Gómez, 2001).

El aprendizaje de la ciencia es ante todo un proceso de cambio conceptual, por el que las concepciones alternativas se transforman en ideas científicamente aceptadas, el modelo que se ha tomado para esta evolución es la propia epistemología, que analiza los cambios conceptuales habidos en la Historia de la Ciencia (Pozo et al., 1991).

Como se ha comentado, las concepciones alternativas son, de algún modo, el resultado del sentido común del funcionamiento del sistema cognitivo humano, como producto biológico y cultural, aplicado a la predicción y control de los fenómenos científicos. Cambiar estas concepciones alternativas requiere modificar sustancialmente los principios en los que está basado de modo implícito (Pozo y Gómez, 2001).

Ser racional tiene que ver principalmente con la forma en que se resuelven los problemas pendientes que se generaron por creencias actuales o por la forma en que las personas se mueven de una visión a otra, la manera en que los aprendices incorporan las nuevas concepciones con las cuales se han convertido disfuncionales con otras nuevas (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982).

Las concepciones alternativas implican la formación de una red conceptual o esquema de pensamiento más o menos coherente, pero diferente al esquema conceptual científico. A ese esquema de pensamiento alternativo se le conoce entre los investigadores educativos como esquema representacional. Si los estudiantes encuentran información que contradiga sus esquemas representacionales es difícil para ellos aceptarla, porque les parece errónea, actuando de diferentes maneras: la ignoran, la rechazan, no creen en ella, la reinterpretan a la luz de sus propios esquemas representacionales, o llegan a aceptarla haciendo sólo pequeños cambios en sus concepciones (Bello, 2004).

Es muy importante conocer los esquemas representacionales (concepciones alternativas) de los estudiantes y reflexionar sobre la influencia de estos en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, coincidiendo los investigadores en la necesidad de transformarlos en conceptos más cercanos a las concepciones científicas, es decir, buscar un cambio conceptual (Bello, 2004). Para lograrlo, será necesario cambiar los principios o supuestos

implícitos en los que a su vez se funda el conocimiento cotidiano o alternativo, que constituirían las teorías implícitas de los alumnos (Pozo y Gómez, 2001).

Vosniadou (citado por Bello, 2004) considera que el cambio conceptual procede a través de modificaciones graduales del modelo mental que las personas tienen acerca del mundo físico y que esto se logra a través de enriquecimiento o de revisión. El enriquecimiento implica adición de información a las estructuras conceptuales existentes, la revisión involucra cambios en las creencias, en las presuposiciones o en la estructura relacional de una teoría. Para Vosniadou las concepciones alternativas son los intentos de los estudiantes para interpretar la información científica desde la perspectiva de una teoría marco que contiene información contradictoria con el punto de vista científico.

Para Chi (1992) el cambio conceptual es el proceso de reparar ideas previas, a través de reasignar la categorización de un concepto, pasándolo de una categoría ontológica a otra. Desarrolla otra teoría del cambio conceptual, en la que propone rasgos más precisos y detallados, al concebir que el cambio conceptual se hace necesario cuando existe una incompatibilidad ontológica entre la teoría científica y la teoría mantenida por el alumno.

En este modelo describe cómo las personas clasifican todos los objetos del mundo en un número limitado de categorías ontológicas, a las que se atribuye propiedades determinadas, así cada vez que se interpreta un hecho o un objeto, se le asigna a una determinada categoría ontológica, por el simple hecho de categorizarlo, tendiendo a atribuirle una serie de características. La utilidad fundamental de estas categorías y conceptos es hacer más previsible el mundo, asimilando los fenómenos nuevos a entidades ya conocidas.

El cambio conceptual según Chi (1992) se requerirá cuando sea preciso cambiar una entidad de una categoría principal a otra. Las dificultades del cambio conceptual estarían

dadas en la medida que el ajuste o desajuste con la teoría implícita precedente correspondiera a entidades materiales, procesuales o mentales, dado que cada una de estas entidades tendría un estatus ontológico distinto.

Las ideas de los alumnos no deben concebirse como un obstáculo para el aprendizaje de la ciencia sino como un vehículo para el mismo; no se trata de que los alumnos aprendan ciencia a pesar de ellas sino a través de ellas. No debe buscar suprimir, sustituir o hacer que el alumno abandone sus propias ideas, sino de que a partir de ellas se desarrollen nuevas concepciones, más próximas a las científicamente aceptadas. Por tanto, el cambio conceptual debe ser algo progresivo, gradual, que sólo es posible dentro de un currículo vertical coherente. El cambio conceptual entonces no es la sustitución de un concepto o idea por otro, sino el cambio de una estructura por otra, de una teoría implícita por otra explícita y más avanzada (Pozo, et al. 1991).

Según Flores (2004) las teorías del cambio conceptual y las estrategias de enseñanza encaminadas a lograr las transformaciones conceptuales de los alumnos se basan principalmente en los trabajos de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) y el de Strike y Posner (1985), que proponen su teoría de cambio conceptual fundamentándose en el análisis filosófico de la historia de la ciencia que plantearon Kuhn y Lakatos.

Posner et al. (1982) consideran que para que se produzca el cambio conceptual es necesario que exista insatisfacción con las ideas previas, para lo cual el profesor debe presentar un número suficiente de anomalías o problemas que el esquema no pueda resolver. Las ideas nuevas deberán ser para el alumno: inteligibles (debe comprender lo que significan), plausibles (reconciliables con los fenómenos conocidos) y fructíferas (capaces de explicar las anomalías encontradas y ampliar el campo de conocimientos, abriendo nuevos campos de investigación).

Strike y Posner (1985) inspirados en Piaget, consideran que existen dos formas de cambio conceptual: la asimilación y la acomodación. La asimilación implica los tipos de aprendizaje en donde no se requiere una revisión conceptual mayor, mientras que la acomodación es un proceso gradual que implica una reestructuración para obtener una nueva concepción.

Trinidad y Garritz (2003) comentan que la enseñanza de las ciencias debe considerar una reestructuración de las ideas previas del estudiante, más que una simple adición de información al conocimiento existente. En consecuencia, es importante tener la información sobre las ideas que el estudiante trae al salón de clases en la enseñanza de las ciencias, las ideas previas que ellos manejan derivadas de sus experiencias anteriores.

Los modelos de cambio conceptual en la enseñanza de la ciencia suelen asumir la necesidad de activar las concepciones de los alumnos para someterlas a conflicto y posteriormente, según los autores, sustituirlas o transformarlas en ideas científicamente aceptadas. Aunque estos modelos han dado lugar a diversas propuestas de metodología, todas ellas comparten ideas comunes basadas en los tres puntos: activación de ideas de los alumnos, creación de un conflicto y superación del mismo mediante el acceso a una idea más avanzada (Pozo, et al. 1991).

Es importante tener en cuenta que la transformación de las ideas previas no es un proceso abrupto, sino por el contrario es un proceso lento y gradual. Se debe reconocer que las posibles transformaciones de las ideas previas no ocurren de manera aislada, con independencia de otras; el proceso es mucho más complejo e intervienen en él diversos factores como el contexto y el nivel de comprensión de los conceptos (Vosniadou, 2006).

A partir de estas fundamentaciones, se han propuesto diversas estrategias y modelos para lograr el cambio conceptual en los estudiantes. Uno de los modelos más conocido para

la enseñanza de las ciencias basado en el cambio conceptual es el de Driver (1985) el cuál se estructura en cuatro fases en torno a una secuencia de actividades específicamente elaboradas para conseguir dicho cambio:

Primera fase: orientación, destinada a despertar la atención y el interés de los alumnos por el tema. Segunda fase: explicitación, que consiste en la exposición por los alumnos de sus ideas permitiendo la identificación y clarificación de las mismas. Tercera fase: reestructuración, donde han de modificarse las ideas de los alumnos por medio de diferentes estrategias que pueden incluir el uso combinado de contraejemplos o actividades destinadas a provocar insatisfacción con las propias ideas, modelos, analogías, diseño de experiencias orientadas para ayudar a clarificar y diferenciar ideas, etc. Dentro de esta fase se incluye también la inclusión de diversas oportunidades para que los alumnos prueben y apliquen sus concepciones revisadas y lograr que adquieran confianza en las mismas. Cuarta fase: revisión del cambio de ideas, de manera que se pueda comparar las nuevas ideas con las iniciales.

La propuesta de considerar el aprendizaje como un cambio conceptual ejerció una particular influencia en el replanteamiento de la enseñanza de las ciencias, se establecieron relaciones entre las investigaciones en didáctica de las ciencias, la psicología cognitiva (en especial con autores como Ausubel, Piaget, Vigotsky) y la filosofía de las ciencias (Bachelard, Kuhn, Lakatos, Toulmin). El cambio conceptual se consideró semejante, en cierta forma, a los cambios de paradigma en las ciencias señalados por Kuhn. Se relacionó el cambio conceptual con los procesos de acomodación de Piaget, sin los que no parecía posible el aprendizaje significativo de Ausubel (Hewson, 1981).

Los maestros deben tener presente en todo momento que los estudiantes poseen creencias previas y entendimiento incompleto que puede entrar en conflicto con lo que se

comienza a enseñar en la escuela. Es importante crear circunstancias donde las creencias y explicaciones alternativas puedan ser externadas y expresadas. Los maestros debieran construir sobre las ideas preexistentes y poco a poco guiar a los alumnos hacia conocimientos más maduros. Ignorar las creencias previas puede formar en ellos conceptos erróneos (Vosniadou, 2006).

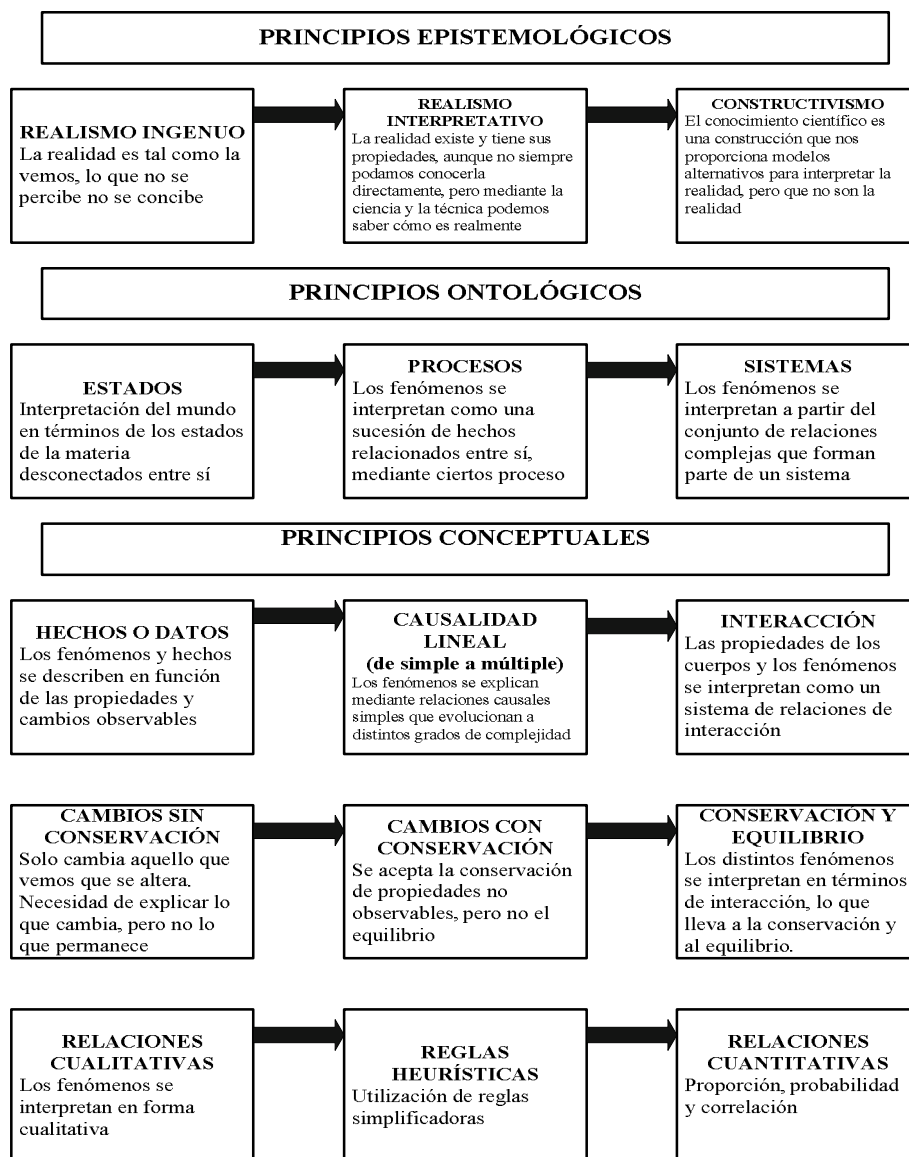


Figura 1. Tres dimensiones de cambio en el aprendizaje de la ciencia (Pozo y Gómez, 2001, p. 120)



Los supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales de las teorías científicas y cotidianas difieren totalmente entre sí. Estas diferencias se muestran a manera de resumen, en la Figura 1, en la que Pozo y Gómez (2001) las presenta como una dimensión de cambio en el aprendizaje de la ciencia. En lugar de una comparación dicotómica entre formas cotidianas y científicas de conocer el mundo, se halla ante un continuo a lo largo del cual habría que ir profundizando con el fin de acercarse al sentido del conocimiento científico. Cada una de estos principios implicaría restricciones o tendencia del procesamiento cognitivo natural, espontáneo, que es preciso superar en dominios y situaciones concretas si se quiere lograr interpretarlas desde un punto de vista cercano al científico.

Los autores mencionados están de acuerdo en que el cambio conceptual es un proceso, largo, complejo y no lineal, que implica avances, regresiones, titubeos y además fuertemente determinado por cuestiones emocionales y sociales. No se espera entonces que se pueda lograr en un solo periodo o ciclo escolar, pero sí es indispensable que el docente conozca las principales ideas previas que pueden tener sus estudiantes, las que él mismo puede tener, las que se encuentran en materiales didácticos y libros de texto y que busque permanentemente las estrategias de enseñanza que promuevan el cambio conceptual entre sus estudiantes (Bello, 2004), de manera que les permita lograr un verdadero entendimiento conceptual.

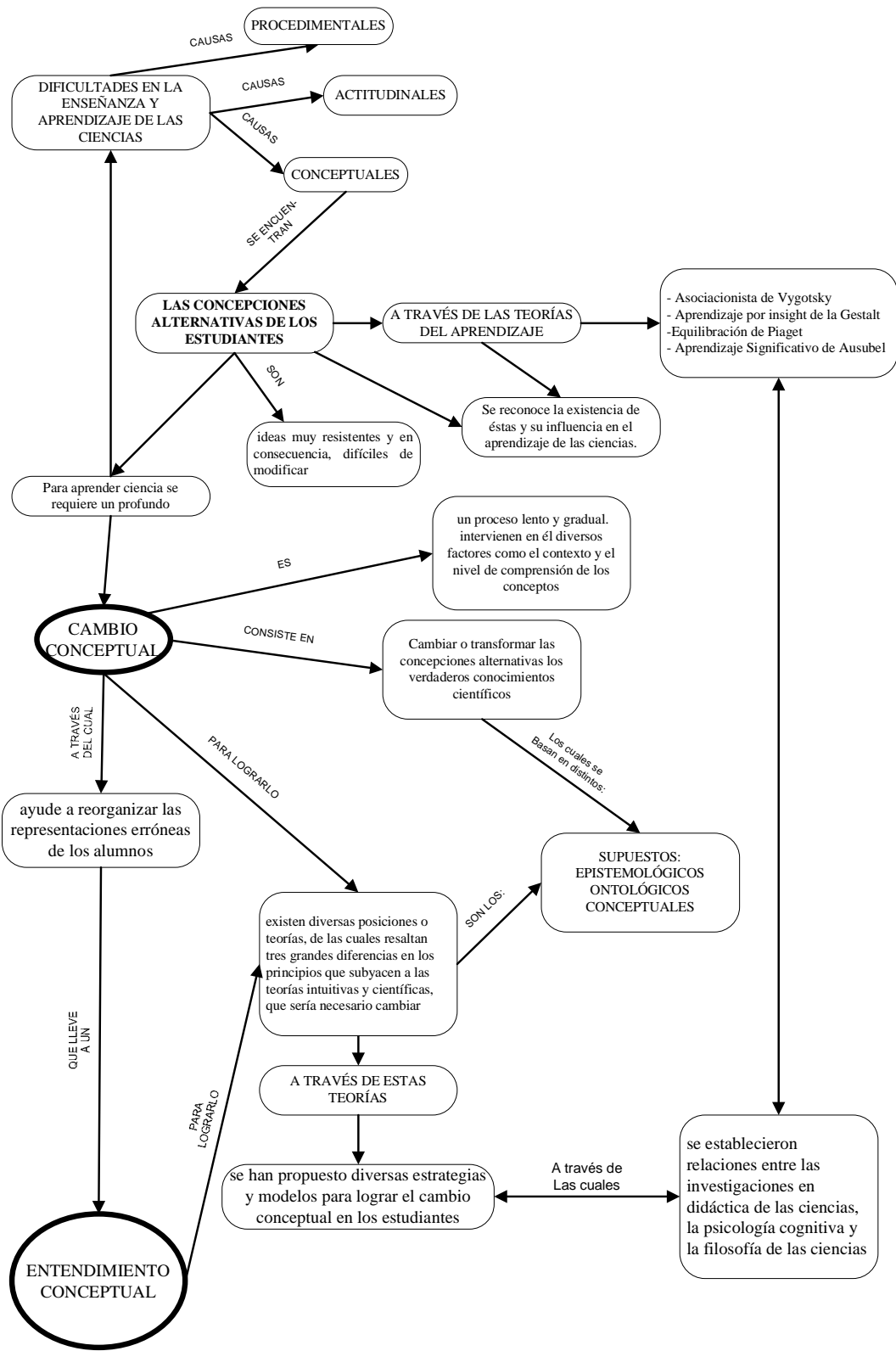


Figura 2. Entendimiento conceptual y sus implicaciones

Una síntesis de lo revisado en relación a los factores que intervienen para el entendimiento conceptual se muestra en la Figura 2. Cómo se puede observar, el cambio conceptual está referido aquí al cambio que pretende lograr la enseñanza de las ciencias en relación a las concepciones alternativas que los estudiantes manifiestan en contextos de instrucción, las cuales dificultan la asimilación de conocimientos científicos.

Una vez que se reconoció la existencia de las concepciones alternativas y su influencia en el aprendizaje de las ciencias, se analizó la forma en cómo éstas se adquieren y las diferencias epistemológicas, ontológicas y conceptuales entre las teorías implícitas mantenidas por los alumnos y las teorías científicas que se les pretende enseñar, proponiendo algunas teorías para lograr el cambio conceptual desde estas diferencias, dando como resultado propuestas de estrategias para aplicar en el aula, reformas en el sistema de enseñanza, modificaciones en los programas de estudio de los diferentes niveles educativos, dirigido todo al propósito de lograr ese esperado cambio conceptual que permita un entendimiento conceptual de conceptos científicos.

## *2.2 Naturaleza discontinua de la materia*

En relación a la enseñanza y aprendizaje de la química se encuentra un conjunto de numerosos estudios que fundamentan la existencia de dificultades conceptuales en el aprendizaje de la química, que persisten incluso después de largos e intensos periodos de instrucción. Estas dificultades se ponen de manifiesto en las diversas concepciones alternativas de los estudiantes respecto a diferentes temas, y que han sido ampliamente estudiadas (Cárdenas y González, 2005; Cárdenas, 2007; Cuellar, 2009; Jiménez, Caamaño, Oñorbe, Pedrinaci y de Pro, 2007; Pozo y Gómez, 2001; Pozo, et al., 1991).

### *2.2.1 Importancia de la naturaleza discontinua de la materia en el aprendizaje de la química.*

Las dificultades de aprendizaje de la química no están aisladas, hay una relación estrecha entre la mayoría de ellas. La mayor parte de los contenidos de la química se pueden organizar en torno a tres núcleos conceptuales fundamentales: la naturaleza corpuscular de la materia, la conservación de propiedades de la materia y las relaciones cuantitativas. El acceso a estas tres estructuras conceptuales requiere diversas formas de cambio conceptual y facilita una asimilación más adecuada de múltiples conceptos específicos de los que son dependientes y han sido el objeto de la mayor parte de las investigaciones realizadas hasta ahora (Pozo y Gómez, 2001).

Según Pozo, et al. (1991) la primera de ellas, la idea de discontinuidad, es fundamental para comprender como está formada la materia y por tanto interpretar y comprender sus propiedades, el no asimilar esta idea puede traer grandes complicaciones en el aprendizaje de muchos otros temas de la química. El segundo núcleo, la conservación de propiedades no observables, es necesario junto con el anterior para comprender las transformaciones a las que se ve sometida la materia, los cambios físicos y los cambios químicos. La cuantificación de relaciones se refiere a la representación cuantitativa de las leyes físico-químicas y a su aplicación práctica.

En la didáctica de las ciencias se ha estudiado mucho sobre la comprensión del tema de la naturaleza discontinua de la materia, ya que se encuentra en cualquier currículo del nivel medio superior y por su importancia para la comprensión de otros temas de la química, inclusive de otras áreas de ciencias, así como su relevancia social (Goñi y Domingo, 2005).

Pozo et al. (1991) proporcionan una descripción muy clara sobre la relevancia del tema de la naturaleza discontinua de la materia: La materia, desde el punto de vista científico, tiene una naturaleza corpuscular y discontinua, está formada por partículas que pueden moverse, unirse o combinarse unas con otras, no existiendo absolutamente nada entre ellas, lo que implica la noción de vacío.

Estas ideas resultan fundamentales para describir la estructura de la materia y en toda explicación causal de cualquier fenómeno que implique un cambio en ella. La química describe la materia como formada por unas partículas llamadas átomos, éstos pueden combinarse entre sí formando moléculas, denominadas elementos cuando los átomos son de un solo tipo, ya sea uno aislado o uniones de dos o más iguales, y compuestos cuando se unen átomos de dos o más tipos diferentes. Los átomos, a su vez, están formados por otras partículas más pequeñas: protones, neutrones y electrones, que son las responsables de las propiedades químicas de la materia (Pozo et al. 1991).

La noción de discontinuidad es necesaria para comprender y explicar diversos aspectos de la estructura de la materia: los estados, propiedades de los gases, los fenómenos de disolución, efectos del calor, presión, temperatura. Para la interpretación de los cambios químicos, la noción de partícula permite explicarlos como una reestructuración de los átomos de las sustancias participantes. Los átomos de los compuestos de partida, durante la reacción química, se separan individualmente o en grupo para volver a combinarse de otra forma diferente, dando lugar a los productos de la reacción (Pozo et al. 1991).

Cuando se realizan medidas o se establecen relaciones cuantitativas dentro de la química, resulta muy importante la interpretación corpuscular de la materia. Los cálculos se ven muy simplificados cuando se realizan a través del número de partículas de una sustancia. Por ello se introduce el concepto de mol, que representa una medida de un

número fijo de partículas de la sustancia de que se trate y alrededor del cual giran gran parte de los cálculos que se realizan en la química elemental (Pozo, et al. 1991).

### *2.2.2 Concepciones alternativas sobre el tema naturaleza discontinua de la materia.*

Las dificultades de los alumnos para comprender la teoría cinético-molecular se encuentran en los tres niveles en que se producen los cambios químicos: nivel macroscópico, microscópico y representacional. Estas dificultades no sólo se manifiestan en estudiantes de secundaria, muchos bachilleres e inclusive alumnos universitarios persisten en comprender de forma intuitiva o ingenua la conducta de las partículas (Benlloch, 1997; Jiménez et al., 2007).

Pozo et al. (1991) menciona como concepciones alternativas que muestran los estudiantes con relación al tema de la naturaleza discontinua de la materia las siguientes:

A las partículas les atribuyen características animistas, consideran que no están en continuo movimiento, creen que no hay vacío entre las partículas, que hay aire, agua, calor entre ellas. Les atribuyen propiedades macroscópicas, piensan que hay alteraciones en la distribución, proximidad y orden de las partículas, que no pesan, consideran que dependen de la sustancia u objeto del que forman parte, por lo que poseen las mismas propiedades del sistema (así, si aumenta el volumen total, aumenta el volumen de cada partícula). Piensan que no se conserva la forma, el tamaño o el número de partículas, explican a través de fuerzas el comportamiento de las partículas. Se altera o confunde distribución, proximidad, orden, tipo de movimiento de las partículas de sólidos, líquidos y gases; estiman que en una reacción química las partículas no interaccionan.

Pozo y Gómez (2001) describen las siguientes concepciones alternativas sobre la naturaleza discontinua de la materia: tienen una concepción continua y estática de la materia, la ven representada como un todo indiferenciado. No diferencian entre cambio físico y químico, atribuyen propiedades macroscópicas a átomos y moléculas, presentan explicaciones basadas en el aspecto físico de las sustancias implicadas en el momento de establecer las conservaciones tras un cambio de la materia.

Trinidad y Garritz (2003) comentan que para los estudiantes la materia no tiene una estructura microscópica. La materia está constituida por un continuo y las explicaciones acerca de los fenómenos se presentan mencionando las variables macroscópicas asociadas a esa característica continua de la materia: su masa o peso, su densidad, su estado de agregación. La idea de que el agua o la sal tengan una estructura interna es algo que no tiene sentido para los alumnos.

Gómez (1996) considera que los estudiantes en la secundaria, utilizan en muy poca proporción el modelo corpuscular de la materia y, cuando lo hacen, lo utilizan la mayoría de las veces de forma errónea. En general, dice, muchos de los estudiantes 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 que percibe, frente a las microscópicas del modelo corpuscular.

Jiménez et al. (2007) identifican como concepciones alternativas en estudiantes de diversos niveles educativos: una concepción continua de la materia, una partícula es una pequeña porción visible de una sustancia, modelos atómicos alternativos, atribución de propiedades macroscópicas a las partículas, atribución de una estructura molecular a todos los compuestos, atribución de una estructura atómica a todos los elementos.

Se observa que los diferentes autores presentan muchas coincidencias relacionadas a estas concepciones alternativas, manifestadas e identificadas principalmente en estudiantes de secundaria. Las concepciones alternativas de los estudiantes son lo opuesto a lo que debieran aprender. Pozo et al. (1991) señalan como nociones fundamentales que el alumno de Enseñanza Secundaria debe adquirir al concluirla, en torno al tema de la naturaleza discontinua de la materia, las siguientes:

La materia está constituida por partículas, entre las partículas hay vacío, las partículas están en continuo movimiento, la velocidad media de las partículas aumenta al elevar la temperatura y disminuye al descender la misma, las partículas de una misma sustancia conservan su forma y tamaño. En los gases, las partículas están muy separadas, y en comparación con su tamaño, las distancias entre ellas son grandes, están desordenadas, están distribuidas por todo el espacio o recipiente en el que esté contenido el gas, se mueven más rápidamente que en los líquidos y en los sólidos. En los líquidos, las partículas están menos separadas que en los gases, están menos desordenadas que en los gases, se mueven con menor velocidad que en los gases, pero más que en los sólidos. En los sólidos, las partículas están muy próximas, están ordenadas, vibran, en vez de moverse.

