



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

**ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE ÁTOMO A TRAVÉS DE UNA  
SECUENCIA HISTÓRICA DEL CONCEPTO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA  
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, QUÍMICA.**

**PRESENTA:**

**CLAUDIA ALVARADO ROMERO**

**TUTOR: KIRA PADILLA MARTÍNEZ**

**MARZO DE 2012**

**FACULTAD DE QUÍMICA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la estructura de la materia es un contenido curricular presente en niveles básicos de educación, se presenta como materia de tronco común en la educación media superior (ENP Escuela Nacional Preparatoria UNAM) y desde luego es materia imprescindible en el nivel superior para aquellos estudiantes que hayan decidido cursar una carrera profesional en el área científica.

Su estudio en el nivel básico (secundaria), se propone en el eje temático de la exploración y comprensión del mundo natural y social, eje en donde entran directamente los contenidos científicos y mismo que se divide en seis ámbitos entre los que se encuentra los materiales ¿de qué está hecho todo? en él, los estudiantes se acercan a la comprensión de la estructura de la materia a partir del estudio de sus propiedades y comportamiento lo cual se relaciona con su estructura interna, la disposición y arreglo de sus átomos y moléculas. Así mismo, se analizan los cambios sociales que produjeron el conocimiento de las propiedades de la materia; por líneas muy parecidas pero de mayor profundidad es que el tema reaparece en los niveles de educación media superior y superior.

Existe una amplia bibliografía que muestra que los estudiantes encuentran dificultades en este tema y que no pueden hacer uso de él para explicar las propiedades y los cambios de la materia (Benarroch, 2000; Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991) de manera que los alumnos, aunque lleguen a aceptar la propuesta escolar de un mundo formado por partículas que no pueden verse, recurren mucho más a sus teorías intuitivas que son más próximas al mundo que los rodea.

Ante esta problemática en este trabajo se pretende conocer cuál es modelo atómico inicial con el que cuenta una población de 10 estudiantes de nivel medio superior para posteriormente aplicar una estrategia didáctica que les permita acercarse al modelo atómico más reciente (cuántico ondulatorio). La estrategia se tituló ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE ÁTOMO A TRAVÉS DE UNA SECUENCIA HISTÓRICA DEL CONCEPTO, se basa en el desarrollo cronológico de varios de los modelos propuestos a lo largo de la historia de la ciencia. El enfoque es presentar una visión general del desarrollo histórico y no sólo hechos históricos aislados. Se parte de las ideas de los antiguos griegos y se llega hasta el modelo cuántico ondulatorio. Se pretende que los estudiantes de nivel medio superior reflexionen por equipos sobre las ventajas y desventajas de un modelo u otro así como la causa por la que surge la necesidad de cambiar de explicaciones.

Una inadecuada comprensión del desarrollo histórico de los modelos del átomo y de su nivel epistemológico traerá como consecuencia el uso de modelos híbridos.

Cuando se usa un modelo híbrido, es decir, un modelo en el que se agregan las características de dos o más modelos científicos históricamente aceptados (Justi y Gilbert, 1999), existen huecos de validación entre los atributos de un modelo y otro además de que no hay la necesidad de establecer preguntas sobre las diferentes formas de pensar o interpretar un fenómeno. Una adecuada comprensión de los modelos históricos podría ayudar a eliminar el uso de los modelos híbridos.

Se aplicó una entrevista a una muestra de 10 estudiantes de nivel medio superior, que participaron voluntariamente, dicho instrumento era sobre su modelo del átomo y luego se aplicó un cuestionario sobre los modelos históricos del mismo, posteriormente se aplicó la estrategia didáctica arriba mencionada y dos semanas después se volvió a aplicar la misma entrevista y el mismo cuestionario. Se hizo un análisis cualitativo de los instrumentos aplicados (entrevista y cuestionario) antes y después de la aplicación de la estrategia para ver si los estudiantes cambiaron sus explicaciones.

Los instrumentos aplicados así como la estrategia didáctica tuvieron como base de elaboración trabajos en investigación educativa.

Los resultados mostraron que los estudiantes partieron de diferentes representaciones del átomo pero avanzaron en su segunda descripción (posterior a la intervención didáctica). El avance fue diferente en cada uno de los casos pero cada uno de los 10 alumnos entrevistados mejoró en su descripción y representación del concepto.

Consideramos que la estrategia didáctica permite que cada alumno avance en su representación del concepto de átomo, hubo alumnos que partieron de un modelo animista y pasaron a un modelo de Rutherford además de que intentaron explicar sus nuevas descripciones; si el alumno poseía una representación más cercana al modelo de Bohr en una segunda descripción trató de incorporar palabras nuevas como orbitales, tridimensional, ecuación compleja.

La estrategia didáctica utilizada y vista desde su postura histórica, sí logró que el alumno tratara de validar y caracterizar los atributos de cada uno de los modelos históricos del átomo.

## ÍNDICE

### Marco teórico

A. ¿Por qué enseñar el concepto de átomo?.....	1
B. ¿Por qué enseñar el modelo cuántico ondulatorio?.....	3
C. Breve historia de los modelos atómicos ¿Por qué enseñar el tema desde una aproximación histórica?.....	6
D. Relación entre los seis modelos históricos del átomo y la educación.....	15
E. Sobre modelos mentales, analogías y visualización.....	16
Objetivos.....	22
Metodología.....	23
Resultados y discusión de resultados.....	32
Conclusiones.....	60
Bibliografía.....	61
Anexos	
A. Entrevista .....	65
B. Cuestionario.....	69
C. Estrategia didáctica.....	74
D. Estrategia didáctica con comentarios para el aplicador.....	84

## MARCO TEÓRICO

### ¿Por qué enseñar el concepto de átomo?

Actualmente y ante la crisis económica mundial, el acceso a la educación pública se convierte en una necesidad preponderante para un importante sector de la sociedad. Entre las características del perfil de egreso que se requieren en el nivel básico de secundaria, destaca la necesidad de formar individuos que aprendan a aprender durante toda la vida y en aras de lograrlo, los contenidos curriculares son replanteados y revisados constantemente para que realmente sean de relevancia y utilidad para los estudiantes.

Como se menciona en la parte introductoria del Acuerdo 384 de la SEP, en el siglo XIX una de las grandes esperanzas de las sociedades avanzadas estaba depositada en su sistema de educación básica, un sistema universal, obligatorio y gratuito. En la actualidad, los países continúan trabajando fuertemente en su sistema de educación básica, no obstante que los resultados muestran a niños y jóvenes que no logran aprender los elementos básicos de la lectoescritura y las matemáticas, elementos imprescindibles para su desarrollo personal. El aprendizaje que empieza al nacer y continúa en la vejez, concede a cada individuo la mejor esperanza de una vida exitosa. La primera prioridad en el orden del día para un nuevo aprendizaje se sintetiza en la frase “educación para todos durante toda la vida”. Esta frase demuestra cuánto han cambiado en años recientes las ideas sobre el aprendizaje y las actitudes hacia la educación. Y siguen cambiando, en igual medida, en lo que se refiere a la importancia que las sociedades le asignan. Durante la segunda mitad del siglo XX, la educación dejó de ser un elemento de poco interés para los gobernantes y sus electorados hasta convertirse en un tema de mayor importancia en todo el mundo y en la prioridad número uno actual para muchas naciones (SEP, 2006).

Los planes y programas de estudio de la educación básica a nivel secundaria (SEP, 2006) se basan en cuatro campos formativos que son:

1. Lenguaje y comunicación
2. Pensamiento matemático
3. Exploración y comprensión del mundo natural y social
4. Desarrollo personal y para la convivencia

Como se puede observar, además de la lectoescritura que se mencionaba en párrafos anteriores, la exploración y comprensión del mundo natural es un eje importante de los contenidos a desarrollar en la educación básica. Es el eje en donde entran directamente los contenidos científicos que a su vez se dividen en seis ámbitos:

- El conocimiento científico ¿cómo conocemos?
- La vida ¿qué nos caracteriza como seres vivos?

- El cambio y las interacciones ¿cómo y por qué ocurren los cambios?
- **Los materiales ¿de qué está hecho todo?**
- El ambiente y la salud ¿cómo y dónde vivimos?
- La tecnología ¿por qué y cómo transformamos el mundo?

Así, uno de los temas preponderantes en ciencia es la estructura de la materia, tan importante que **su abordaje continúa** en los planes y programas de estudio de la educación media superior (en la Escuela Nacional Preparatoria ENP, de la UNAM) por ejemplo y dentro de la asignatura de Química (materia de tronco común) se pretende lograr el siguiente perfil de egreso (<http://dgenp.unam.mx>):

- Formar personas con preparación científica y tecnológica, capaces de tomar decisiones acertadas que les permitan mejorar la calidad de vida, tanto personal como social.
- Incluir los conocimientos fundamentales de química con un enfoque disciplinario en el que se enfatice el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida actual. La relación entre ciencia, tecnología y sociedad, permitirá promover en el alumno una ética de responsabilidad individual y social que lo llevará a colaborar en la construcción de una relación armónica entre la sociedad y el ambiente, además de tener el reto de poner en práctica sus conocimientos de química y su capacidad crítica para comprobar la coherencia y viabilidad de sus afirmaciones al confrontarlas con su vida cotidiana.

El curso de Química III tiene la clave 1501, se imparte en el quinto año del bachillerato y es de carácter teórico práctico, no obstante que el estudio de la estructura de la materia se revisa en secundaria y preparatoria los estudiantes presentan numerosas dificultades al respecto.

Benarroch (2000) menciona que las dificultades de los estudiantes impiden hacer uso de un modelo para explicar las propiedades y los cambios de la materia, además de que hay errores en cuanto a la forma, tamaño y estructura del átomo.

El tema tiene varios niveles de comprensión, pero un elevado nivel de aprendizaje se encuentra en el concepto de vacío.

Pozo J. I. (1991) comenta que entre los sujetos que han sido objeto de varias investigaciones pareciera que existe un patrón de comprensión en el que la interpretación es que las partículas de los sólidos están en completo reposo y el vacío no existe.

Las dificultades se encuentran desde niveles de educación básica como la secundaria y llegan hasta el posgrado y es en este último donde frecuentemente se inicia la comprensión del concepto de vacío (Gómez y Pozo 2003).

Los alumnos llegan a aceptar la propuesta escolar de un mundo formado por partículas que no pueden verse pero recurren mucho más a sus teorías intuitivas. Según Gómez, Pozo y Gutiérrez (2004) “son muchas las investigaciones que se han hecho en los últimos años en relación con la comprensión de los procesos de aprendizaje de la ciencia y que se han centrado en estudiar las ideas intuitivas fuertemente arraigadas con las que los alumnos llegan a la escuela y las dificultades que esas ideas supuestamente provocan en la adquisición del conocimiento científico de modo que muchas de esas ideas persisten incluso después de varios años de instrucción específica”.

### **¿Por qué enseñar el modelo cuántico ondulatorio?**

La comprensión de la estructura de la materia no es un problema trivial, de hecho la última teoría que posee la ciencia para dar explicación a ello (cuántica ondulatoria), tuvo entre sus opositores filosóficos de interpretación al mismo Einstein, quien trabajó durante veinte años en la búsqueda de una teoría de la materia.

Uno de sus biógrafos Luis de la Peña (1994) cita:

“alguna vez le dijo a Besso en una carta, *que a este problema le dedicó a lo largo de los años más tiempo que a ningún otro*. Y que ahora cuando todos los físicos consideraban que habían logrado construir esta teoría, Einstein volvía a quedarse sólo, navegando una vez más contra la corriente, pero siendo ahora él, quien aparentemente se aferraba al pasado y se negaba a aceptar la nueva teoría con base en sus viejos principios. A Einstein se le acusó de no entender la mecánica cuántica y de conservadurismo, pero mantuvo sus objeciones hasta el final, realizando un esfuerzo perseverante para convencer a los físicos de la necesidad de revisar los principios en que descansa esta teoría. Profundamente convencido de la ilegitimidad de la nueva concepción de la naturaleza que se estaba desarrollando, Einstein se empeñó durante varios años en construir una alternativa a la mecánica cuántica. Sin embargo, sus esfuerzos no fructificaron; de hecho, nunca publicó nada al respecto y quedó impotente frente al desarrollo vertiginoso de la teoría cuántica; sus críticas se fueron relegando poco a poco....”.

El modelo cuántico ondulatorio ha tenido a grandes científicos a favor y en contra, es evidente que posee un alto grado de abstracción. Sin embargo consideramos que su enseñanza en la preparatoria a un nivel adecuado (sin abordar los temas profundos de la mecánica cuántica sino sólo los principios del modelo) podría ser un buen reto cognitivo y, corresponde a los profesores de química dar a conocer y permitir que el alumno comprenda la estructura de la materia la cual a simple vista pudiera tener una explicación sencilla pero en realidad requiere de un grado considerable de razonamiento para poder explicar los fenómenos y su relación con otros.



Para ello es importante que las mentes jóvenes lo entiendan y quizá en un futuro se dediquen a su estudio. Existen autores de libros de texto de química para el bachillerato, como Garritz y Chamizo (2001) que inician el estudio del tema en el capítulo cinco titulado: “los componentes del átomo”, y en la parte de presentación y propósitos citan lo siguiente: *“la explicación de los fenómenos naturales puede darse una vez que se entiende cuál es la estructura interna de la materia. Por ejemplo, ya conoces que el comportamiento de gases, líquidos y sólidos se debe a la presencia de partículas en continuo movimiento en su interior. También, en otros cursos, te han hablado de la existencia de los átomos. Nos corresponde ahora aprender de qué están formados y cómo su estructura nos permite explicar muchos otros fenómenos.”* Los autores abordan posteriormente el modelo cuántico ondulatorio.

