



Universidad del Bío - Bío

Facultad de Educación y Humanidades

Departamento de Ciencias de la Educación

Carrera de Pedagogía en Ciencias Naturales con mención en Biología o Física o Química

**CONCEPCIONES ALTERNATIVAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS GASES EN  
ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**

Lesly Bullon Vivanco

Dr. Luis Moreno Osorio

Dr. Hernán Ahumada

Chillán

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a la Dirección de Escuela de la carrera Pedagogía en Ciencias Naturales de la Universidad del Bío-Bío por ser parte de este proceso y facilitar la obtención de datos que hicieron posible el cumplimiento de los objetivos planteados. Asimismo, agradecer a los docentes Luis Moreno Osorio y Hernán Ahumada por el apoyo y acompañamiento entregado en todo momento durante este largo proceso, acompañamiento caracterizado por la comprensión y mucha empatía.

A mi familia, por siempre estar atentos y preocupados por mi crecimiento profesional, agradecer especialmente a mi madre Graciela Vivanco por el constante apoyo, palabras de ánimo y por confiar siempre en mis capacidades para enfrentar diferentes desafíos que se han presentado. A Luis Guillermo, por su compañía en estos cinco años de carrera, la cual hizo mi paso por la universidad un proceso mucho más grato y enriquecedor.

## Tabla de Contenidos

<b>Resumen.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Marco teórico .....</b>	<b>7</b>
2.1 Concepciones alternativas sobre el comportamiento de los gases .....	7
2.2 Comportamiento de los gases .....	8
2.2.1 Teoría cinética molecular de los gases .....	8
2.3 Modelos mentales .....	9
2.4 Enseñanza-aprendizaje en Química.....	11
2.5 Uso de simuladores en la enseñanza.....	14
<b>3. Formulación del problema .....</b>	<b>16</b>
3.1 Antecedentes del problema .....	16
3.2 Justificación y planteamiento del problema .....	17
<b>4. Hipótesis.....</b>	<b>18</b>
<b>5. Objetivos .....</b>	<b>19</b>
<b>6. Metodología.....</b>	<b>19</b>
6.1 Paradigma de investigación, enfoque de estudio y diseño metodológico .....	19
6.2 Muestra de estudio.....	20
6.3 Instrumento de recopilación de datos y análisis de la información.....	21
<b>7. Resultados.....</b>	<b>24</b>
<b>8. Discusión.....</b>	<b>34</b>

<b>9. Conclusión .....</b>	<b>39</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>41</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>45</b>
Anexo 1 - Instrumento de recopilación de datos, Structure and Motion of Matter (SAMM) ..	45
Anexo 2 - Esquema de puntuación, fichero excel.....	50

## **Resumen**

El presente estudio busca proponer momentos en los que se pueda reforzar la temática gases de acuerdo con las bases curriculares, considerando las concepciones alternativas de los estudiantes referentes al comportamiento de estos. Corresponde a un estudio centrado en un paradigma constructivista con enfoque cualitativo y un diseño de investigación - acción en donde se trabajó con la aplicación del test SAMM (Structure and Motion of Matter) en una muestra de sesenta y un estudiantes de nuevo ingreso en las carreras de Pedagogía en Ciencias Naturales e Ingeniería en Recursos Naturales con el fin de caracterizar sus concepciones referentes al comportamiento de los gases. Los resultados obtenidos arrojan que las concepciones alternativas coinciden en gran medida con las descritas en la literatura y en base a esto se considera necesario implementar en las bases curriculares un mayor número de instancias para trabajar el comportamiento de las partículas.

**Palabras claves: Concepciones alternativas, Gases, Educación.**

## **1. Introducción**

El presente estudio tiene como desafío proponer diferentes momentos en las bases curriculares para abordar en donde reforzar la temática gases considerando las concepciones alternativas que más se repiten en los estudiantes sobre esta temática. Para esto, en primer lugar se caracterizaron las concepciones alternativas referentes al comportamiento de los gases en estudiantes universitarios de nuevo ingreso en las carreras de Pedagogía en Ciencias Naturales e Ingeniería en Recursos Naturales mediante la aplicación del test Estructura y Movimiento de la Materia (Structure and Motion of Matter), dicho test considera las concepciones alternativas sobre el comportamiento de las partículas de un gas (solute y solvente), origen del movimiento y trayectoria de las mismas.

Una vez obtenidas las concepciones alternativas de los estudiantes, se analizaron los planes y programas del currículum nacional entregados por el Ministerio de Educación y se seleccionaron aquellos objetivos de aprendizaje en los que se podría volver a abordar el comportamiento de los gases, en dicha búsqueda se encontró que cada nivel posee una gran cantidad de objetivos por abordar lo que podría afectar la profundidad que los docentes pueden dar a cada temática planteada. Además de esto, se propone el uso de simuladores virtuales en el aula al abordar esta temática dado que esto podría ayudar en la visualización de los estudiantes.

La relevancia de esta investigación recae en hacer énfasis en la problemática que representan las concepciones alternativas de los estudiantes y el impacto que pueden generar al momento en que estos ingresan a la universidad, caracterizarlas puede servir como base para los docentes al momento de diseñar sus secuencias de enseñanza. Por otra parte, la propuesta de los momentos en los que podría reforzarse esta temática, al ser aplicada podría ayudar a los alumnos a dejar atrás estas concepciones que nacen desde la intuición.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Concepciones alternativas sobre el comportamiento de los gases**

“La línea de investigación sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en temas de Ciencia ha sido, desde hace más de 20 años, el eje medular del cuerpo teórico de conocimientos que hoy llamamos Didáctica de las Ciencias” (Furió & Furió, 2000, p. 300). De acuerdo con Carrascosa (2014) a inicios de esta línea investigativa, errores conceptuales y concepciones alternativas se utilizaban como sinónimos cuando en realidad, los errores conceptuales se cometen mientras que las concepciones alternativas que los pueden originar, se tienen.

Johnstone et al. (1994, citado por Furió & Furió, 2000) expresa que “para los adolescentes la realidad del mundo natural coincide con las percepciones sensoriales del sujeto, que quedan registradas o impresas directamente en nuestra mente” (p. 300). Con esto, se entiende que las concepciones alternativas nacen en las personas en base a la necesidad de dar una respuesta o significado a los fenómenos que observan a diario, Bello (2004) indica que estas “son universales y muy resistentes al cambio; muchas veces persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada”. (p. 210)

Las concepciones alternativas referentes al comportamiento de los gases han sido estudiadas a lo largo de la historia, Lin et al. (2000) registró en su investigación que gran parte de los estudiantes de secundaria creen que los gases no tienen peso, esto debido a sus experiencias cotidianas como por ejemplo observar globos volando o el dióxido de carbono saliendo de aguas gasificadas. Por otra parte, en estudios anteriores realizados por Benson et al. (1993) a estudiantes de secundaria y universitarios de química, se encontraron algunas concepciones alternativas tales como: el aire es una sustancia continua (no particulada), el

comportamiento de un gas es similar al comportamiento de un líquido, hay relativamente poco espacio entre las partículas de gas.

En 2012, Aydeniz et al. realizaron un estudio en el cual analizaron el impacto de la pedagogía basada en la argumentación sobre la comprensión de los estudiantes universitarios ante el comportamiento de las partículas en estado gaseoso, en dicho estudio se identificaron diversas concepciones alternativas entre las cuales se encontraban por ejemplo, el tamaño de las partículas cambia dependiendo el estado de la materia en que se encuentren siendo las más ligeras aquellas en estado gaseoso, los gases pesados ocupan más espacio, la velocidad de difusión se encuentra directamente relacionada con el peso molecular, la fuerza de atracción entre moléculas de gas aumenta con el incremento de la temperatura.

## **2.2 Comportamiento de los gases**

La materia puede encontrarse en tres formas diferentes, ya sea como un gas, sólido o líquido, Brown et al. (2004) indica que un gas es aquella sustancia que no posee volumen ni forma definida; más bien, se ajusta al volumen y la forma del recipiente que lo contiene. A nivel sub-microscópico, toda la materia se conforma por partículas en movimiento, de acuerdo con Stains et al. (2010) “en un gas, las moléculas están muy separadas y se mueven a alta velocidad, chocando repetidamente entre sí y con las paredes del recipiente” (p. 5)

### **2.2.1 Teoría cinética molecular de los gases**

Chang & Goldsby (2013) exponen que los descubrimientos de Maxwell, Boltzmann y otros encontraron que las propiedades físicas de los gases se explican en términos del movimiento de sus moléculas que es una forma de energía, la energía cinética es aquella que se encuentra en un objeto en movimiento, estos descubrimientos generaron algunas generalizaciones acerca del comportamiento de los gases, mejor conocida como teoría cinética molecular de los gases o



teoría cinética de los gases, dicha teoría puede ser descrita mediante tres suposiciones fundamentales acerca de su estructura. (Castellan, 1998):

1. Un gas se encuentra compuesto por muchas partículas diminutas, éstas pueden ser átomos o moléculas.
2. El movimiento de dichas partículas será en línea recta si se encuentran ante la ausencia de un campo de fuerza, obedeciendo la primera ley del movimiento de Newton.
3. Las partículas de gas interactúan entre sí con muy poca frecuencia.

Además de esto, al darse un choque entre dos partículas, la energía total de ambas es la misma antes y después de la colisión, llamándose a esta colisión elástica. El movimiento de las partículas de gas es en su totalidad caótico y aleatorio, estas se mueven en todas direcciones, algunas de forma rápida y otras lentamente. Dicha aleatoriedad con la que se mueven las partículas, es también llamado un proceso estocástico de acuerdo con Tobler et al. (2023)

### **2.3 Modelos mentales**

“Cómo representamos exactamente el mundo en nuestras cabezas ha sido la gran pregunta de la filosofía, la psicología y la lingüística durante siglos” (Greca & Moreira, 1998, p.289), si bien han surgido diversas teorías referentes a la manera en que el ser humano representa el mundo, para efectos de esta investigación nos centraremos en aquella descrita por Johnson Laird.

La teoría de modelos mentales propuesta por Johnson–Laird (1983, 1990, 1996 y 2000, citado por Solaz & Sanjosé, 2008) relaciona los modelos mentales internos con el razonamiento humano y es que estos son creados por la mente con el propósito de usarlos para comprender fenómenos, situaciones o procesos, razonar y tomar decisiones. De acuerdo con dicho autor,

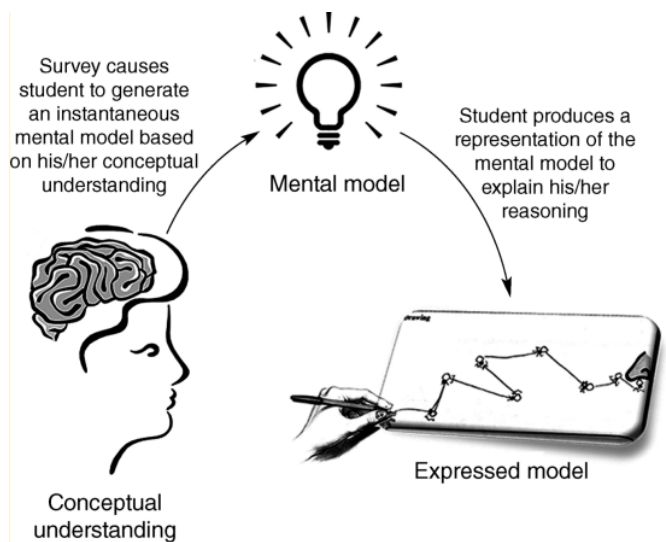
estos modelos no son representaciones duraderas a largo plazo, sino mas bien son constructos que se concretan con los datos que posee un individuo en un momento determinado.