Pozo et al. (1991) comentan que la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia presenta grandes dificultades para muchos alumnos incluso después de haber recibido instrucción en este tema. Sostienen una concepción continua de la materia, concibiéndola como un todo indiferenciado. En otros casos, suponiendo que el alumno haya asumido una visión discontinua, el siguiente problema que se plantea es si existe una comprensión real de la misma. Ello implica que el alumno sea capaz de hacer referencia espontáneamente a dichas partículas para explicar fenómenos como, por ejemplo, los



cambios de estado, y que les atribuya determinadas características de acuerdo con los presupuestos de la teoría cinética molecular de partículas.

No se trata en ningún caso de que el modelo corpuscular de un adolescente sea tan complejo como el de un químico, sino de que asuma ciertas ideas a un nivel elemental que, a medida que vaya aumentando su nivel de instrucción, irán perfeccionándose. Por ejemplo, para lograr una adecuada comprensión de los cambios físicos que puede sufrir la materia es necesario atender a las dos representaciones sobre ésta, una referida especialmente a la descripción de estos cambios (procesos de dilatación y contracción, fenómenos de expansión y compresión, cambios de estado y comprensión de las disoluciones) llamadas representaciones macroscópicas y otra referida a la explicación de estos procesos desde una óptica corpuscular (teoría cinético-molecular) que considera las interacciones de pequeñas partículas que conforman la materia y que, separadas por el vacío, están en continuo movimiento.

Estas últimas representaciones microscópicas de la materia son las que más dificultades causan en el proceso de aprendizaje, precisamente porque obligan al alumno a abandonar los indicios perceptivos que caracterizan a las representaciones macroscópicas. En este sentido, se considera que un cambio conceptual fundamental en el aprendizaje de las propiedades físicas de la materia es la progresiva distinción de ambos modelos de forma que el alumno comience a utilizar representaciones microscópicas para generar explicaciones sobre las propiedades del mundo macroscópico (Pozo, 1998).

Pozo y Gómez (2001) señalan que después de una instrucción aunque los alumnos lleguen a vislumbrar en algunas tareas o situaciones la posibilidad de un mundo discontinuo oculto en el mundo continuo que ven a diario, insisten en regresar a sus teorías intuitivas, mucho más próximas al mundo que los rodea, por dos razones:

Una es la creencia común en el conocimiento cotidiano en la semejanza entre las causas y los efectos. Si, como se les dice, la “conducta” de la materia depende de su estructura íntima, nada más “razonable” desde una perspectiva realista que atribuir a esas causas no observables (partículas) propiedades similares a las que poseen en sus efectos (mundo observable).

Un segundo factor es el problema para representar lo no observable, pues en la medida en que el alumno debe abandonar los indicios perceptivos como fuente de representaciones con respecto a la estructura de la materia, carece de otro código de representación alternativo, es decir, si las imágenes que los alumnos perciben del mundo no son suficientes para comprender la estructura de la materia, la enseñanza no logra proporcionarles sistemas de representación alternativos que les permitan comprender su naturaleza (Pozo y Gómez, 2001).

Como se ha podido observar con la química en la educación secundaria se intenta que los alumnos comprendan la naturaleza y las propiedades de la materia y los cambios que ésta puede experimentar, pero para conseguirlo, tienen que enfrentarse a un gran número de leyes y conceptos nuevos abstractos. Los estudiantes necesitan establecer conexiones entre esos fenómenos y los estudiados. Además se enfrentan a la necesidad de utilizar un lenguaje simbólico y formalizado junto a modelos de representación analógicos que ayuden a la representación de lo no observable (Pozo y Gómez, 2001).

En la escuela secundaria se introducen conceptos como átomo, molécula y modelos que ayudan a interpretar las propiedades y cambios de la materia, por ejemplo, el modelo cinético-molecular. En el bachillerato, el fin principal de la química es profundizar en el estudio de la materia y sus transformaciones. En este nivel, donde se supone que el alumno domina y maneja todo lo aprendido en la secundaria, a partir de los conceptos y modelos

anteriores deben abstraer nuevos conceptos, que son necesarios para comprender las distintas teorías que se introducen, apareciendo en muchos casos teorías diferentes para explicar un mismo hecho (Pozo y Gómez, 2001).

La naturaleza corpuscular de la materia es uno de los prerequisites conceptuales de la enseñanza de la Química para el nivel bachillerato. Por todo ello, si la química presenta en la secundaria un gran nivel de abstracción, en el bachillerato representa la abstracción sobre la abstracción, enfrentándose el alumno además a limitaciones ontológicas, epistemológicas y conceptuales, ya mencionadas (Pozo y Gómez, 2001). Resulta de gran relevancia para los profesores de química en el bachillerato, reconocer hasta qué punto el estudiante domina este tema, cuál es el grado de entendimiento conceptual que se ha logrado cuando llegan con ellos y, partir de esta información para establecer estrategias o tomar medidas adecuadas que le permitan mejorar los resultados de sus estudiantes o contribuir a ese cambio conceptual, que cómo ya se describió, es un proceso lento y gradual.

### *2.2 3 Nivel de entendimiento conceptual en el tema de la naturaleza discontinua de la materia*

Según Pozo y Gómez (2001), las dificultades de aprendizaje de la química están determinadas por la forma en que el alumno organiza sus conocimientos a partir de sus concepciones alternativas sobre la materia. La comprensión de las teorías científicas implicaría superar las restricciones que imponen sus teorías implícitas, que se diferencian de las científicas en una serie de supuestos subyacentes de tipo epistemológico, ontológico y conceptual.

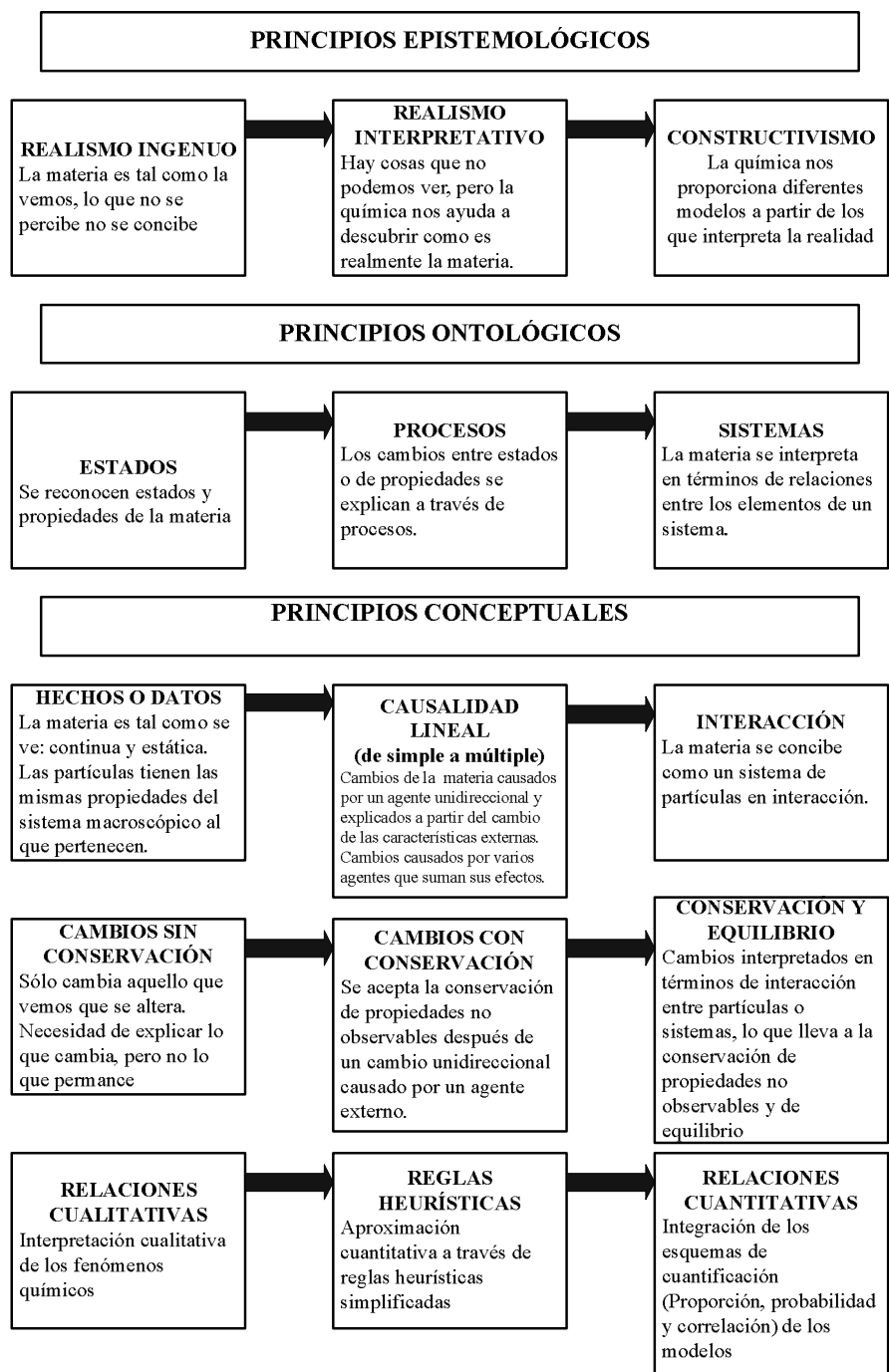


Figura 3. El cambio conceptual en el aprendizaje de la química (Pozo y Gómez, 2001, p. 154)

En la Figura 3 Pozo y Gómez resumen estas diferencias, aclarando que aunque el aprendizaje de la ciencia no implica un proceso lineal, sino la sucesión de numerosos

avances y regresiones, si existe una dimensión de cambio que unen las distintas fases. El cambio conceptual no siempre se da simultáneamente en cada una de las dimensiones horizontales.

Benarroch (2000) a través de la investigación de las explicaciones de los estudiantes sobre la naturaleza corpuscular de la materia, ha encontrado cinco niveles de esquemas explicativos de la forma en que evolucionan las ideas y razonamientos de los estudiantes, de acuerdo a su edad y experiencia escolar. Para Benarroch (2000) estos niveles constituyen aproximaciones sucesivas del modelo adoptado por los científicos, demostrando cómo se evoluciona de las concepciones macroscópicas a las microscópicas, pasando por admitir la existencia de objetos hipotéticos no directamente observables a la de huecos entre esos objetos y a la del vacío en dichos huecos. La construcción de estas concepciones implica una liberalización progresiva de las características macroscópicas observadas en el sistema en transformación.

Estos niveles interpretativos permiten dar coherencia a los alcances empíricos acumulados para el tema de la naturaleza discontinua de la materia. Enseguida se presenta un resumen de las características principales de cada nivel que establece Benarroch (2000), en el Apéndice A se muestra una tabla con una síntesis de lo que se mencionará para cada nivel.

El nivel I se caracteriza por una imagen de materia continua y estática, los alumnos de este nivel son incapaces de traspasar la barrera de lo observable y, además, no comprenden la necesidad de dar explicaciones a los cambios de la materia. Las cosas ocurren porque sí.

El nivel II se conforma por modelos de materia que siguen siendo continuos, pero que se ven enriquecidos con elementos percibidos (burbujas, huecos, pompitas, etc.) para

dar explicación a los datos empíricos. La importancia de los elementos percibidos en este nivel es tal que el modelo de materia se modificará de una sustancia a otra sin prejuicios, con la finalidad de dar explicaciones a los cambios de la materia. Esta necesidad de explicación es lo que realmente caracteriza a este nivel y lo diferencia del anterior.

El nivel III constituye el primero de la evolución conceptual que implica concepciones corpusculares. En él, la materia está formada por partículas. Estas partículas son invisibles incluso a nivel microscópico y ya no están, por tanto, relacionadas con la percepción más o menos directa, como ocurría en el nivel anterior. Entre las partículas, hay huecos, aunque esos huecos puedan estar indistintamente vacíos o pueden ser concebidos llenos de “algo”.

En este nivel, ante los cambios en la materia, se dan explicaciones causales, fundamentadas en dos aspectos. Primero: las partículas hipotéticas a las que se atribuyen las propiedades percibidas, partículas que se separan o se acercan, que aumentan o disminuyen de tamaño. De este modo, los cambios macroscópicos de la sustancia estudiada, color, estado físico, aspecto, son adjudicados a las partículas microscópicas. Segundo: los huecos entre partículas llenos de algún contenido de naturaleza etérea. Así, los cambios macroscópicos son explicados acudiendo a fondos de partículas más o menos compactos, con más o menos huecos.

Lo que diferencia al alumno del nivel III del nivel IV es que el del nivel III no siente la necesidad de que los huecos entre partículas deben estar vacíos, ya sea porque no diferencia entre vacío y materia, en este caso, hablar de algo, nada, algo como el aire, éter, es prácticamente hablar de lo mismo, o bien porque rechaza epistemológicamente la posibilidad de que haya alguna “zona” del universo sin nada de materia.

En el nivel IV, además de la existencia de partículas en la materia, se considera la del vacío necesario entre las mismas. La diferencia entre este nivel y el anterior está en ese vacío, que es rechazado, evitado o ignorado en el nivel anterior, mientras que en este nivel se considera necesario. La materia debe estar formada por huecos y nada más, pues, si hubiera algo, ese algo también tendría que estar formado por partículas y, entonces, ya no sería hueco entre partículas.

Otro aspecto de la imagen de materia de los alumnos de este nivel es que pueden tener o no desarrollado el sub-esquema de movimiento e interacción entre partículas, pero, en cualquier caso, éste no está coordinado con el de partículas y vacío en un único modelo causal necesario. El modelo de partículas y vacío a veces resulta suficiente para explicar los cambios de la materia, aunque para ello el alumno acuda a disposiciones con más o menos vacío. El alumno de este nivel se caracteriza y se diferencia del anterior en que su modelo de partículas y vacío es mantenido aun cuando le resulte insuficiente para explicar los datos percibidos. Se trata de un modelo necesario, aunque no le resulte suficiente.

El nivel V coincide con el contenido académico de la enseñanza de la naturaleza corpuscular. Por tanto, aquí la materia se concibe como un sistema de interacción entre partículas, moviéndose continuamente, sin nada entre ellas, sólo vacío. En este último nivel, los sub-esquemas de movimiento e interacción se coordinan con el de partículas y vacío, que caracteriza el anterior, en un único modelo causal explicativo de los procesos físicos de la materia.

Benarroch (2000) observa que las edades en queso producen mayores contrastes de niveles entre los estudiantes, para este tema, es la de 12-13 años, y que esas diferencias siguen siendo persistentes hasta los 16-17, lo que parece sugerir una especial dificultad para

la enseñanza-aprendizaje de la naturaleza corpuscular de la materia en la educación secundaria.

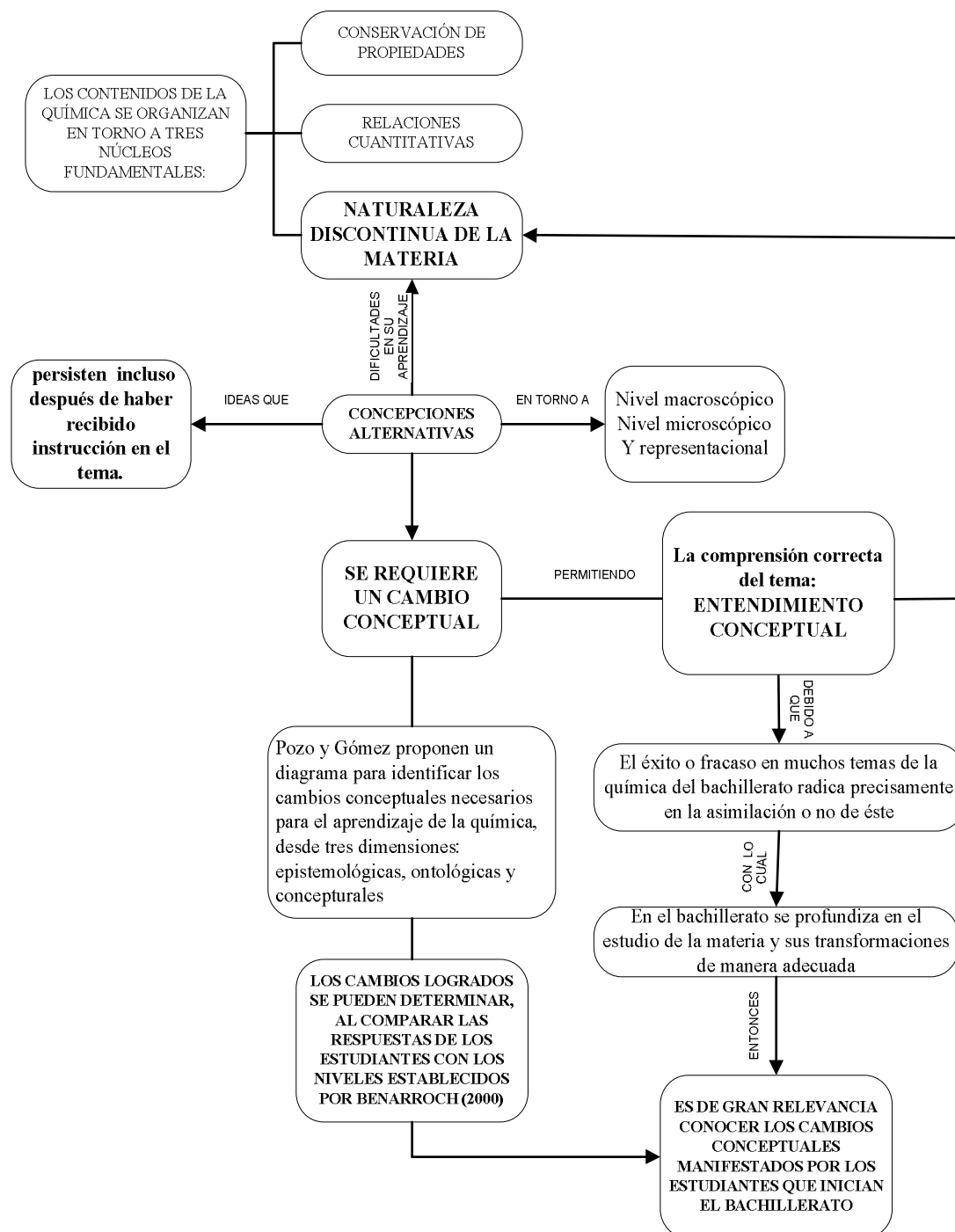


Figura 4. Naturaleza discontinua de la materia y el entendimiento conceptual



En la Figura 4 se presenta una visión general de los puntos tratados en relación al segundo constructo, la naturaleza discontinua de la materia. Este tema constituye uno de los núcleos fundamentales en los que se organizan los contenidos de la química en los currículos de la enseñanza de la secundaria. El tópico es de gran relevancia por ser la base para la comprensión de conceptos subsecuentes en la misma secundaria y en el nivel bachillerato, la comprensión o no de éste será decisivo para el éxito o fracaso de la mayor parte de los temas que se abordarán en ese nivel, de aquí la importancia para identificar el grado de asimilación con el cual los estudiantes inician sus estudios de bachillerato.

Para la comprensión del tema, el estudiante se enfrenta a una serie de leyes, conceptos nuevos fuertemente abstractos, requiere además de establecer conexiones entre ellos y los fenómenos estudiados y la utilización de un lenguaje simbólico, muy lejos del cotidiano. Se requiere un profundo cambio conceptual en las ideas previas que manifiesta en torno a este tema, las cuales constituyen un de las principales obstáculos epistemológicos para lograr la asimilación.

Las concepciones alternativas con respecto al tema de la naturaleza discontinua de la materia se manifiestan en torno a tres niveles: macroscópico, microscópico y representacional. El cambio conceptual requerido, en este caso, demanda una distinción entre las propiedades macroscópicas y microscópicas de la materia, principalmente. Cuando se logre el cambio conceptual el estudiante se apropiará de las nociones fundamentales que deberá adquirir durante la enseñanza secundaria, facilitando y forjando las bases para la asimilación de los temas que se abordarán en el bachillerato. Sin embargo, se hablado de las características de las concepciones alternativas, resaltando en este caso su persistencia a pesar de haber recibido instrucción en relación al tema.

El cambio conceptual sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, logrado por los estudiantes, se puede interpretar a través del esquema propuesto por Pozo y Gómez (2001) y los niveles establecidos por Benarroch (2000), mismos que nos permitirán ubicar el nivel de entendimiento conceptual en el que se encuentran los estudiantes que participarán en esta investigación.

### *2.3 Investigaciones relacionadas a concepciones alternativas y cambios conceptuales sobre la naturaleza discontinua de la materia.*

A lo largo de los párrafos anteriores se ha hecho énfasis en cómo una parte importante de los contenidos de química en la educación secundaria está dedicada a explicar la naturaleza y las propiedades de la materia y los cambios que ésta puede experimentar. Así mismo, se ha comentado sobre las diversas dificultades que se presentan por parte de los maestros y estudiantes para lograr el cambio conceptual en este tema, debido a las características de las concepciones alternativas y su la complejidad de un cambio conceptual. Las concepciones alternativas respecto al tema de la naturaleza discontinua de la materia, siguen manifestándose en estudiantes de distintos niveles, como lo describen los artículos que se presentan a continuación.

Numerosas investigaciones en didáctica de las ciencias, cómo Driver, Guizne y Tiberghien, (1992); Espíndola y Cappannini, (2006) muestran que los estudiantes no comprenden fácilmente esta cuestión fundamental, la naturaleza discontinua de la materia, y más aún, detecta una enorme dificultad en lograr el pasaje conceptual desde la idea de continuidad de la materia, hasta la de formada por partículas en movimiento.

En investigaciones específicas sobre las ideas de los estudiantes en relación a la teoría cinético-molecular de los gases se observa una serie de concepciones alternativas acerca de su conducta y naturaleza. Por ejemplo, en un estudio realizado por Nussbaum (citado por Benloch, 1997) en alumnos Israelitas de 14 años, encontró una aceptación general sobre la presencia de partículas invisibles en el aire, uno de cada seis niños piensa que la distribución de partículas del aire en un recipiente cerrado, no es homogénea, que se concentra en alguna parte del mismo. En sus conclusiones comentan que 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, ellos llenan los espacios entre las partículas hasta que llega a ser una imagen continua de puntos.

En un estudio realizado por Driver (citado por Benloch, 1997) encontró en niños de 11 y 12 años ideas sobre las diferencias de tamaño entre las partículas de los gases y las de los sólidos, representando estas partículas mediante dibujos como pequeñas y desordenadas, mientras que las de los sólidos las dibujan como grandes y alineadas. El mismo Driver, en estudio realizado con estudiantes ingleses de 15 años, encontró interpretaciones sobre cómo los cambios térmicos afectan las partículas del hielo cuando éste se calienta.

Muchos niños suponen que las partículas son objeto de algunos o varios de los siguientes efectos: se mueven más libremente, pueden separarse más libremente, incluso pueden abandonar el hielo, cambian de volumen, de temperatura, se funden, se desintegran. Con estos estudios se afirma que a las entidades microscópicas se les atribuyen muchos rasgos de las entidades macroscópicas y que esta distorsión contribuye a crear teorías sobre

los átomos muy particulares entre los niños, que difieren de las teorías científicas (Benlloch, 1997).

Gentil, Blanco y Martínez (1989) realizaron una investigación con la que se pretendía comprobar hasta qué punto los alumnos que comienzan el bachillerato en su país, España, tienen asumida la discontinuidad de la materia, y en qué medida la enseñanza recibida durante 2º y 3º de bachillerato contribuye a mejorar esta situación. El cuestionario empleado constaba de 12 preguntas de respuesta abierta, uno de las cuales fue desglosado en dos sub-apartados. A través del mismo, los alumnos fueron instados a realizar interpretaciones o predicciones, según el caso, acerca de diversos fenómenos físicos, algunos de ellos íntimamente relacionados con las experiencias cotidianas.

El cuestionario se administró a principios de Febrero del curso 1987-1988 a una muestra formada por 154 alumnos (105 de 2º y 49 de 3º de bachillerato), procedentes de los dos institutos públicos de San Fernando (Cádiz, España). Los alumnos de 2º no habían recibido aún enseñanza de Química durante el bachillerato, mientras que los de 3º habían estudiado ya algunos de los primeros temas correspondientes al programa oficial de dicho curso. Las respuestas dadas por los chicos se analizaron bajo dos puntos de vistas. Por un lado, se clasificaron según los tipos de respuestas y explicaciones empleadas, y por otro, se contabilizó el número total de explicaciones realizadas a nivel microscópico, considerando como tales todas aquéllas que incluían de forma explícita términos tales como partículas, moléculas, átomo, ión, enlace, etc.

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que los alumnos que comienzan la Química en el bachillerato parecen tener escasamente asumida la discontinuidad de la materia, lo que se traduce en un reducido número de explicaciones sustentadas sobre un modelo corpuscular, así como un escaso grado de consistencia en las respuestas. Por

ejemplo, muchos de los alumnos que parecen comportarse como atomistas en unas situaciones dadas, parecen no hacerlo en otras distintas.

Los resultados mostraron también, que la enseñanza recibida a través de los cursos de 2º y 3º de bachillerato parece contribuir muy escasamente a mejorar esta situación, observándose en algunos casos un aumento sustancial en la tendencia a utilizar un modelo microscópico durante las explicaciones. Todo esto parece sugerir que gran parte de los esfuerzos del profesorado que imparte Química durante el bachillerato debería centrarse en tratar de propiciar la construcción, por parte de los alumnos, de una auténtica representación discontinua de la materia, ya que gran parte de las dificultades con las que se enfrentan los alumnos en Química durante el bachillerato pudiera derivar de un escaso grado de comprensión, a nivel microscópico, de los fenómenos estudiados así como de las representaciones simbólicas utilizadas.

Borsese, Lumbaca y Pentimalli (1996) presentan los resultados de una investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los estados de agregación y los cambios de estado, realizada en Génova, Italia. El estudio se llevó a cabo con el objetivo de confrontar los resultados obtenidos por un grupo de docentes con sus propios estudiantes después de la enseñanza del tema “estados de agregación y cambios de estado”.

Participaron 20 docentes y un total de 508 alumnos.