Pero ¿qué se entiende por modelo cuántico ondulatorio? Tomando como referencia el libro de Química para preparatoria de los autores Garritz y Chamizo (1994) lo que se enseña de tal modelo es:

Historia y nociones sobre la naturaleza dual de las partículas:

- Entre 1924 y 1926 se propone la naturaleza dual de las partículas como por ejemplo los electrones y se dice que algunas veces se comportan como corpúsculos (materia) y otras veces como ondas (luz).
- De acuerdo con Heisenberg (1901-1976) y Bohr (1885-1962) la naturaleza dual corpuscular ondulatoria de los sistemas cuánticos tiene implicaciones sobre el grado de conocimiento que podemos obtener de los electrones y los átomos: un observador no puede determinar simultáneamente con toda precisión, la posición y velocidad de un electrón. Proponen que existe una incertidumbre de principio en los sistemas atómicos.
- En 1926 el austriaco Erwin Schroedinger (1887-1961) utilizó ecuaciones que antes sólo habían sido empleadas para fenómenos ondulatorios (de radiación electromagnética), obteniendo resultados para los átomos (materia). Por eso se le conoce como el creador de la mecánica ondulatoria. Numéricamente obtiene resultados teóricos que confirman perfectamente los datos experimentales. Luego demuestra que su teoría es equivalente a la de Heisenberg.
- En la mecánica cuántica de Schroedinger como se le conoce hoy, aparece un ente matemático llamado función de onda, cuya interpretación no quedaba clara, el alemán Max Born (1882-1970) indicó que el cuadrado de la función de onda nos proporciona la probabilidad de que el electrón se encuentre en las diversas regiones del espacio vacío del átomo, de esta manera nace la interpretación probabilística de la mecánica cuántica.

- En el modelo más reciente de la estructura atómica, los electrones no circulan en órbitas, como sugería el modelo de Bohr, pues no son corpúsculos en el sentido clásico (es decir partículas con masa, materia) sino que también aceptan una descripción ondulatoria (como onda de luz) un corpúsculo puede tener una posición bien definida, pero no una onda, esta naturaleza dual de los electrones y el Principio de Incertidumbre sólo nos permite conocer con cierto grado de precisión su posición y velocidad y ello nos impide hablar de “la trayectoria” de los electrones, sólo es posible conocer la probabilidad de que el electrón se encuentre en una cierta región del espacio, nada más, por ello en lugar de hablar de órbitas el nuevo modelo habla de orbitales.

Y esto es, lo que en el presente trabajo, pretenderíamos que el alumno conozca del modelo cuántico ondulatorio.

Por otra parte la enseñanza del modelo cuántico ondulatorio en algunos otros libros de preparatoria no aparece pero, sí se usan términos relacionados a él como densidad electrónica para explicar el enlace covalente polar, tal es el caso del libro de texto de Química 1, Colección Ciencias Unitec (Cataño, Cervantes y Becerril, 2005) que va dirigido a todos los estudiantes de preparatoria, y que se aborda el estudio de la estructura de la materia iniciando con la teoría atómica de Dalton, siguiendo con el modelo de Thomson, el modelo de Rutherford y el modelo atómico de Bohr; y no se habla de un modelo cuántico ondulatorio como tal que cite a los orbitales. Sin embargo cuando se aborda en tema Enlace Químico en la página 142, se describe el enlace covalente polar, como sigue:

“En este caso el enlace se conoce como enlace covalente polar, ya que al ser átomos distintos, sus electronegatividades son diferentes, lo que ocasiona que el par electrónico compartido esté más cerca del núcleo del átomo de cloro (más electronegativo, 3.0), generando un polo negativo y en la vecindad del átomo de hidrógeno (menos electronegativo, 2.1) al disminuir la **densidad electrónica** se forme un polo positivo, es decir se forma un dipolo eléctrico.”

Observamos que en el fragmento se menciona “densidad electrónica” y estrictamente hablando, ello corresponde al modelo cuántico ondulatorio, por lo que sería conveniente que para utilizarlo, éste sí se revise previamente, por lo menos en la definición de orbital dada su estrecha relación con el término densidad electrónica.

En el primer libro citado (Garritz y Chamizo 2001), se evita cuidadosamente emplear el término “densidad electrónica”, la descripción del mismo tema (página 450) es la siguiente:

“En este caso no puede existir una compartición electrónica simétrica, dada la diferencia de electronegatividades existente. La electronegatividad mayor del flúor hace que éste atraiga más hacia sí el par de electrones.

No se trata exactamente de una transferencia electrónica, como en el enlace iónico; sin embargo, se altera la distribución de cargas en el interior de la molécula. Del lado del átomo de flúor hay más carga negativa (proveniente de los electrones), mientras que del lado del hidrógeno hay más carga positiva. Es decir hay una **carga parcial negativa o positiva**, a cada lado de la molécula.”

En lugar de emplear densidad electrónica se habla más bien de “carga parcial negativa o positiva”.

La enseñanza de un modelo cuántico ondulatorio como tal podría ayudar a que los alumnos tuvieran una mejor comprensión del concepto de densidad electrónica y con ello el enlace covalente polar.

### **Breve historia de los modelos atómicos. ¿Por qué enseñar el tema desde una aproximación histórica?**

Garritz (2010) señala a la historia como una herramienta importante para promover el aprendizaje.

Chamizo (2008), menciona que desde el antiguo idealismo de Platón muchos filósofos habían escrito sobre el tema de la realidad y cómo la conocemos. También menciona que es necesario enseñar, desde la escuela primaria, la noción de que toda percepción es una traducción operada por el cerebro a partir de terminales sensoriales, y que ningún conocimiento puede dejar de ser una representación. Es decir, debemos enseñar lo que son los modelos y a modelar, dado que nuestra visión no tiene acceso directo a la realidad, nosotros sólo interpretamos las experiencias que tenemos con ella. Estas experiencias son compartidas y negociadas en la comunidad científica hasta alcanzar una visión de consenso.

Sobre compartir y negociar experiencias Driver (1995) señala que la dimensión social en la construcción del conocimiento científico facilita que se compartan conceptos, **modelos**, convenciones y procedimientos acerca del mundo que nos rodea.

La realidad no se puede conocer totalmente, la interpretamos, la compartimos, construimos el conocimiento y compartimos modelos, pero qué es un modelo.

Hubber (2006) explica que un modelo es una representación de la realidad o de lo que esperamos que sea la realidad. Los modelos explican y representan las ideas o los conceptos acerca de ella.

Un modelo mental se refiere principalmente al contenido de una representación de la psique humana, el modelo mental está en el corazón de la ciencia cognitiva desde la perspectiva del aprendizaje y no se puede tener acceso directo al modelo mental del individuo, sino que, sólo podemos tener acceso a lo que él pueda comunicarle a otros verbal, simbólica o pictóricamente. Un modelo mental es la construcción específica de cada persona.

Cuando los modelos mentales son del dominio público a través de cualquier modo de representación se convierten en modelos expresados y alcanzan aceptación social cuando han sido aprobados por la comunidad científica (han pasado por un consenso), así surgen los modelos científicos.

Los conceptos de la ciencia representan los significados socialmente negociados que se les da a los términos o procesos construidos por los individuos y que interpretan sus interacciones con el mundo físico. El modelo científico ayuda a los individuos a conceptualizar la realidad y sirve como un puente entre la mente y el mundo material. Los modelos científicos son uno de los principales productos de la ciencia y juegan un papel crucial porque reducen la complejidad del fenómeno, permitiendo una reproducción más visual de teorías abstractas (Johnson, 1983).

Partiendo de una definición de modelo, modelo mental y modelo científico podemos establecer una relación entre ellos y la enseñanza.

Giere (1990) afirma que la naturaleza del papel que juegan los modelos en ciencia es ampliamente debatida, ya que al parecer participan como un intermediario entre la teoría científica y la experiencia del mundo como tal o bien entre las abstracciones de la teoría y las acciones concretas del experimento, ayudando a hacer predicciones, guiando la curiosidad, resumiendo datos y facilitando la comunicación. Aunque la naturaleza precisa del papel que juegan depende de cómo se interprete el significado de los términos teoría, modelo y experiencia del mundo.

Los modelos se crean para encontrar explicaciones, que a menudo son abstracciones que se representan como expresiones matemáticas; sin embargo, estas formas abstractas pueden plantearse de forma concreta y representar modelos físicos, un ejemplo de esto son los modelos atómicos. En el desarrollo de la química ha sido fundamental el desarrollo de diferentes modelos sobre la estructura de los átomos.

El conocimiento en las ciencias naturales se obtiene a partir de observar la naturaleza, cuestionarse sobre su comportamiento, realizar experimentos y concluir sobre sus resultados, lo que nos puede llevar a explicar lo que nos rodea desde un punto de vista macroscópico. En el caso de la estructura de la materia y dado que es imposible observarla de forma directa hacemos uso de modelos que expliquen dicho comportamiento.

Carson (1992) dice que hay un extenso reconocimiento entre los educadores de la ciencia sobre que ésta es un producto de su lugar y su tiempo, intensamente relacionada con la cultura y las instituciones locales, profundamente influida por sus métodos de generación y validación. Allchin (1995) afirma que en años recientes la inclusión sistemática de la historia y filosofía de la ciencia en la educación ha sido vista como un camino más directo para relacionar los procesos por los cuales se ha conducido la ciencia por sí misma.

La intención ha sido que si los estudiantes comprenden cómo se desarrolla el conocimiento científico y cómo el contexto histórico, filosófico y tecnológico influencia este desarrollo, ellos adquirirán un punto de vista más comprensivo de la ciencia y como consecuencia se podrá potenciar el aprendizaje de ella.

Al hablar ya de incluir a la historia de la ciencia en la educación surge otro concepto: modelo histórico. Justi (1997) dice que un modelo científico producido en un contexto específico pero que ha sido sustituido por otro más reciente, puede ser llamado modelo histórico. Dentro de esta definición, el contexto, las creencias filosóficas, científicas, tecnológicas y sociales asumen un significado importante. Un modelo histórico no es necesariamente un modelo desarrollado por un individuo o un pequeño grupo de científicos aunque frecuente y aparentemente éste sea el caso y no su desarrollo como situación dentro de un periodo específico de tiempo. Un modelo curricular es una versión simplificada de un modelo histórico, el cual es incluido en el currículo de la enseñanza de la ciencia en algún nivel del sistema de educación.

Hodson (1985) dice que comúnmente se asume que la educación escolar provee de los fundamentos científicos así, el énfasis podría ser en el pasado y consecuentemente en los modelos históricos. Un paso vital para desarrollar modelos basados en la historia y filosofía de la ciencia es identificar el camino que caracterizó a los modelos históricos en algún área seleccionada.

En este sentido de identificar un camino que caracterice a los modelos históricos Lakatos (1970) desarrolló un esquema de “programa de investigación científica” que se puede aplicar a los modelos históricos. Desde el punto de vista de Lakatos tres elementos constituyen al programa de investigación científica: *un corazón duro* el cual contiene la más importante aseveración que guía a todo el que trabaja dentro del programa, *un cinturón de protección* el cual contiene hipótesis auxiliares que protegen al duro corazón de ser refutado, y, *la heurística positiva* que es un conjunto de sugerencias acerca de cómo modificar el cinturón de protección.

En este trabajo se decidió trabajar con el enfoque de Lakatos (1922-1974) ya que por ser filósofo de la ciencia y que además recogió de manera importante el trabajo de Kuhn en lo referente a la importancia de la historia de la ciencia se adecua a la propuesta de enseñanza histórica que aquí se pretende.

De acuerdo con Lakatos cuando el *corazón duro* del programa de investigación es cambiado, el programa es reemplazado.

Esto es resultado de la competencia que existe entre la progresión del cambio de problema (nuevos hechos y evidencias empíricas se predicen y descubren) y la degeneración del cambio del problema (predicciones exitosas no pueden ser hechas).

Esta aproximación, puede ser utilizada para caracterizar a algunos modelos históricos que son importantes en la educación científica por ejemplo en el caso del átomo, se han identificado seis modelos (Justi y Gilbert 1999) que además son relevantes en el currículo científico escolar de nivel medio superior, a continuación se describen brevemente (la esencia de lo que se describe en cada uno de ellos es lo que se tomó como base para elaborar nuestra estrategia de enseñanza), la descripción de cada modelo tiene como base principal el libro de Cruz, Chamizo y Garritz (1986) así como el artículo de Justi y Gilbert (1999) pero cuando se requirió de una fuente complementaria, se hizo la cita correspondiente.

### Modelo de los antiguos griegos

Las primeras ideas sobre la existencia de los átomos son usualmente atribuidas a los filósofos de la antigua Grecia.

El concepto de átomo fue acuñado por los griegos Demócrito y Leucipo en el siglo v a. C y cuya etimología viene del latín atomous “a” que significa sin y “tomé” que significa división, sin división. La idea de estos filósofos era que la materia es una concentración de pequeñas partículas o *átomos indivisibles* en constante movimiento que se combinan de diferentes maneras y se diferencian entre sí.

Monk y Osborne (1997) mencionan que la idea de una partícula de materia no divisible en otras y de la cual estaban formadas todas las cosas, provenía de argumentos filosóficos y no de evidencias experimentales, además se contraponía con la ideología de la época y no fue aceptada en su tiempo por muchos filósofos entre ellos Aristóteles y Platón (cuyas ideas tenían un gran peso en el pensamiento griego).

El *corazón duro* de este modelo contiene dos ideas: la materia está compuesta de corpúsculos muy pequeños e indivisibles y, los átomos son duros y difieren en forma y tamaño. Las aseveraciones de la heurística positiva en este modelo incluyen: lo relacionado al movimiento atómico y las fuerzas que gobiernan la conducta de los átomos como el amor y el odio.

La influencia del modelo atómico griego fue persistente durante los siglos XVII y XVIII ya que varios científicos como Bacon, Descartes, Gassendi, Boyle y Newton discutieron la constitución de la materia y consideraron la idea de la existencia de los átomos para explicar algunos fenómenos y propiedades de la materia pero no desarrollaron una teoría científica y que con excepción de Descartes, quien pensaba que la materia era continua e infinitamente divisible, todos los demás aceptaban una o ambas ideas del *corazón duro* del modelo de los antiguos griegos (Partington, 1939).