Para Greca & Moreira (1998), en los alumnos, la comprensión de los conceptos, proposiciones (formulaciones matemáticas, definiciones) analogías y procedimientos experimentales dependerá de la formación de modelos mentales. Al ingresar al aula, estos traen modelos mentales con los cuales ya entienden y explican el mundo. Las personas construyen modelos de distintos fenómenos físicos por sí mismas mediante la percepción, que es la principal fuente de construcción de modelos.

Johnson-Laird (1990, citado por Greca & Moreira, 1998), expresa que las personas en general se basan en tres principios para construir modelos:

- En el dominio determinista, todos los eventos tienen causa.
- Las causas preceden a los eventos.
- La acción sobre un objeto es la principal causa para cualquier cambio que ocurra en él.

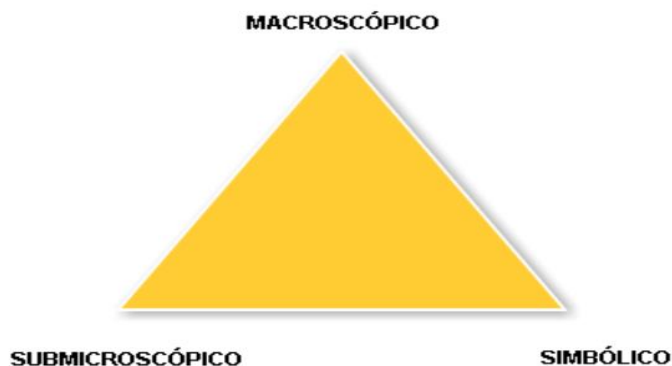
El test diseñado por Stains et al. (2011) el cual se utilizó para caracterizar las concepciones alternativas de los estudiantes en esta investigación, se basó en la representación de su modelo mental para explicar la estructura de los gases junto con el origen de su movimiento y su trayectoria, las bases de dicho test se representan en la figura 1, en dicha representación es que los estudiantes incluyen sus concepciones alternativas respecto a la temática de interés.



**Figura 1.** Representación de la forma en que se plasman los modelos mentales referentes al comportamiento de los gases mediante el test Structure and Motion of Matter. Extraído de Stains et al. (2011)

## 2.4 Enseñanza-aprendizaje en Química

Johnstone (1993, citado por Liang et al., 2011) destaca desde mediados de la década de 1960 los tres principales componentes de la enseñanza de la química: lo macro, submicro y simbólico (Figura 2). En lo macro se encuentra aquello que se ve, se toca y se huele, lo submicro se refiere a moléculas, átomos, iones y estructuras, mientras que lo simbólico corresponde a los símbolos, la estequiometría, ecuaciones y las matemáticas. De acuerdo con este, los estudiantes suelen quedar atrapados en el lado macroscópico al momento de estudiar química, por dos motivos principalmente: gran parte del material en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia se presenta de forma macro y lo simbólico no se introduce en los temas apropiados, además de que los estudiantes se confunden por la multimodalidad de las terminologías.



**Figura 2.** Representación triángulo de Johnstone. Extraído de Cutrera & Stipcich (2016), p. 7.

El triángulo de Johnstone o también llamado triplete de la química se ha vuelto paradigmático en la educación científica, sin embargo, este ha sido reinterpretado en diversas ocasiones lo que puede llevar a algunas confusiones, es por ello que han surgido nuevas propuestas como la de Talanquer (2011) quien estructura el conocimiento de la química, tal como se muestra en la figura 3, donde se muestra una relación del triplete de la química con las diferentes escalas, dimensiones y enfoques que caracterizan dicho conocimiento.

Al igual que Johnstone, Talanquer (2011) sugiere que el conocimiento de la química relevante para la enseñanza se puede caracterizar en tres “tipos” principales:

- Experiencias
- Modelos
- Visualizaciones

Las experiencias son nuestro conocimiento descriptivo de sustancias y procesos químicos adquiridos a través de los sentidos o mediante instrumentación, para esto ofrece un ejemplo mediante la aplicación de la idea:

- Experiencia: el gas natural arde en presencia de aire y puede usarse para calentar cosas.

Este conocimiento empírico es desarrollado por las personas a través de las interacciones con el mundo que les rodea. Para Talanquer (2011), las experiencias poseen diferentes escalas o niveles (figura 3) desde lo macroscópico hasta lo subatómico, sin embargo, en las prácticas docentes se tiende a enfatizar los niveles molecular y subatómico sin que los estudiantes estén expuestos a modelos mesoscópicos y diferentes visualizaciones de la materia.

Por otra parte, los modelos teóricos que pueden ser descriptivos, explicativos y predictivos han sido desarrollados para dar sentido al mundo experimentado, siguiendo el ejemplo anterior:

- Modelo: El gas natural se compone principalmente de metano, un compuesto químico, el cual sufre una reacción de combustión con un elemento químico en el aire (oxígeno), lo cual produce dos sustancias nuevas, dióxido de carbono y agua, liberando energía en forma de calor y luz.

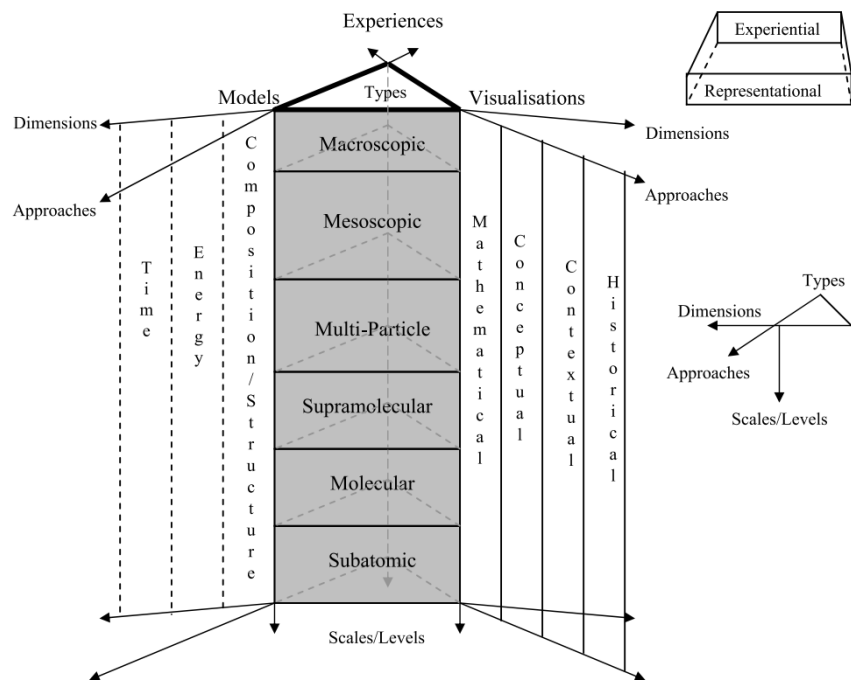
Estos modelos abarcan tres dimensiones principales: composición/estructura, energía y tiempo (figura 3), dado que, si quisiéramos estudiar la combustión del metano descrita anteriormente, podríamos analizar los cambios en su composición, la energía liberada o el tiempo en el que se completa la reacción.

Asimismo, describe las visualizaciones como todos los signos visuales estáticos y dinámicos que faciliten el pensamiento y la comunicación cuantitativa y cualitativa sobre experiencias y modelos en química.

- Visualizaciones:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Energía}$

Dichas visualizaciones poseen diferentes enfoques que pueden adoptarse en la enseñanza de la química (figura 3), es posible enfatizar en una comprensión conceptual o en un

enfoque más matemático para favorecer el análisis de problemas, de creerse necesario se podría incluso adoptar enfoques filosóficos o tecnológicos aunque estos no se incluyan en la figura 3.



**Figura 3.** Representación de un espacio multidimensional definido por las diferentes escalas/niveles, dimensiones y enfoques en los que cada uno de los tres principales tipos de conocimiento (experiencias, modelos y visualizaciones) se pueden conceptualizar. Extraído de Talanquer (2011, p. 189)

### 2.5 Uso de simuladores en la enseñanza

De acuerdo con lo descrito por Cataldi et al. (2013) “La simulación es una de las herramientas más poderosas disponibles para la toma de decisiones ya que permite el estudio, análisis y evaluación de situaciones que de otro modo no serían posibles de trabajar” (p. 12). Además de esto también expresa que desde un punto de vista educativo, el uso de simulaciones tiene su importancia en que hace partícipe al estudiante de su aprendizaje, genera aprendizaje “haciendo”, por lo cual las simulaciones de las que se hablará para efectos de esta investigación,

no son solo animaciones, sino aquellas simulaciones virtuales en que se pueden manipular variables, obtener datos, entre otras.

En ciencias, es algo común utilizar técnicas de simulación para manipular modelos con el fin de aumentar la comprensión de sistemas complejos. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICS) pueden transformar la enseñanza de la misma forma que lograron cambiar la investigación científica y modificar las relaciones entre la experimentación y la teoría. (Raviolo, 2010)

Además, Raviolo (2010) menciona también que en la enseñanza de la química, las simulaciones promueven que los estudiantes conecten de mejor manera las representaciones macroscópicas, simbólicas y submicroscópicas dado que facilitan la visualización de la dinámica molecular. Por otra parte, así como se refiere a la utilidad de estas simulaciones, hace énfasis en que “las simulaciones no deberían reemplazar al trabajo experimental en ciencias, sino más bien ampliarlo y complementarlo con otras experiencias activas con ideas y problemas científicos” (p. 3).

Dado que para efectos de esta investigación el interés se centra en conocer y abordar las concepciones alternativas de los estudiantes en torno al comportamiento de las moléculas en estado gaseoso, se proponen algunos simuladores pertinentes para abordar la creencia errónea de que el aire es una sustancia no particulada, que el origen del movimiento se debe a fuerzas externas y que la trayectoria de las moléculas no es aleatoria.

El primer recurso presentado como propuesta es Phet Interactive Simulations, con los simuladores “difusión”, “gases; intro” y “propiedades de los gases”, en las tres simulaciones puede apreciarse el movimiento aleatorio de las partículas en estado gaseoso en donde se sugiere que se lleve a cabo con la guía del docente un análisis del origen de dicho movimiento, asimismo, los

simuladores permiten apreciar la naturaleza de partículas de diferente tamaño y en diferentes condiciones de presión, volumen y temperatura.

### **3. Formulación del problema**

#### **3.1 Antecedentes del problema**

De acuerdo con Castillo et al. (2013) la Química es una ciencia compleja mediante la cual se pueden comprender a detalle muchos hechos de la naturaleza, esta se encuentra relacionada con otras ciencias experimentales y su interdisciplinaridad ha permitido explicar diferentes procesos en áreas vitales para el hombre.