Los resultados obtenidos mostraron en los estudiantes capacidades de razonamiento limitadas al nivel concreto-operativo; presentaron carencias lingüísticas que obstaculizan la comunicación y, consecuentemente, la comprensión del discurso del profesor y de los libros de texto científicos; demuestra que los estudiantes participantes no son capaces de traducir datos verbales y numéricos en esquemas, gráficos y viceversa; no poseen habilidades para

identificar posibles estrategias con el fin de resolver problemas; tienen, en general, escasa seguridad en las propias capacidades de reflexión y de comprensión.

Goñi y Villaroel (2005) presenta una investigación sobre la relación entre motivaciones y cambio conceptual en el aprendizaje de las propiedades físicas de la materia en alumnos de Secundaria. El objetivo de este estudio fue verificar si las concepciones que el alumno tiene sobre sí mismo y sobre el aprendizaje se relacionan con el cambio conceptual en el aprendizaje de conceptos de Química. Se analiza cómo alumnos de educación secundaria usan modelos microscópicos y macroscópicos para entender las propiedades físicas de la materia y como el empleo de estos modelos se relaciona con tres estilos diferentes de motivación hacia las tareas escolares.

Los resultados obtenidos apoyan la tesis de que, dada la relación que las variables motivacionales tienen con el aprendizaje de Química, el cambio conceptual no puede ser considerado como un "cambio frío", al margen de variables afectivas. En el estudio participaron 85 alumnos (45 mujeres y 41 varones) de cuarto curso de enseñanza secundaria durante el ciclo 1999-2000. Se aplicó a los alumnos las pruebas de variables motivacionales y el test para evaluar sus conocimientos sobre la estructura de la materia. Los datos presentados efectivamente concuerdan con la primera de las observaciones apuntadas, en el sentido de que los alumnos de la muestra analizada tienden a utilizar más frecuentemente representaciones macroscópicas de la materia que aquellas que consideran las características corpusculares de ésta.

Respecto a la influencia que determinados contextos parecen tener en la activación de modelos microscópicos, los datos sugieren que ésta parece relacionarse con el patrón motivacional de los alumnos, de forma que los alumnos que menos frecuentemente utilizan estos modelos microscópicos en contextos complejos y explicativos, son precisamente los

que mayor confianza manifiestan en su propia capacidad para alcanzar un rendimiento académico adecuado (autoeficacia) y los que más claramente sienten que la tarea de aprender se relaciona con razones de reto personal, curiosidad, maestría o dominio (metas intrínsecas).

Gómez, Pozo y Gutiérrez (2004), describen una estrategia para la enseñanza de la naturaleza de la materia, basada en el contraste y diferenciación entre los modelos macroscópico y microscópico, y muestran los resultados obtenidos después de aplicar esta estrategia a un grupo de estudiantes. Posterior a la implementación de la estrategia, se aplicó un cuestionario dirigido a analizar cómo utilizan los estudiantes la teoría cinética en tres aspectos importantes: noción de discontinuidad y vacío, movimiento intrínseco de las partículas y mecanismo implicado en los cambios, encontrando que el método de enseñanza que se investiga, produce resultados significativamente mejores en dos de los problemas estudiados: la noción de discontinuidad de la materia y los mecanismos implicados en los cambios.

En el tercer aspecto estudiado, el movimiento intrínseco, parece observarse la misma tendencia aunque las diferencias que aparecen no llegan a ser estadísticamente significativas. Los alumnos que reciben la instrucción experimental aceptan más fácilmente la existencia de espacios vacíos entre las partículas en los sólidos y en los líquidos. Los contenidos en los que las investigaciones previas mostraban que era más difícil de aceptar la comprensión de los procesos de aprendizaje y la mejora de las estrategias didácticas son dos aspectos indisolubles que se alimentan.

Este diálogo continuo entre la psicología del aprendizaje y la enseñanza de la ciencia es la vía más fértil para avanzar tanto en el conocimiento de los procesos psicológicos que intervienen en el aprendizaje como en el diseño de estrategias

instruccionales más eficaces para mejorar la educación científica. Sólo si se comprende cómo aprenden los alumnos se puede mejorar la forma en que se puede enseñarles. Cuando se comprende la forma en que se enseña se puede llegar a entender las dificultades de aprendizaje que se viven. La investigación se aplicó a estudiantes de Secundaria, en la Ciudad de Madrid.

Rodríguez (2005) presentan la implementación de una estrategia de enseñanza y aprendizaje para desarrollar gradualmente las habilidades procedimentales en los alumnos de Química I del nivel de Educación Secundaria, tales como la modelación y la comunicación y así llegar a la comprensión en torno al eje temático “Naturaleza discontinua de la materia”, mediante la implementación áulica de problemas cuantitativos, cualitativos y pequeñas investigaciones a través de temas integradores de la vida cotidiana.

Para trabajar esta propuesta de innovación educativa e implementar la estrategia se trabajó con un grupo de 46 alumnos de 2º grado de Educación Secundaria, durante el ciclo escolar 2003-2004, en una Escuela Secundaria de Orizaba, Veracruz, México, mediante 4 fases:

Fase I, diagnóstico o introducción: caracterizar al grupo en sus habilidades y lo que “saben decir y hacer”, revelar alumnos expertos y novatos. Fase II, profundización o acercamiento: implementar la metodología para comenzar a validar y desarrollar la modelación y la comunicación. Fase III, aplicación, integración o desarrollo: implementar la propuesta, para desarrollar las habilidades de la modelación y la comunicación con miras a mejorar la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia. Fase IV, evaluación o evidencia de logros: valorar el nivel de desempeño de los alumnos en cuanto a su movilización cognitiva al aplicar sus habilidades en otros contextos y evaluar su comprensión acerca de la naturaleza discontinua de la materia.



Para analizar los logros de acuerdo al nivel de desempeño de los alumnos se contrastaron conocimientos, actitudes y habilidades de las fases I y IV, ya que éstas evidencian mejor el cambio esperado, según la autora. En sus resultados la mayoría de los alumnos demostraron un desarrollo gradual en sus habilidades procedimentales tales como la modelación y la comunicación, llegando así a otra habilidad de mayor envergadura como lo es la comprensión.

Afirma también la autora, que esta propuesta metodológica permitió identificar ciertos alumnos expertos y otros novatos, permitió también que movilizaran sus conocimientos. En términos generales, hubo cambios cognitivos observables mediante los productos de los alumnos, los cuales indican en cierta medida que esta propuesta fue pertinente para alumnos de entre 12 y 14 años en esta etapa de secundaria, en la asignatura de Química I de segundo grado.

En el artículo de Cuellar (2009), se indaga en relación a concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia, confirmando las mencionadas por Jiménez et al. (2007), Pozo y Gómez (2001). Este trabajo pretende demostrar que el conocimiento y análisis de las concepciones alternativas que maneja el estudiante sobre la naturaleza de la materia permite al maestro identificar qué tanto pueden facilitar o limitar el aprendizaje de la misma y de esta manera, tener elementos para una mejor organización de la enseñanza al respecto. Afirma que la dificultad se hace mayor porque el maestro desconoce y usa poco las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia en la organización de la enseñanza al respecto.

La muestra consistió en 114 estudiantes con edades entre 13 y 17 años, pertenecientes a la Ciudad de Cali de Colombia, algunos de los cuáles ya habían recibido clases sobre la estructura interna de la materia. Los resultados, análisis y conclusiones se

originaron con la aplicación de dos instrumentos para recolectar datos que fueron cuestionarios y entrevistas. Estos instrumentos, propuestos y diseñados por el investigador, permitieron recoger información, interpretarla, categorizarla en 33 redes sistémicas y hacer análisis de tipo cualitativo.

Teniendo en cuenta que la investigación buscaba identificar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia que contribuyan a la organización curricular de la enseñanza, Cuellar concluye que los estudiantes que participaron en la investigación se caracterizan por concebir la materia de manera continua, como una totalidad (macroscópicamente) sin espacios vacíos y estática sin movimiento intrínseco, a pesar de que algunos de los estudiantes habían recibido clases sobre la estructura de la materia.

Con base en el análisis realizado concluye también que las concepciones alternativas se originan a partir de sus percepciones, obedeciendo al pensamiento concreto en que se encuentran y a su contexto cultural (información del entorno y medios de comunicación). Concluye también que las concepciones alternativas con estas características se convierten en una limitante para el aprendizaje del modelo de partículas de la materia, porque éste es un modelo de naturaleza abstracta y su aprendizaje depende, en gran parte, de la superación del límite de lo concreto en el pensamiento del estudiante, ya que es hacer un salto hacia un mundo que no se ve, que no se percibe, que no tiene olor, ni estado ni textura, que es abstracto.

Gianna, Ibañez y González (2007) Realizaron una investigación con el propósito de identificar y analizar las concepciones alternativas sobre el vacío, que tienen estudiantes de los diversos años del nivel medio y de alumnos del segundo año de la carrera de química de ingeniería química (participaron 435 alumnos entre los 12 y 19 años de la Ciudad de

Córdoba, Argentina). Para realizar la investigación se confeccionaron dos cuestionarios sobre el vacío, uno para los alumnos y otro para los profesores.

Del análisis de los datos obtenidos se verifica que casi independientemente del nivel de instrucción recibido, los alumnos no conciben este concepto como factible dentro del espacio en que vivimos y si lo admiten generalmente no lo relacionan con la materia que forma ese espacio sino que lo ubican exclusivamente donde no hay materia, como en el espacio interestelar. Los alumnos admiten la discontinuidad de la materia, tal vez impuesta como pauta cultural debido a la instrucción, pero no admiten la existencia del vacío. Ello pone de manifiesto la gran estabilidad de ciertas concepciones alternativas que son inmunes al proceso de enseñanza. Se muestra que la estabilidad de tales concepciones alternativas es función del estado de la materia.

Giudice y Galagovsky (2008) presentan un estudio en el que el objetivo general fue analizar cómo los aprendizajes, los conocimientos y las percepciones se combinan para generar en los estudiantes secundarios modelos explicativos sobre la naturaleza discontinua de la materia, a partir de experiencias que intentan hacer “visibles” fenómenos que requieren explicaciones a nivel molecular. Para el estudio, diseñaron una secuencia de experiencias macroscópicas sencillas que evidenciaran la existencia de partículas en un sólido, en un líquido y en un gas. El trabajo involucró dos grupos mixtos de estudiantes de 16 años de la misma escuela secundaria, en Buenos Aires Argentina. Cada estudiante (en ambos grupos) realizó las experiencias propuestas y las discusiones en pequeños grupos de trabajo, pero debió responder individualmente a preguntas y cuadros.

Se recogieron las producciones escritas, y los gráficos realizados. Las respuestas de los estudiantes se plasmaron en hojas de carpeta, constituyendo un portafolio que fue

recogido por las docentes. La conclusión principal de este trabajo consiste, por lo tanto, en remarcar la importancia que tiene el momento en que se presenta la información científica dentro del esquema de una secuencia didáctica. La información erudita debería presentarse después de haber preparado la mente de los estudiantes para recibirla. La diferenciación por parte de los docentes entre ideas previas, conceptos de inclusión y conceptos sostén es fundamental para dar valor a los datos recogidos en su estudio.

El análisis de los resultados destacados da cuenta de que un aprendizaje sustentable es siempre significativo, dado que los estudiantes logran construir en sus mentes conceptos que, articuladamente, funcionan como un modelo. Las fallas en la actual motivación de los estudiantes por aprender ciencias bien podrían estar fundadas en fallas en la comunicación: los docentes quieren enseñar algo que los estudiantes no están motivados a aprender.

Agregado a esto, utilizan una cantidad de lenguajes para ellos faltos de significación; y además, les presenta información cerrada, inmodificable, la que podrían emplear en comprobar fenómenos. La idea de la secuencia innovadora es presentar experiencias que puedan ser explicadas por los estudiantes desde sus conocimientos cotidianos, su creatividad e intuición. Luego, gran parte de sus propuestas tendrán una correspondencia con la información científica a ser aprendida.

Mosquera, Ariza, Reyes y Hernández (2008) presentan también una propuesta didáctica orientada hacia la enseñanza de la relación existente entre la estructura atómica y las propiedades macroscópicas que presenta la materia en los estados sólido, líquido y gaseoso, desde los conceptos: naturaleza corpuscular de la materia y enlace químico. Su construcción es producto de un análisis teórico de antecedentes referidos a diversos aspectos como: historia de la química, epistemología, modelo pedagógico constructivista, modelo didáctico de resolución de problemas, psicología cognitiva y relaciones Ciencia,

Tecnología y Sociedad, se materializa en una unidad didáctica conformada por siete actividades en las que se incluye el análisis de las ideas previas de los estudiantes, cinco actividades de enseñanza-aprendizaje y una actividad final en la que se evalúa el alcance de competencias a lo largo de la aplicación de la propuesta.

Se trabajó con 28 estudiantes, con rango de edades entre los 15 y 18 años, entre hombres y mujeres de educación secundaria. Luego de aplicada la unidad didáctica los autores manifiestan encontrar diferencias en lo que se refiere al objeto de estudio, según los autores los estudiantes demuestran hacer uso de conceptos explicativos cercanos a los de naturaleza corpuscular de la materia, unión química para hablar de interacción entre partículas, y aunque en repetidas oportunidades no los utilizan de manera adecuada, demuestran la necesidad de incluirlos en sus discursos, a modo de concepto explicativo preferente.

Treagust, Chandrasegaran, Crowley, Yung, Cheong Y Othman.(2009) desarrollaron una investigación que consiste en una evaluación a estudiantes sobre la comprensión de la teoría cinética de partículas, enfocada a la teoría de los estados de la materia, cambio de estado y de difusión, con el objetivo de obtener información adecuada que pueda ayudar a los profesores de los países participantes (estudiantes de secundaria de: Brunei, Hong Kong y Singapore) para diagnosticar en los estudiantes inadecuadas concepciones, así como para evaluar la coherencia en la comprensión de los estudiantes en tres categorías concepto clave en relación con la teoría cinética corpuscular a saber, el espacio intermolecular en los sólidos, líquidos y gases, cambios de estado y las fuerzas intermoleculares y la difusión en los líquidos y gases.

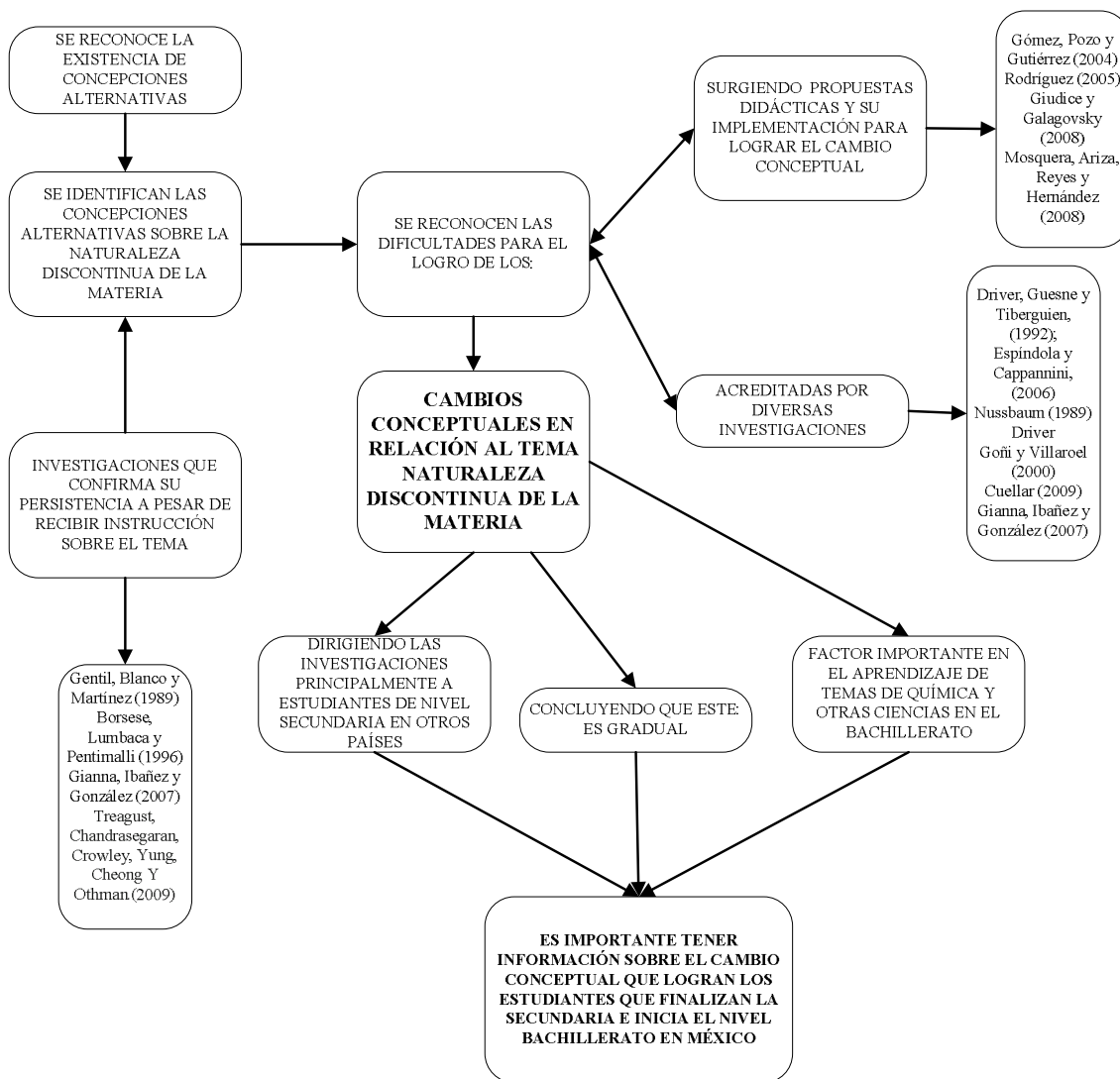
La información obtenida por los maestros como un resultado del uso de estos elementos facilitarán las medidas adecuadas que deben tomarse por ellos, durante la

enseñanza en clase para hacer frente a cualquier otra concepción alternativa pueda ser utilizada por los estudiantes. El instrumento utilizado para la investigación consistió en un cuestionario que contaba con 11 preguntas de opción múltiple. Se desprende de las conclusiones de este estudio que la cuestión de la naturaleza de las partículas sigue presentando problemas a los estudiantes, independientemente del sistema de educación en el que aprende y se enseña.

Por lo tanto, es necesario volver a examinar estos conceptos en diferentes niveles educativos, con el fin de reforzar los estudiantes la comprensión mediante la utilización de estrategias de enseñanza. Más importante aún, los profesores deben estar familiarizados con la manera en que los estudiantes desarrollan la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia.

Puede observarse en estas investigaciones comentadas, que los primeros trabajos se concentraron en identificar las concepciones alternativas, en este caso sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, proporcionando esta información herramientas a la didáctica de las ciencias para rediseñar y plantear los currículos de forma más adecuada para tratar el tema, ubicándolo dentro de los temas que se cubren en el nivel secundaria. Esta razón justifica que la mayoría de las investigaciones realizadas posteriormente se dirijan hacia alumnos de 12 a 15 años, período en el que habitualmente se inicia el estudio de la Química con temas sobre la estructura de la materia (Pozo, et al 1991).

Se observa después una etapa en la que se los investigadores se preocuparon por diseñar diversas propuestas didácticas enfocadas a lograr el cambio conceptual en relación con el tema de la naturaleza discontinua de la materia, dirigidas principalmente a estudiantes de secundaria, como se muestra en la Figura 5.



*Figura 5:* Investigaciones relacionadas con el cambio conceptual sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia

Los resultados de las investigaciones presentadas hasta el momento parecen mostrar que existen datos contradictorios respecto a si la instrucción modifica las ideas de los alumnos sobre la naturaleza de la materia, acercándolas a las concepciones científicas, y en general, apoyándose en los resultados se podría afirmar que no existen diferencias importantes entre los alumnos que han recibido instrucción y los que no lo han hecho. Esto es un dato relevante a considerar en el momento de planificar los futuros currículos de

Ciencias, ya que no parece que el deseado cambio conceptual pueda lograrse en un número limitado de sesiones, sino que parece ser un cambio a largo plazo, y en el cual se involucran otras cuestiones que no han sido muy tomadas en cuenta hasta el momento como las actitudes y la motivación.

Básicamente la investigación se ha centrado primeramente en averiguar cuál es la visión que tienen los alumnos sobre la estructura de la materia: ¿materia continua o discontinua?, en los casos de una visión discontinua: ¿explican las características desde un punto de vista científico? permitiendo conocer: ¿hasta qué punto comprende el alumno la discontinuidad de la materia?

Es en esta parte donde se detecta la necesidad de obtener una importante información, la evaluación del entendimiento conceptual logrados por los estudiantes que inician el nivel bachillerato en torno a la naturaleza discontinua de la materia, pues como se ha comentado a lo largo de esta fundamentación, es un tema de gran relevancia para la comprensión de diversos temas que se cubren en la química de bachillerato y en otras ciencias.

El contar con una información más cercana a lo que los estudiantes de este país, México, han asumido sobre el tema puede ser una herramienta muy valiosa para analizar la efectividad de las medidas tomadas hasta el momento. Una investigación que proporcione información sobre el entendimiento conceptual que manifiestan los estudiantes cuando inician el bachillerato, sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, puede ayudar a los docentes de este nivel a replantear los temas, estrategias y medidas al respecto para tratar de mejorar los resultados mostrados hasta ahora en relación al aprendizaje de la química, pues a cuatro décadas de haber iniciado los trabajos en torno a la crisis de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, el país sigue padeciendo este problema.



Identificar y reconocer las deficiencias de los estudiantes al iniciar sus estudios de bachillerato, así como tomar medidas adecuadas, puede contribuir a obtener mejores resultados en temas subsecuentes al de la naturaleza discontinua de la materia que son abordados en ese nivel, debido a que actualmente los índices de reprobación en el área de química siguen ocupando los primeros lugares a nivel nacional, junto con otras áreas de las ciencias. Además, las actitudes de los estudiantes hacia esta rama de la ciencia siguen siendo negativas, cada vez menos estudiantes se inclinan por el estudio de estas asignaturas.

En este capítulo se presentaron las características de las concepciones alternativas sobre las que se hace necesario un cambio conceptual, que a su vez se manifestará en el entendimiento conceptual del que se habla en el planteamiento del problema. Estas concepciones alternativas se han identificado como uno de los principales factores que tienen influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. También se ha analizado la relación y ubicación de las concepciones alternativas en las teorías del aprendizaje utilizadas en la actualidad, que son las teorías de la reestructuración: teoría de la Gestalt, teoría de la equilibración de Piaget, teoría asociacionista de Vygotsky y el aprendizaje significativo de Ausubel.

De acuerdo a las teorías del aprendizaje, actualmente se establece como objetivo de la educación el cambio conceptual o reestructuración de las concepciones alternativas de los estudiantes por los verdaderos conocimientos científicos, proceso para el cual algunos autores como Vosniadou, Chi y Piaget establecen a la vez, teorías sobre el cambio conceptual basadas en los supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales en los que se basan los conocimientos científicos distintos estos de los que generan las concepciones alternas. Estas teorías han sido analizadas en esta parte de la investigación, para mostrar la dificultad y características de este proceso, el cambio conceptual.

Se resaltó en este capítulo la importancia del tema de la naturaleza discontinua de la materia en los currículos de secundaria y bachillerato para el área de la química y otras ciencias. Se comentaron las dificultades encontradas para lograr el cambio conceptual de las concepciones alternativas que los estudiantes manifiestan constantemente, en relación a este tema, inclusive después de haber recibido instrucción, en el caso de este estudio, después de haber recibido una enseñanza sobre el tema, en la secundaria.

Por último se comentaron las investigaciones que se han hecho, encontrando que la mayoría de estas se han dirigido a estudiantes de nivel secundaria, en otros países, resaltando la relevancia de la investigación que aquí se presenta, la cual se dirige a estudiantes que inician sus estudios de bachillerato en este país, México. Pocas han sido las investigaciones que se han preocupado por analizar el cambio conceptual que se ha logrado en los estudiantes que finalizan la secundaria en el tema de la naturaleza discontinua de la materia, no se reconoce el entendimiento conceptual con el que los estudiantes llegan al bachillerato y la relación que puede tener en los problemas de aprendizaje para la química de este nivel educativo.

### 3. Metodología

En este capítulo se presentan los aspectos metodológicos de la investigación. Se expone la perspectiva metodológica que se adoptó, se describe la selección y características de la población que participó en esta investigación, la estrategia seguida para la indagación de la información perseguida. También se comentará sobre el instrumento utilizado para la recolección de datos y cómo se aplicó. Se describirá la manera en que se implementó la prueba piloto y la interpretación dada a la información obtenida, la forma en que se realizó el análisis, la validez, confiabilidad y la interpretación de los datos para responder a la pregunta de investigación planteada.

#### *3.1 Método de investigación*

El eje central de esta investigación está enfocado a las variables cambio conceptual y concepciones alternativas sobre la naturaleza discontinua de la materia, que se han descrito a lo largo de este estudio.

Los instrumentos de recolección de datos que aquí se utilizaron, pusieron de manifiesto las concepciones alternativas que los estudiantes mantienen, después de haber recibido instrucción respecto al tema de la naturaleza discontinua de la materia, permitiendo, a través de estos resultados y a la luz del marco teórico que sustenta esta investigación, determinar el nivel de entendimiento conceptual con el que los estudiantes inician el bachillerato.

Para este propósito se abordó el método de investigación cuantitativo. Sus características, señaladas por Hernández, Fernández y Baptista, (2006) lo indicaron como el

más apropiado para la investigación que se presenta, ya que en este tipo de investigación se sigue un procedimiento claramente definido, siguiendo planteamientos específicos.

En la investigación cuantitativa se miden variables o conceptos, la recolección de datos se fundamenta en la medición que se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica, transformando los datos en valores numéricos que se analizarán por medio de estadística. Este método permite fragmentar los datos en partes para responder al planteamiento del problema, que se pueden interpretar a la luz de las hipótesis y de estudios previos. El método cuantitativo permite generalizar resultados encontrados en una muestra a un universo o población, situación que se pretende en esta investigación. Además, los estudios realizados desde esta perspectiva, pueden replicarse (Hernández et al. 2006).