### Modelo de Dalton

En 1805, John Dalton hace una nueva propuesta en donde considera que los átomos son esferas idénticas para cada elemento.

Uno de los principales problemas con el modelo de los antiguos griegos era que éste no proveía de bases para distinguir entre los diferentes tipos de átomos (por ejemplo entre los átomos de los elementos) lo que el modelo de Dalton abordaba directamente. El *corazón duro* del modelo de Dalton era que los elementos se componen de partículas diminutas e indivisibles (átomos) y que los átomos de un elemento son diferentes a los átomos de otro elemento.

Dalton no hablaba de las fuerzas que existían entre los átomos sino que los concebía como estacionarios, su modelo permitía calcular masas y establecer relaciones de combinación entre diferentes tipos de átomos. Con este modelo Dalton ayudó a mejorar las ideas que ya se tenían desde Richter (Padilla, 2008) para hacer a la química una ciencia cuantitativa; lo que hace a este modelo ser un parte aguas en el desarrollo de la química. Dalton había desarrollado el cinturón de protección de su modelo con aseveraciones sobre cómo los átomos se combinaban para formar compuestos. Calvet, Andrew, Rivera e Izquierdo (1992) sostienen que a pesar de sus éxitos, el modelo de Dalton fue aceptado con reservas y visto como audaz debido a la novedad que contenía respecto al modelo de los antiguos griegos.

#### Modelo de Kelvin-Thomson

Explorando la naturaleza de los rayos catódicos J. J. Thomson (1856-1940) demostró que estaban compuestos por partículas cargadas negativamente que tenían una masa muy ligera, los electrones. El descubrimiento de los electrones requirió un nuevo modelo para el átomo. Aunque los electrones tengan carga negativa, los átomos en su totalidad son neutros, esto implicaba que cada átomo debía contener un número igual de cargas positivas y negativas, por lo que lord Kelvin y Thomson hicieron la propuesta de que el átomo estaba constituido por electrones inmersos en una esfera con carga positiva uniforme. El modelo de Kelvin-Thomson superaba al modelo de Dalton ya que proponía una estructura interna para los átomos. Para Lakatos el *corazón duro* del modelo era lo referente a las cargas eléctricas de la materia.

Sin embargo pronto surgió una evidencia experimental que mostraba algunas deficiencias del modelo. El experimento de Geiger y Marsden donde una delgada lámina de oro con grosor de 0.00004 cm se bombardeó con partículas alfa (se sabía que la masa de una partícula alfa era unas 7300 veces la del electrón). Lo que se esperaba era que al bombardear la delgada lámina de oro con las pesadas partículas alfa, todas atravesaran la lámina con pequeños ángulos de dispersión, pero aproximadamente una de cada 10000 partículas alfa rebotaban en dirección contraria a la que habían sido lanzadas. Ernest Rutherford expresó varios años después su sorpresa ante estos resultados diciendo que: “Fue el más increíble evento que ha ocurrido en mi vida. Es tan increíble como si al disparar una granada de 15 pulgadas sobre un papel higiénico, ésta rebotara y le golpeará a uno mismo.” él propone una explicación para estos resultados, de esta forma surgió un nuevo modelo.

## Modelo de Rutherford

En 1911, Ernest Rutherford propone que, en esencia, el átomo está formado por una pequeñísima región en donde se concentra la carga positiva y la masa del átomo y ésta se encuentra rodeada por los electrones.

Este modelo se basaba en el ya mencionado experimento donde una lámina de oro fue bombardeada por partículas alfa. Rutherford explicó los resultados obtenidos suponiendo que la carga positiva y la masa del átomo estaban concentradas en una pequeña fracción del volumen total, a la que llamó núcleo. La mayoría de las partículas alfa habían atravesado la lámina sin cambiar prácticamente su dirección (el ángulo promedio de dispersión fue de 0.87 grados) porque en su trayectoria no se encontraron con tal región (el núcleo), al contrario de las que se desviaron (con ángulos de dispersión mayores a 90 grados) o rebotaron (la partícula alfa chocó con otra masa de carga positiva, mucho mayor, que le produjo grandes desviaciones e incluso la hizo rebotar). Solamente después de someter a bombardeo durante dos años todos los “rincones” del átomo, se comprobó que esta hipótesis era cierta, en 1913 Geiger y Marsden reportaron que el modelo de Rutherford describía adecuadamente la dispersión de partículas alfa por películas metálicas de oro, plata, cobre y aluminio; en el núcleo se concentra la carga positiva y toda la masa del átomo, el diámetro del núcleo es aproximadamente igual a una cienmilésima parte del diámetro atómico. Por eso la gran mayoría de las partículas alfa pasaban sin desviarse. Se descubrió que el átomo estaba prácticamente vacío en su inmensa mayoría (Cruz, Chamizo y Garritz, 1986).

El comportamiento de los electrones en este modelo, fue descrito usando la mecánica clásica pero pronto fue claro que dicho modelo fallaba.

La falla del modelo de Rutherford o también conocido como modelo planetario era que a diferencia de los planetas, los electrones tienen carga eléctrica. Al girar emitirían radiación y perderían con ello energía, hasta caer al núcleo siguiendo una trayectoria espiral. En una fracción de segundo, el electrón caería al núcleo, por otra parte, este modo de movimiento contradecía las leyes del electromagnetismo ya que el giro de una partícula cargada como el electrón, la somete a una aceleración, y se sabía que toda carga acelerada debía emitir continuamente radiación electromagnética lo cual, no se observaba. Éste era un modelo inestable para un átomo. Algo estaba faltando en la teoría, y ese “algo” era considerar la teoría cuántica de Planck.

Pozo, Scheuer, Mateos y Pérez (2009) sugieren que el modelo planetario (por la analogía que hace al sistema solar) puede ser la representación más conocida por la sociedad a pesar de no ser la más reciente y es una de las analogías más conocidas en relación a un modelo científico.



El *corazón duro* del modelo de Rutherford consistía en dos ideas: en primer lugar que la carga positiva y la masa del átomo estaban concentradas en una pequeña fracción del volumen total, el núcleo (aproximadamente 10000 veces más pequeño que el átomo por sí mismo); la segunda idea era que el núcleo estaba rodeado por un sistema de electrones que se mantenían juntos por fuerzas atractivas hacia él.

### Modelo de Bohr

No obstante había fenómenos como las líneas de emisión del hidrógeno que modelos previos no podían explicar, el fenómeno consiste en que los átomos solamente absorben o emiten luz de unas cuantas longitudes de onda, los experimentos espectrales parecían indicar que la energía de los electrones no podía tomar cualquier valor (Cruz, Chamizo y Garritz, 1986).

Cada elemento sigue un patrón diferente. Aún el más simple de los átomos, el hidrógeno, emite luz en forma de cuatro colores diferentes que son:

Nombre de la línea	H alfa	H beta	H gama	H delta
Longitud de onda (nanómetros)	656.2	486.1	434.0	410.2
Color	rojo	verde	azul	violeta

El comienzo de la explicación de este fenómeno ocurrió hacia 1885 con Balmer y lo acabó de explicar Bohr en 1913.

Max Planck, trataba de dar una explicación al fenómeno del cuerpo negro, es decir, intentó explicar la radiación electromagnética. Sin embargo es hasta 1900 que Planck lo logró después de que muchos otros científicos lo intentaron durante cuarenta años, Planck propone algo totalmente nuevo: que los cuerpos del microcosmos (electrones, nucleones, átomos, moléculas) absorben y emiten luz de manera discontinua.

Es decir, la propuesta de Planck es que los electrones sólo absorben o emiten luz en pequeños paquetes de energía, a los que llamó cuantos de energía. Este término viene del latín *quantum*, que se entiende como: cantidad elemental. Por eso se conoce a la contribución de Planck como teoría cuántica o teoría de los cuantos.

Así, de la misma manera como la carga de un cuerpo puede variar según gane o pierda electrones (cuantos de carga), la energía de un objeto sólo puede variar en magnitudes fijas, los cuantos energéticos. Estos cuantos de energía son tan pequeños que el intercambio de energía en los objetos macroscópicos, parece continuo.

Planck pudo calcular que la mínima cantidad de energía luminosa que puede absorber o emitir un cuerpo depende de la frecuencia de la luz que emite o absorbe.

Algunos años después y convencido de que la mecánica clásica no podía explicar la estructura atómica, Niels Bohr (1885-1962), físico danés, aplicó la idea de la cuantización previamente desarrollada por Max Planck y planteó un nuevo programa de investigación. Bohr, tenía 27 años cuando propuso un modelo atómico que permitía explicar perfectamente la aparición de las líneas de emisión del hidrógeno.

Las bases del modelo de Bohr fueron:

- Los electrones en los átomos sólo presentan ciertos estados energéticos estables. Así, no cualquier órbita del modelo planetario estaría permitida para el electrón. Al aplicar la teoría cuántica de Planck, Bohr encontró que sólo ciertas órbitas eran factibles.
- Las leyes del electromagnetismo clásico no son del todo válidas en el nivel atómico. Aunque los electrones son partículas cargadas, no emiten radiación en su viaje alrededor del núcleo, sino solamente cuando cambian el radio de su órbita. Cada uno de los niveles energéticos corresponde a una posible órbita del electrón alrededor del núcleo.

Las siguientes son consecuencias importantes del modelo atómico de Bohr:

- La energía del electrón en el átomo está cuantizada, es decir, no puede adoptar cualquier valor.
- La emisión y absorción de luz por los átomos se explica por el tránsito del electrón entre dos de los estados energéticos permitidos.
- Existe un estado de mínima energía, llamado estado basal.
- El radio de la órbita menor es de 53pm.
- El número entero  $n$ , número cuántico principal, es suficiente para especificar la órbita del electrón y su energía. Si el número cuántico principal crece, el electrón gira más lejos del núcleo y con mayor energía.
- Esta representación explicaba datos espectroscópicos.

Para Lakatos el *corazón duro* de este modelo era que los electrones en los átomos sólo presentan ciertos estados energéticos estables. Así, no cualquier órbita del modelo planetario estaría permitida para el electrón.

### Modelo cuántico ondulatorio

En 1970 Lakatos discute el modelo de Bohr señalando inconsistencias (principalmente que no se podían explicar los espectros de los metales alcalinos) que finalmente llevaron a un nuevo programa de investigación, cuyo *corazón duro* está constituido por la naturaleza dual del electrón y lo relativo a su posición y movimiento.

## Historia y nociones sobre la naturaleza dual de las partículas

- Entre 1924 y 1926 se propone la naturaleza dual de las partículas como por ejemplo los electrones y se dice que algunas veces se comportan como corpúsculos (materia) y otras veces como ondas (luz).
- De acuerdo con Heisenberg (1901-1976) y Bohr (1885-1962) la naturaleza dual corpuscular ondulatoria de los sistemas cuánticos tiene implicaciones sobre el grado de conocimiento que podemos obtener de los electrones y los átomos: un observador no puede determinar simultáneamente con toda precisión, la posición y velocidad de un electrón. Proponen que existe una incertidumbre de principio en los sistemas atómicos.
- En 1926 el austriaco Erwin Schroedinger (1887-1961) utilizó ecuaciones que antes sólo habían sido empleadas para fenómenos ondulatorios (de luz), obteniendo resultados para los átomos (materia). Por eso se le conoce como el creador de la mecánica ondulatoria. Numéricamente obtiene resultados teóricos que confirman perfectamente los datos experimentales. Luego demuestra que su teoría es equivalente a la de Heisenberg.
- En la mecánica cuántica de Schroedinger como se le conoce hoy, aparece un ente matemático llamado función de onda, cuya interpretación no quedaba clara, el alemán Max Born (1882-1970) indicó que el cuadrado de la función de onda nos proporciona la probabilidad de que el electrón se encuentre en las diversas regiones del espacio vacío del átomo, de esta manera nace la interpretación probabilística de la mecánica cuántica.
- En el modelo actual de la estructura atómica, los electrones no circulan en órbitas, como sugería el modelo de Bohr, pues no son corpúsculos en el sentido clásico (es decir partículas con masa, materia) sino que aceptan una descripción ondulatoria (como onda de luz) un corpúsculo puede tener una posición bien definida, pero no una onda, esta naturaleza dual de los electrones y el Principio de Incertidumbre sólo nos permite conocer con cierto grado de precisión su posición y velocidad y ello nos impide hablar de “la trayectoria” de los electrones, sólo es posible conocer la probabilidad de que el electrón se encuentre en una cierta región del espacio, nada más, por ello en lugar de hablar de órbitas el nuevo modelo habla de orbitales.

En esencia esto es lo que se pretendería enseñar en la estrategia didáctica (propuesta en el presente trabajo) de cada uno de los seis modelos atómicos.

## **Relación entre los seis modelos históricos del átomo y la educación**

Justi y Gilbert (2000) sostienen que en algunos países, el contenido de los cursos de química a nivel medio está influenciado por los requerimientos de los exámenes de admisión a las universidades, por ejemplo se pide que el alumno tenga presente tanto la importancia como las limitaciones de los modelos atómicos de acuerdo a su evolución.

Aunque no se especifica cuáles son los modelos que el estudiante debe conocer.

En Inglaterra el currículo nacional solicita que el alumno tenga la oportunidad de desarrollar su comprensión de cómo las ideas científicas son aceptadas o rechazadas tomando en cuenta la evidencia empírica y cómo las controversias científicas pueden surgir a partir de diferentes formas de interpretar estas evidencias, así mismo se requiere que el alumno considere que las ideas científicas pueden ser afectadas por el contexto social e histórico en el que ocurren, y cómo este contexto puede influenciar su aceptación o rechazo. Es conveniente conectar la información de los experimentos con los atributos de los modelos y en una secuencia histórica así como establecer una discusión comprensiva de la competencia que existe entre los modelos sucesivos. Desde este punto de vista, una inadecuada comprensión del desarrollo histórico de los modelos del átomo y de su nivel epistemológico traerá como consecuencia el uso de modelos híbridos (los que hacen uso de los atributos de dos o más diferentes modelos). Cuando se usa un modelo híbrido existen huecos de validación entre los atributos de un modelo y otro además de que no hay la necesidad de establecer preguntas sobre diferentes formas de pensar o interpretar un fenómeno. Al parecer es esencial diseñar currículos para los contenidos, profesores y autores de libros que tengan una visión general del desarrollo histórico de temas científicos específicos y no sólo presentar hechos históricos aislados sino más bien el contenido y proceso de la ciencia. Una adecuada comprensión de los modelos históricos podría ayudar a eliminar el uso de los modelos híbridos.