Dada la complejidad que compone a la Química, es de gran importancia hablar de la forma en que esta es abordada en el aula, y es que Ordaz & Britt (2018) señalan que “en la enseñanza formal de aula, en especial de la química, los estudiantes se enfrentan constantemente a nuevos lenguajes, concepciones abstractas y procedimientos matemáticos que podrían resultarles confusos, requiriendo un gran esfuerzo cognitivo para lograr una comprensión de esos contenidos”. (p. 2)

Al existir estas concepciones abstractas al hablar de Química en los establecimientos educacionales, es de vital importancia encontrar una manera efectiva de abordar los diversos contenidos asociadas a esta, Castillo et al., 2013 expresó en su estudio sobre condiciones para lograr un aprendizaje significativo en Química que se requerían diferentes factores estructurales y funcionales para generar este llamado aprendizaje significativo, tales como: concepciones alternativas de los estudiantes, comprensión de los contenidos, promoción de la memoria a largo plazo y funcionalidad de lo aprendido, todo esto tomando como base las ideas de Carretero (2005), Poggioli (2005), Ausubel et al., (2000) y la Comisión Modernizadora Pedagógica de la Universidad Católica del Perú.



Entre las concepciones alternativas en la enseñanza – aprendizaje de las ciencias se encuentran aquellas centradas en el comportamiento de las partículas de gas que son el tema de interés para efectos de esta investigación.

### **3.2 Justificación y planteamiento del problema**

En Chile, de acuerdo con el Ministerio de Educación (2015), la educación en ciencias es una necesidad imperativa en un mundo globalizado, siendo su objetivo que cada estudiante desarrolle competencias que le permitan comprender el mundo natural y tecnológico, para poder participar de manera informada en aquellas decisiones que afectan su bienestar y el de la sociedad. Con el propósito de cumplir dicho objetivo y poder abarcar el amplio espectro de conocimientos que incluye la ciencia, en el currículo nacional se seleccionan las llamadas grandes ideas de la ciencia; es decir, ideas clave que en su conjunto permiten explicar los fenómenos naturales, asimismo, se pueden abordar temas transversales de las ciencias naturales. Las presentadas en las Bases Curriculares, son ocho grandes ideas y por lo descrito en las mismas “al comprender estas ideas, se hace más fácil predecir fenómenos, evaluar críticamente la evidencia científica y tomar conciencia de la estrecha relación entre ciencia y sociedad” (Ministerio de Educación, 2015, p. 128)

Los objetivos de aprendizaje en Ciencias Naturales se distribuyen en tres ejes temáticos: Biología, Física y Química, pese a que las grandes ideas de la ciencia se plantean como foco común entre los tres ejes, hay uno que se espera sea trabajado a mayor profundidad en Química, dicha idea es que todo material del Universo está compuesto de partículas muy pequeñas, la que es descrita por el MINEDUC (2015) como:

Toda la materia del Universo está compuesta por partículas, independientemente de si corresponde a organismos vivos, estructuras sin vida o energía. Las propiedades de la materia se explican por el comportamiento de los átomos y las partículas que la

componen, que además determinan reacciones químicas y fuerzas cohesivas en la materia. (p. 129)

Como se mencionó anteriormente, los estudiantes poseen diferentes concepciones alternativas referentes al comportamiento de las partículas de gas, entre ellas las estudiadas por Benson et al. (1993) y por Aydeniz (2012), estas concepciones afectan en la comprensión de la gran idea de la ciencia sobre las partículas que, al no ser comprendida, puede generar complicaciones al trabajar las propiedades de la materia.

De acuerdo con Van Driel (2002, citado por Liang et al., 2011) para los alumnos es problemático pensar desde lo macro a lo micro, mientras que los docentes no son conscientes de dicha dificultad, lo que afectará que diseñen secuencias de enseñanza-aprendizaje acordes a las necesidades de sus estudiantes, por lo que es importante abordar en primer lugar las concepciones alternativas que posean los alumnos. Esta dificultad de comprender lo micro por parte de los estudiantes, dificulta que éstos analicen los errores que poseen en sus modelos mentales sobre el comportamiento de los gases, imposibilitando así que estas concepciones alternativas cambien pese a pasar años de escolarización.

#### **4. Hipótesis**

Hi: Las concepciones alternativas referentes al comportamiento de los gases en estudiantes de nuevo ingreso de las carreras Pedagogía en Ciencias Naturales e Ingeniería en Recursos Naturales en una universidad pública, sede Chillán, coinciden con las concepciones alternativas descritas por la literatura.

## **5. Objetivos**

El objetivo general de esta investigación es proponer momentos propicios dentro del currículum nacional para reforzar la temática gases considerando las concepciones alternativas de los estudiantes referentes al comportamiento de estos. Con el propósito de alcanzar tal objetivo se plantean 2 objetivos específicos presentados a continuación:

1. Caracterizar las concepciones alternativas referentes al comportamiento de los gases en estudiantes universitarios de nuevo ingreso.
2. Analizar el currículum nacional e identificar objetivos de aprendizaje donde sea posible promover el aprendizaje sobre el comportamiento de los gases.

## **6. Metodología**

### **6.1 Paradigma de investigación, enfoque de estudio y diseño metodológico**

La presente investigación se enfoca y orienta en un paradigma constructivista, en el cual, de acuerdo con Canet (2022), existen diferentes corrientes de pensamiento como el constructivismo psicológico, pedagógico y social teniendo en común lo descrito por Guba & Lincoln (1994, citado por Ramos, 2015) dado que este posee como propósito investigativo la comprensión y reconstrucción de la realidad previa.

Hernández et al. (2014) expresa que a lo largo de la historia de la ciencia, han surgido diversas corrientes de pensamiento, sin embargo, hay dos corrientes que se han polarizado en dos aproximaciones principales para indagar: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo de la investigación. Ambos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento, por lo que la definición previa de investigación se aplica a

los dos por igual, y utilizan, en términos generales, cinco fases similares y relacionadas entre sí. (Grinnell, 1997, citado por Hernández et al., 2014, p. 4)

El presente enfoque corresponde a un enfoque cualitativo ya que sigue las características presentadas para este por Hernández et al. (2014), en donde se utiliza la recolección de datos sin una medición numérica, siendo dicha recolección mediante preguntas abiertas, recabando datos expresados a través de lenguaje escrito, verbal y no verbal. Asimismo, se postula que la “realidad” es definida a través de la interpretación de los participantes respecto de sus propias realidades.

Dentro del enfoque cualitativo existen diversos diseños metodológicos los cuales corresponden a la forma en que se abordará el proceso de investigación, esta investigación es abordada desde un diseño de investigación - acción puesto que de acuerdo con Hernández et al. (2014) “su propósito fundamental se centra en aportar información que guíe la toma de decisiones para programas, procesos y reformas estructurales” (p. 509). Las tres fases de este diseño son observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver problemas e implementar mejoras) las cuales se dan de manera cíclica (Stringer, 1999, citado Hernandez et al., 2014).

## **6.2 Muestra de estudio**

La población objetivo para este estudio corresponde a estudiantes universitarios de nuevo ingreso en las carreras de Pedagogía en Ciencias Naturales e Ingeniería en Recursos Naturales en una universidad pública, de la ciudad de Chillán. La muestra consta de 61 estudiantes (57,37% mujeres, 42,62% hombres) y de estos, un 59% pertenece a Pedagogía en Ciencias Naturales y un 41% a Ingeniería en Recursos Naturales.

### **6.3 Instrumento de recopilación de datos y análisis de la información**

El instrumento considerado para la recopilación de datos es aquel diseñado por Stains, Escriu-Sune, Molina & Sevian (2011), una encuesta llamada Estructura y Movimiento de la Materia (Structure and Motion of Matter - SAMM), que para efectos de esta investigación ayudará en la caracterización de las concepciones alternativas de los estudiantes universitarios de nuevo ingreso. Esta encuesta se encuentra diseñada para medir los supuestos implícitos sobre la estructura y el movimiento de la materia en los estudiantes y posee un tiempo establecido de duración, no superior a 15 minutos.

La encuesta SAMM posee cuatro conceptos objetivos: la estructura del soluto (perfume), la estructura del disolvente en una solución gaseosa (aire), el origen del movimiento de las partículas gaseosas de soluto y sus trayectorias. El estudio llevado a cabo para probar la validez de dicho instrumento indica que la encuesta SAMM se encuentra bien fundamentada en teoría.

En la encuesta creada por Stains et al. (2011) se encuentran preguntas de selección múltiple junto con desarrollo escrito y mediante dibujos (ver anexo 1), sus preguntas se sustentan en un perfume (soluto) cuyo aroma se esparce en una habitación, considerando el aire presente en la misma (disolvente), el origen del movimiento de dichas partículas perfumadas y su trayectoria.

El ítem 1 de SAMM se compone de varias subpreguntas, en este ítem se evalúan las concepciones alternativas que poseen los estudiantes sobre los cuatro conceptos objetivo, la comprensión que poseen sobre las estructuras del perfume y aire se evalúan con dos dibujos donde se solicita que muestren la forma en que las moléculas de perfume atraviesan una habitación, mientras que se evalúa la comprensión sobre su trayectoria al pedir que los dibujos sean explicados mediante palabras y para finalizar, sus ideas sobre el origen del movimiento se trabajan mediante una pregunta donde se pide que expliquen con palabras de dónde nace la

capacidad de las moléculas para moverse. Por otro lado, los ítem 2 y 3 se basan en preguntas de selección múltiple que sirven para confirmar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la estructura de las moléculas gaseosas y su trayectoria, estas preguntas aseguran que los alumnos tienen en mente un modelo a partir del cual razonar. La relación entre cada ítem y subpregunta se encuentra de forma resumida en la tabla 1.

**Tabla 1.** Relación entre las preguntas de la encuesta SAMM y los conceptos objetivo

Pregunta	Subpregunta	Conceptos			
		Estructura del perfume	Estructura del aire	Origen del movimiento	Trayectoria de las partículas de perfume
1	a	✓	✓		✓
	b	✓	✓	✓	✓
	c			✓	
	d	✓	✓		✓
	e	✓	✓	✓	✓
2	a				
	b				
	c	✓	✓	✓	✓
3	a				
	b				
	c	✓	✓	✓	✓

*Nota.* Extraído de Stains et al. (2010), p. 3

Una vez que los datos se encuentran recopilados, estos son procesados con un esquema de puntuación creado por los autores de SAMM disponible en excel (ver anexo 2), dicho esquema puntúa las respuestas de los alumnos en función de la presencia o ausencia de indicadores asociados a cada nivel, esta puntuación se da mediante preguntas de sí/no ingresando los datos de cada estudiante al esquema de manera individual, de esta manera se evalúan las concepciones que poseen los estudiantes en los cuatro conceptos objetivo, cada puntuación equivale a una suposición específica, por ejemplo, en el concepto de estructura de una sustancia (perfume) el estudiante puede ser clasificado en los niveles: no coherente, macroscópico, macro/microscópico y microscópico, esto dependiendo del puntaje obtenido en este concepto, el cual puede ser de 0,1,2 o 3 puntos, respectivamente.

En la figura 4 puede apreciarse el esquema de puntuación dividido en diferentes secciones, dicha captura de pantalla es de un esquema en donde se ingresaron las respuestas de uno de los estudiantes que fue parte de la investigación, en la sección A se presentan las puntuaciones que obtuvo el estudiante en cada uno de los conceptos objetivo, los cuales se

traducirán en la asignación de un nivel, la sección B muestra el modelo mental que este posee y una breve descripción de lo que representa, la sección C muestra un mensaje que indicará posibles problemas en la introducción de datos, si aparece tal como se muestra en la figura 4, esto significa que se deberán comprobar los datos ingresados mientras que si se encuentran bien, aparecerá un mensaje diferente que lo corrobore, finalmente la sección D es una lista de preguntas sí/no relacionadas con las respuestas de los alumnos, una vez que que todas las casillas posean una alternativa, se obtendrán los datos descritos anteriormente, el listado de todas las preguntas se encuentra en el anexo 2.

**SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY**  
© 2010 Marilyn N. Stains and Hannah Sevian

Concept	Score
Structure of a Substance	3
Structure of Medium	4
Origin of the Motion of Particles	2
Trajectory of Perfume Particles	1

**SECCIÓN A**

<b>Potential Mental Model</b>	<b>2</b>
<i>Diffusion is a direct process, in which air causes and controls perfum</i>	

**SECCIÓN B**

**Possible entry problems:** a) Both Yes and No are checked for one of the questions and/or b) You missed one question; Please double check your answers.

**SECCIÓN C**

[Click here to reset the checkboxes](#)

---

Please check the appropriate box

**Question 1 a**

You might need to read answer to [Question 1 b](#) to understand what the student is representing in this drawing.

Did the student write "I don't know" or left the question blank?  Yes  No

Did the student draw dots, circles, cross or used letters (such as, P or A or B) to represent the perfume?  Yes  No

**SECCIÓN D**

Sheet1 +

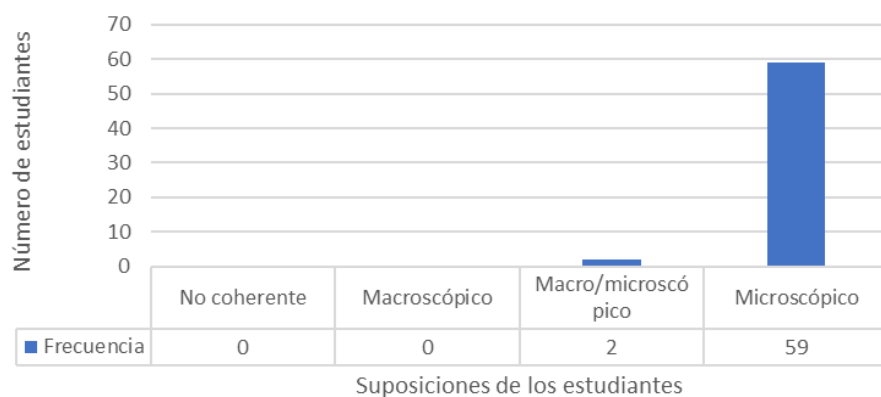
**Figura 4.** Captura de pantalla de la versión programa en Excel del esquema de puntuación.

Una vez identificadas las concepciones alternativas de los estudiantes referentes al comportamiento de los gases, se analizaron los planes y programas entregados por el Ministerio de Educación (2015), con el propósito de identificar los niveles y momentos propicios para reforzar la gran idea de la ciencia alusiva a la naturaleza particulada de la materia junto con sus propiedades, específicamente en estado gaseoso.

## 7. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los estudiantes de nuevo ingreso pertenecientes a las carreras Pedagogía en Ciencias Naturales e Ingeniería en Recursos Naturales en una universidad pública de la ciudad de Chillán al aplicar el test SAMM.

Al momento de ser evaluadas las suposiciones de los estudiantes sobre la estructura de una sustancia gaseosa, tal como se muestra en la figura 5, se obtuvo que de un total de 61 estudiantes, 59 de ellos tienen una visión microscópica de dicha estructura, es decir, piensan en el perfume esparcido en una habitación como partículas, mientras que solo 2 de los estudiantes poseen una visión macro/microscópica. La visión macro/microscópica se refiere a que de forma inconsciente consideran el perfume continuo y particulado al mismo tiempo.

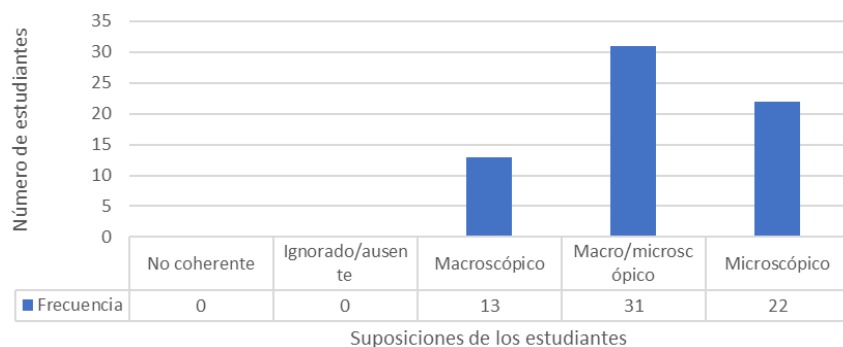


**Figura 5.** Suposiciones de los estudiantes sobre la estructura de una sustancia.

Como puede apreciarse en la figura 6, entre las suposiciones de los estudiantes sobre la estructura del medio se encontró que 31 de los 61 estudiados poseen una visión macro/microscópica es decir, suponen que el aire es continuo y que en ciertas ocasiones se

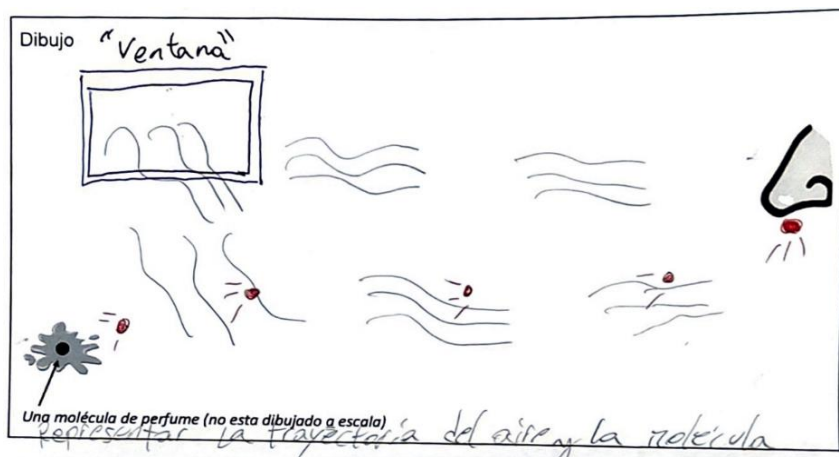


comporta como partícula, 22 de ellos lo ven como una sustancia conformada por partículas (microscópicamente) y 13 de forma macroscópica (el aire es continuo).



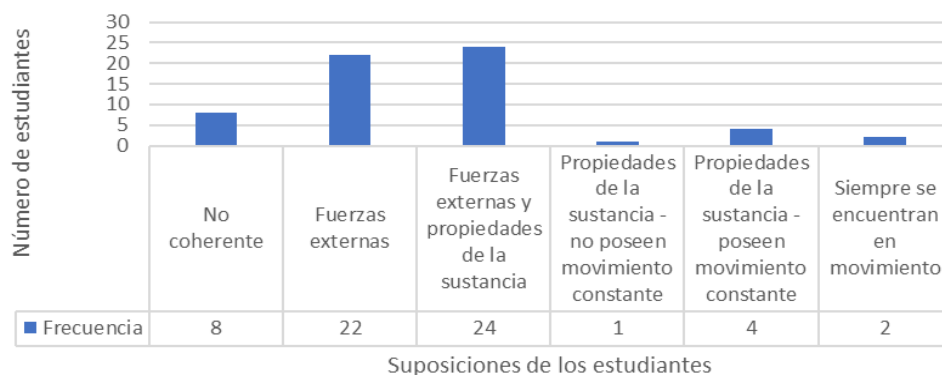
**Figura 6.** Suposiciones de los estudiantes sobre la estructura del medio (AIRE)

Aquellos estudiantes que ven el aire como un continuo, lo dibujaron como líneas que atravesaban una habitación tal como se muestra en la figura 7, y lo describieron como algo que posee una trayectoria determinada con la capacidad de arrastrar a otras partículas, similar a la forma en que se comportaría un líquido. Por otra parte, quienes fueron clasificados en un nivel microscópico lo representaron como puntos o círculos que se encontraban en cualquier punto de la habitación, mientras que los clasificados en un nivel macro/ microscópico en ciertas ocasiones lo dibujaron como círculos, pero al describirlo lo consideraban como una sustancia que arrastra a otras partículas, un continuo.



**Figura 7.** Representación del origen del movimiento y trayectoria de una partícula de gas de acuerdo con la suposición de un estudiante de que el aire arrastra a otras moléculas

Referente a las suposiciones de los estudiantes sobre el origen del movimiento de las partículas en estado gaseoso, representado en la figura 8, se aprecia que 24 suponen que se debe a fuerzas externas que actúan sobre estas y a las propiedades de la sustancia (perfume), 22 creen que únicamente se debe a fuerzas externas, 4 indican que se origina por sus propiedades junto con su movimiento constante y solo 2 logran el ideal en el que asumen que se debe al movimiento constante de las partículas. Los estudiantes categorizados en no coherente son aquellos que no se ajustaban a los perfiles estudiados por el programa SAMM dado que contestaban “no sé” o sus respuestas resultaban ser incoherentes (mencionan diversos motivos al azar).



**Figura 8.** Suposiciones de los estudiantes sobre las causas del origen del movimiento en las partículas de gas.

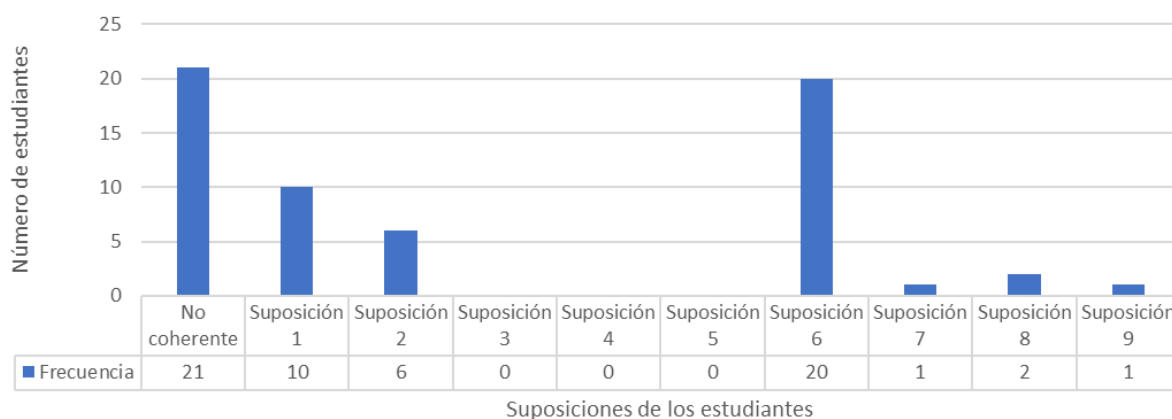
Las fuerzas externas, que para los estudiantes originan el movimiento del gas, generalmente corresponde al aire, esto se expresó en frases como *“las partículas dependen del viento para ser trasladadas”* y *“a través del aire las moléculas de perfume son arrastradas por el ambiente y al inhalar son absorbidas por mi nariz”*. Por otra parte, aquellos que afirman que se debe a fuerzas externas y propiedades de la sustancia al mismo tiempo, en su mayoría consideran el peso del gas como una de las propiedades que le permite ser movido por el aire, identificado en respuestas como:

- “la capacidad de las moléculas para moverse es gracias a que pesan poco, logran moverse con los movimientos de la habitación y la ventilación”
- “su masa es tan liviana que se mueven por agentes externos (ej: aire)”

Otro tipo de respuestas que se obtuvo, fueron aquellas en donde se expresó que el movimiento se origina en el momento en que el frasco donde se encontraban confinadas las partículas de perfume se rompía, con lo que estas se derramaban, de la misma manera en que se derramaría agua si se rompiera su recipiente, algunas descripciones fueron:

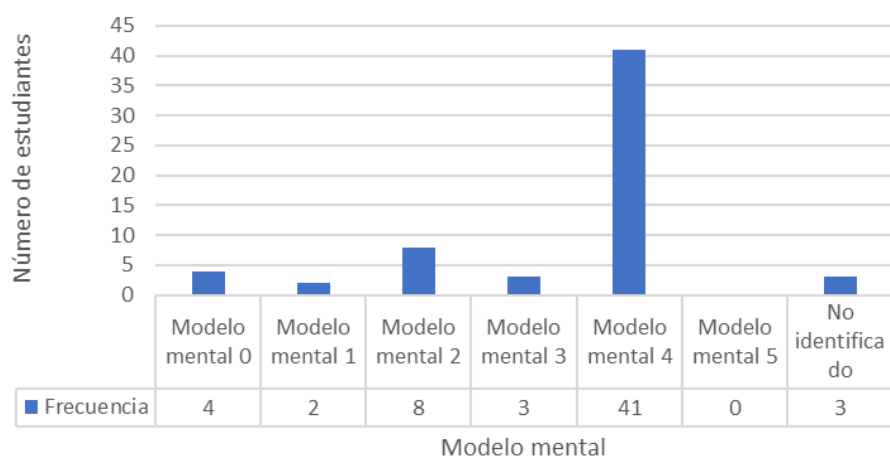
- *“la capacidad de las moléculas para moverse viene del momento inicial cuando se rompe el frasco”*
- *“la capacidad de las moléculas para moverse proviene de la fuerza y energía provocada por el impacto”*
- *“reciben impulso al momento de romperse la botella”.*

Para las suposiciones de los estudiantes sobre la trayectoria de las partículas de gas, gran parte de estos se encuentra en dos categorías, 21 de ellos en no coherente, seguido de 20 individuos en la categoría 6 donde suponen que las moléculas de perfume chocan unas con otras, sin embargo, es el aire quien guía su trayectoria (figura 9). El ser categorizado en no coherente se puede deber a diferentes factores tales como escribir “no sé”, ofrecer respuestas irrelevantes o incomprensibles, escribir indicadores que caen en las suposiciones 1, 2 o 9. La suposición 1 indica que los estudiantes expresan que las partículas no se mueven por sí solas, sino que el aire controla su trayectoria y la suposición 2, que las partículas poseen movimiento, pero sigue siendo el aire quien las controla. Solo una persona logra el ideal en donde expresan que la trayectoria se basa en colisiones aleatorias con otros objetos microscópicos, descrito en la suposición 9.



**Figura 9.** Suposiciones de los estudiantes sobre la trayectoria de las partículas de gas.

En base a las concepciones alternativas identificadas por SAMM, este categoriza a los estudiantes en diferentes modelos mentales, el modelo en el que se encuentra la mayor parte de los estudiantes es el número 4 (figura 10), aquí los estudiantes poseen una incapacidad para explicar el origen del movimiento de las partículas en estado gaseoso, sin embargo logran reconocer que su trayectoria es aleatoria. El segundo modelo que más se repite es el número 2, en este la difusión es un proceso directo, el aire controla movimiento y trayectoria al ser un agente activo mientras que las partículas son agentes pasivos e inanimados.



**Figura 10.** Modelos mentales presentes en los estudiantes.

Las concepciones alternativas identificadas mediante la aplicación del test SAMM se presentan de forma resumida en la tabla 2.

**Tabla 2.** Concepciones alternativas identificadas por SAMM

Conceptos	Concepciones alternativas
Estructura del soluto (perfume)	- El comportamiento de los gases es similar al de los líquidos.

Estructura del medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El aire es continuo.</li> <li>· El aire se comporta como partícula y como continuo.</li> </ul>
Origen del movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El origen del movimiento se debe a fuerzas externas (por ejemplo, aire).</li> </ul>
Trayectoria de las partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Las moléculas con menor cantidad de átomos en su estructura se mueven más rápido.</li> <li>· La trayectoria de las partículas se encuentra delimitada por la dirección que sigue el viento.</li> </ul>

En base a las concepciones alternativas identificadas en torno al comportamiento de los gases es que se analizaron los planes y programas existentes en el curriculum chileno, en donde se encontró que el comportamiento de los gases se trabaja únicamente en séptimo básico. Anterior a esto, su naturaleza particulada es abordada en sexto básico y luego vuelve a ser mencionado en segundo medio como parte de la unidad de disoluciones mas no en torno a su comportamiento.

El MINEDUC (2015) describe la manera en que debe ser trabajado cada objetivo de aprendizaje como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Objetivos de aprendizaje donde se menciona la temática gases.

Curso	OA
Sexto básico	OA 12. Explicar, a partir de modelos, que la materia está formada por partículas en movimiento en sus estados sólido, líquido y gaseoso.
Séptimo básico	OA 13. Investigar experimentalmente y explicar el comportamiento de gases ideales en situaciones cotidianas, considerando:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores como presión, volumen y temperatura.</li> <li>• Las leyes que los modelan.</li> <li>• La teoría cinético-molecular.</li> </ul>
Segundo medio	<p>OA 15. Explicar, por medio de modelos y la experimentación, las propiedades de las soluciones en ejemplos cercanos, considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El estado físico (sólido, líquido y gaseoso).</li> <li>• Sus componentes (solute y solvente).</li> <li>• La cantidad de soluto disuelto (concentración).</li> </ul>

Dado que la temática estudiada no vuelve a ser abordada en niveles superiores, se propone que en los objetivos de aprendizaje planteados en la tabla 4 se refuerce el comportamiento de los gases considerando su estructura, origen del movimiento y trayectoria, esta propuesta es en base a las asignaturas propuestas en el plan común (Ciencias Naturales y Ciencias para la Ciudadanía) y el plan Científico Humanista para 3° y 4° medio

**Tabla 4.** Propuesta de objetivos de aprendizaje donde abordar temática gases.

Asignatura	Curso	OA
Ciencias Naturales	7° básico	OA 15. Investigar experimentalmente los cambios de la materia y argumentar con evidencia empírica que estos pueden ser físicos o químicos.

Ciencias Naturales	8° básico	<p>OA 3. Explicar, por medio de la experimentación, los mecanismos de intercambio de partículas entre la célula (en animales y plantas) y su ambiente por difusión y osmosis</p>
Ciencias Naturales	1° medio	<p>OA 17. Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La producción de gas, la formación de precipitados, el cambio de temperatura, color y olor, y la emisión de luz, entre otros.</li> <li>• La influencia de la cantidad de sustancia, la temperatura, el volumen y la presión en ellas.</li> <li>• Su representación simbólica en ecuaciones químicas.</li> <li>• Su impacto en los seres vivos y el entorno</li> </ul>
Ciencias para la Ciudadanía	3° o 4° medio	<p>OA 3. MÓDULO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD: Modelar los efectos del cambio climático en diversos ecosistemas y sus componentes biológicos, físicos y químicos, y evaluar posibles soluciones para su mitigación.</p>



<p>Formación Diferenciada Ciencias: Química</p>	<p>3° o 4° medio</p>	<p>OA 3. Argumentar y comunicar, con base en evidencia científica, cómo la termodinámica y la cinética de reacciones químicas contribuyen a comprender el funcionamiento de los sistemas naturales y sus respuestas a cambios ejercidos sobre estos.</p>
<p>Formación Diferenciada Ciencias: Química</p>	<p>3° o 4° medio</p>	<p>OA 4. Explicar efectos del cambio climático sobre los ciclos biogeoquímicos y los equilibrios químicos que ocurren en los océanos, la atmósfera, las aguas dulces y los suelos, así como sus consecuencias sobre el bienestar de las personas y el desarrollo sostenible.</p>
<p>Formación Diferenciada Ciencias: Biología de los Ecosistemas</p>	<p>3° o 4° medio</p>	<p>OA 2. Comprender la relación entre la biodiversidad, el funcionamiento de los sistemas naturales y la provisión de servicios que estos brindan al bienestar de las personas y la sociedad, considerando aspectos de bioenergética, dinámica de poblaciones y flujos de materia y energía como factores explicativos subyacentes.</p>
<p>Formación Diferenciada Ciencias: Física</p>	<p>3° o 4° medio</p>	<p>OA 1. Analizar, con base en datos científicos actuales e históricos, el fenómeno del cambio climático global, considerando los patrones observados, sus causas probables, efectos actuales y posibles consecuencias futuras sobre la Tierra, los sistemas naturales y la sociedad.</p>

## 8. Discusión

Mediante el uso del test SAMM, los estudiantes de nuevo ingreso de las carreras de Pedagogía en Ciencias Naturales e Ingeniería en Recursos Naturales fueron clasificados en diferentes categorías dependiendo de las concepciones alternativas que poseían, sin embargo, algunos alumnos quedaban fuera de dicha categorización dado que no se ajustaban a los perfiles estudiados por el programa de SAMM, producto de esto, en el estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes referente al origen del movimiento de las partículas de gas y la trayectoria que estas seguían, se obtuvo un gran número de respuestas en la sección de no coherentes.

Las respuestas clasificadas como no coherentes fueron estudiadas y en estas, se identificaron diferentes concepciones alternativas descritas también en la literatura. Entre ellas se encontró que algunos estudiantes consideran el aire como una sustancia continua (no particulada), lo cual fue descrito también por Benson et al. (1993), entre las respuestas de los estudiantes se encontraron afirmaciones tales como:

- *“las moléculas de perfume viajan a través del aire”*
- *“la molécula de perfume sigue la trayectoria dada por el aire”*
- *“el aire empuja a las moléculas”*

De la misma manera, Benson et al. (1993) describe también que una concepción alternativa es que el comportamiento de los gases es similar al de los líquidos, la cual también fue posible apreciar en las respuestas estudiadas, en frases como *“el impulso de las moléculas proviene del impacto cuando se liberaron las moléculas de gas”* refiriéndose al momento en que se liberan las moléculas de perfume, como si éstas se hubiesen derramado de la misma manera en que se derrama un líquido.

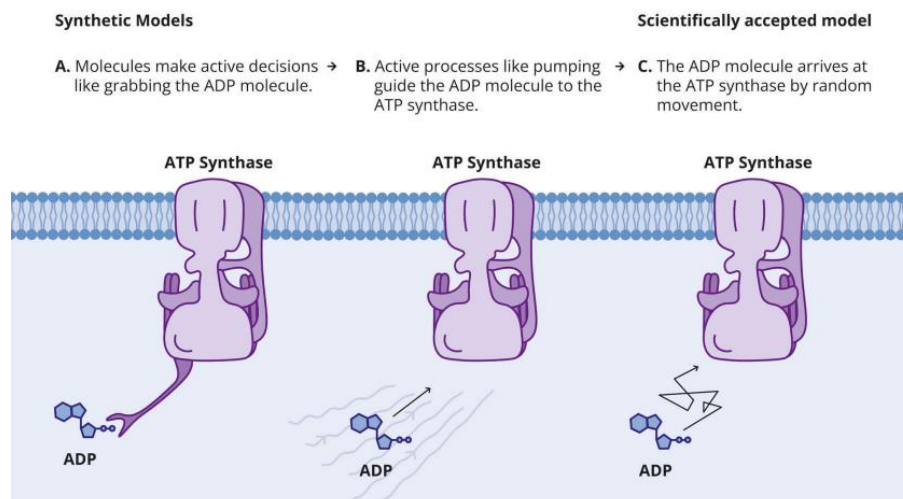
Otra concepción alternativa identificada es aquella descrita por Aydeniz et al. (2012) donde se asevera que la velocidad de difusión de un gas está directamente relacionada con su peso molecular, expresado por los estudiantes participantes como por ejemplo “se siente primero el gas A al ser más liviano y por lo tanto más rápido”, “el gas A al tener menos moléculas de H podría ser más ligero y transportarse más rápido”.