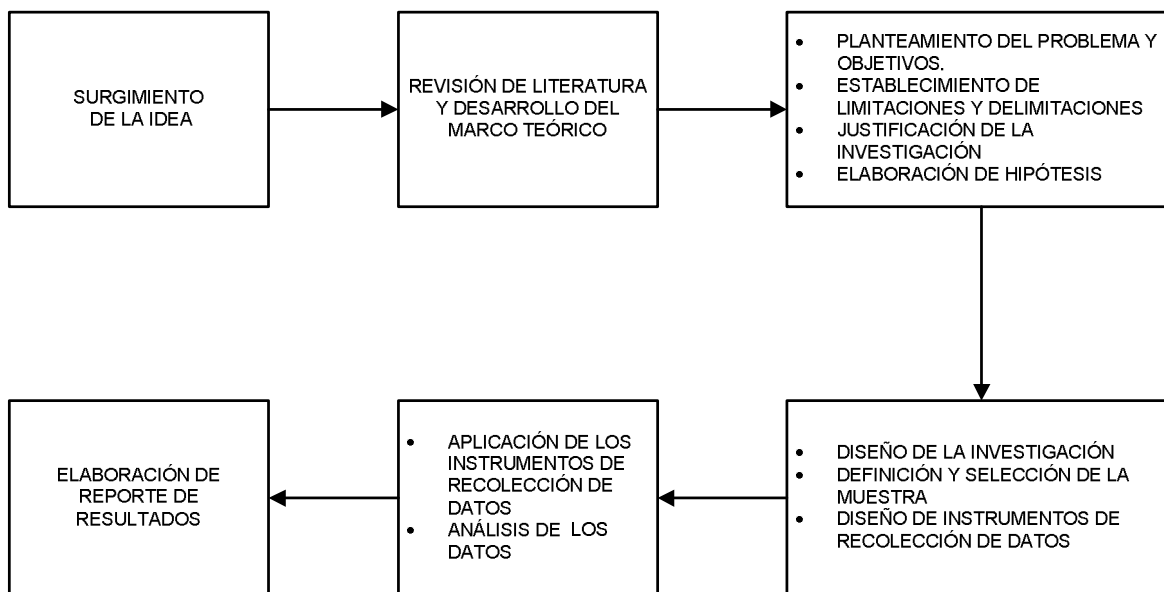


Figura 6. Fases de la investigación nivel de entendimiento conceptual que manifiestan los estudiantes que inician el bachillerato en relación a la naturaleza discontinua de la materia.

En la Figura 6 se muestra el proceso de esta investigación, desde su nacimiento hasta su conclusión, siguiendo el esquema cuantitativo. Como se observa, lo primero fue el surgimiento de la idea, posteriormente se llevó a cabo la revisión de la literatura para indagar sobre lo que se ha hecho en relación al tema de la investigación elegido, además se desarrolló el marco teórico. Posteriormente, se estableció la justificación de la investigación, planteamiento del problema y declaración de los objetivos que se persiguen, se reconocieron las limitaciones y delimitaciones de la misma, también se enunció la hipótesis.

Partiendo de los datos anteriores, el siguiente paso fue planear el diseño de la investigación, definiendo la forma en que se procedió para llegar a contestar la pregunta planteada. Después se definió y seleccionó la muestra, se diseñaron los instrumentos a utilizar para recolectar los datos. Se especificó primero la forma en que se pretendía realizar la prueba piloto, la aplicación de los instrumentos y la forma en que se planeó analizar los datos obtenidos. Para finalizar, se planeó y desarrolló el reporte de los resultados y de esta forma establecer las conclusiones.

La investigación que aquí se realizó, no involucró un experimento, ha sido una investigación no experimental cuantitativa, que se realizó sin manipular deliberadamente variables, se observaron fenómenos tal como se dieron en su contexto natural y posteriormente, se analizaron (Hernández et al. 2006). Es decir, en este estudio no se construyó ninguna situación, sino que se observó las existentes: los alumnos que participaron en esta investigación ya habían recibido instrucción sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia en el nivel secundaria, con el propósito de lograr el cambio conceptual. Aquí se buscó identificar los cambios conceptuales con los que los

estudiantes llegan al bachillerato, sin ser posible controlarlos, no se pudo intervenir en la instrucción que ellos ya habían recibido.

### *3.2 Población y muestra*

La pregunta de esta investigación: ¿Cuál es nivel de entendimiento conceptual sobre la naturaleza discontinua de la materia, que los estudiantes manifiestan cuando ingresan al primer semestre de bachillerato?, indica que los estudiantes que inician el bachillerato, constituyen el grupo de personas sobre los que se recolectarán los datos. La unidad de análisis de esta investigación, queda definida entonces por estudiantes (hombres y mujeres) que inician el bachillerato.

La población con la que se realizó el estudio se conformó por 452 estudiantes que ingresaron a una escuela de nivel medio superior, ubicada al sur del Estado de México. Los alumnos que ingresan a este colegio constituyen una población que puede proporcionar la información necesaria para dar solución al problema planteado, ya que la escuela es de bachillerato, es un colegio público, los estudiantes provienen de diferentes instituciones de educación media básica, formando una población con diversidad de características.

De acuerdo al tipo de investigación y al número de estudiantes de la población, se procedió a seleccionar la muestra. Las muestras probabilísticas son recomendables en los diseños de investigación transversales correlacionales, donde se pretende hacer estimaciones de variables en la población. Estas variables se miden y se analizan con pruebas estadísticas en una muestra, donde se supone que ésta es probabilística y todos los elementos de la población tienen una misma probabilidad de ser elegidos. Las unidades o elementos muestrales tendrán valores muy parecidos a los de la población, de manera que

las mediciones en el subconjunto nos darán estimados precisos del conjunto mayor (Hernández et al. 2006, p. 243).

Calculando el tamaño de la muestra a través de las fórmulas propuestas por Hernández et al. (2006), para esta investigación se sugirió una muestra de 212 estudiantes que ingresan al bachillerato, considerando 0.015% de error y 99% de confianza. De la población, se seleccionaron 6 grupos que oscilaban entre 39 y 43 estudiantes cada uno, contando con un total de 250 estudiantes, de los cuales, tres instrumentos fueron invalidados debido a que no fueron contestados en su totalidad. Finalmente, la muestra que participó quedó conformada por 247 estudiantes.

### *3.3 Temas, categorías e indicadores de estudio*

El tema de esta investigación se relaciona con el nivel de entendimiento conceptual que manifiestan los estudiantes que ingresan al bachillerato en relación a la naturaleza discontinua de la materia. La pregunta de investigación se estableció de la forma: ¿Cuál es nivel de entendimiento conceptual sobre la naturaleza discontinua de la materia, que los estudiantes manifiestan cuando ingresan al primer semestre de bachillerato?

El entendimiento conceptual en esta investigación se logra a través del cambio conceptual de concepciones alternativas de los estudiantes en relación al tema tratado. Entonces los constructos que surgen del tema y pregunta de investigación son el entendimiento conceptual y la naturaleza discontinua de la materia.

El entendimiento conceptual en esta investigación es enfocado como un cambio conceptual, el cual constituye aquí una temática enfocada al tratamiento educativo, referido a las modificaciones en los esquemas que rigen los aprendizajes. La definición de cambio conceptual en el contexto del presente trabajo, asumió el significado como cambio de ideas

previas, la resistencia de las concepciones alternativas a ser transformadas, el cambio de una estructura por otra, de una teoría implícita por otra explícita y más avanzada (Pozo et al., 1991)

La variable entendimiento conceptual se midió al identificar las concepciones alternativas que manifestaron los estudiantes sobre el tema. El indicador para esta variable lo constituyen entonces, dichas concepciones alternativas manifestadas por los alumnos. Las concepciones alternativas en este estudio se refirieron a las explicaciones construidas por el estudiante basadas en la experiencia sobre los fenómenos y objetos naturales, las cuales le permiten entender su entorno y actuar de forma apropiada. El término “alternativa” establece una distinción con las concepciones científicas (Trinidad y Garritz, 2003).

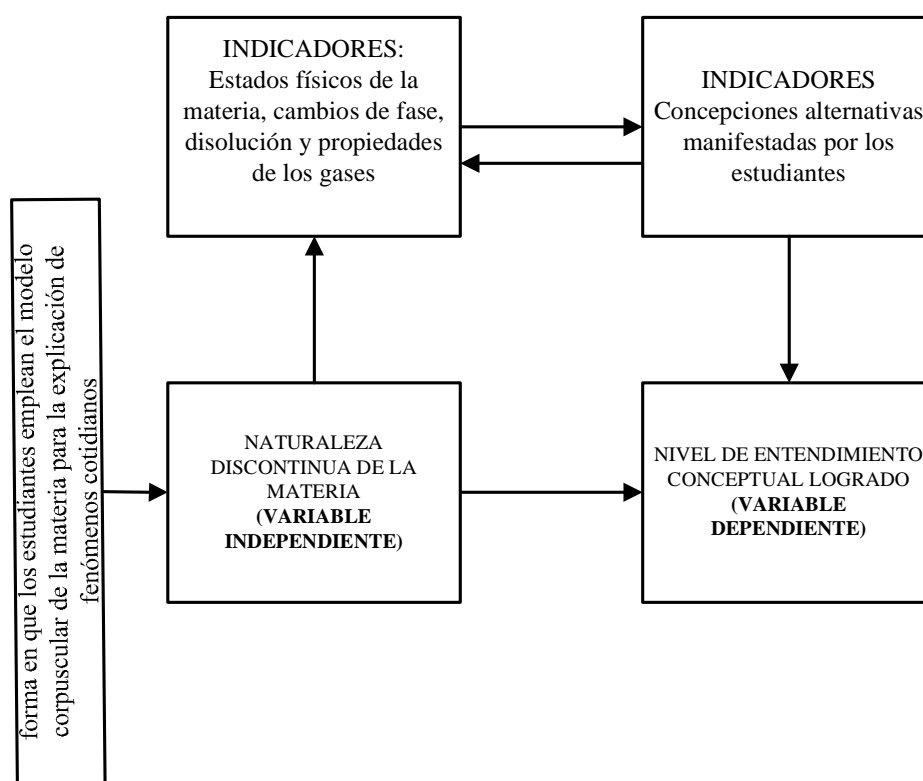
La segunda variable es la naturaleza discontinua de la materia, que para efectos de este trabajo utilizó la descripción siguiente:

La materia, desde el punto de vista científico, tiene una naturaleza corpuscular y discontinua, está formada por partículas que pueden moverse, unirse o combinarse unas con otras, no existiendo absolutamente nada entre ellas, lo que implica la noción de vacío. Estas ideas resultan fundamentales a la hora de describir la estructura de la materia y en toda explicación causal de cualquier fenómeno que implique un cambio en ella (Pozo et al., 1991, p. 107).

Los indicadores para la segunda variable han sido los temas: Estados físicos de la materia, cambios de fase, disolución, difusión y compresión de los gases. Otro indicador para esta variable es la forma en que los estudiantes emplean el modelo corpuscular de la materia para la explicación de fenómenos cotidianos. Entorno a estos indicadores se diseñaron los instrumentos para la recolección de la información.



La relación entre las variables e indicadores de esta investigación se describe en la Figura 7. Cómo se observa la variable independiente es el tema de la naturaleza discontinua de la materia. La variable dependiente será el nivel de entendimiento conceptual. Los indicadores de la variable independiente son los aspectos: estados físicos, cambios de fase, disolución y propiedades de los gases. Los indicadores para la variable dependiente serán las concepciones alternativas que manifiesten los estudiantes, respecto a estos aspectos.



*Figura 7.* Relación entre la variable dependiente e independiente de la investigación.

La investigación aquí planteada se desarrolló entonces a través de un diseño transversal correlacional, es en el que se describen relaciones entre dos o más categorías,

conceptos o variables en un momento determinado en términos correlacionales (Hernández et al. 2006).

### *3.4 Técnicas de recolección de datos*

Según el método y diseño de esta investigación, se aplicó a los participantes un cuestionario de preguntas abiertas, que se conformó de preguntas tomadas de instrumentos, que ya han sido validados y utilizados en otras investigaciones (Gentil, Blanco y Martínez, 1989; Cuellar, 2009; Pozo y Gómez, 2001; Pozo et al., 1991). Algunas preguntas se transcribieron, otras se cambiaron al diseño de preguntas abiertas.

Se eligieron preguntas abiertas porque proporcionan información más amplia, son adecuadas cuando se pretende profundizar una opinión o motivo de comportamiento (Hernández et al., 2006). Cuando se contesta una pregunta abierta, se plasman procedimientos, se expresan ideas, se justifica con argumentos, reflexiones, razonamientos. A través de una respuesta de pregunta abierta el evaluador aprecia de manera detallada el recorrido en la construcción de los conocimientos, y no únicamente el resultado de dicha construcción (Pimienta, 2008).

Esta investigación, dirigida a identificar el entendimiento conceptual, requería de información sobre el razonamiento de los estudiantes al tratar de explicar los fenómenos presentados, manifestando su nivel de entendimiento conceptual y permitiendo observar cómo aplican el modelo corpuscular de la materia para explicar dichos fenómenos. Con este propósito, las preguntas que se utilizaron están relacionadas con las concepciones alternativas que los estudiantes tienen sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, además estarán dirigidas a indagar sobre el razonamiento que el estudiante emplea para la respuesta, y no con la memorización.

Las preguntas del cuestionario se enfocan a los indicadores de la variable independiente: Estados físicos de la materia, cambios de fase, estructura de la materia, difusión de los gases y la disolución, aplicados a fenómenos cotidianos. Al solicitar el argumento de los estudiantes, se obtuvieron los indicadores de la variable dependiente.

El cuestionario que se aplicó se muestra en el Apéndice B, las preguntas están estructuradas sobre situaciones cotidianas. Las preguntas 1, 3, 8 y 11 se relacionan con los cambios de fase, están enfocadas a indagar sobre las ideas previas de los estudiantes sobre los cambios de estado de la materia y la forma en que aplican el modelo cinético molecular para explicar estos fenómenos. Las preguntas 2, 4, se relacionan con los estados físicos de la materia, sólido líquido y gas, pretenden indagar si los estudiantes conciben los espacios vacíos en los diferentes estados. Las preguntas 6 y 7 son para indagar concepciones y razonamiento acerca de la disolución. Las preguntas 5, 9, 10 y 12 se dirigen a indagar el razonamiento de los estudiantes sobre las propiedades de los gases, como la compresión, presión y el efecto que sufre por el cambio de temperatura.

En el Apéndice C se muestra la hoja que se proporcionó a los estudiantes para que plasmaran sus respuestas.

### *3.5 Prueba piloto*

La prueba piloto consiste en administrar el instrumento a personas con características semejantes a las de la muestra que participará en la investigación, con el propósito de poner a prueba el instrumento de medición, las condiciones de aplicación y los procedimientos involucrados (Hernández et al., 2006).

Hernández et al. (2006) recomienda que para muestras de 300 o más participantes, la prueba piloto se aplique un grupo entre 30 y 60 personas. En este caso, la muestra constaba de 247 alumnos, por lo que la prueba piloto se aplicó a un grupo de 35 estudiantes del mismo colegio donde se llevó a cabo la investigación, pero que no pertenecen a la muestra seleccionada. La prueba sirvió para analizar si las instrucciones se comprendían y si las preguntas funcionaban de manera adecuada, se evaluó el lenguaje y la redacción, observando al aplicar la prueba, que no se requería de modificaciones, los estudiantes no manifestaron dudas.

Los resultados de la prueba piloto se utilizaron para calcular la confiabilidad del instrumento de medición, que Lafourcade (1971) define como una estimación del grado de consistencia o constancia entre repetidas mediciones efectuadas a los sujetos con el mismo instrumento. El grado de confiabilidad del cuestionario aplicado se calculó mediante la fórmula de Kuder-Richardson:

$$r = \left( \frac{k}{k-1} \right) * \left( 1 - \frac{m(k-m)}{ks^2} \right)$$

Dónde:

r = coeficiente de confiabilidad

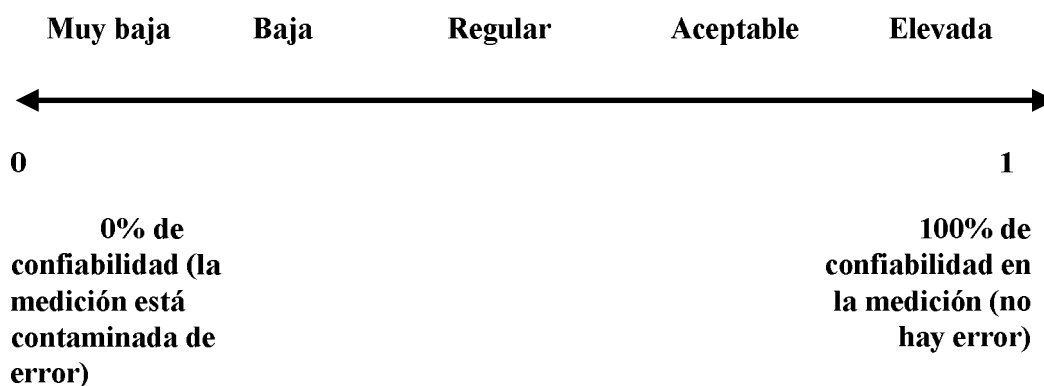
k = número de ítems de la prueba

m = media

s = desviación estándar.

Para la interpretación del resultado obtenido se apeló a los rangos de confiabilidad según indica Hernández et al., (2006), ilustrados en la Figura 8. El valor de la confiabilidad oscila entre 0 y 1. Un coeficiente de cero significa nula confiabilidad y uno representa un

máximo de confiabilidad. El instrumento aplicado a los estudiantes obtuvo un valor de 0.64, según la Figura 8, se considera como una magnitud de confiabilidad aceptable.



*Figura 8.* Interpretación de un coeficiente de confiabilidad (Hernández et al., 2006, p. 289)

Las preguntas del cuestionario aplicado fueron tomadas de instrumentos ya validados, por lo que se tomó como referencia este antecedente para su validación, que según Sabino (1997, p. 72) es la “correspondencia del instrumento con su respectivo contexto teórico basado en la necesidad de discernimiento y juicios independientes entre expertos”.

En el Apéndice D se muestra la carta de consentimiento informado, para el Director del colegio dónde se realizó la investigación, a través de la cual otorgó la autorización para aplicar el instrumento de recolección de datos y permitió a la autora de esta investigación utilizar la información obtenida únicamente para los fines aquí establecidos.

### *3.6 Aplicación de instrumentos*

Una vez revisados y validados los instrumentos de recolección de datos, se auto administraron a los alumnos participantes. Esto significa que el cuestionario se proporcionó

directamente a los estudiantes, quienes lo contestaron personalmente, no hubo intermediarios y las respuestas las escribieron ellos (Hernández et al., 2006).

La autora de esta investigación abordó a los estudiantes en su salón de clases, les explicó la finalidad de la aplicación del instrumento, se dieron indicaciones generales y se estableció un tiempo prudente (de 30 a 40 minutos), que se determinó después de la prueba piloto, para que contestaran.

Las indicaciones generales que se dieron fueron respecto a la forma de responder el cuestionario, independientemente de que se encontraran incluidas en el cuadernillo, haciéndoles énfasis en que leyeran detenidamente cada cuestionamiento, reflexionaran y contestaran, sin olvidar colocar los argumentos de sus respuestas. También se les recordó no hacer anotaciones en el cuadernillo de preguntas, escribir sólo en la hoja que se diseñó para las respuestas. Se les pidió que al concluir entregaran el cuadernillo de preguntas y su hoja de respuestas a la investigadora.

La investigadora asistió a los participantes durante la sesión, verificando que el cuestionario se contestara en su totalidad, agradeciendo al final a los estudiantes por su colaboración.

### *3.7 Captura y análisis de datos*

Después de implementar el cuestionario a la muestra participante, la investigadora se dio a la tarea de leer las respuestas obtenidas para proceder a codificar y representar los resultados finales, como lo recomienda Hernández et al. (2006), para los cuestionarios de preguntas abiertas.

El procedimiento consistió en encontrar y darles un código a los patrones generales de respuesta y de razonamiento, dirigidos hacia los indicadores de las variables

establecidas: las concepciones alternativas que los estudiantes manifiestan en torno a los estados físicos de la materia, cambios de fase, estructura de la materia, características de los gases y la disolución.

Una vez definidos estos códigos, utilizando el programa Microsoft Excel se tabularon las respuestas y razonamientos de los estudiantes, para cada pregunta. A partir de esta tabulación y con este mismo programa, se construyeron tablas de contingencia. Estas tablas permitieron identificar las concepciones alternativas y razonamientos que predominan en los estudiantes que participaron en la investigación.

De las tablas de contingencia se construyeron tablas de porcentaje y gráficas, a través de ellas se procedió a realizar el análisis de los resultados obtenidos, observando las respuestas que predominan y los razonamientos utilizados para la explicación de los fenómenos planteados. A partir de estos cálculos y análisis la investigadora utilizó dichas herramientas para presentar y discutir los resultados en relación al cuerpo teórico que sustenta este estudio.

A lo largo de estas líneas se definió el método que se ha seguido para llegar a responder la pregunta de investigación: el método cuantitativo no experimental, transversal-correlacional, ya que se han utilizado métodos estandarizados y se pretende generalizar datos. En esta investigación se observaron los datos existentes, no se construyó un experimento. Las variables que se estudiaron son el entendimiento conceptual (variable dependiente) y la naturaleza discontinua de la materia (variable independiente), se estableció entre ellas una relación transversal-correlacional. Se definió un cuestionario de preguntas abiertas como instrumento de recolección de datos, que permitió a la investigadora profundizar en el razonamiento de los estudiantes al elegir cierta respuesta para la explicación de los fenómenos presentados en el cuestionario. Antes de aplicarlo a la

muestra de 247 estudiantes, se aplicó una prueba piloto, que permitió identificar la funcionalidad del cuestionario, determinar su confiabilidad y validez. Se planteó también la forma en que se capturaron y analizaron los datos que resultaron de la aplicación del instrumento.



## **4. Análisis de Resultados**

En este capítulo se presenta la información obtenida a través del cuestionario aplicado a los estudiantes participantes en la investigación, así como el análisis para la interpretación de los datos obtenidos a la luz del marco teórico que la sustenta, apoyándose para esto en tablas y figuras que surgieron de los datos obtenidos y agrupando de acuerdo a los indicadores de las variables ya establecidas y descritas. Con esta información la investigadora llegará a la respuesta de la pregunta de investigación.

### *4.1 Presentación de resultados*

El cuestionario aplicado a los estudiantes, que se muestra en el Apéndice B, recolectó la información requerida para obtener las concepciones alternativas, sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, que los estudiantes manifiestan al terminar la secundaria e iniciar sus estudios de bachillerato. A la vez, el cuestionario permitió conocer el razonamiento que los estudiantes siguen para elegir determinada respuesta y explicar los fenómenos planteados.

Los fenómenos que se presentaron al estudiante, a través del cuestionario, se enfocan a: los estados físicos de la materia, cambios de fase, disolución y características de los gases. Los resultados entonces se mostrarán agrupados según estos indicadores. La muestra total se conformó de 247 estudiantes, provenientes de 5 grupos de 45 alumnos.

#### *4.1.1 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes sobre la teoría de los estados físicos de la materia: sólido y gas.*

En ese apartado se mostrarán los resultados de las preguntas 2 y 4, del cuestionario aplicado (Apéndice B), que se relacionan con los estados físicos: sólido y gas de la materia. Pretenden indagar qué porcentaje de la muestra reconoce los espacios vacíos en la materia, qué razonamientos siguen para argumentar sus respuestas y de esta manera, identificar el nivel de entendimiento conceptual logrado por los estudiantes después de haber recibido instrucción en la secundaria.

La pregunta 2 está referida a los gases, al pedir a los estudiantes describir lo que hay entre las partículas de gas helio dentro de un globo, se obtuvieron respuestas y razonamientos como las siguientes: “Otros gases. Pues el helio se compone de otros gases, se tiene que llenar el globo para que pueda inflarse y elevarse”. “Más Helio. Porque se necesita llenar completamente el globo, sino no se elevaría”. “Nada. Porque las partículas de helio se separan hacia las paredes del globo, para impulsarlo y elevarlo”. “Solo helio. No puede haber otros gases ni aire, porque se llenó de helio y esta es la sustancia que hace que se eleve el globo”. “Otros gases. Porque la inflarlo entran otros gases como el aire, para poder llenar todo el globo y que se pueda elevar”. “Solo helio. Las partículas se expanden en las paredes del globo para que se eleve”.

Observe que sus argumentos sólo se basan en explicaciones macroscópicas, no recurren a explicaciones microscópicas. Estas respuestas y razonamientos se categorizaron como se muestran en la Tabla 1, donde se observa que sólo el 1% concibe la idea de espacios vacíos entre las partículas de los gases, responde y argumenta de manera correcta, que entre las partículas de un gas hay vacío, las partículas se dispersan por todo el globo.

El 19% menciona la existencia de otros gases entre las partículas de helio con las que se llenan todos los espacios. El 28% menciona que sólo hay partículas de helio, hasta llenar todos los espacios. Un 29% responde que hay aire entre las partículas de helio, debido a que esto es lo que hay en la atmósfera. Un 5% responde de manera correcta, pero al argumentar, se contradice diciendo que no hay nada, ni espacios vacíos, sólo partículas de helio.

Tabla 1

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 2 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento		Respuestas					Total
		Aire A	Mas Helio He	Nada N	Otros gases OG	Otra respuesta OR	
Los espacios vacíos se llenan con otros gases	<b>EVLLOG</b>	1%	0%	0%	19%	0%	20%
Mas helio, entre las partículas no puede haber otra sustancia ni vacío, no hay espacio para otra sustancia.	<b>NEL</b>	0%	28%	5%	1%	0%	34%
No hay vacío entre partículas, hay aire porque es lo que hay en la atmósfera.	<b>NVA</b>	29%	4%	0%	2%	0%	35%
Entre las partículas de un gas hay vacío, se dispersan por todo el globo	<b>PGD</b>	0%	1%	0%	0%	0%	1%
Otro razonamiento	<b>OA</b>	2%	2%	0%	2%	2%	9%
	<b>Total</b>	32%	35%	6%	25%	2%	100%

En la Tabla 2 se encuentran los resultados de los argumentos y respuestas erróneas más mencionados. De 50 alumnos que argumentaron diciendo que los espacios vacíos se llenan con otros gases, el 96% menciona la respuesta de otros gases, como el oxígeno, principalmente, el 4% que otros gases que se encuentran en el aire. De 84 estudiantes que argumentan que entre las partículas de helio sólo hay más partículas de helio hasta llenar todos los espacios, el 81% respondió que sólo hay helio y el 15% que nada. 87 estudiantes

argumentan que entre las partículas del gas helio dentro del globo hay aire, porque es lo que se tiene en la atmósfera, un 82% respondió que hay aire, un 11% que más helio y un 7% que otros gases. De los 247 estudiantes de la muestra, 221 se inclinaron por estas respuestas y argumentos erróneos.

Tabla 2.

*Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 2 (Datos recabados por la autora)*

	Aire	Mas Helio	Nada	Otros gases	Otra respuesta	No. de alumnos que eligieron la opción
Los espacios vacíos se llenan con otros gases	4%	0%	0%	96%	0%	50
Mas helio, entre las partículas no puede haber otra sustancia ni vacío, no hay espacio para otra sustancia	0%	81%	15%	4%	0%	84
No hay vacío entre partículas, hay aire porque es lo que hay en la atmósfera	82%	11%	0%	7%	0%	87
<b>Total de alumnos que eligieron la opción</b>						<b>221</b>

La pregunta 4 del cuestionario (Apéndice B) se enfoca a indagar si los estudiantes conciben los espacios vacíos en los sólidos. La pregunta hace referencia a las partículas que componen una placa de cobre. Al preguntarles ¿Qué hay entre las partículas de cobre?, los estudiantes mencionaron respuestas como las siguientes:

“Otro metal. Porque el cobre está compuesto con otros metales”. “Nada. Solo es metal cobre, es un sólido, sus partículas están compactas”. “Habrá más cobre, porque está compuesto de cobre y no de otro metal”. “Nada. Porque las moléculas en los sólidos se compactan, no hay espacio para nada más”. “Habrá más cobre, al ser una placa de puro cobre solo tiene que haber cobre, sus partícula está compactas, juntas”. “Otro metal.

Porque al ser una placa metálica debe haber otras sustancias para que esté compacto y que tenga firmeza, deben estar sus partículas totalmente juntas”. “Hay otras partículas de metales. Las partículas tienen que irse juntando hasta no dejar espacio para nada, para que puedan darle forma a la placa metálica”. “Más cobre, porque es un sólido y los sólidos están comprimidos”.

Tabla 3

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 4 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento	Respuestas					Otra respuesta OR	Total
	Mas cobre MC	Otro metal OM	Aire A	Nada N			
Entre las partículas de un sólido hay pequeños vacíos	EV	0%	0%	0%	1%	0%	1%
No hay vacío entre partículas, hay aire porque es lo que hay en la atmósfera	AEV	0%	0%	4%	0%	0%	4%
Solo hay cobre u otros metales, las partículas de los sólidos están muy juntas, no hay espacios libres para otra sustancia	PJ	40%	33%	0%	13%	0%	86%
Otro razonamiento	OA	0%	4%	0%	0%	4%	9%
	<b>Total</b>	40%	38%	4%	14%	4%	100%

En estos argumentos si se observan algunas explicaciones microscópicas. Las respuestas y razonamientos para esta pregunta se categorizaron como se muestra en la Tabla 3. Los datos indican que del total de la muestra, solo el 1% concibe la idea de espacios vacíos entre las partículas de los sólidos al responder y argumentar de manera correcta. Un 40% responde que sólo puede haber cobre, un 33% que se encuentran partículas de otros metales. Este 77% argumenta comentando que las partículas en los sólidos están muy juntas, sin espacios vacíos. Un 4% concibe que haya aire entre las partículas de los sólidos. Un 13% responde de manera correcta, pero al argumentar se

confunde, declarando que las partículas están muy juntas en los sólidos, por lo que no hay nada.

En la Figura 9 se muestra los porcentajes de las respuestas incorrectas mencionadas con mayor frecuencia, con el argumento más declarado por los estudiantes. De los 247 estudiantes que participaron, 214 eligieron estas respuestas, el 47% menciona que hay más cobre, 38% que hay otros metales y el 15% que nada. Todos ellos mencionaron el argumento de que las partículas de los sólidos están juntas, sin espacios vacíos.

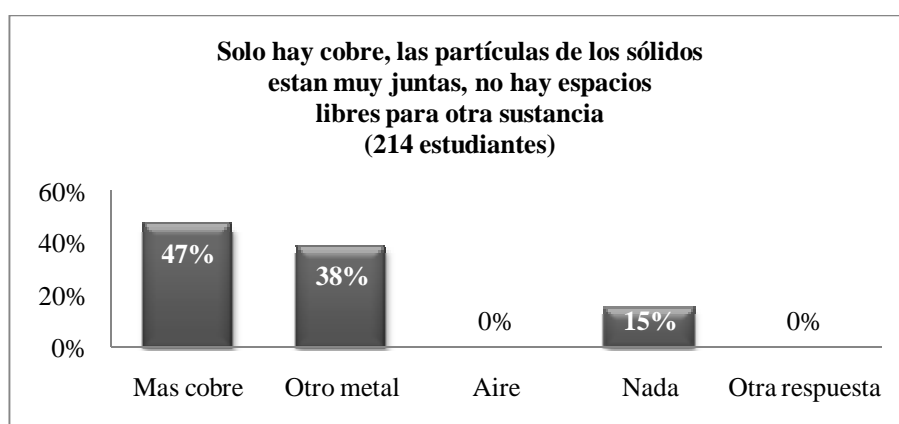


Figura 9. Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor mención, pregunta 4 (Datos recabados por la autora).

#### 4.1.2 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes acerca de los cambios de fase.

Las preguntas 1, 3, 8 y 11 están dirigidas a indagar acerca de las ideas previas de los estudiantes sobre los cambios de fase. También se pretende indagar la forma en la que aplican los alumnos el modelo cinético molecular para explicar fenómenos cotidianos, relacionados con los cambios de fase de las sustancias.

En la pregunta 1 se cuestiona a los estudiantes sobre el volumen que ocupará una cierta cantidad de líquido convertida en vapor, encontrando respuestas y argumentos como

los siguientes: “La parte alta del recipiente. Porque el agua cuando se calienta se convierte en vapor, desapareciendo el agua y como el vapor vuela pues se va a la parte alta del recipiente”. “Solo la parte alta del recipiente, porque al hervir se hace vapor, ya no pesa, empieza a flotar hasta que queda arriba, la tapa lo detiene”. “Solo la parte alta. Porque el agua conforme se convierte en vapor se eleva, quedando en la parte alta del recipiente”. “Todo el espacio. Las moléculas están dispersas cuando se convierten en vapor y llena todo el recipiente”. “Todo el recipiente. Porque se hace vapor y estas moléculas se hinchan, ocupando todo el recipiente”. En estas respuestas predominan las explicaciones macroscópicas, los estudiantes recurren muy poco a los argumentos microscópicos.

Tabla 4

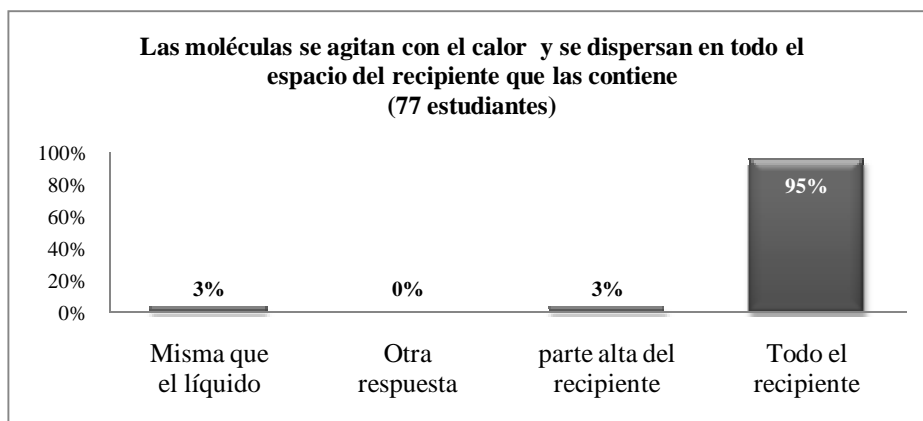
*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 1 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento		Respuestas				Total
		Misma que el líquido ML	Otra respuesta OR	parte alta del recipiente PA	Todo el recipiente TR	
La materia no se pierde, se conserva.	<b>CCM</b>	14%	0%	0%	0%	14%
Las moléculas se agitan con el calor y se dispersan en el espacio del recipiente que las contiene.	<b>MGD</b>	1%	0%	1%	30%	31%
Las moléculas del vapor son ligeras, suben y ocupan la parte alta del recipiente.	<b>MVLS</b>	2%	0%	34%	2%	38%
Otro razonamiento.	<b>OA</b>	4%	5%	2%	5%	17%
	<b>Total</b>	21%	5%	37%	37%	100%

Las principales respuestas y argumentos que mencionaron los estudiantes encuestados, se clasificaron en las categorías que se observan en la Tabla 4, donde se muestra que el 30% responde acertadamente, a la vez que utilizan el modelo cinético molecular para argumentar. Las ideas que más se mencionan es en la que creen que las

moléculas al convertirse en gas se vuelven ligeras, tendiendo a subir y ocupar sólo la parte alta del recipiente, un 34% hace referencia a esto. Un 14% considera la idea de la conservación de la materia, pero no utiliza el modelo cinético molecular para argumentar, tampoco contesta en forma apropiada.

En la Figura 10 se presentan los resultados obtenidos para la respuesta correcta, señalando que de 77 estudiantes que argumentaron correctamente, el 95% responde también de forma acertada, encontrando total consistencia entre pregunta y argumento.



*Figura 10.* Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 1 (Datos recabados por la autora).

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos para las respuestas y argumentos incorrectos de mayor incidencia en esta pregunta. De 35 estudiantes que argumentan con la ley de la conservación de la materia, el 97% responde que el vapor ocupa el mismo volumen que el del líquido y el 3% que ocupa todo el recipiente. De 94 estudiantes que argumentan que las moléculas del vapor son más ligeras que las del líquido, el 6% responde que el vapor ocupa el mismo volumen que el del líquido, el 89% responde que ocupa solo



la parte alta del recipiente y el 4% que todo el recipiente. 129 estudiantes mencionan estas respuestas y argumentos.

Tabla 5

*Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 1 (Datos recabados por la autora)*

<b>Razonamiento</b>	<b>Misma que el líquido</b>	<b>Otra respuesta</b>	<b>Respuestas</b>		<b>Alumnos que eligieron la opción</b>
			<b>parte alta del recipiente</b>	<b>Todo el recipiente</b>	
La materia no se pierde, se conserva	97%	0%	0%	3%	35
Las moléculas del vapor son ligeras, suben y ocupan la parte alta del recipiente	6%	0%	89%	4%	94
Total de alumnos que eligieron estas respuestas y razonamientos					<b>129</b>

Con la pregunta 3 se cuestiona a los estudiantes también sobre las características de las moléculas al pasar de estado líquido a gaseoso, ahora en relación a su peso. Al responder a esta pregunta, los estudiantes plasmaron respuestas como: “Disminuirá. Porque el alcohol pesará un poco y cuando se evapora, ya no pesa. “Sigue siendo la misma masa, porque el líquido no salió, solo se transformó, la cantidad sigue siendo la misma”. “El peso disminuye. Porque al evaporarse sus moléculas estás dispersas, son más livianas, ligeras”. “Aumentará el peso. Porque el alcohol primero está líquido, y al convertirse en gas aumenta la cantidad y entonces pesará más”. “La misma. No importa si está caliente o frío, la cantidad de materia no cambia”. “Disminuye. El vapor pesa menos, el alcohol líquido pesa más”. “Disminuirá. Porque dice que se convierte en vapor y el vapor no pesa”.

Las categorías asignadas para esta pregunta se muestran en la Tabla 6. Los resultados indican que el 26% considera que los gases pesan menos, el 40% contestó y argumentó de manera correcta, el peso es el mismo, sólo hay un cambio de estado. Un 14%

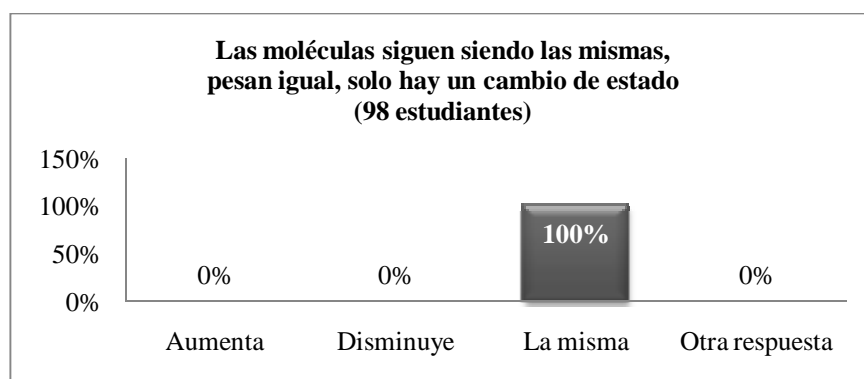
comenta que disminuye la cantidad de partículas, disminuyendo el volumen y un 7% que aumenta la cantidad de partículas al pasar al estado gaseoso, aumentando el peso.

Tabla 6

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 3 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento		Respuestas				Total
		Aumenta A	Disminuye D	La misma M	Otra respuesta OR	
Los gases pesan menos.	<b>GPM</b>	0%	32%	0%	0%	33%
Las moléculas siguen siendo las mismas, pesan igual, solo hay un cambio de estado.	<b>MP</b>	0%	0%	40%	0%	40%
Disminuye la cantidad de partículas, se pierden al convertirse en gas.	<b>DCP</b>	0%	14%	0%	0%	14%
Aumenta la cantidad de partículas.	<b>ACP</b>	7%	0%	0%	0%	7%
Otro razonamiento.	<b>OA</b>	1%	2%	2%	2%	6%
	<b>Total</b>	8%	48%	42%	2%	100%

En la Figura 11 se muestran los resultados de la respuesta correcta. De 98 estudiantes que argumentaron que no se pierde cantidad de materia, sólo cambia de estado, el 100% respondió que el peso es el mismo.



*Figura 11. Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 3 (Datos recabados por la autora).*

En los resultados para la respuesta incorrecta de mayor incidencia, el peso disminuye al pasar de estado líquido a gaseoso, se observa que de 81 estudiantes que la mencionan el 99% argumenta que los gases pesan menos, son más ligeros. Esto se ilustra en la Figura 12.

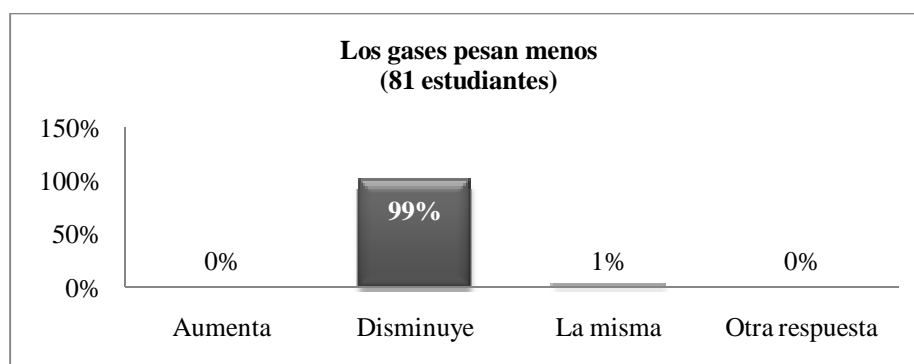


Figura 12. Resultados registrados para la respuesta incorrecta de mayor incidencia, pregunta 3 (Datos recabados por la autora).

La pregunta 8 cuestiona a los estudiantes acerca de lo que sucede con las partículas de una sustancia al pasar de estado gaseoso a sólido, encontrando respuestas como las siguientes: “Sigue siendo la misma sustancia, pero distinta cantidad. Porque cuando algo se evapora disminuye su cantidad”. “Nueva sustancia. Cambió de estado, ahora es una nueva sustancia”. “Sigue siendo la misma sustancia y cantidad. Sólo cambió de estado material”. “Sigue siendo la misma sustancia pero una distinta cantidad, porque el vapor es agua y al meterse al refri se convierte a hielo y el hielo es más pesado”. “Se transformó en una nueva sustancia. Por la temperatura se convirtió en hielo, que es más pesado”.

En la Tabla 7 se muestran las categorías establecidas para las respuestas y argumentos que mencionaron para esta pregunta los estudiantes encuestados. El 38% responde y argumenta de forma correcta, es la misma sustancia y misma cantidad, sólo hay un cambio de estado. El 9% responde que el hielo es una nueva sustancia, pero argumenta

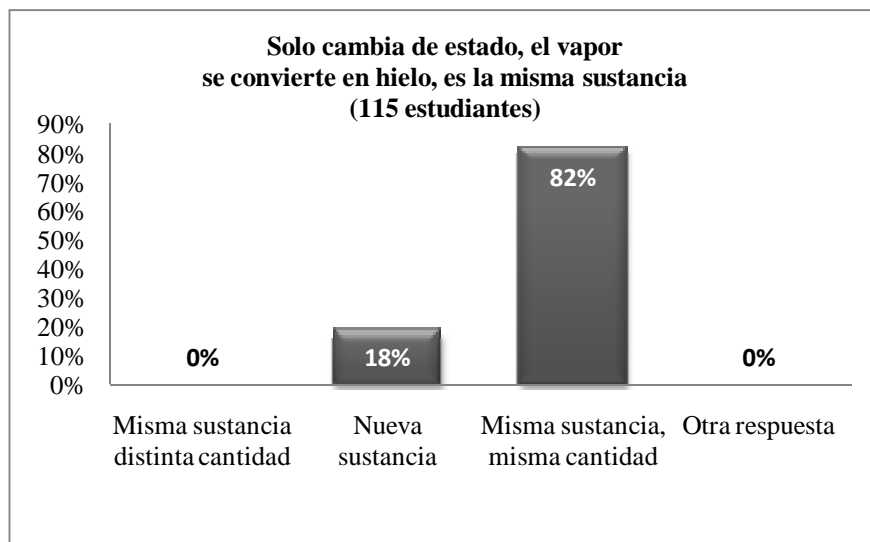
de forma correcta. El 29% responde que se forma una nueva sustancia y argumenta que el vapor y el hielo son sustancias distintas. Un 19% reconoce que es la misma sustancia, pero diferente cantidad, argumentando que el hielo es más pesado que el vapor.

Tabla 7

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 8 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento		Respuestas				Total
		Misma sustancia distinta cantidad	Nueva sustancia	Misma sustancia, misma cantidad	Otra respuesta	
		MSD	NS	MSI	OR	
El vapor y el hielo son distintas sustancias.	<b>VyHD</b>	1%	29%	0%	0%	30%
Solo cambia de estado, el vapor se convierte en hielo, es la misma sustancia.	<b>CVS</b>	0%	9%	38%	0%	47%
Es la misma sustancia, pero el hielo es más pesado.	<b>HPM</b>	19%	0%	0%	0%	19%
Otro razonamiento.	<b>OA</b>	0%	1%	0%	3%	4%
	<b>Total</b>	20%	38%	38%	3%	100%

En la Figura 13 se muestran los resultados que se obtuvieron respecto a la pregunta correcta. De la muestra total, 115 argumentaron adecuadamente, de los cuáles el 82% respondió correctamente y el 18% respondió que se forma una nueva sustancia, mostrando estas últimas inconsistencias entre respuesta y argumento.



*Figura 13.* Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 8 (Datos recabados por la autora).

La Tabla 8 muestra los resultados que se obtuvieron para las respuestas incorrectas de mayor incidencia, se observa que de 74 estudiantes el 96% responden que se forma una nueva sustancia y argumentando que el hielo y el vapor son sustancias distintas, de 48 estudiantes el 98% responde que es la misma sustancia pero diferente cantidad, explicando que el hielo y el vapor son la misma sustancia, pero que el hielo es más pesado que el vapor.

Tabla 8.

*Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 8 (Datos recabados por la autora)*

	Misma sustancia distinta cantidad	Nueva sustancia	Misma sustancia, misma cantidad	Otra respuesta	Alumnos que eligieron la opción
El vapor y el hielo son distintas sustancias	4%	96%	0%	0%	74
Es la misma sustancia, pero el hielo es más pesado	98%	2%	0%	0%	48
<b>Total de estudiantes</b>					<b>122</b>

Con la pregunta 11 se busca obtener información acerca de la forma en que los estudiantes establecen diferencias entre el estado líquido y gas de una misma sustancia, si los estudiantes aplican de forma espontánea la naturaleza corpuscular de la materia para sus argumentos.

Algunas de las respuestas dadas por los encuestados son: “Uno tiene agua líquida, otro tiene vapor de agua, en el líquido las partículas están más juntas, en el vapor más separadas, por esta razón pesa más el líquido, pues hay más partículas”. “Es la misma sustancia. El agua está en partículas juntas, el vapor sus partículas están dispersas, por lo que se tiene menos cantidad de vapor”. “Porque uno tiene vapor y el otro agua. El vapor es como humo y no pesa”. “El vapor es más liviano”. “El vapor es como el aire, no pesa, el agua líquida si pesa”. “Por la masa que contiene cada frasco. Porque el vapor es más ligero y pesa menos y el agua no es ligera es pesada y por eso en el dibujo de la balanza el agua pesa más”. “Porque uno es gaseoso y el otro líquido. El gaseoso no pesa y el líquido sí”.

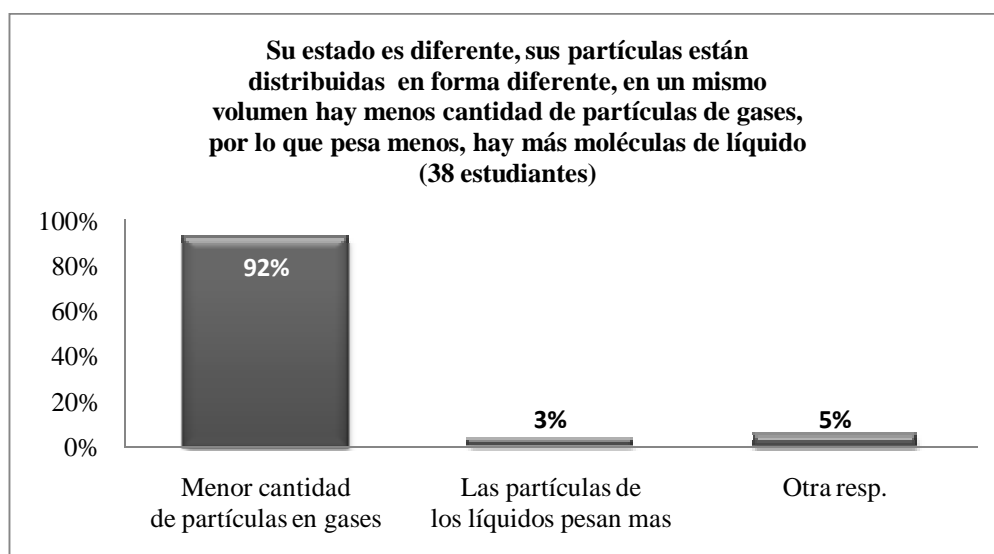
Tabla 9

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 11 (Datos recabados por la autora)*

<b>Razonamiento</b>	<b>Respuestas</b>			<b>Total</b>	
	<b>Menor cantidad de partículas en gases mCPG</b>	<b>Las partículas de los líquidos pesan mas PLPM</b>	<b>Otra respuesta OR</b>		
Su estado es diferente, sus partículas están distribuidas en forma diferente, en un mismo volumen hay menos cantidad de partículas de gases, por lo que pesa menos, hay más moléculas de líquido.	<b>DCM</b>	14%	0%	1%	15%
Las moléculas de un gas son ligeras, pesan menos que el agua, por eso el agua es más pesada.	<b>MGL</b>	0%	81%	0%	81%
Otro razonamiento	<b>OA</b>	0%	0%	3%	3%
	<b>Total</b>	14%	82%	4%	100%

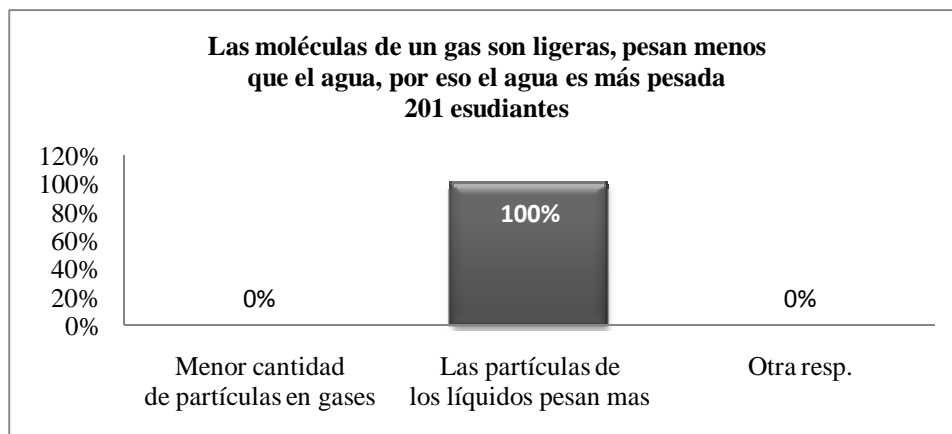
Observe como los estudiantes asignan únicamente propiedades macroscópicas al fenómeno. Los resultados obtenidos en esta pregunta se asignaron a las categorías que se muestran en la Tabla 9, donde se observa que solo el 14% de la muestra responde y argumenta en forma correcta, mientras que el 81% considera que las partículas de una misma sustancia son más ligeras en estado gaseoso.

En la Figura 14, se muestran los resultados obtenidos para el argumento correcto, indicando que de 38 estudiantes que argumentan en forma apropiada, el 92% elige la respuesta correcta y el 3% respuesta incorrecta.



*Figura 14.* Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 11 (Datos recabados por la autora).

En la Figura 15, se representa los resultados obtenidos para la respuesta incorrecta más mencionada. El 100% de 201 estudiantes responden que las partículas de los líquidos pesan más que las de los gases, argumentan que los gases son más ligeros, pesan menos.



*Figura 15.* Resultados registrados para la respuesta incorrecta, pregunta 11 (Datos recabados por la autora).

#### *4.1.3 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes acerca de la disolución.*

Para obtener información sobre las concepciones y razonamientos de los estudiantes acerca de la disolución, se implementaron las preguntas 6 y 7 del cuestionario (Apéndice B).

En la pregunta 6, se hace un planteamiento para indagar en los estudiantes sobre la forma en que explican lo que sucede con el peso de un sólido al disolverse en un líquido, encontrando entre las respuestas y argumentos ideas como las siguientes: “Más de 55gramos. Pues porque el peso del agua y el peso de la sal, después de disolver pesa más”. “50gramos. Porque la sal pierde su peso al disolverse en el agua.”. “50gramos. La sal es liviana y una vez disuelta en el agua aún más”. “Entre 50 y 55gramos. Porque es el peso del agua, y la sal al disolverse puede disminuir su peso”. “50gramos, el peso será de 50 gramos ya que la sal se disolvió y no pesa”.