Los mismos autores en su artículo del 2002 (Justi y Gilbert, 2002) mencionan que la introducción en educación de un nivel comprensivo de discusión sobre los modelos históricos se hace cada vez más presente, buscando los aspectos concernientes al desarrollo del conocimiento científico y a la caracterización de los diferentes modelos; así la introducción de la historia de la ciencia pudiera ser más coherente y auténtica.

La educación en ciencia, podría mejorarse como consecuencia de que los estudiantes posean un punto de vista histórico y definido de los logros de la ciencia. Una visión en la cual la comprensión del movimiento de uno a otro modelo es preponderante.

El contenido de los modelos científicos es algo que pudiéramos (con las reservas pertinentes) considerar como definido, pero qué hay sobre los modelos mentales, esa representación construida por la propia persona en este caso el alumno y que se puede conocer solamente por lo que él puede expresar de una u otra forma.

Esto es importante porque se busca que el modelo mental del alumno esté en congruencia con el contenido de los modelos científicos; para lograrlo, el empleo de analogías y visualizaciones es primordial. Conocer un poco de modelos mentales, analogías y visualizaciones ayuda a que los profesores mejoren el diseño de sus estrategias didácticas.

### **Sobre modelos mentales, analogías y visualización**

De acuerdo con Vosniadou (1994) los modelos mentales son representaciones generadas por los individuos durante su funcionamiento cognitivo, tienen una estructura en correspondencia con la realidad pero no la representan directamente; en este sentido, el resultado de cualquier interacción de los sentidos con la realidad y el conocimiento de una persona no puede ser nunca el conocimiento del mundo real, las percepciones del individuo acerca del mundo real pueden ser sólo la construcción de un modelo del mundo.

Una fuente primaria de representaciones mentales es la percepción, las características de la visión humana, muy diferentes por ejemplo a las del paramecio (organismo unicelular eucarionte) permiten la construcción de una serie de representaciones simbólicas que culminan en un modelo tridimensional donde hay relaciones espaciales entre los objetos. Los cognoscitivistas están de acuerdo en que es un sistema simbólico. Nuestros modelos integran la información que nos proporcionan todos nuestros sentidos en un conocimiento general y algunas veces parece que percibimos el mundo directamente y no una representación de él, aunque esto es meramente una ilusión, lo que nosotros percibimos de lo que es el mundo sólo está en nuestra cabeza y depende de la evolución del sistema nervioso. Los límites de nuestros modelos son los límites de nuestro mundo. Los modelos mentales, como todos los modelos, poseen la característica básica de ser representaciones de un sistema, el modelo mental es una representación personal y privada de un sistema que involucra, de manera natural, las interacciones del individuo. Los modelos mentales deben ser funcionales y continuamente son modificados por los individuos para poder dar explicación a la interacción con un sistema, además de ser eficientes para hacer predicciones acerca del estado del sistema. La naturaleza de los modelos mentales es construida internamente por unas estructuras mentales existentes en el individuo, por limitaciones en la capacidad de la mente humana y por constructos externos en términos de la influencia del ambiente físico, cultural y de lenguaje (Goldin, 1990).

El mismo autor plantea que un modelo mental es una representación de un cuerpo de conocimiento que cumple las siguientes condiciones:

1. Su estructura corresponde a la estructura de la situación que representa.
2. Consiste de elementos, imágenes perceptuales o imaginarias que corresponden con entidades perceptibles. Pueden contener elementos de nociones abstractas cuyo significado depende del procedimiento de manipular los modelos.

3. Usa representaciones con proposiciones (se refiere a un alto nivel de representaciones llamadas representaciones lingüísticas) hechas a base de símbolos. Los modelos del mundo sólo pueden ser construidos como el resultado de la percepción, experiencia interna e interacción social.

Chamizo (2011) define a los modelos como una representación, usualmente basados en analogías, los cuales son construidos contextualizando cierta porción del mundo con una meta específica.

Chamizo (2007) comenta que los modelos son representaciones e instrumentos diferentes de la realidad, se construyen, se desarrollan de manera iterativa a lo largo de la historia, pueden ser icónicos o conceptuales y conforman las teorías (una teoría es una explicación amplia y bien fundamentada de algún aspecto del universo, está integrada por un conjunto de modelos). La caracterización de los modelos representa un desafío a la visión tradicional de la química si pensamos que asuntos como: orbitales moleculares, octeto de valencia, entropía y muchos otros temas son modelos y no realidades

Chamizo (2007) señala que ahora se cuenta con un nuevo paradigma acerca de la ciencia que puede ser útil para su enseñanza, en el que se establece una conexión gradual entre los modelos teóricos propios de la ciencia y las representaciones mentales que los estudiantes tienen sobre los fenómenos naturales.

#### Los modelos mentales y el discurso

Briggs (2004) propone que una de las principales funciones del lenguaje es hacer una descripción verbal de nuestra experiencia en el mundo, que existe evidencia abundante de que la coherencia del discurso depende en parte de qué tan fácil se construya un modelo mental simple ¿cómo se juzga verdadera o falsa una aseveración del mundo? Se juzga el modelo en el cual se basa su representación.

Curtis y Reigeluth (1984) sostienen que mucho del lenguaje va más allá de lo perceptible, algunas expresiones que refieren directamente a estados mentales, procesos y sentimientos. Los modelos mentales y el discurso se relacionan de la siguiente manera:

- Un modelo mental representa la referencia de un discurso, esto es, la situación que el discurso describe.
- La representación lingüística inicial de un discurso junto con la maquinaria de la construcción y revisión, captura el significado del discurso, esto es, el conjunto de todas las posibles situaciones que pudiera describir.
- Un discurso se juzga como verdadero si existe al menos un modelo en el cual pueda ser incrustado.

## Los modelos mentales y el razonamiento

Bodner (1987) dice que algunas teorías asumen que el razonamiento depende de reglas formales de inferencia pero que mucho del razonamiento no es deductivo.

Carey (1985) plantea que el razonamiento intelectual es, de acuerdo con Jean Piaget, dirigido por el cambio en las estructuras sin embargo, otra postura (la cognoscitivista) dice que es dirigido por el conocimiento del contenido.

Bailes (2002) sostiene que el razonamiento está basado en los modelos mentales, en donde no aplican las reglas de inferencia ni contenidos formales específicos. El razonamiento dice, depende de la manipulación de las representaciones. Los modelos mentales son representaciones cognitivas dinámicas, incompletas y que a veces causan confusión mental.

Johnson (1983) dice que la teoría de los modelos mentales propone que el primer paso para el razonamiento es comprender las premisas y construir un modelo particular de ello y que una característica importante es que no se introduce un símbolo especial para la negación; el modelo se escanea para determinar la relación de cualquier sentencia que no esté explícita en las premisas, busca contraejemplos, así, una inferencia es válida si su conclusión no puede ser falsa, la validez se puede buscar con la ayuda de los contraejemplos, aunque poco es sabido acerca de la naturaleza del proceso que genera contraejemplos y en este sentido cabe preguntarse ¿podemos tener certeza de cómo los individuos siguen sus procesos de razonamiento?

Los mayores procesos cognitivos tienden a ocurrir en muchas vías diferentes, en un principio los individuos construyen un modelo que es constantemente revisado y se evalúan otros modelos existentes, más algo es muy cierto sin un entrenamiento lógico, los individuos ordinarios no tienen un estándar simple de procedimiento para tratar con los silogismos. Los individuos ordinarios están en serio peligro de caer en errores por falta de un proceso sistemático de inferencia. Es complicado que el individuo modifique sus modelos iniciales los cuales son revisados una y otra vez antes de construir otro modelo; cuando en experimentos orientados a explorar el razonamiento humano los sujetos llegan a conclusiones a través de diferentes silogismos, un error común en una situación a resolver, es que hagan uso de su modelo inicial dejando de lado las conclusiones a las cuales llegaron a través de los silogismos, aunque es más difícil identificar el proceso por el cual los modelos son construidos.

Cuando un sujeto tiene que resolver un problema aplica una serie de operaciones para transformar el estado del modelo inicial a través de una sucesión de representaciones intermedias del modelo hasta que la meta se alcanza. Sin embargo, frecuentemente las personas *son poco conscientes* acerca de cómo llegaron a la conclusión, aunque usan imágenes visuales *no son conscientes* de sus propios modelos y ésta es una fuerte crítica que se le hace a la teoría de los modelos mentales (Johnson, 1983).

El mismo autor (Johnson, 1983) dice que el razonamiento es la base de la cual dependen los modelos mentales como muestran estos tres procesos semánticos:

1. Se construye un modelo mental que describa las premisas. Este procedimiento corresponde a la comprensión ordenada del discurso.
2. La formulación de una nueva conclusión basada en el modelo, ésta corresponde a la descripción de un estado buscando establecer una relación explícita con las premisas del modelo.
3. Se buscan modelos alternativos que refuten la supuesta conclusión entrando aquí la búsqueda de contraejemplos (el estado emocional, los prejuicios o psicopatologías afectan la confrontación de los mismos) y el razonamiento espacial.

### Modelos mentales y pedagogía

Gilbert, Reiner y Nakhleh (2008) comentan que una postura pedagógica es que la información se debe presentar a los estudiantes de tal forma que sea un nuevo problema. Las personas construyen modelos razonables por ellos mismos, primero asumen una postura determinista, donde todos los eventos tienen causa, segundo, las causas preceden al efecto y tercero, la acción sobre un objeto es la causa más probable de cualquier cambio que a este le ocurra. Cuando el modelo falla al explicar el fenómeno se buscará probablemente usar otra analogía. En el caso de las profundas analogías científicas (como la de Rutherford con el modelo planetario del átomo) la búsqueda de ligas entre un dominio y otro parece que va más allá de un algoritmo general. La teoría de los modelos incluye las representaciones lingüísticas, los procedimientos de manipulación, la meta cognición, la consciencia e inconsciencia, intencionalidad y libre albedrío.

Grosslight, Unger, Jay y Smith (1991) describen tres diferentes niveles de comprensión de los modelos científicos:

1. Visión ingenua de la realidad, comprensión de los modelos como juguetes o copias simples de la realidad.
2. La comprensión del individuo distingue entre las ideas o propósitos que motivan el modelo del modelo por sí mismo.
3. La comprensión del modelo es construida para que sirva en el desarrollo, pruebas y explicaciones acerca del fenómeno, el nivel tres es consistente con el marco constructivista.



Los autores anteriores también comentan que en una pesadilla se pudiera percibir al mundo como si no tuviera estructura, sin embargo, como especie sobreviviente, tenemos la habilidad para cortar al mundo en partes que tengan significado, por otro lado, los modelos en química pueden ser representaciones en tres diferentes niveles: macroscópico, sub-microscópico y simbólico, en estas representaciones es muy importante la visualización, tener fluidez en ella se conoce como meta visualización. Un modelo puede representarse externamente (con otros modelos) o internamente (con los modelos propios).

El nivel macroscópico se define como todo aquello que es percibido por nuestros sentidos por ejemplo la disolución de una sustancia pura.

El nivel sub-microscópico se define como la representación de aquellas entidades que son inferidas con base en el nivel macroscópico por ejemplo iones y moléculas.

El nivel simbólico consiste de cualquier abstracción cualitativa o cuantitativa usada para representar cada uno de los puntos del nivel sub-microscópico por ejemplo las ecuaciones químicas.

Poseer la capacidad de moverse mentalmente en estos tres niveles es una habilidad necesaria para poder tener una apreciación completa de las explicaciones que da la ciencia de un fenómeno natural. Adquirir esta habilidad representa un reto para muchos estudiantes, un reto que involucra a la visualización como elemento importante y que está conectado con la representación externa que puede ser imagen, diagrama, tabla etc.

Gilbert (2005) sostiene que la visualización es por tanto la primera instancia relacionada a la formulación de una representación interna desde una representación externa, que muestra la naturaleza y la relación tiempo espacio que existe entre las entidades a las cuales hace referencia. Paivio (1983) por su parte, menciona que la visualización toma especial importancia en aspectos del aprendizaje de la ciencia como por ejemplo aprender modelos históricos y desarrollar nuevos modelos cualitativos y cuantitativos.

Existe un gran interés en enseñar y aprender ciencia usando modelos (Gilbert, 1993 y Harrison, 2001) las explicaciones en química frecuentemente usan modelos analógicos acreditados por científicos, maestros o escritores de libros (Harrison y De Jong, 2005) se cree que los modelos son la esencia de la ciencia y que los estudiantes deberían crear, modificar y refinar modelos para demostrar que su comprensión avanza (Giere, 1997).

Los modelos pueden potenciar la comprensión de la ciencia cuando están relacionados con un objeto o proceso de la vida diaria.

Las analogías son representaciones simplificadas o exageradas de la realidad. La eficacia de enseñar utilizando una analogía implica pensar en el modo de la representación de la analogía, su clasificación y las demandas conceptuales. Un modo escondido es el personal modelo mental que es generado o modificado por el profesor y el libro de texto (Harrison y De Jong, 2005).

El método de representación en química puede ser: concreto (por ejemplo esferas y palillos), verbal (historias analógicas), matemático (por ejemplo la gráfica del perfil de una reacción), visual (diagramas de Lewis) y modo combinado. La teoría de Baddeley (Baddeley y Logic, 1999) sobre los procesos de memorización de la información, sugiere que el aprendizaje se beneficia cuando la información es presentada en más de un formato, es decir en modalidades múltiples.

Los modelos, las demandas conceptuales de los cursos, metáforas y analogías están profundamente incrustadas en la estructura conceptual de la química que se califica como única; por esta razón, Harrison y Treagust (2000) elaboraron una tipología o mapa de modelos analógicos.