Al momento de estudiar la trayectoria que siguen las moléculas de gas se obtuvo un gran número de estudiantes en la categoría de no coherente dado que ofrecían diferentes suposiciones para intentar dar una explicación a esta, mayormente lo asociaban a la influencia del aire sobre dichas partículas y no a su movimiento aleatorio. Mediante la búsqueda bibliográfica se encontró un estudio llevado a cabo por Tobler et al. (2023) en el cual se analizó la comprensión de estudiantes universitarios de primer año en carreras científicas sobre los procesos estocásticos, también llamados aleatorios en los procesos biológicos. En dicha investigación se encontró que los estudiantes relacionan la aleatoriedad de las partículas cuando se habla específicamente de difusión, pero no en otros procesos, Garvin - Doxas & Klymkowsky (2008, citado por Tobler, 2023) coinciden en que los alumnos son conscientes de la aleatoriedad que existe en el proceso de difusión, pero no pueden transferir dicho conocimiento. El estudio de Tobler arroja que la comprensión de que los eventos aleatorios pueden ser beneficiosos en diferentes procesos parece faltar en algunos alumnos y en su estudio se identificó en frases como *“suena demasiado aleatorio y como si no hubiera ninguna lógica detrás”, “esto [el movimiento aleatorio] parece muy ineficiente y realmente espero que no lo sea”*.

En base a las distintas respuestas ofrecidas por los estudiantes en la investigación llevada a cabo por Tobler et al. (2023) estos argumentan que los alumnos comienzan sus ideas con una comprensión teleológica del mundo, es decir, todos los procesos deben tener una explicación causal, lo que podría identificarse en la presente investigación en la concepción de que el aire mueve las partículas de gas dado que es una idea intuitiva, que puede nacer del hecho de que

el viento puede mover cosas en lo macroscópico, más tarde en su educación incorporan a su marco de conocimientos previos nueva información relacionada con la ciencia, por ejemplo, a la concepción alternativa de que el aire mueve las partículas de gas se suma el conocimiento de que dichas partículas poseen movimiento propio, sin embargo, este es superado por la fuerza del viento que sigue determinando su trayectoria, para finalmente llegar al modelo científicamente aceptado, superando las concepciones alternativas que poseían, como el hecho de que las partículas de gas poseen movimiento propio el cual es aleatorio.

Este proceso en el cual las concepciones alternativas de los estudiantes evolucionan hasta llegar al modelo científicamente aceptado, fue ejemplificado en la figura 11 con el concepto de movimiento aleatorio a nivel molecular. Los alumnos parten con la idea de que los procesos de llevan a cabo mediante las decisiones activas de las moléculas, pasando al modelo B en donde desarrollan la comprensión de que las moléculas no pueden realizar dichas acciones, sin embargo, aún asumen que un proceso no aleatorio debe llevar la molécula de ADP hasta la ATP sintasa (bombeo activo), indicando que un comportamiento estocástico no puede conducir de forma eficaz dicho proceso. Finalmente después de esto los alumnos pueden dejar atrás las concepciones alternativas que poseían y llegar al modelo científicamente correcto.



**Figura 11.** Cambios en el modelo conceptual de los estudiantes para el movimiento aleatorio de moléculas en entornos celulares. Extraído de “Understanding Randomness on a Molecular Level: A Diagnostic Tool” (p. 13) por Tobler et al., 2023, *Life Sciences Education*, 22(2).

Con la identificación de las concepciones alternativas se propuso reforzar el contenido asociado al comportamiento de las partículas de gas al abordar diferentes objetivos de aprendizaje, dicha propuesta se encuentra de forma resumida en la tabla 4.

Partiendo por el hecho de que propiedades de los gases ideales es trabajado por primera vez en séptimo básico con el OA 13, es a partir de este nivel que comienzan las sugerencias para reforzar esta temática. Partiendo por el plan común de Ciencias Naturales, la primera sugerencia se centra en el OA 15 de séptimo básico con los cambios en la materia lo cual puede ser trabajado a un nivel microscópico considerando el estado gaseoso y la posibilidad de visibilizar este movimiento en las partículas de gas mediante simuladores.

Luego de esto, en el nivel siguiente (8° básico), en el OA 3 se solicita a los docentes abordar temática difusión lo que, pese a no relacionarse directamente con gases, se relaciona con el movimiento estocástico de las partículas que tal como se mencionó y representó en la figura 10, es una problemática para el aprendizaje de los estudiantes considerando la incapacidad de estos para relacionar este proceso con la capacidad de las moléculas de moverse sin la necesidad de agentes externos que actúen sobre ellas.

Para primero medio, al abordar diferentes reacciones químicas en el OA 17, se da la posibilidad de volver a reforzar temática gases donde estos sean parte, pudiendo ahondar nuevamente en su naturaleza y su comportamiento.

En tercero y cuarto medio se ofrecen diversos objetivos de aprendizaje donde reforzar el contenido deseado, sin embargo, solo uno de los objetivos pertenece a una asignatura del plan

de estudios común y esta es Ciencias para la Ciudadanía, el resto solo se encuentra en los planes Científico Humanista con Formación Diferenciada. En Ciencias para la Ciudadanía, en el módulo de Ambiente y Sostenibilidad, OA 3 y en Física, OA 1, la temática cambio climático podría incluir propiedades de los gases de forma contextualizada.

En la Formación Diferenciada para Química se proponen dos objetivos a trabajar, OA 3 y OA 4. Para el primero, el Ministerio de Educación (2020) menciona en sus observaciones al docente que este sea vinculado con el OA sobre leyes de los gases ideales de séptimo básico, expresado con “es importante reforzar los aprendizajes logrados en 1° medio y 8° básico relativos a enlace químico, balance de ecuaciones químicas y tipos de reacciones químicas, en especial la combustión. Asimismo, conviene recordar lo trabajado en 7° básico sobre las leyes de los gases ideales” (p. 96). Para el OA 4, al estudiar los ciclos biogeoquímicos, los elementos que sean trabajados por el docente deberán ser representados en diferentes estados donde reforzar temática gases puede ser beneficioso. En el objetivo seleccionado en Biología de los Ecosistemas, OA 2, se puede apreciar en las actividades recomendadas, el estudiar ciclos biogeoquímicos al igual que en Química.

Dada la importancia de conocer con anterioridad las concepciones alternativas de los estudiantes y así poder abordarlas, como una proyección a futuro se podría aplicar el mismo test SAMM a docentes de Ciencias Naturales quienes poseen la responsabilidad de dejar atrás las ideas con las que los estudiantes ingresan al aula, para conocer si estos son conscientes de sus propias concepciones alternativas.

## **9. Conclusión**

En base a los resultados obtenidos y a la búsqueda bibliográfica llevada a cabo se acoge la hipótesis de investigación dado que las concepciones alternativas referentes al comportamiento de los gases en estudiantes de nuevo ingreso de las carreras de Pedagogía en

Ciencias Naturales e Ingeniería en Recursos Naturales coinciden en gran medida con las concepciones descritas por la literatura.

Al caracterizar las concepciones alternativas identificadas con la aplicación del test SAMM, coinciden con aquellas encontradas en la literatura que el aire es un continuo (no particulado), el comportamiento de los gases es similar al de los líquidos, la velocidad de difusión de un gas se encuentra directamente relacionada con su peso molecular. Por otra parte, en la búsqueda bibliográfica no se encontró documentos en los cuales se estudiaran las concepciones alternativas referentes al origen del movimiento en gases y la trayectoria de estos.

Referirse al origen del movimiento en las partículas de gas, junto con su trayectoria fue una de las mayores dificultades para los estudiantes, evidenciando que no consideran el movimiento estocástico, tal como pasó en el estudio llevado a cabo por Tobler (2023) quien evidenció que los alumnos solo relacionan la aleatoriedad del movimiento en las partículas al hablar de difusión, mas no en otros procesos, lo cual coincide con las respuestas entregadas por los estudiantes en esta investigación, quienes poseen la concepción alternativa de que el aire es quien provoca el movimiento de otras partículas y que estas se moverán en la dirección que el viento vaya.

La permanencia de las concepciones alternativas en torno al comportamiento de los gases pese a años de escolarización, puede deberse a que los docentes no están conscientes de estas, existiendo la posibilidad de que ellos también las posean si no existe un cuestionamiento sobre la temática.

En base a esto y al análisis de planes y programas entregados por el Ministerio de Educación, en donde se encontró que las propiedades de los gases es trabajado únicamente en séptimo básico es que se propone reforzar este contenido como parte de otros objetivos en niveles superiores, para que esto se estudie de forma constante.

Los niveles y objetivos de aprendizaje en los que se sugiere reforzar las propiedades de los gases para el plan común es en:

- 7° básico - OA 15 / 8° básico - OA 3 / 1° medio - OA 17 / 3° medio Ciencias para la Ciudadanía: Módulo Ambiente y Sostenibilidad OA 3.

Por otra parte, la sugerencia de objetivos de aprendizaje para los planes de Formación Diferenciada Científico Humanista en 3° y 4° medio son:

- Química - OA 3 y 4/ Biología de los Ecosistemas OA 2 / Física OA 1.

Se sugiere abordar las temáticas asociadas al comportamiento de los gases mediante simulaciones virtuales, esto con el propósito de generar una conexión con el triplete de la química, dado que muchas veces los docentes suelen centrarse mayormente en lo que Johnstone llamaría lo macroscópico o las experiencias para Talanquer, dejando de lado el modelo microscópico para este caso específico, siendo aquí donde se presentan las dificultades para los estudiantes de acuerdo con este estudio.

## 10. Bibliografía

- Aydeniz, M., Pabuccu, A., Cetin, P. S., & Kaya, E. (2012). ARGUMENTATION AND STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF PROPERTIES AND BEHAVIORS OF GASES. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 1303-1324.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*, 15(3), 210-217.



- Benson, D. L., Wittrock, M. C., & Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of research in science teaching*, 30(6), 587-597.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/tea.3660300607>
- Brown, T., LeMay, H., Bursten, B. & Burdge, J. (2004). *Química la ciencia central*. (9° edición). Pearson Educación.
- Canet, G. V. (2022). Alcances del constructivismo como paradigma en la investigación. *Wímb lu*, 17(2), 151-168.
- Carrascosa, J. (2014). Ideas alternativas en conceptos científicos. *Revista Científica*, 18(1), 112-137.
- Castellan (1998)
- Castillo, A., Marina, R., & González, M. (2013). El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *Omnia*, 19(2), 11-24.  
<https://www.redalyc.org/pdf/737/73728678002.pdf>
- Cataldi, Z., Lage, F. J., & Dominighini, C. (2013). Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza. *Revista de informática educativa y medios audiovisuales*, 10(17), 8-16.
- Chang, R., Goldsby, K. (2013). *Química*. (11° edición). McGraw-Hill Educación.
- Cutrera, G., & Stipcich, S. (2016). El triplete químico. Estado de situación de una idea central en la enseñanza de la Química. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación*, 3(6).