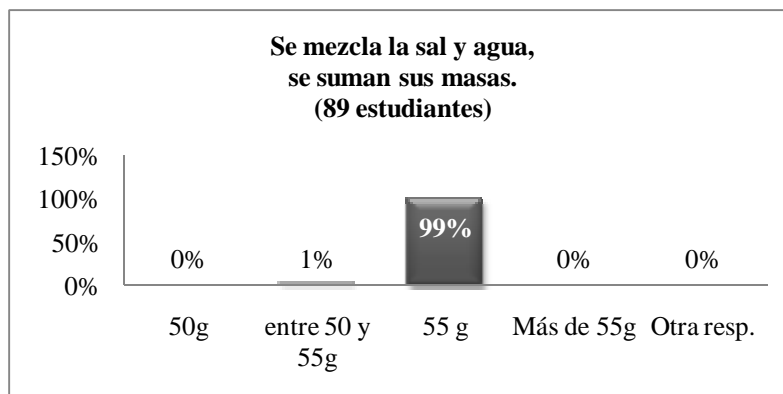
Las respuestas obtenidas se clasificaron en las categorías indicadas en la Tabla 10. Un 36% aplica la ley de la conservación de la materia para contestar y explicar de forma correcta esta situación planteada, pero un 30% contestó que la sal, al disolverse en el agua disminuye su peso, y un 23% definitivamente comenta que la sal no pesa cuando se disuelve.

Tabla 10

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 6 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento		Respuestas					Total
		50g	entre 50 y 55g	55 g	Más de 55g	Otra respuesta	
		Cg	CCg	Sg	MS	OR	
La sal pesa menos en el agua.	<b>PSDA</b>	0%	30%	0%	0%	0%	30%
Se mezcla la sal y agua, se suman sus masas. El peso de la mezcla aumenta, la sal la hace pesada.	<b>SM</b>	0%	0%	36%	0%	0%	36%
La sal no pesa al disolverse en el agua.	<b>PSAA</b>	0%	1%	0%	7%	0%	8%
Otro razonamiento.	<b>SNPA</b>	23%	1%	0%	0%	0%	24%
	<b>OA</b>	1%	0%	0%	0%	1%	2%
	<b>Total</b>	24%	32%	36%	7%	1%	100%

De 89 estudiantes que argumentaron en forma correcta, el 99% responde acertadamente, el peso de la mezcla debe ser 55 gramos, hay una clara consistencia entre sus respuestas y argumentos. Esto se ilustra en la Figura 16.



*Figura 16.* Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 6 (Datos recabados por la autora).

Para las respuestas incorrectas de mayor incidencia, 74 estudiantes consideran que la sal pesa menos al disolverse en el agua, el 100% respondió que el peso resultante será entre 50 y 55g. Otro argumento frecuente es el que considera que la sal pierde su peso al disolverla en el agua, de 59 estudiantes que repiten este argumento el 97% respondió que el peso de la mezcla será entonces de 50g, considerando solo el del agua. Esto se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

*Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 6 (Datos recabados por la autora)*

	50g	Entre 50 y 55g	55 g	Más de 55g	Otra respuesta	No. de alumnos que eligieron la opción
La sal pesa menos en el agua	0%	100%	0%	0%	0%	74
La sal no pesa al disolverse en el agua	97%	3%	0%	0%	0%	59
<b>Total de alumnos que eligieron estas respuestas y razonamientos</b>						<b>113</b>

En la pregunta 7, se hace un planteamiento para indagar sobre las concepciones y argumentos de los estudiantes para explicar la distribución de las partículas de un sólido al disolverse en un líquido. Algunas de las respuestas manifestadas fueron: “Se concentra en la parte inferior del agua. Porque el peso del azúcar es mayor que el del agua, es un sólido”. “Ya no hay azúcar, porque se disolvió, se desaparece”. “Están ahora dispersas por todo el vaso”.

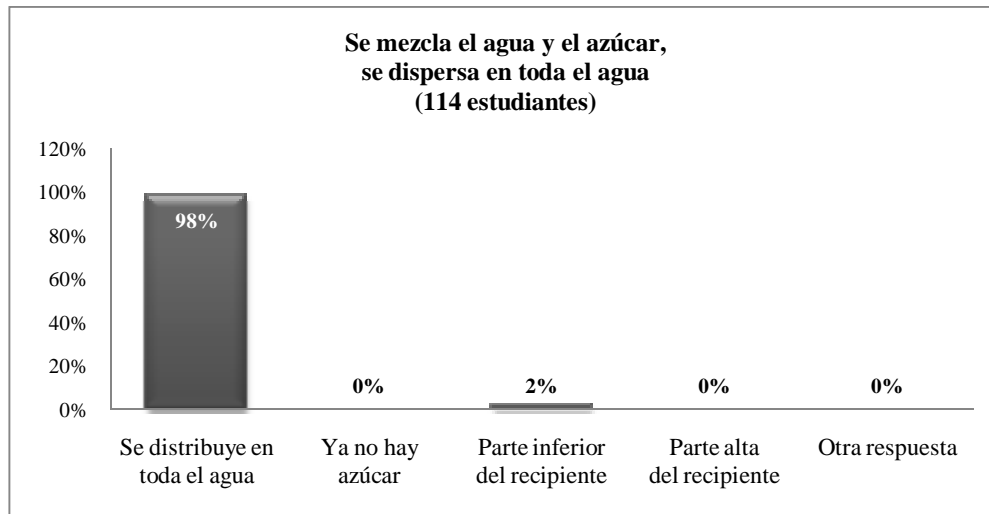
Tabla 12

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 7 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento		Respuestas					Total
		Se distribuye en toda el agua TA	Ya no hay azúcar NA	Parte inferior del recipiente PI	Parte alta del recipiente PA	Otra respuesta OR	
Ya no hay azúcar, se desaparece.	<b>DA</b>	1%	21%	0%	0%	0%	21%
Se mezcla el agua y el azúcar, se dispersa en toda el agua.	<b>MAA</b>	45%	0%	1%	0%	0%	46%
El azúcar es más pesada y se va al fondo del recipiente.	<b>AMP</b>	0%	0%	32%	0%	0%	32%
Otro razonamiento.	<b>OA</b>	0%	0%	0%	0%	0%	1%
	<b>Total</b>	47%	21%	32%	0%	0%	100%

Estas respuestas se clasificaron en las categorías que se indican en la Tabla 12, encontrando que un 45% contestó y argumentó correctamente, pero al igual que en la pregunta 6, considera que el azúcar se deposita en la parte inferior del recipiente, que son partículas más pesadas que las del agua. También se repite en un 21% la respuesta que indica que el azúcar desaparece al disolverse en el agua, atribuyendo propiedades macroscópicas, en lugar de microscópicas.

En la Figura 17 se observa que de 114 estudiantes que argumentaron de manera correcta el 98% contesta bien y sólo el 2% responde de forma incorrecta.



*Figura 17.* Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 7 (Datos recabados por la autora).

En contraste, en la Tabla 13 se presentan los resultados obtenidos para las respuestas y argumentos de mayor incidencia encontrados. De 53 estudiantes que argumentan que desaparece al azúcar al disolverla, el 96% responde “ya no hay azúcar”, encontrando consistencia entre su respuesta y su argumento, el 4% responde “se distribuye en toda el agua”. 78 estudiantes argumentan que el azúcar es más pesada y se va al fondo del recipiente, el 100% de ellos, responden de manera consistente: “el azúcar se deposita en la parte inferior del recipiente”.

Tabla 13.

*Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 7(Datos recabados por la autora)*

	<b>Se distribuye en toda el agua</b>	<b>Ya no hay azúcar</b>	<b>Parte inferior del recipiente</b>	<b>Parte alta del recipiente</b>	<b>Otra respuesta</b>	<b>Alumnos que eligieron la opción</b>
Ya no hay azúcar, se desaparece.	4%	96%	0%	0%	0%	53
El azúcar es más pesada y se va al fondo del recipiente	0%	0%	100%	0%	0%	78
<b>Total de alumnos</b>						<b>113</b>

#### *4.1.4 Concepciones alternativas y razonamientos manifestados por los estudiantes acerca de las características de los gases.*

Para identificar las concepciones de los estudiantes sobre el comportamiento de los gases, se implementaron las preguntas 5, 9, 10 y 12. Se relacionan con el efecto del calor sobre las partículas de un gas, la presión del gas, la dispersión y la compresión, respectivamente.

En la pregunta 9, se les pide a los estudiantes que expliquen por qué las paredes de un globo se vuelven rígidas cuando se les introduce aire, para observar si aplican la teoría cinética molecular de los gases en su argumento, encontrando las siguientes ideas: “Las partículas rellenan todo el espacio. Pues cuando se infla un globo se rellena el espacio con partículas de aire”. “Las partículas del aire se encuentran en las paredes, por lo que no permite que se doblen las paredes del globo”. “Hay otras partículas que llenan todo el espacio y no permiten que las paredes del globo se doblen”. “Las partículas del aire se concentran en las paredes y esto hace que sea rígido”. “Las partículas del aire se hinchan y se expanden con el calor”.

Las respuestas se asignaron a las categorías que se muestran en la Tabla 14. Estas indican que un 21% de la muestra considera que las partículas del aire dentro de un globo, se hinchan, argumentando que de esta forma se rellenan todos los espacios, generando presión en las paredes del globo. Un 28% responde que las partículas de aire se concentran en las paredes del globo, queriendo escapar, haciendo presión en las paredes del globo. Un 21% responde que todo se rellena de aire o de otros gases, argumentando que no hay espacios vacíos, por eso se ponen duras las paredes del globo.

Tabla 14

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 9(Datos recabados por la autora)*

Razonamiento	Respuestas						Otra respuesta	Total
	Partículas hinchadas	Partículas en movimiento constante	Otras partículas que rellenan todo	Todo se rellena de aire	Partículas del aire se concentran en las paredes			
Las partículas del aire se hinchan rellenoando todo el espacio y se hacen duras las paredes.	21%	1%	0%	0%	0%	0%	23%	
Las partículas de los gases están en movimiento constante, llenando todo el espacio.	0%	24%	0%	0%	0%	0%	25%	
Las partículas de los gases se colocan en las paredes del globo, queriendo subir y por eso se ponen duras.	0%	0%	0%	0%	28%	0%	28%	
No hay espacios vacíos, todo está lleno de otros gases o aire, por eso las paredes se ponen duras.	0%	0%	11%	10%	0%	0%	20%	
Otro razonamiento.	0%	0%	0%	0%	0%	4%	4%	
<b>Total</b>	21%	26%	11%	10%	29%	4%	100%	

En este caso, un 24% respondió y argumentó de forma correcta. En la Figura 18 se muestran los resultados respecto a la respuesta correcta obtenidos, indicando que de 61

estudiantes que argumentaron que las partículas están en movimiento constante, el 100% respondió de forma correcta.

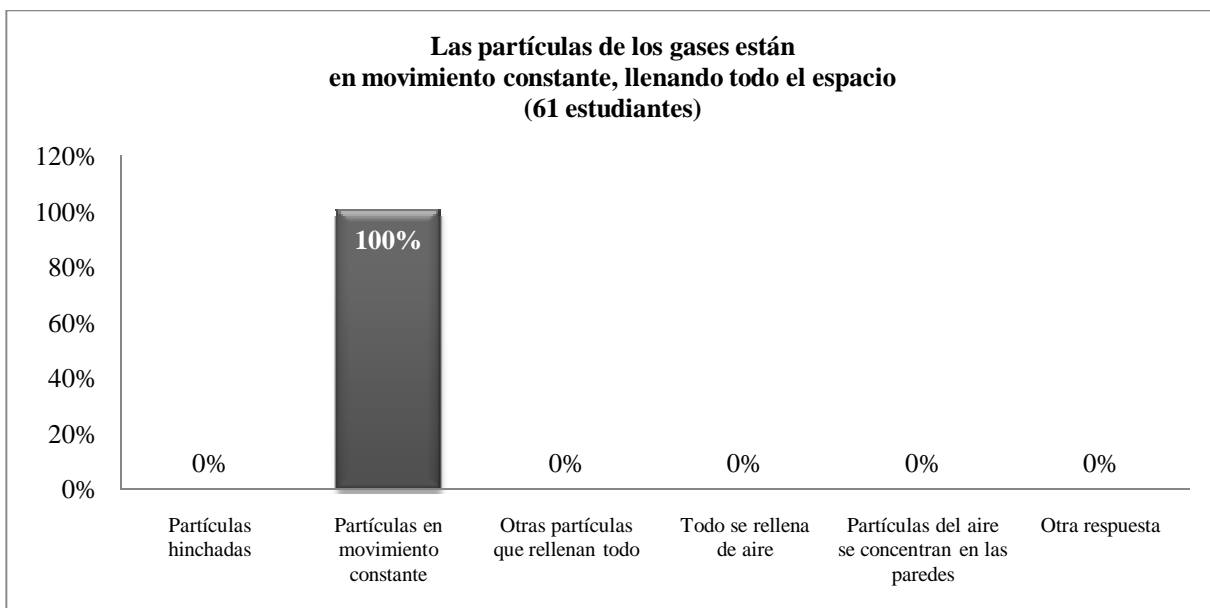


Figura 18. Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 9 (Datos recabados por la autora).

En la Tabla 15 se muestran los resultados de los argumentos y respuestas erróneas más mencionados. De 56 estudiantes que argumentan que las partículas de aire dentro del globo se hinchan, 95% respondió que hay partículas hinchadas. El 100% de 69 responden y argumentan que la presión en las paredes del globo se genera porque las partículas se concentran en las paredes del globo. De 50 estudiantes que argumentan que no hay espacios vacíos entre las partículas de aire, 48% menciona que todo se rellena de aire y 52% que todo se rellena de otras partículas. Las respuestas son consistentes con sus argumentos.

Tabla 15

*Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 9 (Datos recabados por la autora)*

	Partículas hinchadas	Partículas en movimiento constante	Otras partículas que rellenan todo	Todo se rellena de aire	Partículas del aire se concentran en las paredes	Alumnos que eligieron la opción
Las partículas del aire se hinchan rellenoando todo el espacio y se hacen duras las paredes	95%	4%	0%	0%	2%	56
Las partículas de los gases se colocan en las paredes del globo, queriendo subir y por eso se ponen duras las paredes del globo	0%	0%	0%	0%	100%	69
No hay espacios vacíos, todo está lleno de otros gases o aire, por eso las paredes se ponen duras	0%	0%	52%	48%	0%	50
<b>Total de alumnos</b>						<b>175</b>

Con el propósito de indagar las concepciones alternativas y razonamientos de los estudiantes en relación a la difusión de los gases, se implementó en el instrumento de recolección de datos la pregunta 10. Aquí se pide a los estudiantes que expliquen, qué es lo que sucede cuándo se destapa un perfume, cómo es que se percibe el aroma de un perfume en una habitación.

Los resultados de la Tabla 16 muestran las principales respuestas y argumentos que mencionaron los estudiantes. Se observa que un 81% responde en forma correcta, al abrir el perfume se convierte en gas, argumentando también acertadamente al describir que el aroma se mezcla con el aire y se dispersa en toda la habitación. El 11% responde y argumenta que el perfume tiene alcohol, al abrirlo, estas partículas de alcohol son liberadas por medio del aire.

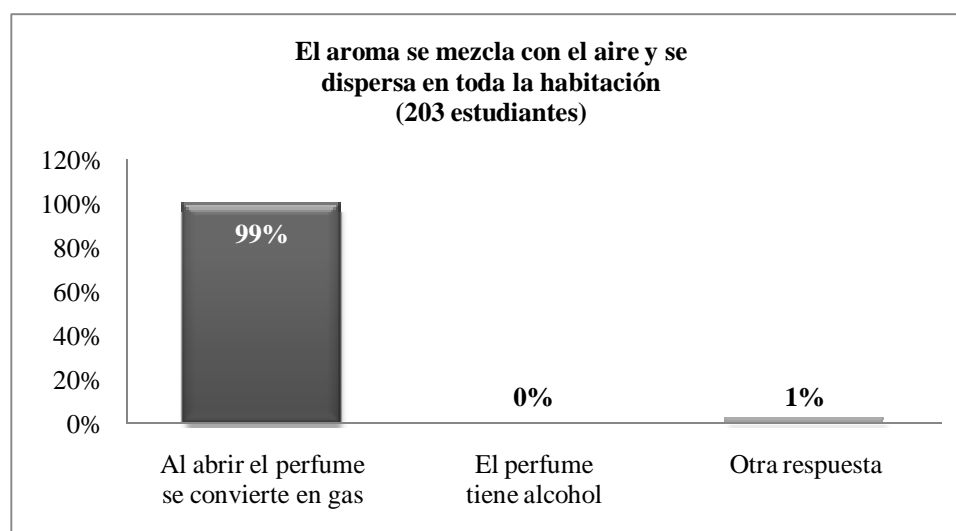


Tabla 16

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 10 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento	Respuestas			Total	
	Al abrir el perfume se convierte en gas CG	El perfume tiene alcohol PA	Otra respuesta OR		
El aroma se mezcla con el aire y se dispersa en toda la habitación	MCAD	81%	0%	1%	82%
Las partículas del alcohol se liberan con el aire	PALA	0%	11%	0%	11%
Otro razonamiento	OA	0%	0%	7%	7%
	<b>Total</b>	81%	11%	8%	100%

A través de la Figura 19 se ilustran los resultados de la pregunta correcta, 203 estudiantes argumentaron que el aroma se mezcla con el aire y se dispersa en toda la habitación, el 99% de ellos contestó de manera coherente, al abrir el perfume se convierte en gas.



*Figura 19. Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 10 (Datos recabados por la autora).*

Para la respuesta incorrecta de mayor selección, se aprecia que de 26 estudiantes que argumentan que las partículas del alcohol se liberan con el aire, el 100% responde de manera coherente, que el perfume tiene alcohol. Esto se ilustra en la Figura 20.

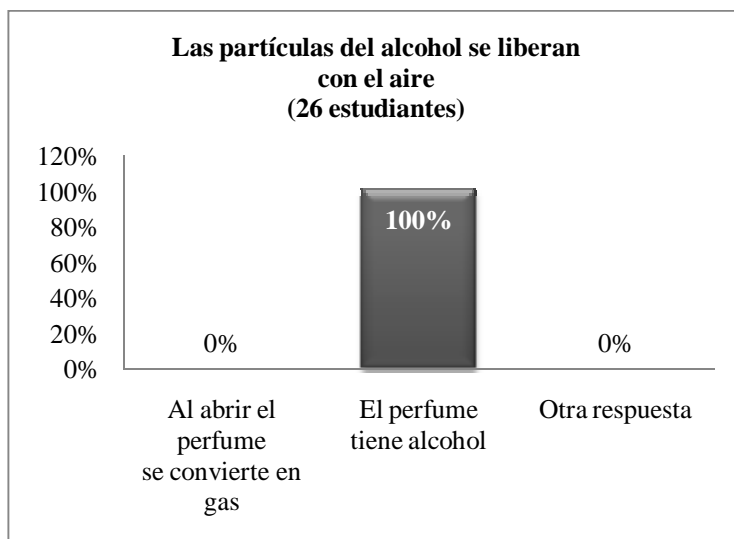


Figura 20. Resultados registrados para la respuesta incorrecta, pregunta10 (Datos recabados por la autora).

La pregunta 12 se dirige a indagar en los estudiantes acerca de sus concepciones y razonamientos sobre la compresión de los gases. Aquí se les pregunta a los estudiantes si se puede obtener agua líquida al comprimir cierta cantidad de vapor de agua. Los datos mostrados en la Tabla 17 indican que el 44% de la muestra contestó de forma afirmativa, pero su argumento no hace referencia a la teoría cinética molecular. Sólo un 17% contestó afirmativamente y argumentó aplicando la teoría cinética molecular. Otro 17% contestó de forma negativa, contradiciendo la teoría cinética molecular con su argumento, atribuye propiedades macroscópicas a las partículas para explicar el fenómeno planteado. Un 12%

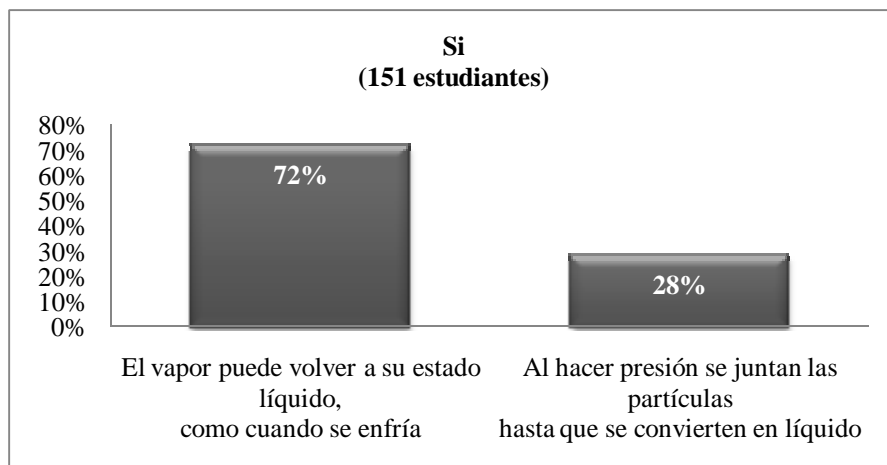
contestó de forma negativa y argumenta que sólo al bajar la temperatura se podría realizar el fenómeno presentado.

Tabla 17

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 12 (Datos recabados por la autora)*

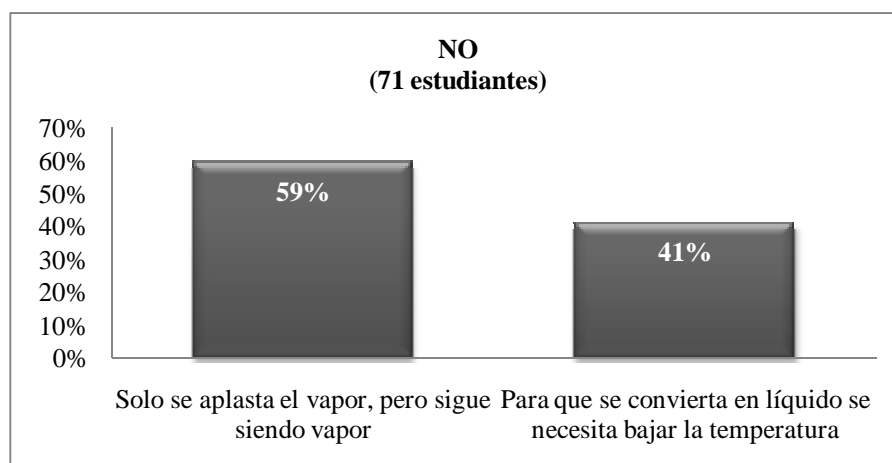
<b>Razonamiento</b>		<b>Respuestas</b>			<b>Total</b>
		<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Otra respuesta</b>	
		<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OR</b>	
El vapor puede volver a su estado líquido, como cuando se enfría.	<b>VVEL</b>	44%	0%	0%	44%
Al hacer presión se juntan las partículas hasta que se convierten en líquido.	<b>JP</b>	17%	0%	0%	17%
Solo se aplasta el vapor, pero sigue siendo vapor.	<b>SAV</b>	0%	17%	0%	17%
Para que se convierta en líquido se necesita bajar la temperatura.	<b>NDT</b>	0%	12%	0%	12%
Otro razonamiento.	<b>OA</b>	3%	2%	5%	10%
	<b>Total</b>	64%	31%	5%	100%

Para la respuesta correcta, se observa que 151 estudiantes la eligieron, de los cuáles el 72% no aplica el modelo cinético molecular, sólo argumenta que el vapor si puede volver a ser líquido cómo cuándo se enfría, pero no relacionan la compresión de los gases. El 28% si argumenta con la teoría cinética molecular, explica que al hacer presión se juntarán las partículas del vapor, hasta convertirlas en líquido. Esto se ilustra en la Figura 21.



*Figura 21.* Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 12 (Datos recabados por la autora).

En la Figura 22, muestra que de 71 estudiantes que eligieron la respuesta incorrecta, el 59% no reconoce la teoría cinética molecular de los gases, mientras que el 41% reconoce que sólo se puede obtener agua líquida al enfriar el vapor, no al ejercer presión sobre él.



*Figura 22.* Resultados registrados para la respuesta incorrecta, pregunta 12 (Datos recabados por la autora).

En la pregunta 5, se les cuestiona a los estudiantes sobre el efecto del calor en las partículas de los gases, se les pide que expliquen por qué las paredes de un balón se vuelven más rígidas después de haber estado expuesto al sol. Un 30% de la muestra contestó de manera correcta, utilizando el modelo cinético molecular en su razonamiento, el resto responde y argumenta con ideas alternativas. Esto se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18

*Respuestas y razonamientos obtenidos de la aplicación del cuestionario, del Apéndice B, pregunta 5 (Datos recabados por la autora)*

Razonamiento		Respuestas					Total
		Más rápido	Partículas se dilatan	Aumenta la cantidad de aire	Nuevas partículas	Otra respuesta	
		MR	PD	AA	NP	OR	
Las partículas de aire dentro del balón, se agitan con el calor, ocupando mayor volumen.	<b>PAC</b>	30%	0%	1%	0%	0%	31%
Las partículas de aire se hinchan con el calor, ocupando mayor volumen.	<b>PIC</b>	2%	29%	1%	0%	0%	33%
Con el calor, aumenta la cantidad de partículas, ocupando mayor volumen.	<b>ACP</b>	0%	0%	14%	0%	0%	14%
Con el calor, se forman nuevas partículas, por eso aumenta el volumen.	<b>FNP</b>	0%	0%	0%	17%	0%	18%
Otro razonamiento.	<b>OA</b>	0%	0%	0%	0%	3%	4%
	<b>Total</b>	32%	30%	17%	18%	3%	100%

Estos son ejemplos de las ideas que plasmaron de forma escrita los estudiantes: “Las partículas se dilatan. Porque al exponerlo al calor del sol ocurre el fenómeno de la dilatación en las partículas del aire”. “Las partículas se mueven más rápido. Con el sol se calientan”. “Las partículas se mueven más rápido. Entre más alta la temperatura, más rápido se mueven las partículas”.

La Figura 23 muestra que de 77 estudiantes que argumentan con el modelo cinético molecular, el 96% responde que las moléculas de gas se mueven más rápido, y el 4% que aumenta la cantidad de aire. Se encuentra entonces consistencia entre respuesta y argumento.