El mapa explica el aumento en la complejidad de los modelos y el movimiento continuo de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto. La tipología muestra que la complejidad y poder predictivo de los modelos aumenta a la par de la demanda ontológica y cognitiva.

La comprensión de la naturaleza en la cual están incrustados los modelos químicos puede sensibilizar a los profesores y estudiantes en cuanto a la naturaleza de las metáforas, modelos analógicos y demanda cognitiva (Gómez y Pozo, 2000).

Gentner y Steven (1983) recomiendan analogías que provean similitudes de fácil acceso al estudiante y que le permita desarrollar relaciones conceptuales.

## **OBJETIVOS**

1. Conocer el modelo atómico inicial con el que cuenta una población de 10 estudiantes de nivel medio superior de la Escuela Nacional Preparatoria número 2 del turno matutino.
2. Aplicar una estrategia didáctica que les permita a los alumnos acercarse al modelo atómico más reciente, cuántico ondulatorio, la cual se tituló ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE ÁTOMO A TRAVÉS DE UNA SECUENCIA HISTÓRICA DEL CONCEPTO, se basa en el desarrollo cronológico de los modelos propuestos a los largo de la historia de la ciencia.

## METODOLOGÍA

En este trabajo se pretende conocer cuál es modelo atómico inicial con el que cuenta una población de 10 estudiantes de nivel medio superior (NMS). Para ello se aplicó una entrevista sobre los diversos modelos del átomo cuyo desarrollo está basado en trabajos de investigación educativa (Harrison y Treagust, 2000; Griffiths y Preston, 1992 y De la Fuente, 2003). Posteriormente se aplicó una estrategia didáctica que les permitiera acercarse al modelo atómico más reciente (cuántico ondulatorio). La estrategia se tituló ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE ÁTOMO A TRAVÉS DE UNA SECUENCIA HISTÓRICA DEL CONCEPTO, se basa en el desarrollo cronológico de los modelos propuestos a los largo de la historia de la ciencia. El enfoque es presentar una visión general del desarrollo histórico y no sólo hechos históricos aislados.

Se parte de las ideas de los antiguos griegos y se transita hasta el modelo cuántico ondulatorio, pretende que los estudiantes de nivel medio superior reflexionen por equipos sobre las ventajas y desventajas de un modelo u otro así como en la razón por la cual surge la necesidad de cambiar de explicaciones. Una inadecuada comprensión del desarrollo histórico de los modelos del átomo y de su nivel epistemológico traerá como consecuencia el uso de modelos híbridos. Según Justi y Gilbert (2000) el uso de modelos híbridos genera huecos de validación entre los atributos de un modelo y otro además de que no existe la necesidad de establecer preguntas sobre las diferentes formas de pensar o interpretar un fenómeno. Una adecuada comprensión de los modelos históricos podría ayudar a eliminar el uso de los modelos híbridos. La introducción de un nivel comprensivo de discusión sobre los modelos históricos busca que la enseñanza de la historia de la ciencia sea más coherente.

La metodología consistió en lo siguiente:

Se aplicó una entrevista a una muestra de 10 estudiantes de nivel medio superior, que participaron voluntariamente, dicho instrumento era sobre el modelo de átomo que utilizaban para generar explicaciones además de que se aplicó a todo el grupo un cuestionario sobre los modelos históricos. Finalmente se realizó la intervención didáctica utilizando la estrategia diseñada para tal fin. Dos semanas después se volvió a realizar la misma entrevista y el mismo cuestionario.

Con los datos obtenidos antes y después de la aplicación de la estrategia se hizo un análisis cualitativo para saber si los estudiantes habían tenido cambio en los modelos de átomo que utilizaban. El cuestionario y la estrategia didáctica tuvieron como base de elaboración trabajos en investigación educativa de Justi y Gilbert (1999), Justi y Gilbert (2000) y Gilbert (2005).

La estrategia y el cuestionario se aplicaron a una totalidad de 2 grupos (de 45 y 49 estudiantes) que se tomaron para el estudio.

## Entrevista

Para conocer el modelo inicial con el que contaban los estudiantes, se procedió de la siguiente manera:

- 1) Se solicitó la participación voluntaria de 10 estudiantes (tomando como referencia el artículo de Harrison y Treagust, 2000) que estuvieran cursando el primer año de preparatoria en la UNAM y que previamente no hubieran revisado en clase el concepto. Teniendo los voluntarios se pidió por escrito el permiso de sus padres o tutores para participar en el estudio.
- 2) Se aplicó la entrevista sobre el concepto de átomo a cada uno de ellos y se grabaron en audio para la posterior y constante revisión del material.
- 3) El instrumento (basado en los trabajos ya citados) constó de 7 preguntas y su objetivo era identificar el modelo mental que sobre el átomo tenía el estudiante además de conocer algunas otras características del mismo.

A continuación se presentan las preguntas hechas a los alumnos en la entrevista

Listado de preguntas de la entrevista	
1	Para ti, qué significa el término “átomo”... ¿Consideras que es un concepto fácil o difícil de entender? ¿Por qué?
2	Haz un dibujo de un átomo tal y como te lo imaginas. Escribe por qué te lo imaginas así.
3	Si pudieras comparar un átomo con un objeto de la vida diaria... ¿qué objeto sería? ¿Por qué crees que se parecería a ese objeto? y ¿en qué serían diferentes?
4	Si la masa del protón fuera como la de una naranja, la masa del electrón sería como la de...
5	¿Crees que todos los átomos son iguales o diferentes? ¿Un átomo de hierro es igual a uno de oxígeno? ¿En qué se basan esas diferencias o similitudes?
6	Entre las cinco diferentes representaciones del átomo que se presentan a continuación, escoge la que consideres se aproxima más a tu idea de átomo. Justifica tu selección.
7	¿Qué es una molécula? Dibuja y describe.

Las preguntas 1, 2, 3 y 6 de la entrevista fueron tomadas del trabajo de Harrison y Treagust (2000) ya que el objetivo de nuestro trabajo no era generar nuevos reactivos sino diseñar una estrategia de enseñanza histórica para los modelos del átomo.

Para la pregunta 1 de la entrevista, estos autores recomiendan que antes de que el profesor trate de enseñar un concepto que considera difícil, vaya directamente con los estudiantes y les pregunte si en verdad lo es y por qué, así se podrán conocer las primeras ideas que tienen los estudiantes en mente y cómo podría abordarse para librar

dichas dificultades. Ellos proponen una guía para trabajar sistemáticamente con modelos y lo primero es hacer énfasis en el concepto, enfocar la atención en el alumno para saber si el concepto es difícil, no familiar o abstracto y qué ideas conoce el alumno sobre él.

Para la pregunta 2 los mismos autores proponen que a través de un dibujo y su descripción, se puede identificar qué modelo posee el alumno, así como tener una idea de los elementos que asocia con él.

En la pregunta 3 se trata de ver si el alumno emplea alguna analogía. El uso de analogías para enseñar modelos es muy frecuente en las clases de ciencia (Harrison y Treagust, 2000), diferentes analogías se han empleado para enseñar el concepto de átomo además de las que el propio estudiante pudiera establecer. En este trabajo queríamos saber con qué compara su modelo mental del átomo el alumno, ya que así nos acercamos a una descripción más concreta que sólo la descripción abstracta de su dibujo en la pregunta 2. De esta forma se podrá tener otro elemento para identificar su modelo, observando las relaciones de comparación entre su modelo y la analogía.

Respecto a la pregunta 6 Harrison y Treagust (2000) han encontrado que, los dibujos que los estudiantes hacen del átomo, se pueden tipificar en un modelo científico, así, se presenta al alumno un conjunto de 5 diferentes modelos atómicos basados y tipificados en lo que los propios estudiantes han expuesto. El alumno elige uno y vemos si hay relación con lo que dibujó y con su analogía; se trata de ver la congruencia entre todos ellos para poder definir el modelo mental que tiene el estudiante. La tipificación es: (imagen 1) modelo de Dalton (imagen 2) modelo cuántico ondulatorio (imagen 3) modelo de Bohr (imagen 4) modelo de Thomson (imagen 5) modelo de Rutherford.

Con el análisis de sus respuestas a las preguntas 2, 3,6 trataremos de identificar qué modelo mental es el que predomina en su discurso.

Los autores Harrison y Treagust (2000) comentan en su artículo, que los modelos y las analogías son de uso muy frecuente en las clases de ciencia y, lo que ellos buscaban, era saber cómo los estudiantes a través del uso de modelos y analogías podían mejorar la comprensión de los conceptos de química. En el estudio cualitativo que realizaron trabajaron con 10 estudiantes de aproximadamente 15 años de edad evaluando conceptos como: átomos, moléculas y enlace químico. Finalmente sus resultados sugieren que los alumnos pueden dar mejores explicaciones (más consistentes) negociando los atributos que se comparten o que no se comparten entre sus modelos y analogías, además de que el empleo de modelos y analogías por parte del profesorado, debe de ser sistemático.

En este trabajo al igual que en el de ellos, se decidió trabajar con una muestra de 10 estudiantes y tomar 4 de sus preguntas. Lo que se pretendía era conocer el modelo atómico inicial del estudiante y se emplearon analogías para mejorar la comprensión del concepto.

La pregunta 4 y 5 están basadas en el trabajo de Ana María De la Fuente (2003) y la pregunta 7 en el de Griffiths y Preston (1992) y principalmente se emplearon para conocer más elementos descriptivos y de comparación sobre el concepto de átomo además de tener una idea más completa de su modelo mental.

La pregunta número 4 es para saber si el alumno identifica el tamaño relativo de protones, electrones y neutrones.

Con la pregunta número 5 queremos saber si el alumno identifica que una cantidad determinada de protones, electrones y neutrones hace que un átomo sea diferente de otro, aunque esa es la respuesta que esperamos, el alumno nos la contestará indirectamente a través de la pregunta planteada en la entrevista ¿todos los átomos son iguales o diferentes? y ¿por qué hay átomos diferentes?

De la Fuente (2003) indagó las ideas de estudiantes de aproximadamente 14 años de edad con el propósito de conocer lo que piensan sobre la estructura atómica, los resultados encontrados mostraron que la mayoría de los estudiantes no tienen ideas claras sobre la estructura de la materia.

Al tomar 2 preguntas del trabajo anterior se pretendió conocer elementos complementarios (tamaño relativo de protones, electrones y neutrones y saber si el alumno identifica que una cantidad determinada de protones, electrones y neutrones hace que un átomo sea diferente de otro) del modelo mental que el alumno posee para poder caracterizarlo mejor.

Griffiths y Preston (1992) señalan que la comprensión de conceptos como átomo y molécula es fundamental para el aprendizaje de la química y que los errores y concepciones alternativas que tengan los alumnos alrededor de ellos, impedirá el aprendizaje; en su artículo identifican 52 errores sobre la relación entre átomos y moléculas, al tomar de ellos la pregunta 7 de nuestra entrevista se pretendió, evaluar si el alumno establece una correcta relación entre átomos y moléculas, en el entendido de que el concepto de molécula es una de las primeras ligas para aplicar el concepto de átomo y además proporcionar algunos elementos complementarios (es decir la relación que establece entre átomo y molécula) del modelo mental que el alumno posee para poder caracterizarlo mejor.

Una primera versión de la entrevista se validó con estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria planteles número 2 y 7, de ahí se corrigieron errores de redacción y se observó que hacía falta buscar una mayor profundidad en las respuestas de los jóvenes. Una vez realizadas las modificaciones pertinentes, el instrumento final se aplicó en la preparatoria número 2 a una muestra de 10 estudiantes.

Posteriormente se aplicó a los dos grupos de estudiantes con las características ya mencionadas, un cuestionario sobre los seis modelos del átomo (Justi y Gilbert, 2000) basado en nuestra secuencia histórica y con la finalidad de tener un referente de todo el

grupo acerca de su conocimiento del tema ya que en el nivel básico (secundaria) se estudian algunos de los modelos atómicos y llegando hasta el de Bohr.

### Cuestionario

El cuestionario aplicado fue elaborado tomando en cuenta lo siguiente:

El modelo de los antiguos griegos incluye la idea de movimiento y vacío, desde la perspectiva de Lakatos esto es parte importante del corazón duro y la heurística del paradigma, por otra parte la idea de vacío es una de las más complicadas de adquirir aún en estudiantes del área científica y frecuentemente se entiende hasta el posgrado ( Pozo, Gómez y Gutiérrez, 2007; Gómez y Pozo 2000) por lo cual se consideró prioritario evaluar en la pregunta 1 y 2 del cuestionario si los jóvenes relacionaban dichos términos al átomo.

De acuerdo con Lakatos (1970) cuando el corazón duro de un paradigma cambia, éste es reemplazado, así el modelo de los antiguos griegos fue reemplazado paso a paso por cada uno de los modelos intermedios (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr) hasta llegar al modelo cuántico ondulatorio.

El emplazo de un modelo por otro es el resultado de la competencia que existe entre el modelo vigente (predicciones exitosas que no puede hacer) y el nuevo modelo (que además de hacer las predicciones exitosas puede explicar la nueva evidencia experimental).

Así, una parte vital para reestructurar el modelo es la evidencia empírica con la que surge la necesidad de cambiar de explicaciones y en el cuestionario aplicado se buscó que ello fuera identificado por el alumno y que comprendiera entonces por qué se pasa de un modelo a otro.

Esto fue lo que se pretendió desde la pregunta 3 hasta la 10 por lo que las opciones correctas subrayaban dicha situación.

Las preguntas 11 y 12 referentes al modelo cuántico ondulatorio abordan un primer acercamiento al contenido del modelo ya que además de su elevada demanda ontológica, es la primera vez que el alumno oye hablar de él, por lo que se consideró pertinente preguntarlo de esta manera aunque en la estrategia didáctica para explicar el concepto sí se hizo referencia a que habían nuevos fenómenos, nueva evidencia empírica que no podía explicar el modelo de Bohr, aunque no se mencionó como tal el efecto anormal de Zeeman (Cruz, Chamizo y Garritz, 1986).