- Furió , C. J., & Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*, 11(3), 300-308.  
<https://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66442>
- Greca, I., Moreira, M. (1998). MODELOS MENTALES Y APRENDIZAJE. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 16(2), 289-303.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F.: Mcgraw-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V.  
<https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Liang, J. C., Chou, C. C., & Chiu, M. H. (2011). Student test performances on behavior of gas particles and mismatch of teacher predictions. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 238-250. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2011/rp/c1rp90029c>
- Lin, H. S., Cheng, H. J., & Lawrenz, F. (2000). The assessment of students and teachers' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235.  
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed077p235>
- Ministerio de Educación. (2015). Bases Curriculares 7°básico a 2° medio.
- Ministerio de Educación. (2019). Bases Curriculares 3° y 4° medio.
- Ministerio de Educación. (2020). Programa de Estudio 3° o 4° medio. Formación Ciudadana Diferenciada Ciencia: Química.
- Ordaz González, G. J., & Britt Mostue, M. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química. *Actualidades investigativas en educación*, 18(2), 559-579.  
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/aie/v18n2/1409-4703-aie-18-02-559.pdf>

- Ramos, C. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances en Psicología*, 23 (1), 9-17. <https://revistas.unife.edu.pe/index.php/avancesenpsicologia/article/view/167/159>
- Raviolo, A., & Garritz, A. (2010). Simulaciones en la enseñanza de la química. In *Conferencia VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química. Santa Fe, Argentina* (pp. 9-11).
- Solaz, J. J., & Sanjosé, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas: Un estudio con alumnos de bachillerato. *Revista electrónica de investigación educativa*, 10(1), 1-16.
- Stains, M., Escriu-Sune, M., Molina Alvarez de Santizo, M. L., & Sevian, H. (2010). Assessing Secondary and College Students' Implicit Assumptions about the Particulate Nature of Matter: Development and Validation of the Structure and Motion of Matter (SAMM) Survey: SUPPLEMENTARY MATERIALS. *Journal of Chemical Education*, 88(10), 1359-1365. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed1002509>
- Stains, M., Escriu-Sune, M., Molina Alvarez de Santizo, M. L., & Sevian, H. (2011). Assessing secondary and college students' implicit assumptions about the particulate nature of matter: Development and validation of the structure and motion of matter survey. *Journal of Chemical Education*, 88(10), 1359-1365. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed1002509>
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tobler, S., Köhler, K., Sinha, T., Hafen, E., & Kapur, M. (2023). Understanding randomness on a molecular level: A diagnostic tool. *CBE—Life Sciences Education*, 22(2), ar17.



**Anexos****Anexo 1 - Instrumento de recopilación de datos, Structure and Motion of Matter (SAMM)**

**ITEM 1.** Imagina que alguien rompe un vaso de perfume en un lado de una habitación y que tú estás de pie en el otro lado de la habitación. Al cabo de un rato empiezas a olerlo porque las moléculas de perfume llegan desde el derrame hasta tu nariz.

- a) Haz un dibujo para explicar cómo se mueven las moléculas desde el vertido hasta tu nariz.



- b) Utiliza palabras para explicar cómo se mueven las moléculas desde el vertido hasta tu nariz.

- c) Utiliza palabras para explicar de dónde procede la capacidad de movimiento de las moléculas.

- d) Haz un dibujo para explicar el movimiento de UNA molécula de perfume que va del derrame a tu nariz.

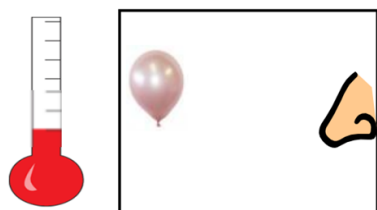
Por favor asegurate de representar también el AIRE en la habitación



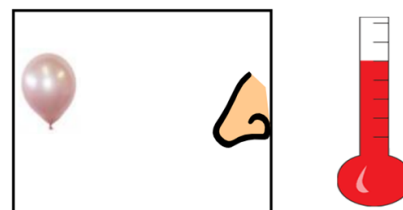
Una molécula de perfume (no dibujada a escala)

- e) Explica por qué la molécula de perfume tiene los movimientos específicos que acabas de dibujar en el punto D.

**ITEM 2.** Ahora imaginemos que tenemos dos globos idénticos que contienen una cantidad idéntica de un gas perfumado. Un globo se coloca en la sala 1 y el otro en la sala 2. Las dos salas son idénticas, salvo que la sala 2 está más caliente que la sala 1. Usted se encuentra en cada sala a la misma distancia del globo.



Habitación 1



Habitación 2

a) Si se reventara el globo, ¿el olor sería más fuerte en una de las habitaciones?

Sí, ¿En cuál? \_\_\_\_\_

No, la intensidad del olor será la misma en ambas habitaciones.

Otros; **especifique:** \_\_\_\_\_

b) Si se reventara el globo. ¿olería el perfume más rápido en una de las habitaciones?

Sí, ¿En cuál? \_\_\_\_\_

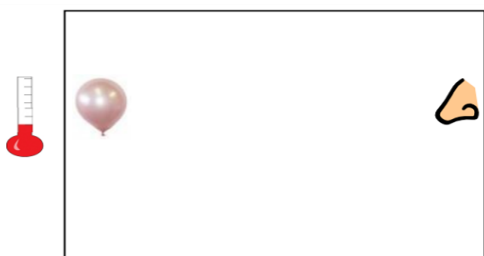
No, olerás el perfume al mismo tiempo en ambas habitaciones.

Otros; **especifique:** \_\_\_\_\_

- c) Dibuja las moléculas de perfume y sus movimientos en la habitación fría y en la habitación caliente, poco después de reventar los globos con gases, para explicar tus respuestas a las partes a y b. Utiliza las líneas que hay debajo de cada dibujo para explicar tus dibujos.

Por favor asegurate de representar también el AIRE en la habitación

Habitación fría




---

---

---

---

---

---

---

---

Habitación caliente




---

---

---

---

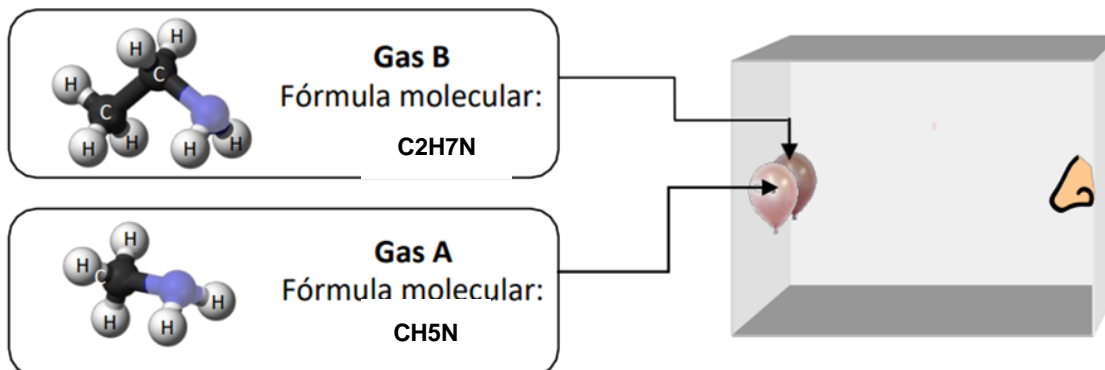
---

---

---

---

**ITEM 3.** Ahora imaginemos que tenemos dos globos idénticos que contienen las mismas cantidades de dos gases perfumados diferentes, gas A y gas B. Un globo está lleno de gas A y el otro de gas B. Los globos están colocados en una habitación a la misma distancia de su nariz.



Los globos se revientan al mismo tiempo.

- a) ¿Hay algún gas que huela más fuerte que el otro?



Sí, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

No, ambos tienen la misma intensidad de olor.

Otros; **especifique:** \_\_\_\_\_

b) ¿Hay algún gas que olerías primero?

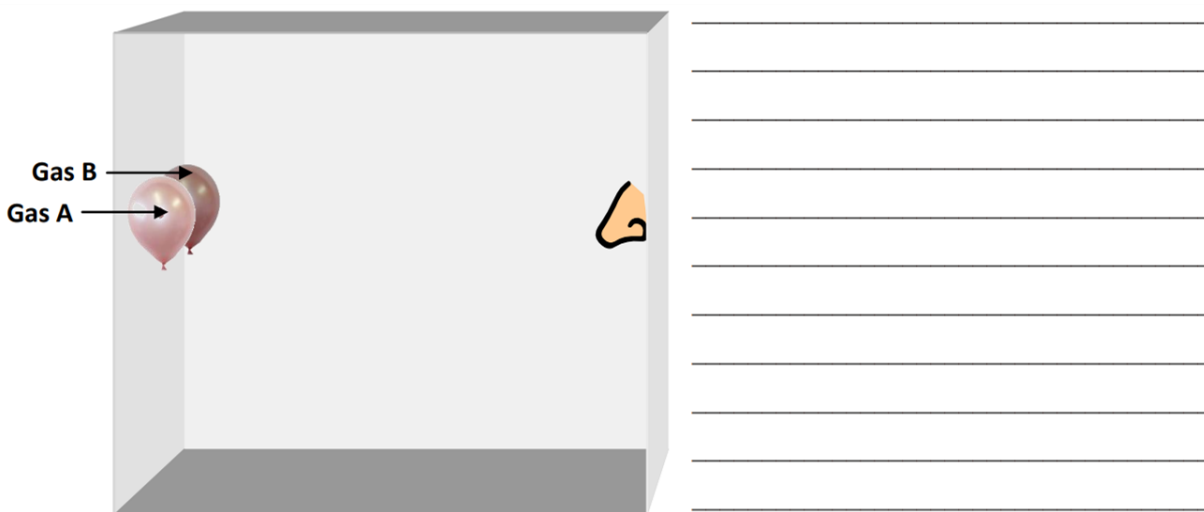
Sí, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

No, olerás los dos al mismo tiempo.

Otros; **especifique:** \_\_\_\_\_

c) Dibuja las moléculas de los perfumes gas A y gas B y sus movimientos, poco después de reventar los globos, para explicar tus respuestas a las partes a y b. Utiliza las líneas de la derecha de la imagen para explicar tus dibujos.

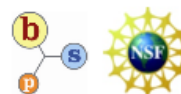
Por favor asegurate de representar también el AIRE en la habitación



Anexo 2 - Esquema de puntuación, fichero excel

SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY  
© 2010 Marilyn N. Stains and Hannah Sevian

Concept	Score
Structure of a Substance	0
Structure of Medium	0
Origin of the Motion of Particles	0
Trajectory of Perfume Particles	0



This research is part of the Boston Science Partnership project, and is supported by the National Science Foundation (grant EHR-0412390)

<b>Potential Mental Model</b>	<b>0</b>
<i>The student does not have a micorscopic view of the perfume.</i>	

**Possible entry problems:** a) Both Yes and No are checked for one of the questions and/or b) You missed one question; Please double check your answers.

[Click here to reset the checkboxes](#)

Please check the

Please check the appropriate box

**Question 1 a**

You might need to read answer to [Question 1 b](#) to understand what the student is representing in this drawing.