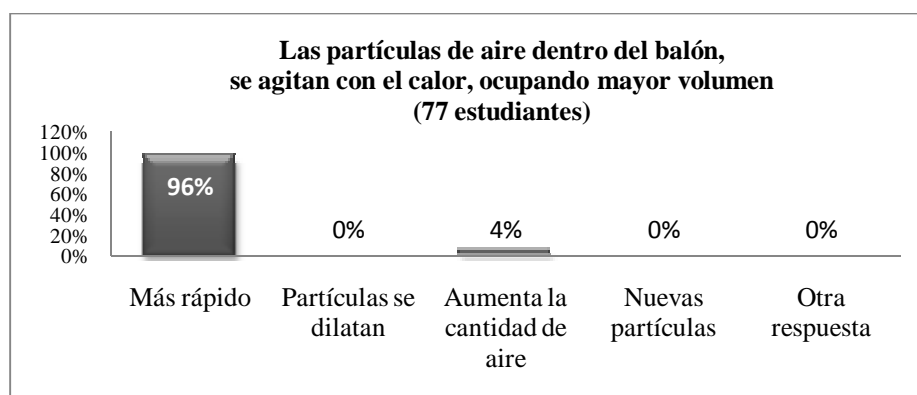


Figura 23. Resultados registrados para la respuesta correcta, pregunta 5 (Datos recabados por la autora).

Las concepciones alternativas que externaron los estudiantes respecto a este fenómeno, se muestran en la Tabla 19, siendo la más fuerte la que considera que las partículas del aire se hinchan por efecto del calor, ocupando mayor volumen.

Tabla 19

Resultados registrados para las respuestas incorrectas de mayor selección, para la pregunta 5 (Datos recabados por la autora)

	Más rápido	Partículas se dilatan	Aumenta la cantidad de aire	Nuevas partículas	Otra respuesta	Alumnos que eligieron la opción
Las partículas de aire se hinchan con el calor, ocupando mayor volumen	6%	89%	4%	1%	0%	81
Con el calor, aumenta la cantidad de partículas, ocupando mayor volumen	0%	3%	97%	0%	0%	35
Con el calor, se forman nuevas partículas, por eso aumenta el volumen	0%	0%	2%	98%	0%	44
<b>Total de alumnos</b>						<b>160</b>

#### *4.2 Análisis e interpretación de los resultados*

Una vez que se han mostrado los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de investigación, procederemos a su análisis, interpretando a la luz de las investigaciones y fundamentos presentados en el marco teórico los niveles de entendimiento conceptual, acerca de la naturaleza discontinua de la materia, que manifestaron los estudiantes a través de los resultados mostrados. También se identificarán las concepciones alternativas, sobre el mismo tema, que predominan en los estudiantes cuando terminan la educación secundaria e inician el bachillerato.

Los niveles de los esquemas explicativos propuestos por Benarroch (2000), en los que se reflejan los esquemas específicos y generales de la cognición de los estudiantes, sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, permitirán ubicar el nivel de entendimiento conceptual en el que se encuentran los estudiantes en el momento que inician el bachillerato. También se tomará como referencia para la interpretación, los cambios conceptuales necesarios para el aprendizaje de la química señalado por Pozo y Gómez (2001).

Al igual que en la presentación de resultados, se procederá al análisis de acuerdo a cada uno de los indicadores establecidos para la variable independiente: los estados físicos de la materia, cambios de fase, disolución y características de los gases.

4.2.1 *Concepciones alternativas y nivel de entendimiento conceptual presentado por los estudiantes acerca de los estados físicos de la materia: sólido y gas.*

Para el caso de los gases, Pozo et al. (1991) señalan como nociones fundamentales que el alumno de Enseñanza Secundaria debe adquirir al concluirla, que en los gases las partículas están muy separadas, en comparación con su tamaño las distancias entre ellas son grandes, están desordenadas, están distribuidas por todo el espacio o recipiente en el que esté contenido el gas.

A partir de los resultados que se mostraron para la pregunta 2 y 4, se construye la Tabla 20, que concentra el porcentaje de estudiantes que concibe la idea de espacios vacíos entre partículas de un gas y de un sólido, después de haber recibido instrucción en la escuela Secundaria, observando que en promedio sólo el 1% manifestó entendimiento conceptual, mientras que el 99% insiste en mantener sus concepciones alternativas.

Tabla 20  
*Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que conciben espacios vacíos respecto a los sólidos y los gases (Datos recabados por la autora)*

<b>Pregunta</b>	<b>Espacios vacíos</b>		<b>Otras respuestas</b>	
	<b>frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
2 ¿Qué hay entre las partículas de un gas?	3	1%	244	99%
4 ¿Qué hay entre las partículas de un sólido?	3	1%	244	99%
<b>Promedio</b>	3	1%	244	99%

Gómez (1996) hace referencia a estas características para estudiantes de secundaria, y se observa con estos resultados, que al iniciar el bachillerato no se manifiestan cambios en sus concepciones respecto a este tema los estudiantes utilizan en muy poca proporción el



modelo corpuscular de la materia, tienden a atribuirles las mismas propiedades que observan en el mundo macroscópico.

Los modelos que predominan en los estudiantes son los que consideran que las partículas de un sólido están muy juntas, que sólo puede haber otras partículas de la misma sustancia u otras distintas, no hay espacios vacíos. Esto confirma lo que comentan Gómez et al. (2004), los sólidos, constituyen para los estudiantes, un estado de la materia totalmente estático, sin huecos, sin vacíos, aunque acepten la “existencia” de partículas que no pueden verse.

Los resultados anteriores indican que los estudiantes aún mantienen un pensamiento concreto, se centra en la realidad, se basa en los objetos que perciben, se encuentra presente desde el punto de vista epistemológico, en las concepciones alternativas, cuando el estudiante asume una posición del realismo ingenuo, según la cual el mundo es como lo percibimos, como se muestra ante nosotros (Pozo y Gómez, 2001).

En lo que respecta a los gases, el modelo que predomina es en el que se menciona que entre las partículas de un gas sólo hay más partículas del mismo gas, hasta llegar a ser un continuo. Los datos obtenidos son similares a los que presentan otros autores en investigaciones de distintos niveles educativos (Gianna et al., 2007; Gentil et al., 1989; Benlloch, 1997). Como comentan Gentil et al. (1989) los alumnos interpretan los fenómenos cotidianos al margen de las teorías, modelos y principios que se estudian en la escuela.

Comparando con los resultados de la investigación realizada por Gianna et al. (2007) se encontró también una concepción predominante de continuidad, menciona que un 54% considera que no hay espacio entre las partículas en sólidos, un 49% considera que el espacio entre partículas de un gas está lleno por otros gases. Sus resultados son muy

elevados en comparación con los que aquí se obtuvieron, pero se debe considerar que en su investigación participaron estudiantes de diversos niveles educativos, desde secundaria hasta licenciatura.

Jiménez et al. (2007) señalan que algunas de las dificultades de los estudiantes para aprender química se relacionan con la resistencia a aceptar el carácter corpuscular de la materia y la existencia de espacio vacío entre las partículas, pues entra en contradicción con su percepción continua de la materia.

Analizando las respuestas y argumentos obtenidos en promedio, para este indicador, se observa que el 99% de los estudiantes conciben la materia de manera continua y estática, no son capaces de traspasar la barrera de lo observable, pero si son capaces de dar un argumento, en donde a pesar de utilizar concepciones alternativas, utilizan términos que hacen referencia a partículas, huecos, espacios vacíos. Esto los ubica en el nivel III, de los que establece Benarroch (2000):

Constituye el primero de la evolución conceptual que implica concepciones corpusculares. En este nivel, ante los cambios en la materia, se dan explicaciones causales, fundamentadas en dos aspectos: las partículas hipotéticas a las que se atribuyen las propiedades percibidas, partículas que se separan o se acercan, que aumentan o disminuyen de tamaño. Los huecos entre partículas llenos de algún contenido de naturaleza etérea. Así, los cambios macroscópicos son explicados acudiendo a fondos de partículas más o menos compactos, con más o menos huecos.

De los cambios que señalan Pozo y Gómez (2001), respecto a los principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales el 99% de los estudiantes reconocen la materia tal como se ve, continua y estática. Sólo reconocen los estados de la materia, pero le atribuyen a las partículas las mismas propiedades del sistema macroscópico al que

pertenecen. Esto se observó de manera clara en sus argumentos, predominaron las explicaciones macroscópicas, muy pocos estudiantes recurren a las explicaciones microscópicas.

#### *4.2.2 Concepciones alternativas y nivel de entendimiento conceptual que manifiestan los estudiantes acerca de los cambios de fase.*

Cuando los estudiantes asumen la idea de discontinuidad de la materia, pueden utilizar el modelo corpuscular para la explicación correcta de fenómenos donde se manifiestan transformaciones de la materia. En este caso, analizaremos las respuestas y razonamientos de los estudiantes cuando se les plantean los fenómenos de las preguntas 1, 3, 8 y 11.

La Tabla 21 muestra que en promedio, el 33% respondió correctamente, reconociendo la idea de conservación de la materia. El fenómeno que mejor interpretaron los estudiantes es el cambio de gas a sólido, un 47% respondió de forma correcta. En los 4 casos, un promedio de 43% recurre a la idea de que las partículas de los gases son más ligeras o que no pesan, que tienden a subir. Esto se hace más notable cuando se cuestiona concretamente a los estudiantes por qué un recipiente lleno de agua líquida es más pesado que otro igual lleno de vapor.

En promedio, respecto a este indicador, los cambios de fase, la mayoría de los estudiantes demuestran, a través de sus argumentos, que atribuyen propiedades macroscópicas a lo microscópico, recurren a lo que pueden percibir, sus explicaciones se basan en el aspecto físico, no recurren al modelo cinético molecular, no reconocen la

naturaleza discontinua de la materia. Estos hallazgos coinciden con las concepciones encontradas por otros autores, en estudiantes de diversas edades y contextos distintos (Benlloch, 1997; Jiménez et al., 2007; Pozo et al. 1991; Pozo y Gómez 2001; Trinidad y Garritz, 2003).

Respecto a los cambios de fase, en promedio el 33% de los estudiantes manifiesta un entendimiento conceptual, mientras que el resto aún mantiene sus concepciones alternativas. Aquí se observa que en promedio, el 67% de los estudiantes no utiliza el modelo cinético de los gases, en consecuencia, no reconocen la naturaleza corpuscular de la materia, pero si argumentan sus respuestas mediante concepciones alternas.

Tabla 21

*Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que consideran que las partículas de los gases son más ligeras (Datos recabados por la autora)*

Pregunta	Respuesta correcta		Respuestas que argumentan que las partículas de gas son más ligeras		Otras respuestas con otros argumentos	
	frecuencia	%	frecuencia	%	frecuencia	%
<b>1</b> ¿Qué volumen ocupará un líquido que se convierte en vapor?	77	31%	94	38%	76	31%
<b>3</b> ¿Qué sucede con la masa de un líquido al convertirlo en gas?	98	40%	80	32%	69	28%
<b>8</b> ¿Qué sucede con una cantidad de agua que se convierte de vapor a sólido?	115	47%	48	19%	84	34%
<b>11</b> ¿Cómo explicas que un recipiente lleno de agua líquida pese más que otro recipiente igual lleno de vapor?	38	15%	201	81%	8	3%
<b>Promedio</b>	<b>82</b>	<b>33%</b>	<b>105.75</b>	<b>43%</b>	<b>59.25</b>	<b>24%</b>

Al igual que sucede con la investigación de Gentil et al. (1989), los estudiantes que inician el bachillerato tienen una imagen de los gases como de algo inmaterial, que no intervienen en procesos físicos. En los resultados de su investigación encontraron también que sólo un 37% usaron la idea de discontinuidad para la explicación de planteamientos parecidos a los de esta esta investigación. En sus hallazgos, se mencionan argumentos muy similares a los que manifestaron los estudiantes de esta investigación, como que: “los gases calientes pesan menos”, “los gases pesan menos que los líquidos” o “los gases no pesan”.

Pozo et al. (1991) indica como concepciones alternativas manifestadas por estudiantes las siguientes: les atribuyen propiedades macroscópicas, consideran que las partículas de los gases no pesan, aumenta el volumen de cada partícula. Piensan que no se conserva la forma, el tamaño o el número de partículas. Esto confirma que las concepciones alternativas son comunes en los estudiantes, independientemente de su edad y contexto, coinciden con las que manifestaron los estudiantes que participaron en la presente investigación.

Tomando como referencia estos resultados, según las características de los niveles que establece Benarroch (2000), un 33% de la muestra se ubica en el nivel IV, los estudiantes, demostraron con sus respuestas y argumentos que además de la existencia de partículas en la materia, consideran la del vacío necesario entre las mismas, reconocen que la materia debe estar formada por huecos y nada más, pues, si hubiera algo, ese algo también tendría que estar formado por partículas y, entonces, ya no sería hueco entre partículas. El 67% de los estudiantes, de acuerdo a sus respuestas y argumentos, se ubican en un nivel de entendimiento en el que no utilizan el modelo cinético de los gases, no

reconocen la naturaleza corpuscular de la materia, atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas durante los cambios de estado (Pozo y Gómez, 2001; Benarroch, 2000).

#### *4.2.3 Concepciones alternativas y nivel de entendimiento conceptual manifestados por los estudiantes acerca de la disolución.*

Las distintas sustancias químicas que componen la materia pueden agruparse formando mezclas. En las mezclas cada una de las sustancias que intervienen conserva su identidad y sus propiedades específicas, pudiendo separarse por medios físicos (Pozo et al., 1991).

En una disolución común, sal en agua, por ejemplo, las dos sustancias que la forman se encuentran distribuidas homogéneamente en el sistema, sus propiedades son las mismas en cualquier parte o muestra de él. En una disolución con dos o más componentes su masa final es la suma de las masas de las sustancias que intervienen, es decir hay una conservación de la masa (Pozo et al., 1991).

En las respuestas que los estudiantes mencionaron para la pregunta 6, se observa que sólo un 36% respondió en forma correcta (ver Tabla 22), el resto de la muestra responde que la sal al disolverse disminuye o pierde su peso, ideas que según Pozo et al. (1991) son comunes en los estudiantes. Estos autores explican que a los estudiantes, influidos por su percepción, se les hace muy difícil apreciar que la transformación que tiene lugar al disolver el azúcar es reversible y, por tanto, no asimilan la idea de la existencia continuada del azúcar.

El fenómeno que mejor se interpreta, según lo mostrado en la Tabla 22, es la distribución de las partículas del sólido en el líquido al disolverse, lo que más trabajo les cuesta interpretar es la conservación de la masa.

Al analizar las repuestas que manifestaron los estudiantes cuando contestan la pregunta 6 y 7, se encuentra que en promedio el 41% responde y argumenta en forma correcta, reconocen que las propiedades de las partículas se conservan durante el fenómeno de la disolución, como se muestra en la Tabla 22. Un 23% en promedio utiliza como argumento para explicar el fenómeno que las partículas desaparecen al disolverse, atribuyéndoles únicamente propiedades macroscópicas. El 41% manifiesta un entendimiento conceptual, el 59% mantiene sus concepciones alternas respecto a este fenómeno de la disolución.

Tabla 22

*Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que consideran que las partículas de la sal y azúcar pierden sus propiedades al mezclarse con el agua (Datos recabados por autora)*

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta correcta</b>		<b>Respuesta con argumento de que la sal y azúcar desaparecen</b>		<b>Otras respuestas con otros argumentos</b>	
	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
<b>6</b> ¿Cuál es el peso de una sustancia al mezclar 50g de agua y 5 g de sal	89	36%	59	24%	99	40%
<b>7</b> ¿Cómo describes la distribución de las partículas de azúcar en el agua?	114	46%	53	21%	80	32%
<b>Promedio</b>	<b>101.5</b>	<b>41%</b>	<b>56.0</b>	<b>23%</b>	<b>89.5</b>	<b>36%</b>

En la investigación presentada por Goñi y Villarroel (2005), en preguntas similares, mencionan que un 60% de su muestra utiliza explicaciones microscópicas correctas para explicar las situaciones planteadas y un 40% utiliza explicaciones macroscópicas incorrectas para la explicación. Consideran que sus resultados son comparativamente altos con otros debido a las características de la propuesta didáctica utilizada para la comprensión del tema.

Como comentan Pozo et al. (1991), sus explicaciones están basadas en la percepción que tienen del fenómeno, en aquello que han observado en su vida cotidiana, en los cambios de aspecto y de las propiedades macroscópicas de las sustancias. Las dificultades descritas, podrían explicarse con base en las nociones de los alumnos sobre la continuidad y discontinuidad de la materia.

Para este indicador, los resultados mostraron que el 41% de la muestra se encuentran en un nivel de entendimiento conceptual en el que reconocen la interacción entre partículas, aunque no esté coordinado con el de partículas y vacío (Pozo y Gómez, 2001; Benarroch, 2000). El 41% muestra un primer cambio: desde el principio epistemológico, se encuentran en un realismo interpretativo, desde el principio ontológico se encuentran en procesos, desde el principio conceptual según las respuestas de éste 33%, aceptan los cambios con conservación. El 59% no muestra aún cambios conceptuales (Pozo y Gómez, 2001).

#### *4.2.4 Concepciones alternativas y nivel de entendimiento conceptual manifestados por los estudiantes acerca de las características de los gases: difusión, compresión y expansión.*

Según la teoría cinético molecular de los gases, están en continuo movimiento, por lo que ejercen fuerzas sobre aquello con lo que están en contacto. Estas fuerzas, que siempre existen, con independencia de la presión del gas, son interpretadas de modo diferente por los alumnos (Pozo et al., 1991).

Los resultados de la pregunta 9 demuestran que el 28% de los estudiantes (ver Tabla 14) consideran que los gases ejercen fuerza en una sola dirección, en este caso, hacia arriba,



tal como lo comenta Pozo et al. (1991). Según Seré, (Citado por Pozo et al., 1991) el estudio de la expansión de los cuerpos fortalece esta asociación fuerza-movimiento.

Estas ideas de los alumnos pueden enmarcarse dentro de las características propias de un pensamiento causal correspondiente al período piagetiano de las operaciones concretas: sólo se establecen relaciones causales lineales entre causa y efecto (Pozo et al., 1991). En la Tabla 23 se muestra que un 25% contesta de manera acertada, reconociendo y aplicando el modelo cinético molecular. Los resultados mostraron también que cuando los estudiantes tratan de explicar este fenómeno, una de las concepciones alternativas que predominan es que las partículas se hinchan, rellenando todos los espacios.

El fenómeno de la dispersión explica, que cuando dos gases entran en contacto, se mezclan hasta quedar uniformemente repartidas las partículas de uno en otro, esto es posible por el gran espacio existente entre sus partículas y por su continuo movimiento (Pozo et al., 1991). Los resultados indicaron que éste fenómeno es el que mejor interpretaron los estudiantes, pues el 82% de la muestra total respondió que al abrir el perfume el líquido se convierte en gas (ver Tabla 23). En sus razonamientos mencionan la dispersión como causa de que se perciba el aroma en toda la habitación, aunque no se profundizó en la forma en la que los estudiantes explican la dispersión.

Comparando con los resultados obtenidos por Treagust et al. (2009), un 40.5% de la muestra total proporcionaron respuestas correctas a ítems similares respecto a la dispersión en líquidos y gases en términos de la teoría cinética de partículas, en el caso del presente estudio, en apariencia los estudiantes mencionan el concepto de dispersión, pero en sus argumentos no profundizaron lo suficiente para reconocer si explican la dispersión en términos de la teoría cinético molecular.

Tomando como referencia el tamaño de las partículas de un gas, existe una gran distancia de espacio vacío entre ellas, lo que hace posible su compresión o compresibilidad, es decir, la reducción o disminución de los espacios vacíos entre sus moléculas; lo cual se logra aumentando la presión y/o disminuyendo la temperatura (Pozo et al., 1991). Los resultados de la pregunta 12 muestran que sólo un 17% de los estudiantes asume esta idea, argumentan que sí es posible obtener agua líquida si se comprime vapor de agua, que las moléculas se juntan hasta convertirse en líquido. Hay estudiantes que consideran que sólo se podría obtener agua líquida a partir de vapor, si se disminuye la temperatura, al ejercer presión sobre el vapor sólo se “aplasta”, pero seguirá siendo vapor, sin reconocer la existencia de espacios vacíos entre las moléculas de un gas.

Seré (Citado por Pozo et al., 1991) señala las dificultades que muchos alumnos tienen para comprender que la masa y la cantidad de materia permanecen constantes, a pesar de las variaciones de presión, volumen y temperatura. El razonamiento que los estudiantes hacen es que cuando algo se calienta, se dilata. Si se dilata, ocupa más volumen y, para ellos significa que hay más masa.

Los resultados de la pregunta 5 confirman estas ideas, los argumentos externados indican que los estudiantes mantienen la idea de que cuando la temperatura de un gas se aumenta, al observar el cambio de volumen que se produce, los alumnos principalmente piensan que las moléculas del aire "se hinchan", sin considerar que existe presión. En la Tabla 23 se muestra que sólo un 31% de la muestra asume el modelo cinético molecular para interpretar el fenómeno.

Tabla 23

*Frecuencias y porcentajes de los estudiantes que responden correctamente y argumentan mediante el modelo cinético molecular para explicar el comportamiento de los gases (Datos recabados por la autora)*

<b>Pregunta</b>	Respuestas correctas que argumentan con el uso de la teoría cinético molecular de los gases		Otras respuestas con otros argumentos	
	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
<b>9</b> ¿Por qué las paredes de un globo se ponen rígidas al llenarlo de aire?	61	25%	186	75%
<b>10</b> ¿Cómo explicas que se percibe el aroma de un frasco de perfume en una habitación?	203	82%	44	18%
<b>12</b> ¿Se puede convertir en agua líquida comprimiendo una cierta cantidad de vapor de agua?	42	17%	205	83%
<b>5</b> ¿Por qué las paredes de un balón se ponen más rígidas después de exponerlo un rato al sol?	77	31%	170	69%
<b>Promedio</b>	<b>95.75</b>	<b>39%</b>	<b>151.25</b>	<b>61%</b>

Al analizar los resultados de las preguntas 9, 10, 12 y 5, que se muestran en la Tabla 23, se observa que al responder estas preguntas, en promedio solo el 39% contesta correctamente argumentando con la teoría cinética molecular de los gases, manifestando un cambio conceptual. El 61% no responde correctamente no utiliza la teoría cinético molecular e inclusive la contradice. A través de sus respuestas y argumentos demuestra que aún mantiene sus concepciones alternativas.

El 39% contesta correctamente utilizando el modelo cinético molecular, estos estudiantes se ubican en un nivel de entendimiento conceptual en el que el modelo de partículas les resulta suficiente para explicar el comportamiento y características de los gases (Pozo y Gómez, 2001; Benarroch, 2000). El 61% no responde correctamente, los

alumnos se ubican en un nivel de entendimiento en el que, se dan explicaciones causales, fundamentadas en partículas hipotéticas, a las que se atribuyen las propiedades percibidas, partículas que se separan o se acercan, que aumentan o disminuyen de tamaño (Pozo y Gómez, 2001; Benarroch, 2000).

A lo largo de este capítulo se han presentado los resultados que se obtuvieron al aplicar el instrumento de investigación, ordenados de acuerdo a los indicadores: estados físicos de la materia, cambios de fase, disolución y características de los gases, que se establecieron para las variables dependiente e independiente. El análisis de estos resultados permitieron identificar las concepciones que los estudiantes mantienen sobre la naturaleza discontinua de la materia al iniciar el bachillerato, y determinar el nivel de entendimiento conceptual que lograron con la enseñanza recibida en la escuela secundaria, respecto a la naturaleza discontinua de la materia, utilizando los criterios establecidos por Benarroch (2000) y Pozo y Gómez (2001). A la vez, se identificaron los razonamientos que los estudiantes siguen para argumentar sus respuestas.

## 5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, en este capítulo se dará respuesta a las preguntas de investigación y se describirá la manera en la que se han logrado los objetivos establecidos al inicio. Se comparan los resultados con la hipótesis planteada, dejando clara su aceptación. En este capítulo se hacen las recomendaciones para futuros estudios y se resaltarán los hallazgos de mayor relevancia que esta investigación aporta sobre el tema tratado.

A lo largo de esta investigación, se ha comentado y resaltado la importancia de la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia por parte de los estudiantes que inician el bachillerato, debido a su influencia en temas subsecuentes que se abordan en la química y otras ciencias del nivel medio superior, de manera que la pregunta que se planteó para el estudio fue: ¿Cuál es nivel de entendimiento conceptual sobre la naturaleza discontinua de la materia que los estudiantes manifiestan cuando ingresan al primer semestre de bachillerato?

Para poder responder a la pregunta, se señalaron las nociones fundamentales que se espera que los estudiantes debieran asimilar al concluir la educación secundaria, estableciendo, de acuerdo a esas nociones, los indicadores para la variable independiente y dependiente de la investigación. Sobre estas variables se diseñó el instrumento de investigación, el cual recopiló la información necesaria para contestar las preguntas de investigación y lograr los objetivos que se plantearon al inicio del estudio. La información también permitió verificar la hipótesis establecida.

Al concluir la secundaria, los estudiantes debieran aceptar que entre las partículas hay vacío, que las partículas están en continuo movimiento (Pozo et al., 1991). En este estudio

los resultados mostraron que más del 60% de los estudiantes que inician el bachillerato no asume esta idea, no reconocen la idea de espacios vacíos entre las partículas de los gases y los sólidos. Sólo un 40% de los estudiantes demostró, a través de sus respuestas y argumentos, reconocer esta idea.

Cuando inician el bachillerato, se espera que los estudiantes reconozcan que la velocidad media de las partículas aumenta al elevar la temperatura y disminuye al descender la misma, y que a pesar de estos cambios, las partículas de una misma sustancia conservan su forma y tamaño (Pozo et al., 1991). Cuando se les cuestionó a los estudiantes respecto a esto, los resultados mostraron ideas opuestas, más del 60% considera que en un cambio de fase, por efecto del calor, las partículas pierden peso, aumentan de tamaño, las partículas de los gases tienden a “subir”, debido a su ligereza. En promedio, menos del 40% de los estudiantes contestó de manera acertada, demostrando con sus respuestas y argumentos la correcta interpretación del efecto de la temperatura en las partículas de los sólidos, líquidos y gases.

Al concluir la secundaria e iniciar el bachillerato, se espera que los estudiantes asuman la idea de que en los gases, las partículas están muy separadas, y en comparación con su tamaño, las distancias entre ellas son grandes, están desordenadas, están distribuidas por todo el espacio o recipiente en el que esté contenido el gas, se mueven más rápidamente que en los líquidos y en los sólidos (Pozo et al., 1991). Asumir esta idea permitirá una correcta interpretación de las propiedades de los gases, como la compresión, presión que ejercen, la difusión, expansión y argumentar aplicando la teoría cinética molecular de los gases.

Sin embargo, los resultados mostraron que menos del 40% de la muestra reconoce estas ideas, más del 60% mantiene concepciones alternativas como: que los gases ejercen fuerza en una sola dirección, hacia arriba, que las partículas se hinchan dentro de un recipiente, ocupando mayor volumen, la presión en un recipiente con gas se debe a que está lleno de partículas, de manera continua. No interpretan la compresión de los gases, al argumentar sus respuestas no hacen mención a los espacios vacíos, relativamente grandes, que existen entre las partículas de un gas.