### Estrategia

Para el diseño de la estrategia se siguió una secuencia histórica en un sentido muy parecido al empleado en el cuestionario, el por qué enseñar el tema desde una



aproximación histórica se abordó en el marco teórico, no obstante en esta parte se citan las ideas principales:

- El remplazo de un modelo por otro es el resultado de la competencia que existe entre la progresión del cambio de problema (**nuevos hechos y evidencias empíricas se predicen y descubren**) y la degeneración del cambio de problema (predicciones exitosas que no pueden ser hechas) (Lakatos, 1970).

Se citan algunos ejemplos de ello:

Párrafo de la estrategia que se ubica después de la actividad 3

“Sin embargo no fue sino hasta 1805 cuando John Dalton retoma la idea de Demócrito sobre el átomo, pero haciendo algunas consideraciones distintas. Estas son: el átomo es indivisible, duro y tiene diferentes tamaños *dependiendo de a qué elemento pertenezca*....Con esta idea, se inicia la determinación de las masas atómicas, **se calculan experimentalmente relaciones de combinación entre diferentes tipos de átomos**... Uno de los **principales problemas** con el **modelo** de los antiguos **griegos** era que éste **no proveía de bases** para **distinguir entre** los tipos de **átomos**, lo que el modelo de **Dalton abordaba directamente**”

Párrafo de la estrategia que se ubica después de la actividad 4

“El modelo de **Dalton dejó de ser el más reciente cuando los físicos comenzaron a descubrir nuevas partículas** (es importante notar que el modelo propuesto por Dalton había tenido una vigencia de 92 años) más pequeñas que el átomo, **tal fue el caso de J.J. Thomson** jefe del laboratorio de Física en la universidad de Cambridge **quien estudiaba los rayos catódicos**”

Párrafo de la estrategia que se ubica después de la actividad 5

“En 1897 J.J. **Thomson explorando** la naturaleza de los **rayos catódicos, propone que están formados por partículas cargadas negativamente y de masa muy ligera, electrones** y, que la materia los contenían **inmersos en un fluido positivo**, explicando así la naturaleza eléctrica de la materia ya que, aunque los electrones tengan carga negativa, los átomos en su totalidad son neutros, esto implicaba que cada átomo debía contener un número igual de cargas positivas y negativas, **sin embargo no había evidencia experimental de la existencia de un “fluido positivo”** en el cual los electrones estuvieran inmersos.

El **descubrimiento** de los **electrones** hacía referencia a un **nuevo modelo** del átomo. El modelo de Thomson superaba al de Dalton ya que **proponía una estructura interna para los átomos**.

- Es importante conectar la información de los experimentos con los atributos del modelo en una secuencia histórica así como **establecer una discusión**

**comprensiva de la competencia que existe entre los modelos sucesivos.** La introducción de un nivel comprensivo de discusión sobre los modelos históricos se hace cada vez más presente, buscando los aspectos concernientes al desarrollo del conocimiento científico y a la caracterización de los diferentes modelos y no abordar hechos históricos de manera aislada, así la introducción de la historia de la ciencia pudiera ser más coherente y auténtica.

- Una inadecuada comprensión del desarrollo histórico de los modelos del átomo y de su nivel epistemológico contribuye al uso de modelos híbridos en cuyo empleo se observan huecos de **validación** entre los atributos de un modelo y otro; además de que no existe la necesidad de **establecer preguntas sobre diferentes formas de pensar o interpretar un fenómeno.**

Se citan algunos ejemplos de ello:

A.2. (4 puntos) Con base al dibujo anterior, **discute** con tus compañeros cuál creen que era la visión de la materia que tenían los griegos.  
a) Escriban los **principales acuerdos** a los que llegaron.

A.4 (4 puntos) Se te proporcionará una bolsa con pelotas. Con base a la propuesta de Dalton haz una clasificación de éstas y justifica tu arreglo.  
a) En la siguiente imagen se presentan las **diferentes representaciones** que sobre elementos y compuestos propuso Dalton.  
b) **Discute** con tus compañeros el dibujo y propongan una definición para elemento y otra para compuesto **tratando de imaginar lo que Dalton proponía.**

A7. (4 puntos) Basándose en el párrafo anterior, **discutan y respondan** por equipo las siguientes preguntas:

- a) **¿Cuáles serían las características del núcleo atómico?** Realicen un dibujo que las represente.
- b) **¿Cuál es la diferencia que se menciona entre los planetas y los electrones?**
- c) **Si un electrón emite radiación continuamente ¿cuál sería la consecuencia en el modelo atómico de Rutherford?**

20 minutos

- El currículo de varios países solicita que el alumno tenga la oportunidad de desarrollar la comprensión de cómo las ideas científicas son aceptadas o rechazadas teniendo en cuenta la evidencia empírica, cómo las controversias científicas pueden surgir a partir de diferentes formas de interpretar estas evidencias y **que considere los caminos por los cuales las ideas científicas**

**pueden ser afectadas por el contexto social e histórico en el que ocurren y cómo este contexto puede influenciar su aceptación o rechazo.**

Párrafo de la estrategia que se ubica después de la actividad 2

“Estas ideas se contraponían con la ideología de la época y por tanto **no fue aceptada** por muchos filósofos entre ellos Aristóteles y Platón”

Así, cada uno de los seis modelos históricos (Justi y Gilbert, 2000) se fue presentando y para pasar de uno a otro se subrayó el por qué la necesidad de cambiar de explicaciones.

Por otra parte 5 de los 10 alumnos entrevistados comentaron (antes de aplicar la estrategia didáctica) que el estudio del átomo se relaciona con el hecho de poder o no verlo, así se propuso incluir varias actividades (empleando las TIC's con la selección previa de videos que consideramos adecuados, las explicaciones que se dieron en ellos son las que se muestran en la propia estrategia) donde al alumno pudiera visualizar el conocimiento al que se hacía referencia.

Entre las condiciones que pueden facilitar el aprendizaje resalta el cómo se representa la información en la memoria, en este sentido una representación externa (visualización) debe de relacionar de alguna forma lo que nosotros deseamos que el alumno almacene en la memoria (Paivio, 1983).

Retomando esta postura, se busca que una representación externa se convierta en una representación interna. Según Gilbert (2005), las representaciones externas (visualizaciones) facilitan el aprendizaje. En este sentido afirma que **una visualización puede definirse como la exhibición que retrata a un objeto o a un evento y que provienen de la mente.**

Entre sus características destacan las siguientes: expresan información que es difícil de ver (a veces imposible), son simbólicas por el color, íconos o sonidos, son una simulación que el estudiante puede manipular por ejemplo para probar hipótesis y son una herramienta potencial para solucionar problemas, las características anteriores pueden ser potenciales para el aprendizaje dentro de una metodología educativa.

La teoría empírica de la memorización sostiene que las experiencias fenomenológicas permanecen vívidas en las representaciones mentales, uno de los componentes de dichas representaciones son las imágenes visuales que se crean en regiones cerebrales que involucran la percepción visual y son construidas teniendo como base el propio conocimiento del objeto o evento de interés (Paivio, 1983). Como experiencia fenomenológica se propuso la actividad tres de la tinta china y el perfume y además con un POE (predicción, observación y explicación) porque de esta manera el alumno elabora sus propias ideas y conclusiones siendo el profesor su guía.

A.3. (4 puntos) En un vaso con agua se colocarán dos gotas de colorante natural rojo o tinta china negra.

- a) Haz un dibujo de lo que se observará y escribe en un mínimo de 5 renglones la explicación de tu **predicción**.
- b) Después de que has **observado** lo que sucede al realizar el experimento en el aula y comparando con tu primera respuesta, escribe en un mínimo de 5 renglones la **explicación** del fenómeno.

La lectura que se propone para estudiar el modelo cuántico ondulatorio fue tomada de un libro de texto para un curso de química en nivel medio superior (Garritz y Chamizo, 2001).

El cuestionario (de 12 preguntas de opción múltiple) aborda todo lo que se estudió en la estrategia para que en una segunda aplicación tentativamente, tuviéramos mejores resultados.

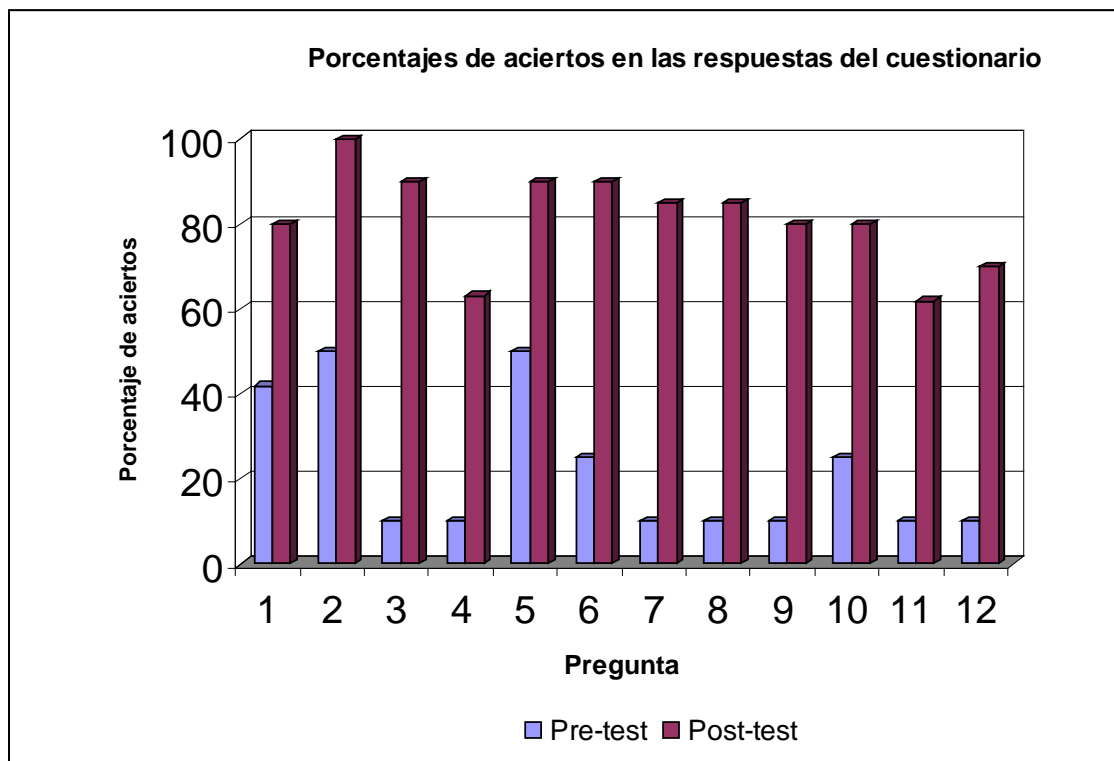
El tiempo de aplicación de la estrategia fue de 3 horas clase (cada una de 50 minutos) en dos sesiones, una de una hora y una de dos horas dado que, tales son las condiciones de trabajo en la preparatoria.

Tanto la estrategia como el cuestionario se aplicaron a dos grupos con un total de 99 alumnos para monitorear con más datos la efectividad de la propuesta (se calificaron 99 cuestionarios antes y después de aplicada la estrategia) aunque sólo se entrevistó a 10 alumnos por recomendación en el trabajo de Harrison y Treagust (2000) y por limitaciones de tiempo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Resultados del grupo

Como ya se indicó en la metodología, el cuestionario se aplicó a una muestra de 99 alumnos (incluidos los entrevistados). Estos cuestionarios fueron evaluados de forma individual y el promedio inicial de la muestra fue de 2.18 (sobre una escala de 10) y posterior a la aplicación de la estrategia el promedio fue de 8.12, en tanto que en los alumnos entrevistados los resultados fueron de 1.6 al inicio y 8.58 al final. En la siguiente gráfica se presentan los resultados del cuestionario (a nivel grupal) en términos de porcentajes de aciertos antes y después de aplicar la estrategia.



Como se puede observar, hay un incremento importante en las respuestas correctas posteriores a la intervención docente. Es importante destacar que casi la totalidad de los 99 alumnos con los que se trabajó prácticamente desconocían el tema y al final se observa un buen resultado, la estrategia didáctica empleada ayudó a que conocieran sobre los diferentes modelos atómicos.

### Resultados de los alumnos entrevistados

Por otra parte y dado que el objetivo del trabajo era conocer qué modelo mental tenía sobre el átomo la muestra estudiada, se analizó la entrevista inicial y final ya que con ésta última podríamos ver si se cumplió el segundo de los objetivos: acercar a los alumnos al modelo más reciente con la estrategia didáctica propuesta.

Se elaboró un análisis para cada uno de los alumnos entrevistados en donde se subrayan aspectos incorrectos que el alumno menciona y posteriormente corrige. Se señalan en cursivas las palabras que, de manera importante, cambian en sus descripciones. Aunque el alumno frecuentemente no define con exactitud un modelo, durante el análisis se trató de identificar aquel que prevaleció en su interpretación.

Se citan las preguntas de la entrevista para tener una mejor guía de lectura.

#### **Listado de preguntas de la entrevista**

1	Para ti, qué significa el término “átomo”... ¿consideras que es un concepto fácil o difícil de entender? ¿Por qué?
2	Haz un dibujo de un átomo tal y como te lo imaginas. Escribe por qué te lo imaginas así.
3	Si pudieras comparar un átomo con un objeto de la vida diaria... ¿qué objeto sería? ¿Por qué crees que se parecería a ese objeto? Y ¿en qué serían diferentes?
4	Si la masa del protón fuera como la de una naranja, la masa del electrón sería como la de...
5	¿Crees que todos los átomos son iguales o diferentes? ¿Un átomo de hierro es igual a uno de oxígeno? ¿En qué se basan esas diferencias o similitudes?
6	Entre las cinco diferentes representaciones del átomo que se presentan a continuación, escoge la que consideres se aproxima más a tu idea de átomo. Justifica tu selección.
7	¿Qué es una molécula? Dibuja y describe.