Did the student **write** "I don't know" or left the question blank?  Yes  No

Did the student **draw** dots, circles, cross or used letters (such as, P or A or B ) to represent the perfume?  Yes  No

Did the student **label** any parts of the drawing with the words **molecule** or **particle** when talking about the perfume?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **draw** dots, circles or cross to represent the air?  Yes  No

Did the student **label** any parts of the drawing with the words **molecules** or **particles** or  $O_2/CO_2/H_2O$  when talking about the air?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

**SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY**

© 2010 Marilyn N. Stains and Hannah Sevian

- Did the student **draw, label, or otherwise show** air, oxygen, wind, breeze, or atmosphere in the drawing?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **draw** fans, windows, air or wind pushing the molecules?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **draw** molecules radiating outward in all directions (straight lines starting from the spill and going in all directions, like sun rays)?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)

**Question 1 b**

- Did the student **write** "I don't know" or left the question blank?  Yes  No
- Did the student **write** the word molecules or particles when talking about the perfume?  Yes  No
- Did the student **write** the word molecules, particles, or O<sub>2</sub> when talking about the air?  Yes  No
- Did the student **write** one of these words: air, oxygen, wind, breeze, atmosphere?  Yes  No
- Did the student **say** that the perfume moves because of air, air molecules or air circulation (e.g., fans, windows, or air)?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **explain** that inhaling/breathing air causes a force that brings perfume molecules from the spill to the nose?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **write** that air or oxygen is carrying the molecules of perfume?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **write** that molecules move because of kinetic energy?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **say** that molecules are in constant motion?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **say** that perfume molecules float or float in/on air?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **say** that perfume molecules collide with/bounce off air or other particles?  Yes  No
- Did the student **write** that the perfume has no specific destination/direction?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **say** that molecules move in all directions or all over the room, but did not explain how?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)

**SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY**

© 2010 Marilyne N. Stains and Hannah Sevian

Did the student **write** that **without air or external forces** perfume molecules would not move?

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

**Question 1 c**

Did the student write "**I don't know**" or left the question blank?

Yes  No

Did the student **write** the word **molecules/particles** when talking about the **perfume**? (The word molecules/ particles has to be **outside the expression "Molecules' ability to move comes from ..."** since students who start the answer with this expression are only repeating the prompt.)

Yes  No

Did the student **write** the word **molecules, particles, or O<sub>2</sub>** when talking about the **air**?

Yes  No

Did the student **write** one of these words: **air, oxygen, wind, breeze, atmosphere**?

Yes  No

Did the student **say** that the perfume moves because of **air, air molecules** or **air circulation** (e.g., fans, windows, or air movement due to people walking, breathing)?

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **explain** that **inhaling/breathing air causes a force that brings perfume molecules from the spill to the nose**?

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **write** that **without air or external forces** perfume molecules would not move?

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **explain** that molecules of perfume move because **they collide with/bounce off other molecules which push them forward**? (similar to **Air Hockey** where the puck is the perfume molecule and the mallet is the air molecules)

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **explain** that molecules of perfume move because when **they collide/bounce off or touch air molecules** energy is transferred to the perfume molecules?

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **talk about** molecules moving because of **heat as a force** that pushes molecules?

Yes  No

Did the student **talk about** molecules moving because of **gravity**?

Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

**SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY**

© 2010 Marilynne N. Stains and Hannah Sevian

Did the student <b>talk about</b> molecules moving because of diffusion as a <b>force</b> that pushes molecules from one area of the room to another?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>write</b> that molecules <b>need/have to</b> go from an area of high concentration to an area of low concentration?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>explain</b> that perfume molecules move because they are <b>no longer confined to the bottle</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>explain</b> that molecules are <b>picked up by the air</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>write</b> that perfume molecules <b>bond to air molecules</b> or that the <b>air or oxygen carry the perfume molecules</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>explain</b> that molecules move because they are in the <b>gas phase</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>explain</b> that molecules move because they <b>have something within themselves</b> that makes them move (e.g., <b>atoms, electrons, weight, size, energy</b> , etc.)?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>talk about</b> molecules moving because they have <b>intermolecular/attractive forces</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>talk about</b> molecules moving because they have a <b>natural tendency/want to move</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
<hr/>			
Did the student <b>talk about</b> molecules moving because of the <b>phase change (vaporization)</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>write</b> that molecules move because of <b>kinetic energy</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>indicate</b> that perfume molecules are <b>moving by themselves</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>say</b> that molecules are <b>in constant motion</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>

**Question 1 d**

You might need to read answer to [Question 1 e](#) to understand what the student is representing in this drawing.

Did the student write "I don't know" or left the question blank?  Yes  No

**SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY**

© 2010 Marilyn N. Stains and Hannah Sevian

- Did the student **draw** dots, circles cross or used letters (such as, P or A or B ) to represent the perfume?  Yes  No
- Did the student **label** any parts of the drawing with the words **molecule** or **particle** when talking about the perfume?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **draw** dots, circles or cross to represent the air?  Yes  No
- Did the student **label** any parts of the drawing with the words **molecules** or **particles** or  $O_2/CO_2/H_2O$  when talking about the air?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **draw, label, or otherwise show** air, oxygen, wind, breeze, or atmosphere in the drawing?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **indicate** that perfume molecules bond to air molecules?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student draw fans, windows, air or wind pushing the molecules?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **draw** a straight line/path from spill to nose?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **draw** perfume molecules going from high to low concentration areas?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- 
- Did the student **show in the drawing** perfume molecules going in all directions (draw lines going from the spill to all directions)?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **show in the drawing** perfume molecules colliding with walls or other macroscopic objects?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **show in the drawing** perfume molecules colliding with air or other particles?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **draw** random-walk lines (NO straight lines from spill to nose)?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **show in the drawing** perfume molecules moving around air molecules, as if to avoid them, as if air molecules were an obstacles in the path?  Yes  No [Click here for examples of "YES" answers](#)
- Did the student **show in the drawing** inhaling/breathing air as a force that causes perfume molecules to be drawn from the spill to the nose?  Yes  No

**Question 1 e**

**SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY**  
**© 2010 Marilyn N. Stains and Hannah Sevia**

You might need to look at the drawing in [Question 1 d](#) to understand the student's answer.

Did the student write "I don't know" or left the question blank?  Yes  No

Did the student **write** the word **molecules** or **particles** when talking about the **perfume**?  Yes  No

Did the student **write** the word **molecules**, **particles**, or **O<sub>2</sub>** when talking about the **air**?  Yes  No

Did the student **write** one of these words: **air**, **oxygen**, **wind**, **breeze**, **atmosphere**?  Yes  No

Did the student **indicate** that the **trajectory** of the **perfume** molecule is **controlled** or **guided** by the **wind/breeze** or **air current**?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **write** that **air** or **oxygen** is carrying the **molecules** of **perfume**?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

You might need to look at the drawing in [Question 1 d](#) to understand the student's answer.

Did the student write "I don't know" or left the question blank?  Yes  No

Did the student **write** the word **molecules** or **particles** when talking about the **perfume**?  Yes  No

Did the student **write** the word **molecules**, **particles**, or **O<sub>2</sub>** when talking about the **air**?  Yes  No

Did the student **write** one of these words: **air**, **oxygen**, **wind**, **breeze**, **atmosphere**?  Yes  No

Did the student **indicate** that the **trajectory** of the **perfume** molecule is **controlled** or **guided** by the **wind/breeze** or **air current**?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **write** that **air** or **oxygen** is carrying the **molecules** of **perfume**?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **say** that **perfume** molecules **bond** to **air** molecules?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **say** that perfume **molecules** **float** or **float in/on** air?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **write** that **without** **air** or **external** forces perfume **molecules** would **not** move?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student <b>write</b> that perfume molecules <b>diffuse</b> or <b>move from high to low concentration areas</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>say</b> that perfume molecules <b>collide with/bounce off walls or other macroscopic objects</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>say</b> that perfume molecules <b>collide with/bounce off air or other particles</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>explain</b> that molecules of perfume move because <b>they collide with/bounce off other molecules which push them forward?</b> (similar to <b>Air Hockey</b> where the puck is the perfume molecule and the mallet is the air molecules?)	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>explain</b> that molecules of perfume move because when <b>they collide/bounce off or touch air molecules</b> energy is transferred to the perfume molecules?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>
Did the student <b>say</b> that perfume molecules move <b>randomly</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>

### SCORING THE STRUCTURE AND MOTION OF MATTER (SAMM) SURVEY

© 2010 Marilyn N. Stains and Hannah Sevian

Did the student <b>say</b> that molecules <b>move in all directions or all over the room, but did not explain how</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>say</b> that perfume molecules have <b>no specific destination/direction</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>write specifically</b> that perfume molecules <b>eventually</b> make it to the nose?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>write</b> that perfume molecules are <b>radiating outward</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>indicate</b> that perfume molecules <b>move by themselves</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>say</b> that molecules are <b>in constant motion</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
Did the student <b>explain</b> that <b>inhaling/breathing air causes a force</b> that brings perfume molecules <b>from the spill to the nose</b> ?	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	<a href="#">Click here for examples of "YES" answers</a>



---

**Question 2 c**

Did the student write "I don't know" or left the question blank?  Yes  No

Did the student **draw dots, circles cross or used letters (such as, P or A or B )** to represent the perfume?  Yes  No

Did the student **write** the word **molecules or particles** when talking about the perfume?  Yes  No

Did the student **draw dots, circles or cross** to represent the air?  Yes  No

Did the student **write in the text or label any parts of the drawings** with the word **molecules, particles, or  $O_2/CO_2/H_2O$**  when talking about the air?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **write in the text or draw, label, or otherwise show in the drawings** **air, oxygen, wind, breeze, or atmosphere**?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **indicate in writing** that the **trajectory of the perfume molecule is controlled or guided by the wind/breeze or air current**?  Yes  No

Did the student **express the idea** that the **temperature in the room is related to the kinetic energies** of the perfume molecules?  Yes  No

Did the student **express the idea** that perfume **molecules move faster** when the room is **warmer** (and/or **perfume molecules move slower** when the room is **colder**)?  Yes  No

Did the student **express the idea** that perfume **molecules move faster** when the room is **colder** (and/or **perfume molecules move slower** when the room is **warmer**)?  Yes  No

Did the student **say** that perfume molecules move faster because the **temperature makes AIR molecules go faster**?  Yes  No

Did the student **indicate** that perfume molecules **take longer/move slower** because the **air is more dense**?  Yes  No

Did the student **indicate in writing or through drawing** that perfume molecules **collide with/bounce off air or other particles**?  Yes  No

Did the student **indicate** that perfume molecules **move by themselves**?  Yes  No

Did the student **draw** molecules **radiating outward in all directions** (straight lines starting from the spill and going in all directions, like sun rays)?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

---

**Question 3 c**

Did the student write "I don't know" or left the question blank?  Yes  No

Did the student **draw dots, circles cross or used letters (such as, P or A or B )** to represent the perfume?  Yes  No

Did the student **write** the word **molecules or particles** when talking about the perfume?  Yes  No

Did the student **draw dots, circles or cross** to represent the air?  Yes  No

Did the student **write in the text or label any parts of the drawings** with the word **molecules, particles, or  $O_2/CO_2/H_2O$**  when talking about the air?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **write in the text or draw, label, or otherwise show in the drawings** **air, oxygen, wind, breeze, or atmosphere**?  Yes  No

[Click here for examples of "YES" answers](#)

Did the student **write** that perfume **molecules with less or more mass move faster**?  Yes  No

Did the student **say** that perfume molecules **collide with/bounce off air or other particles**?  Yes  No

Did the student **indicate** that perfume molecules **move by themselves**?  Yes  No

Did the student **indicate** that the **motion of the perfume molecules** through the air had to do with **how easily the air could interact with something that is in the perfume molecules** (e.g., particular atoms)?  Yes  No