Al terminar la secundaria, los estudiantes deberían reconocer que en los líquidos, las partículas están menos separadas, menos desordenadas y se mueven con menor velocidad que en los gases, pero más que en los sólidos (Pozo et al., 1991). Asumir estas ideas, les permitiría a los estudiantes interpretar de manera correcta el fenómeno de la disolución, cuando se trata de disolver un sólido en un líquido. Los resultados indican que en promedio, un 40% logró interpretar correctamente los fenómenos planteados respecto al fenómeno de la disolución, mientras que un 60% insiste en mantener concepciones alternas como que el sólido desaparece al disolverse, que las partículas del sólido al disolverse pierden su peso, que se concentran en la parte inferior del recipiente porque al ser sólidos, pesan más que las moléculas de un líquido.

Respondiendo entonces a la pregunta general de la investigación, los resultados demuestran que menos del 40% de los estudiantes que inician el bachillerato se ubica en un nivel de entendimiento conceptual en el que asumen la existencia de partículas en la materia, reconocen la existencia de vacío entre esas partículas, en su mayoría, sin mostrar inconsistencias entre sus argumentos y respuestas. En este 40% el movimiento e interacción

entre partículas parece no estar muy claro, generando ciertas inconsistencias al tratar de explicar fenómenos como la compresión de los gases, el efecto de la temperatura, la presión.

Los resultados también mostraron que más del 60% de los estudiantes, al iniciar el bachillerato se ubica en una transición de nivel de entendimiento conceptual en el que, por una parte, conciben a la materia como algo continuo, atribuyéndole características macroscópicas para sus argumentos, pero a la vez, reconocen que la materia está formada por partículas, que en ocasiones hasta “desaparecen”, que pueden aumentar o disminuir su tamaño y peso, de acuerdo a como lo perciben. Mencionan la idea de huecos entre partículas, sin embargo consideran que esos huecos pueden o deben estar llenos de “algo”, como aire u otras sustancias.

Respondiendo a la pregunta particular de la investigación ¿utilizan los estudiantes que ingresan al bachillerato de manera espontánea el modelo corpuscular de la materia para la explicación de fenómenos cotidianos relacionados a este tema? Tal como han demostrado otros investigadores, la comprensión del tema de la naturaleza discontinua de la materia presenta grandes dificultades para muchos alumnos, aún después de haber recibido instrucción, como es el caso de los estudiantes que participaron en este estudio, los cuales insisten en mantener una concepción continua de la materia, tal como la perciben, por lo que al tratar de explicar los fenómenos cotidianos planteados, utilizaron en muy poca proporción el modelo cinético molecular de manera espontánea, menos del 40% lo registró en los argumentos de sus respuestas.

Otra de las preguntas particulares de la investigación se dirige a indagar las concepciones alternativas que actualmente predominan en los estudiantes: ¿qué concepciones alternativas mantienen los estudiantes sobre la naturaleza discontinua de la materia cuando ingresan al bachillerato?



Las concepciones alternativas identificadas mediante esta investigación, coinciden con las que se han encontrado en otros estudios (Benlloch, 1997; Jiménez et al., 2007; Pozo et al., 1991; Pozo y Gómez, 2001; Cuellar, 2009). Las ideas de los estudiantes que predominan se caracterizaron por concebir a la materia de una manera continua, como la perciben macroscópicamente, sin espacios vacíos, estática, sin movimiento. Atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas, argumentan de acuerdo a las características físicas que pueden percibir, su pensamiento se dirige solo hacia lo concreto y observable. Esto demuestra que las concepciones alternativas no dependen del contexto social, cultural y regional, tampoco del nivel educativo. Se confirma su persistencia, a pesar de haber recibido instrucción, más del 60% de los estudiantes encuestados insisten en mantenerlas.

Cómo se ha mencionado, el tema tratado en esta investigación, es de gran importancia para los temas de química y otras ciencias que se abordan en el bachillerato, y los resultados obtenidos en esta área siguen mostrando altos índices de reprobación, por lo que se estableció también como pregunta de investigación: ¿cómo influye este nivel de concepción actual en el proceso de enseñanza aprendizaje de la química de Bachillerato? Los resultados mostraron que más del 60% de los estudiantes aún no comprenden el tema de la naturaleza discontinua de la materia cuando ingresan al bachillerato, de manera inevitable esto afectará el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química de la educación media superior, el estudiante tendrá problemas para acceder a los conocimientos de la química del bachillerato.

Tal como se estableció en la hipótesis de esta investigación, los estudiantes que ingresan al primer semestre de bachillerato manifestaron tener escasamente asumida la discontinuidad de la materia, menos del 40% de los estudiantes sustenta sus respuestas en el modelo corpuscular, más del 60% mostró dificultades para interpretar fenómenos que requieren

ser comprendidos para asimilar temas diversos que se abordarán en la química del bachillerato. Esto se traduce en que la baja comprensión del tema de la naturaleza discontinua de la materia, sigue representando un obstáculo que afecta el aprendizaje de los conocimientos impartidos en el bachillerato, para el área de la química y otras ciencias relacionadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los objetivos establecidos para esta investigación, han sido alcanzados de manera exitosa, pues se ha identificado el nivel de entendimiento conceptual que los estudiantes manifiestan cuando ingresan al bachillerato, con respecto a la naturaleza discontinua de la materia. La investigación ayudó a determinar, que debido a la relevancia del tema para comprender los tópicos que se abordan en la química del nivel medio superior, este sigue representando uno de los problemas que no les permite a los estudiantes acceder de manera adecuada a los conocimientos subsecuentes, afectando el proceso de aprendizaje.

Los resultados mostraron que un alto índice de estudiantes, al concluir la secundaria no utilizan el modelo corpuscular de la materia, de manera espontánea, para la explicación de los fenómenos cotidianos presentados. El estudio mostró de manera clara las concepciones alternativas que los estudiantes mantienen cuando terminan la escuela secundaria e inician el bachillerato, con respecto al tema de la investigación.

Esta investigación, ha proporcionado información sobre las concepciones alternativas actuales que mantienen los estudiantes que inician el bachillerato sobre la naturaleza discontinua de la materia, en México, mostrando datos que pueden servir de referencia para futuros estudios al respecto en este país. A la vez permite comparar con lo que sucede en otros países, sobre el tema aquí investigado.

La información que se obtuvo a través de este estudio, podrá ser útil para los docentes que imparten química en el bachillerato en la organización de los temas que parten

de la correcta interpretación de la naturaleza discontinua de la materia, le será de utilidad también para seleccionar las estrategias de enseñanza-aprendizaje que aplicará y que le permita a los estudiantes mejorar la interpretación de fenómenos cotidianos y, posteriormente profundizar en el campo de estudio de la química de manera más accesible, menos abstracta.

Las recomendaciones para los implicados en este estudio es que los docentes de la educación secundaria deben tener clara la relevancia de este tema para el área de la química y otras ciencias, deben buscar que los estudiantes realmente logren un verdadero entendimiento conceptual cuando se aborda el tema de la naturaleza discontinua de la materia. De acuerdo a las características de los estudiantes y a los recursos con los que se cuenta, los docentes pueden aplicar algunas de las estrategias diseñadas para este propósito: “el cambio conceptual sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia”, que proponen autores como: Gómez, Pozo y Gutiérrez (2004), Rodríguez (2005), Mosquera et al. (2008), Giudice y Galagovsky (2008).

De igual forma, para los docentes de las áreas de ciencias en el bachillerato, se les recomienda reconocer la influencia que puede tener el nivel de comprensión de este tema, con el que los estudiantes ingresan en el bachillerato, para el proceso de aprendizaje. Se recomienda utilizar esta información para tomar las medidas necesarias y ayudar al estudiante a acceder a los conocimientos de la química del bachillerato de una manera menos abstracta, mejorando la enseñanza-aprendizaje de la química, cambiando la visión de los estudiantes hacia esta ciencia, contribuyendo de forma positiva al incremento del entendimiento conceptual en este nivel educativo.

Como señala Vosniadou (2006) los maestros deben tener presente en todo momento que los estudiantes poseen creencias previas y entendimiento incompleto que puede entrar

en conflicto con lo que se comienza a enseñar en la escuela. Esta investigación les proporciona datos importantes sobre el tema de la naturaleza discontinua de la materia, que el docente debe tomar en cuenta para crear circunstancias donde las creencias y explicaciones alternativas puedan ser externadas y expresadas. Se recomienda que los maestros construyan sobre estas ideas preexistentes identificadas y poco a poco guiar a los alumnos hacia conocimientos más maduros. Ignorar las creencias previas, aquí identificadas puede formar en los estudiantes conceptos erróneos, siendo una de las causas de los fracasos escolares en el ámbito de la química del Bachillerato.

Futuras investigaciones podrían profundizar en el tipo de estrategias que están aplicando los profesores en la escuela secundaria, en México, para abordar el tema de la naturaleza discontinua de la materia, indagar si realmente están dirigidas incrementar el nivel de entendimiento conceptual. Identificar si los docentes de la educación media básica reconocen la importancia de este tema.

Otra línea de investigación puede dirigirse a comparar resultados de niveles identificados en diferentes Estados de la República Mexicana, ya que según los resultados de la prueba PISA hay marcadas diferencias en las entidades. La autora de esta investigación se interesa por indagar sobre los cambios conceptuales que muestran los estudiantes después de cursar el bachillerato, sobre la naturaleza discontinua de la materia, para mostrar la contribución actual de la química vista en este nivel educativo respecto al entendimiento conceptual, se interesa por seguir en el campo de la investigación de la didáctica de la química y contribuir a mejorar el proceso educativo.

A lo largo de este capítulo se ha respondido a las preguntas de investigación que se plantearon al inicio, se comentó la comprobación de la hipótesis. También se han presentado los hallazgos del estudio, las recomendaciones y sugerencias para los

implicados y futuros investigadores en el tema. En el capítulo se comentan los logros obtenidos respecto a los objetivos establecidos para la investigación.

## Referencias

- Bachelard, G. (1976). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo Veintiuno.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-217.
- Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (2), 255-246.
- Benarroch, A. (2000). La teoría cinético-corpuscular de la materia y su justificación en el currículum obligatorio [Versión electrónica], *Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades de Melilla*, 30(n/a), 149-168.
- Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia [Versión electrónica], *Enseñanza de las ciencias*, 19(1), 123-124.
- Benlloch, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid, España: Visor.
- Borsese, A., Lumbaca, P. y Pentimalli, R. (1996). Investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los estados de agregación y los cambios de estado [Versión electrónica], *Enseñanza De Las Ciencias*, 14 (1), 15-24.
- Cárdenas S. y González, F. (2005). Dificultades de aprendizaje en química general y sus relaciones con los procesos de evaluación [Versión electrónica], *Enseñanza De Las Ciencias*, 23(n/a), 25-26.
- Cárdenas, F.A. (2007). Dificultades de aprendizaje en Química: caracterización y búsqueda de Alternativas para superarlas [Versión electrónica], *Ciencia y Educación*, 12 (3), 333-346.

- Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Argentina: AIQUE.
- Chi, M. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science [Versión electrónica], *Cognitive models of science. Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 15(n/a), 129-186.
- COSNET (2004). Modelo de la Educación Media Superior Tecnológica. 968-5691-00-X. México. Recuperado de:  
[http://cosdac.sems.gob.mx/publicaciones\\_detalle.php?seccion=siete&idpub=37](http://cosdac.sems.gob.mx/publicaciones_detalle.php?seccion=siete&idpub=37)
- Cuellar, Z. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia [Versión electrónica], *Revista Iberoamericana de Educación*, 50 (2), 1-10.
- Díaz, M.A. y Flores, G. (2010). *México en PISA 2009*. México. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Ding, L., Chabay, R., Sherwod, B., y Beichner, R. (2006). Evaluating and electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment [Versión electrónica], *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1), 105-1-105-7.
- Driver, R. (1985). Cognitive psychology and pupils' frameworks in mechanics [Versión electrónica], *Proceedings of the GIREP Congress 1984 (Utrecht)*, 171-198.
- Driver, R., Guizne E. y Tiberghien A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. España: Morata.
- Espíndola, C. y Cappannini, O. (2006). ¿Cómo usan alumnos de EGB los modelos de estado de agregación de la materia en la interpretación de un fenómeno de mezcla?

- Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 416-429. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART2\\_Vol5\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART2_Vol5_N3.pdf)
- Flores, F. (2004). El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Educación Química*. 15(3). 256-269.
- Gabel, D., Samuel, K., y Hunn D. (1987). "Understanding the particulate nature of matter". *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.
- Garriz, A. (2001). Veinte años de la teoría conceptual. *Educación química*, 12(3), 123-126.
- Gentil, C., Blanco, I., Martínez, J.M. (1989). Nivel de apropiación de la materia en alumnos de bachillerato [Versión electrónica], *Revista Enseñanza de las ciencias*, 7(2), 126-131.
- Gianna, V., González, E., e Ibáñez, F. (2007). Los preconceptos sobre el vacío y su incidencia en el aprendizaje de la química [Versión electrónica], *Journal of Science Education*, 8(1), 28-32.
- Giudice, J. Galagovsky, L. (2008). Modelar la naturaleza discontinua de la materia: una propuesta para la Escuela Media. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 629-657. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART8\\_Vol7\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART8_Vol7_N3.pdf)
- Gómez, M. A., Pozo, J.I., Gutiérrez, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos [Versión electrónica], *Educación Química*, 15 (3), 199-209.



- Goñi, A., Villaroel, J. (2005). La comprensión de las propiedades físicas de la materia: motivación y cambio conceptual [Versión electrónica], *Journal of Science Education*, 6(1), 12-16.
- Hernández, R., Fernández C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science [Versión electrónica] *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-96.
- Jiménez, A., Caamaño, A., Oñorbe, E. Pedrinacci, E., De Pro, A. (2007). *Enseñar ciencias*. Barcelona, España: Grao.
- Lafourcade, P. (1971), *Evaluación de los Aprendizajes*, Buenos Aires, Argentina: Kapelusz,
- López, G., Tinajero, G., (2009). Los docentes ante la Reforma del Bachillerato [Versión electrónica], *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 14 (3), 1191-1218.
- Martínez, F., Díaz, M. y Flores, G. (2007). *Resultados de Pisa 2006 en México*. México: INEE
- Medina, J. (2009). Análisis del Programa de Estudios de Ciencias (énfasis en física, de secundaria), los libros de texto y la Competencia Científica de PISA. [Versión electrónica], *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 3(2), 406-420.
- Menéndez, L., Vargas, S., Villafranco, I. (2006). *Educación Básica. Secundaria. Ciencias 3. Programas de estudio 2006*. México: SEP
- Menéndez, L., Vargas, S., Villafranco, I. (2006). *Educación Básica. Secundaria. Ciencias 2. Programas de estudio 2006*. México: SEP

- Mosquera, C., Ariza, G., Reyes, A. y Hernández, C. (2008). Una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos estructurantes de discontinuidad de la materia y unión química desde la epistemología y la historia de la ciencia contemporánea [*Versión electrónica*], *IIEC* 2 (1), 42 – 49.
- Pimienta, Prieto J. (2008). *Evaluación de los aprendizajes*. México: Pearson
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas [*Versión electrónica*], *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), 221-232.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., y Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change [*Versión electrónica*], *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Pozo, I. (1999). *Aprendices y Maestros, la nueva cultura del aprendizaje*. Madrid, España: Alianza.
- Pozo, J. I. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, España: Morata
- Pozo, J. I. (2006). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, España: Morata
- Pozo, J.I., Gómez, M.A. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, España: Morata
- Pozo, J.I., Gómez, 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, España: CIDE

- Rodríguez, M. y Niaz, M. (2005). La teoría cinético molecular de los gases en libros de física: una perspectiva basada en la historia y filosofía de la ciencia [*Versión electrónica*], *Journal of Science Education*, 5 (2), 68-72.
- Rodríguez-Moneo, M., Aparicio, J.J. (2004). Los estudios sobre el cambio conceptual y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*. 15(3). 270-279.
- Ruíz, H., Amézquita, E., Reza, J., Manuel, J., López, M., Mar, B., Arvizu, M. (2009). “Programa de Estudios de Química del bachillerato Tecnológico”. México: SEP-COSDAC.
- Sabino, C. (1997). *Proceso de la investigación*. Caracas: Panapo.
- Solbes, J. (2009). Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, Procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas [*Versión electrónica*], *Revista Eureka Enseñanza Divulgación Científica* 6(2), 190-212.
- Strike, K. y Posner, G. (1985). Conceptual change view of learning and understanding [*Versión electrónica*], *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Treagust, D., Chandrasegaran, A., Crowley, J., Yung, B., Cheong, I. y Othman, J. (2009). Evaluating students’ understanding of kinetic Particle theory concepts relating to the states of matter, changes of state and diffusion: A cross-national study. [*Versión electrónica*], *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 141-164.
- Trinidad, R., Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia [*Versión electrónica*], *Educación Química*. 14 (2), 92-105.

Vidal, R. y Díaz, M. A. (2004). *Resultados de las pruebas PISA 2000 y 2003 en México.*

*Habilidades para la vida en estudiantes de 15 años*, México, DF: Instituto

Nacional para la Evaluación de la Educación.

Viennot, L. (s/f). *Learning and conceptual understanding: Beyond simplistic ideas, what*

*have we Learned?* Recuperado el 1 de Octubre del 2011 de

<http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/Viennot.pdf>

Vosniadou, S. (2006). *Cómo aprenden los niños*. México: IBE.

## Apéndice A

### Descripción de los niveles de esquemas explicativos de los alumnos sobre la corpuscularidad de la materia.

Descripción de los niveles de esquemas explicativos de los alumnos sobre la corpuscularidad de la materia (Benarroch, 2000)

<b>NIVEL</b>	<b>MODELO DE MATERIA</b>	<b>TIPO DE EXPLICACIÓN</b>
I Continuidad. Sin explicación	La materia se percibe continua y estática, salvo que macroscópicamente se observe lo contrario.	No hay explicación, sólo descripción macroscópica.
II Continuidad. Explicaciones pseudomacroscópicas	La materia se percibe: – continua, embutida de partículas – continua con huecos. La opción elegida está regida por la percepción.	Se trasladan elementos percibidos (burbujas, pompitas, huecos, etc.) a explicaciones pseudomicroscópicas.
III Discontinuidad. Explicaciones microscópicas fundamentadas en partículas y huecos	La materia está formada por partículas y huecos entre las mismas. No hay necesidad de vacío entre partículas.	Explicaciones microscópicas fundamentadas en: – partículas – huecos etéreos a los que se trasladan las propiedades macroscópicas.
IV Discontinuidad. Explicaciones macroscópicas fundamentadas en partículas y vacío	La materia está formada por partículas y vacío necesario entre las mismas.	Explicaciones microscópicas fundamentadas en las disposiciones de partículas (más separadas o menos).
V Discontinuidad. Explicaciones microscópicas académicas	El movimiento se hace necesario y hay una coordinación causal con el vacío.	Explicaciones microscópicas académicas o cuasi académicas

## Apéndice B

### Instrumento de recolección de datos aplicado a la muestra participante en la investigación

#### CUESTIONARIO

**¡Buen día!**

El presente cuestionario tiene como finalidad recabar información acerca de las ideas de los estudiantes sobre algunos fenómenos cotidianos, en relación a la composición de la materia, que servirá para elaborar una tesis de maestría sustentada por la I.Q. Ruth García Macedo, Profesora de Química de esta Institución. Se te pide de la manera más atenta tu apoyo contestando cuidadosamente y detallando los argumentos de tus respuestas. Estas serán confidenciales y anónimas, utilizadas únicamente para los objetivos de la investigación.

**¡Gracias de antemano por tu colaboración!**

**INSTRUCCIONES:** Anota tus datos en la hoja de respuestas. Lee detenidamente las siguientes preguntas, reflexiona y contesta (letra legible).

**POR FAVOR NO HAGAS NINGUNA ANOTACIÓN EN ESTE CUADERNILLO**

1. En un recipiente tapado se calienta un poco de agua hasta convertirla toda en vapor, ¿Cuál crees que será el volumen ocupado por todo el vapor? ¿El mismo que el del líquido, ocupa ahora todo el recipiente o solo la parte alta del recipiente? Explica tu respuesta en términos microscópicos, es decir argumenta tu respuesta en términos de las moléculas del vapor de agua.

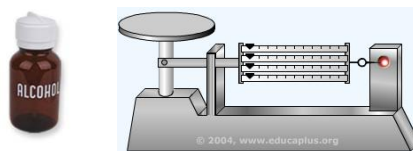


2. La figura que se muestra corresponde a un globo con gas helio.



Si representamos todas las partículas que se encuentran dentro del globo, ¿qué hay entre las partículas del gas helio? ¿Aire, otros gases, nada, más helio? Explica tu respuesta en términos de las partículas encontradas.

3. Se tiene un frasco bien tapado con un poco de alcohol y se pesa:



El frasco se calienta un poco hasta evaporar el alcohol, sin destapar el frasco, y nuevamente se pesa. ¿Qué sucederá con la masa? ¿Aumentará, disminuirá, o seguirá siendo la misma? Explica tu respuesta en términos de las moléculas del alcohol.

4. Lo que se muestra a continuación es una placa de cobre:



Si tuvieras una lupa muy potente, que te permitiera ver las partículas que la componen y la forma en cómo están distribuidas, ¿Qué hay entre las partículas de cobre? ¿Habrá más cobre, otro metal, aire, o nada? Explica tu respuesta en términos de la distribución de las partículas en los sólidos.

5. Tenemos un balón que se ha inflado con un poco de aire. Si lo ponemos un rato al sol, vemos que se ha hinchado un poco, que ahora bota más que antes de exponerlo al sol.



¿Qué explicación puedes dar a éste fenómeno? ¿Las partículas se mueven más rápido, las partículas se dilatan, aumentó la cantidad de aire, hay nuevas partículas? Argumenta tu respuesta en términos del comportamiento de las moléculas de aire con el calor.

6. El dibujo te muestra un vaso que contiene exactamente 50 gramos de agua y un recipiente con 5 gramos de cloruro de potasio. Si vaciamos el cloruro de potasio en el agua y removemos hasta que se disuelve totalmente, se obtiene una disolución transparente.



Agua      Cloruro de potasio

¿Cuál crees que será ahora el peso del contenido del vaso? ¿50 gramos, un valor comprendido entre 50 y 55 gramos, 55 gramos, más de 55 gramos? Argumenta tu respuesta.

7. ¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor a las partículas de azúcar disueltas en agua?

<p>Se distribuye en toda el agua</p>	<p>Ya no hay azúcar</p>	<p>Se concentran en la parte inferior del recipiente</p>	<p>Se concentra en la parte alta del recipiente.</p>



Argumenta tu respuesta según el comportamiento de las partículas de azúcar y agua al mezclarlas.

8. En la figura tenemos un frasco de cristal que contiene vapor de agua.



Introducimos el frasco en el congelador del refrigerador para que se enfríe. Lo sacamos al cabo de un rato y observamos que ahora hay un sólido (hielo) depositado en las paredes y en el fondo. ¿Qué crees que ha ocurrido con el vapor? ¿Sigue siendo la misma sustancia pero distinta cantidad, el vapor se transformó en una nueva sustancia, sigue siendo la misma sustancia y la misma cantidad? Argumenta tu respuesta según las partículas del vapor y del hielo.

9. En la siguiente figura se muestra un globo vacío y un globo lleno de aire.



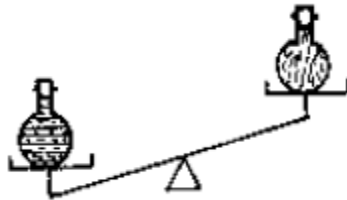
¿Qué sucede con las partículas del aire dentro del globo? ¿Las partículas del aire al encerrarlas se hinchan, están en movimiento constante, hay otras partículas y rellenan todo el espacio, las partículas del aire se concentran en las paredes? Argumenta tu respuesta según el comportamiento de las partículas del aire dentro del globo, razón por la que generan presión en las paredes del recipiente.

10. Cuando destapas un frasco de perfume al cabo de cierto tiempo se nota su aroma.

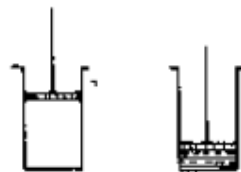


Si el perfume está en el tarrito y es un líquido ¿cómo se percibe su presencia en toda la habitación? ¿Cómo explicas que el perfume líquido ocupe un volumen pequeño mientras su aroma parece llenar toda la habitación?

11. Tenemos dos recipientes iguales, uno lleno de agua líquida y otro de vapor de agua. Mediante una balanza observamos que el recipiente que contiene agua líquida es más pesado que el que contiene vapor.



¿Cómo es posible que dos volúmenes de la misma sustancia tengan distinto peso?  
12. ¿Crees que sea posible obtener agua líquida, en un recipiente cerrado, comprimiendo un poco de vapor de agua?



En caso afirmativo explicar cómo es posible que ocurra algo así. En caso negativo, explicar ¿por qué?

**NUEVAMENTE**

**¡GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!**

## Apéndice C

### **Cuadernillo de respuestas proporcionado a los estudiantes participantes en la investigación, para plasmar las respuestas del cuestionario, Apéndice B**

#### HOJA DE RESPUESTAS

NOMBRE DEL ALUMNO: \_\_\_\_\_

GRUPO: \_\_\_\_\_ FECHA DE APLICACIÓN: \_\_\_\_\_

1. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

2. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

3. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

4. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

5. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

6. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

7. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

8. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

9. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

10. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

11. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

12. RESPUESTA:

ARGUMENTO:

## Apéndice D

### Formato del consentimiento informado para el Director de la escuela, donde se aplicó la investigación

La presente investigación es conducida por Ruth García Macedo, para la materia de Proyecto I de sus estudios de Maestría en Educación, en el Tecnológico de Monterrey. La investigación está dirigida a identificar el nivel de cambio conceptual que manifiestan los estudiantes que inician el bachillerato en relación con el tema de la naturaleza discontinua de la materia.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá que permita aplicar un cuestionario a 270 alumnos de primer semestre del Colegio a su digno cargo, tratando de afectar lo menos posible las actividades de los demás docentes.

La participación en este estudio es voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

#### Director

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio serán confidenciales y no se usarán para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

Me han indicado también que a 270 estudiantes de primer semestre de éste plantel se les aplicará un cuestionario en relación con el tema de investigación, procurando afectar lo menos posible las actividades de los demás docentes.

Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

\_\_\_\_\_  
**Firma del Director**

\_\_\_\_\_  
**Fecha**