Para mantener el anonimato de los estudiantes, sólo los llamaremos alumno 1, alumno 2, alumno 3, etc.

### Alumno 1

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
1	Un átomo es la partícula más pequeña de cualquier <i>ser existente</i> , una partícula es algo muy pequeño de <i>algún objeto</i> .	Átomo es la <i>partícula que puede representar a un elemento</i> (un elemento es el que está en la tabla periódica) en su parte más pequeña.

Las preguntas 1, 4, 5 y 7 como se menciona en la metodología, tenían la intención de conocer elementos complementarios del modelo atómico del estudiante.

El objetivo de esta pregunta 1 era, conocer las primeras ideas que el alumno menciona sobre el concepto. En este caso, es posible observar que la descripción inicial es vaga y habla de que el átomo es la partícula más pequeña de cualquier ser existente o de algún objeto lo que de cierta forma no es una idea históricamente correcta, considerando que la primera concepción de átomo era la partícula última de la materia. En la descripción posterior a la estrategia, el alumno 1 da una respuesta mucho más concreta y en relación con lo revisado en clase ya que cuando se estudió el modelo de Dalton se indicó lo siguiente “propone postulados para los elementos y los compuestos ahí define átomo como la partícula diminuta e indivisible que compone a un elemento químico”.

Por otra parte y como se mencionó en la metodología, las preguntas 2, 3 y 6 se tomaron del trabajo de Harrison y Treagust (2000), en la pregunta 2 el alumno dibuja y describe lo que entiende por átomo, trataremos de identificar qué modelo posee el alumno, así como tener una idea de los elementos que asocia a él.

En la pregunta 3 se trata de ver si el alumno emplea alguna analogía para saber con qué compara su modelo, ya que así nos acercamos a una descripción más concreta que sólo la descripción abstracta de su dibujo en la pregunta 2. De esta forma se podrá tener otro elemento para identificar, observando las relaciones de comparación entre su modelo y la analogía.

En la pregunta 6, se presenta al alumno, la tipificación de Harrison y Treagust (2000) es decir el conjunto de 5 diferentes modelos atómicos basados y tipificados en lo que los propios estudiantes han expuesto, la tipificación es: (imagen 1) modelo de Dalton, (imagen 2) modelo cuántico ondulatorio, (imagen 3) modelo de Bohr, (imagen 4) modelo de Thomson e (imagen 5) modelo de Rutherford; *el alumno elige uno y vemos si hay relación con lo que dibujó y con su analogía, se trata de ver la congruencia entre todos ellos para poder definir el modelo mental que tiene el estudiante*

Así mismo, para complementar la definición de los modelos inicial y final utilizados por los estudiantes, se busco entre las respuestas a las preguntas 2, 3 y 6 de la entrevista si el alumno mencionaba alguna de las características que Lakatos (1970) definió como el

*corazón duro* (que es el que contiene la más importante aseveración del modelo) de cada uno de los seis modelos históricos del átomo.

### Corazón duro de los diferentes modelos de acuerdo con Lakatos

Modelo	Corazón duro
Griegos	La materia está compuesta de corpúsculos muy pequeños e indivisibles y, los átomos son duros y difieren en forma y tamaño.
Dalton	Los elementos se componen de partículas diminutas e indivisibles (átomos), los átomos de un elemento son diferentes a los átomos de otro elemento.
Thomson	Lo referente a las cargas eléctricas de la materia.
Rutherford	La carga positiva y la masa del átomo están concentradas en una pequeña fracción del volumen total, el núcleo el cual está rodeado por un sistema de electrones que se mantenían juntos por fuerzas atractivas hacia él.
Bohr	Los electrones en los átomos sólo presentan ciertos estados energéticos estables.
cuántico ondulatorio	Naturaleza dual del electrón y lo relativo a su posición y movimiento

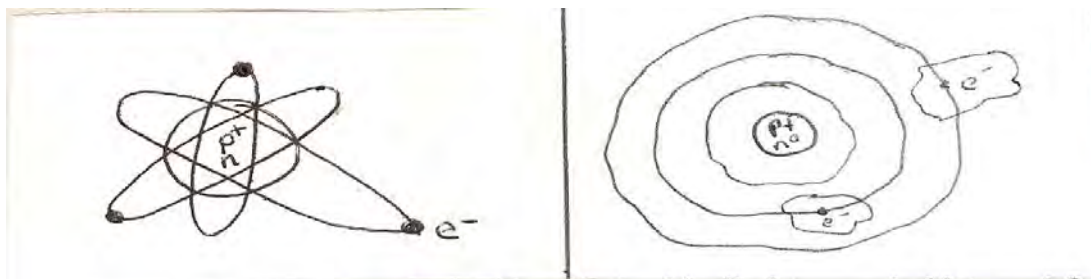
*Y así con el análisis de sus respuestas a las preguntas 2, 3,6 trataremos de identificar qué modelo mental es el que predomina en su discurso.*

Al respecto encontramos lo siguiente:

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
2, 3 y 6	<p>...las <i>órbitas son como elipses</i>. El <i>núcleo</i> del átomo es la parte que se encuentra en el <i>centro</i> y está compuesto de <i>protones y neutrones</i>. <u>Los neutrones son una parte del átomo con carga negativa...</u></p> <p>“con el sistema solar porque tiene órbitas y los planetas</p>	<p>“escojo la imagen 3 <i>porque las órbitas son más bien circulares</i>, bueno eso decía Bohr que son circulares, <i>los electrones sí se están moviendo</i> pero sólo cambian de energía cuando cambian de órbita, las órbitas son más bien circulares. <i>Los electrones están girando alrededor del núcleo en unos orbitales</i>. En el núcleo están los protones que son positivos y <u>los neutrones que no tienen carga</u>, los electrones girarían en los <b>orbitales</b> bueno en una órbita circular pero</p>



	<p>giran alrededor del sol”</p> <p>Elige la imagen 5.</p>	<p>ahí hay una <b>zona</b> donde es más <b>probable encontrar</b> al <b>electrón</b> ese es el orbital, un <b>orbital</b> es el lugar donde es más seguro encontrar a un electrón...</p>
--	---	--



Se presentan las respuestas de las preguntas 2, 3 y 6 porque como ya se mencionó, son similares, además de que al enlazar las respuestas de estas preguntas es posible identificar si su dibujo, analogía y elección de imagen son consistentes o estaba cayendo en contradicciones. Así pues, en las respuestas previas a la estrategia, el alumno 1 dibuja un átomo con órbitas elípticas, hace una analogía con el sistema solar y elige la imagen 5 que corresponde al modelo de Rutherford. El alumno 1 hace referencia a las dos ideas principales del modelo de Rutherford, que forman (de acuerdo con Lakatos (1970) y como se citó en el marco teórico) el corazón duro del modelo: carga positiva concentrada en el núcleo y éste a su vez, rodeado por un sistema de electrones.

En su descripción posterior a la estrategia, el alumno 1 describe al modelo de Bohr, elige la imagen 3 que corresponde este modelo y, aunque nuevamente hace su analogía con el sistema solar, la describe en términos de órbitas circulares, además en la descripción de su modelo aparece la palabra orbital y habla de “una zona más probable de encontrar al electrón” lo que significa que está tomando ideas del modelo cuántico ondulatorio y que tiene un modelo híbrido entre éste y el de Bohr.

Así mismo, corrige lo referente a los neutrones (de negativos a neutros) además cita que las órbitas son circulares porque los electrones sólo cambian de órbita cuando cambian de energía, con lo cual está haciendo referencia al corazón duro del modelo Bohr: los electrones sólo presentan ciertos estados energéticos. El segundo dibujo que nos muestra de átomo tiene órbitas circulares y además ya explicó el por qué de ello (modificación que ya habla de un modelo distinto al planetario), elige la imagen 3 que de acuerdo con Harrison y Treagust (2000) es la que plasman alumnos que poseen el modelo de Bohr (lo cual se describió en la parte de metodología para elaboración de la entrevista).

Por lo anterior y en un intento por acercarse lo más posible, se considera que el alumno pasó del modelo de Rutherford a un modelo híbrido entre Bohr y el modelo cuántico ondulatorio.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
4	El electrón sería como una manzana, el neutrón sería del mismo tamaño.	El electrón sería como la semilla de una naranja y el neutrón como una manzana, los protones y los neutrones pesan casi lo mismo.

El objetivo de esta pregunta era precisamente saber si el alumno identificaba el tamaño relativo de las sub-partículas, se ve que posteriormente a la intervención didáctica si lo logró, se revisó en la estrategia cuando se citó que “Rutherford propuso la existencia del protón al que identificó en 1919 indicando que *es una partícula de carga positiva y de masa mucho mayor en comparación con la del electrón*, en 1932 James Chadwick descubre a otra partícula a la que llamó neutrón *cuya masa es muy parecida a la del protón*”

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
5	“entre más electrones tenga un átomo, mayor número de órbitas”	“entre más electrones tenga un átomo, mayor número de orbitales”

El objetivo de la pregunta 5 era saber si el alumno citaba alguna diferencia entre los átomos, la estrategia cita “Cada elemento se caracteriza por tener un número específico de electrones, protones y neutrones” aunque el alumno no describe en estos términos sí cita que hay átomos diferentes más esta diferencia no es en relación al número específico de electrones, protones y neutrones sino que, para él la diferencia radica en los electrones que hay en cada órbita u orbital.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
7	“cuando se unen las órbitas y el electrón pasa por ellas”	“La unión de 2 o más átomos”



El objetivo de la pregunta 7 era saber si el alumno establecía una correcta relación entre átomos y moléculas, en el entendido de que el concepto de molécula es una de las primeras ligas para aplicar el concepto de átomo, la estrategia cita “*para Dalton la unión de átomos de diferentes elementos y la partícula más pequeña de un compuesto es la definición de molécula*” el alumno en ambos momentos menciona aspectos correctos, observándose primero las órbitas elípticas del modelo de Rutherford y posteriormente órbitas circulares del modelo de Bohr lo cual refuerza que, predominantemente fue éste el cambio de modelo que hizo.

*En resumen el alumno pasó de un modelo de Rutherford a un modelo híbrido entre Bohr y el modelo cuántico ondulatorio, ya que hace uso de elementos característicos de ambos, además después de aplicar la estrategia: sí logró identificar el tamaño relativo de las sub-partículas, señala que existen átomos de diferentes tipos (nuevamente se ve que pasa del modelo de Rutherford al de Bohr) y establece una correcta relación entre átomo y molécula.*

De manera similar se hicieron los 9 análisis restantes, sólo se presentan los casos más representativos para posteriormente mostrar la tabla final de lo que se encontró después de revisar las 10 entrevistas.

**Alumno 2**

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
1	Algo que constituye la existencia, lo que nos da vida.	Un átomo es la partícula más pequeña que puede representar a un elemento ¿elemento? Los que están en la tabla periódica.

El objetivo de esta pregunta era conocer las primeras ideas que el alumno menciona sobre el concepto. En este caso, es posible observar que la descripción inicial habla de que el átomo es “lo que nos da vida” pero sabemos que no todos los átomos forman parte de las biomoléculas. En la descripción posterior a la estrategia, el alumno 2 da una respuesta mucho más concreta y en relación con lo revisado en clase ya que cuando se estudió el modelo de Dalton se indicó lo siguiente “propone postulados para los elementos y los compuestos, ahí define átomo como la partícula diminuta e indivisible que compone a un elemento químico”.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
2, 3 y 6	El átomo no es un ser vivo o quizá sí, no lo sé. Compararía a un átomo con un planeta porque es redondo. La 5 se parece a lo que yo dibujé, hay un signo más porque ahí está toda la información como si fuera un ser vivo, las líneas serían como nuestras venas y las bolitas como nuestras manos o algo así.	El átomo está formado por un núcleo que está en el centro, ahí están los protones que son los positivos y los neutrones que son los que no tienen carga, las bolitas que están en sus órbitas son los electrones, los electrones giran, se mueven alrededor del núcleo. Los electrones son negativos, compararía al átomo con una bolita, de oxígeno porque el oxígeno nos da vida, nos permite vivir, los átomos no están vivos pero pueden formar sustancias que si no existieran nosotros tampoco existiríamos. La 5 porque tiene un núcleo al centro que es positivo porque ahí están los protones.



El alumno 2 en sus respuestas previas a la estrategia muestra un modelo animista ya que habla de ser vivo, venas y manos (se observa que para este alumno el concepto de vida está muy asociado a su modelo, recordemos que en la pregunta 1 dijo que el átomo es todo lo que nos da vida) en su descripción posterior a la estrategia, hace referencia a las dos ideas principales del modelo de Rutherford, que forman el corazón duro del modelo: carga positiva concentrada en el núcleo y éste a su vez, rodeado por un sistema de electrones, además de que elige la imagen 5 que es, el modelo de Rutherford.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
4	Creo que el protón es más grande que el electrón (el electrón sería como una semilla de la naranja, pero la verdad no sé, el neutrón sería del	Un electrón sería como una semilla de la naranja, el neutrón sería del tamaño de una manzana. Los electrones son los más chiquitos los

	tamaño de una manzana eso creo.	protones y los neutrones son casi iguales.
--	---------------------------------	--

El objetivo de esta pregunta era precisamente saber si el alumno identificaba el tamaño relativo de las sub-partículas, se ve que en su respuesta previa a la estrategia duda sobre ello aunque lo menciona correctamente pero posteriormente a la intervención didáctica lo describe mejor, este aspecto se revisó en la estrategia cuando se citó que “Rutherford propuso la existencia del protón al que identificó en 1919 indicando que *es una partícula de carga positiva y de masa mucho mayor en comparación con la del electrón*, en 1932 James Chadwick descubre a otra partícula a la que llamó neutrón *cuya masa es muy parecida a la del protón*”

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
5	Los átomos son todos iguales en su función que es la de dar vida, un átomo de hierro es igual a un átomo de oxígeno.	No todos los átomos son iguales. Un átomo tiene diferente cantidad de protones, electrones y neutrones que otros átomos por ejemplo un átomo de hierro es diferente a un átomo de oxígeno en que tienen diferente cantidad de protones, electrones y neutrones. También hay átomos que tienen más masa que otros, de diferente tamaño.

El objetivo de la pregunta 5 era saber si el alumno citaba alguna diferencia entre los átomos, en su respuesta previa a la estrategia el alumno 2 no cita ninguna diferencia (y vuelve a mencionar el concepto de vida asociado al concepto de átomo) posteriormente a la intervención didáctica señala la diferencia que se esperaba es decir, la estrategia cita “Cada elemento se caracteriza por tener un número específico de electrones, protones y neutrones”

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
7	Una molécula es todo lo que nos rodea.	Una molécula es una agrupación de átomos diferentes que se unen para dar paso a las moléculas. Porque así se ven los átomos que son diferentes por ejemplo en el tamaño, dos de hidrógeno y uno de oxígeno y se unen, son de diferente tamaño. Forman agua.



El objetivo de la pregunta 7 era saber si el alumno establecía una correcta relación entre átomos y moléculas, en el entendido de que el concepto de molécula es una de las primeras ligas para aplicar el concepto de átomo, la estrategia cita “*para Dalton la unión de átomos de diferentes elementos y la partícula más pequeña de un compuesto es la definición de molécula*”, en su respuesta previa a la intervención didáctica, no liga átomo con molécula, sólo menciona este último concepto, después de aplicar la estrategia ya establece una relación entre estos dos conceptos y que además es correcta “una molécula es una agrupación de átomos”.

*En resumen el alumno 2 pasó de un modelo animista a un modelo de Rutherford, además después de aplicar la estrategia: logra identificar con mayor precisión el tamaño relativo de las sub-partículas (en su respuesta previa a la estrategia incluso dice “la verdad no sé”), señala que existen átomos de diferentes tipos (y lo hace en términos de lo revisado en la estrategia) y establece una correcta relación entre átomo y molécula.*

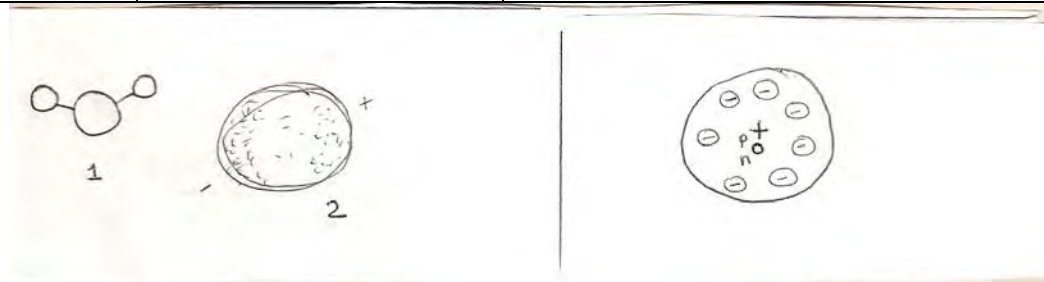
#### Alumno 4

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
1	Lo que forma a todas las cosas. Si no hubiera átomos no hubiera nada.	Es la parte más pequeña en la que puede ser dividido un elemento.

El objetivo de esta pregunta era conocer las primeras ideas que el alumno menciona sobre el concepto. En este caso, es posible observar que la descripción inicial habla de que el átomo es “lo que forma todas las cosas” y en la descripción posterior a la estrategia, el alumno 4 da una respuesta mucho más concreta y en relación con lo revisado en clase ya que cuando se estudió el modelo de Dalton se indicó lo siguiente “propone postulados para los elementos y los compuestos ahí define átomo como la partícula diminuta e indivisible que compone a un elemento químico”.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
2, 3 y 6	“así es el átomo de agua (1), tiene protones y electrones pero no sé en	<u>“los protones y los neutrones están en el centro en lo que se conoce como núcleo y luego alrededor de él están girando los electrones”</u>

	<p>dónde están, creo que también <u>tiene neutrones que son negativos</u>”</p> <p>Compararía con un balón, porque los balines al igual que el átomo son redondos.</p> <p>La uno porque es esférico.</p>	<p>Compararía con un balón, los átomos son esféricos, <u>habría balines de diferente tamaño porque hay átomos de diferente tamaño</u>. La 1 porque un átomo es como un balón y se parece a la que dibuje no se puede ver y tampoco lo que tiene adentro y en ese dibujo uno no se ve que tiene adentro.</p>
--	---	---



En su primera descripción el alumno 4 elige la imagen 1 que de acuerdo con la tipología de Harrison y Treagust, es la que corresponde a alumnos que poseen el modelo de Dalton: los átomos son esferas, compara con un balón, por ello consideramos que éste es el modelo inicial, en su descripción posterior a la estrategia, vuelve a dibujar un átomo esférico y sin órbitas además de que (en su dibujo) ahora marca a los neutrones sin carga (anteriormente dijo que eran negativos), compara nuevamente con un balón y por segunda ocasión elige la imagen 1, consideramos que permanece el modelo de Dalton pero ahora menciona un elemento del corazón duro de este modelo existen diferentes tipos de átomos.

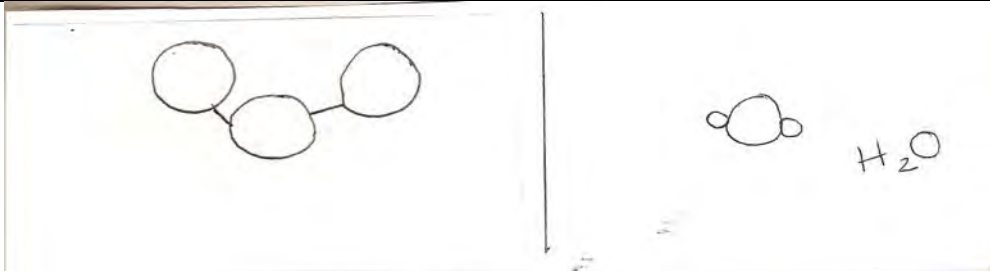
Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
4	<p>El neutrón es más grande que el protón sería como una sandía y el electrón es como la semilla de una naranja. Los neutrones son los más grandes, luego siguen los protones y al final los electrones.</p>	<p>Los protones son casi del mismo tamaño que los neutrones y están en el centro del átomo, en el núcleo, los electrones son los más chiquitos, el electrón como la semilla de una naranja y el neutrón como una manzana, el protón como una naranja de tamaño muy parecido al de la manzana.</p>

El objetivo de esta pregunta era precisamente saber si el alumno identificaba el tamaño relativo de las sub-partículas, se ve que en su respuesta previa a la estrategia, el alumno 4 no lo hace, pero posteriormente a la intervención didáctica sí lo logra, este aspecto se revisó en la estrategia cuando se citó que “Rutherford propuso la existencia del protón al que identificó en 1919 indicando que *es una partícula de carga positiva y de masa mucho mayor en comparación con la del electrón*, en 1932 James Chadwick descubre a otra partícula a la que llamó neutrón *cuya masa es muy parecida a la del protón*”

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
5	Un átomo de hierro y uno de oxígeno son diferentes no sé en qué pero son diferentes.	Son diferentes ya que tienen diferente número de protones, neutrones y electrones por eso su tamaño es diferente.

El objetivo de la pregunta 5 era saber si el alumno citaba alguna diferencia entre los átomos, en su respuesta previa a la estrategia el alumno 4 señala que son diferentes pero no sabe por qué, posteriormente a la intervención didáctica señala la diferencia que se esperaba es decir, la estrategia cita “Cada elemento se caracteriza por tener un número específico de electrones, protones y neutrones”.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
7	“confundo átomo con molécula”	“ <u>Una molécula es la unión de dos o más átomos diferentes una molécula debe ser entonces más grande que un átomo.</u> La dibujo así porque los átomos de hidrógeno son de diferente tamaño que los de oxígeno, no sé cuál es más grande pero creo que es así”



El objetivo de la pregunta 7 era saber si el alumno establecía una correcta relación entre átomos y moléculas, en el entendido de que el concepto de molécula es una de las primeras ligas para aplicar el concepto de átomo, la estrategia cita “*para Dalton la*



unión de átomos de diferentes elementos y la partícula más pequeña de un compuesto es la definición de molécula”, en su respuesta previa a la intervención didáctica, el alumno 4 señala que son conceptos que confunde, después de aplicar la estrategia ya establece una relación entre ellos y además mejora su dibujo ya que ahora representa a los átomos de hidrógeno más pequeños que los de oxígeno.

*En resumen el alumno 4 inicialmente poseía un modelo de Dalton y continuó en él después de aplicar la estrategia didáctica pero ahora además de tener esa imagen y comparar con un balón habla del modelo de Dalton en términos del corazón duro: “habría balines de diferente tamaño porque hay átomos de diferente tamaño”, corrige la carga de los neutrones (de negativos a neutros), describe correctamente el tamaño de sub-partículas, menciona por qué los átomos son diferentes en términos de lo revisado en clase y hace una correcta liga entre átomo y molécula, todo ello no lo había logrado antes de la intervención didáctica.*

### Alumno 9

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
1	La parte más pequeña de la materia que es lo que compone a las cosas pero no sé qué características tiene.	Los átomos son los componentes de la materia es decir, de los elementos químicos, después de revisar los diferentes modelos, ahora considero que es algo difícil de entender porque no es tan sencillo saber en dónde se encuentran sus electrones, sus protones y sus neutrones porque eso no se puede ver.

El objetivo de esta pregunta era conocer las primeras ideas que el alumno menciona sobre el concepto. En este caso, es posible observar que la descripción inicial habla de que el átomo es “la parte más pequeña de la materia” su descripción es aceptable pero no profundiza y en la descripción posterior a la estrategia, el alumno 4 da una respuesta mucho más concreta y en relación con lo revisado en clase ya que cuando se estudió el modelo de Dalton se indicó lo siguiente “propone postulados para los elementos y los compuestos ahí define átomo como la partícula diminuta e indivisible que compone a un elemento químico” además de que ahora menciona que la composición de la materia no es algo sencillo (lo cual sería una visión ingenua de la realidad) sino que, por el contrario puede ser algo muy complejo.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
2, 3 y 6	Porque según yo los átomos son redondos y tienen <u>cargas eléctricas</u> , las bolitas de adentro son protones y electrones ellos son los que dan las	En el centro se encuentra el núcleo ahí están los protones que son los positivos y los demás son electrones que no tienen una órbita pues según

<p><u>cargas eléctricas</u> pero no sé cuáles son positivos y cuáles son negativos. ¿núcleo? No he oído hablar de él, no sé qué es. Lo último de mi dibujo es como energía pero no sé definir qué es energía, quizá es como <u>carga eléctrica</u>.</p> <p>Se parecería a una naranja porque es redondo.</p> <p>La tres tiene <u>cargas eléctricas</u> electrones y protones alrededor.</p>	<p>lo que estudiamos en clase los electrones pueden estar en cualquier parte, en el núcleo también se encuentran los neutrones que no tienen carga.</p> <p>Con una galleta de chispas de chocolate aunque no tiene un núcleo pero las chispas podrían simular los electrones que son negativos.</p> <p>Elijo la tres, aunque quitaría las órbitas al centro pues está el núcleo y alrededor los electrones, aunque tengo serias dudas con la 5 porque ahí se ve el núcleo positivo que encontró Rutherford bombardeando una lámina de oro, eso sí es correcto pero las órbitas no.</p>
---	--



En su primera descripción el alumno 9 cita varias veces “cargas eléctricas” que es de acuerdo con Lakatos (1970) el corazón duro del modelo de Thomson y aunque no elige la imagen 4 que es la que correspondería con este modelo, al elegir la imagen 3 no habla de niveles energéticos sino otra vez de cargas eléctricas protones y electrones es decir, nuevamente remarca en su discurso lo relacionado a las cargas eléctricas por lo cual consideramos que su modelo inicial es el de Thomson, en su descripción posterior a la estrategia esta situación se vuelve a presentar pues ahora compara al átomo con una galleta de chispas de chocolate (se ve otra vez el modelo de Thomson) pero ahora habla además de elementos del modelo de Rutherford y el modelo cuántico ondulatorio, del primero cuando cita que: los neutrones y los protones están en el núcleo y que al momento de elegir una imagen duda entre la 3 y la 5 porque en ésta última está el núcleo que es positivo, que lo encontró Rutherford al bombardear una lámina de oro y que eso es correcto (el concepto de núcleo es nuevo en su segunda descripción ya que al principio dijo que no había oído hablar de él, en la memoria del alumno 9 permaneció de manera importante este concepto del núcleo atómico); hace referencia al modelo cuántico ondulatorio cuando dice que los electrones no están en una órbita sino que pueden estar en cualquier parte y aunque elige la imagen 3 quitaría las órbitas por la

razón anterior, se concluye que el alumno 9 pasó de un modelo de Thomson a un modelo híbrido que incorpora características del modelo de Thomson, Rutherford y cuántico ondulatorio.

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
4	El electrón sería como una manzana y el neutrón como una sandía, nunca he oído hablar del neutrón, no me acuerdo de su carga, de su tamaño ni de su ubicación.	Yo creo que todos son del mismo tamaño.

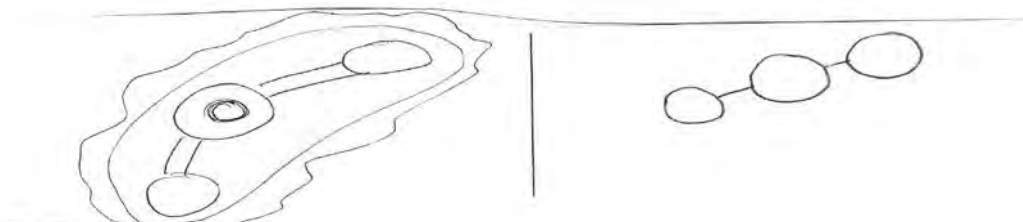
El objetivo de esta pregunta era precisamente saber si el alumno identificaba el tamaño relativo de las sub-partículas, se ve que en ambas respuestas el alumno 9 no lo logra, este aspecto se revisó en la estrategia cuando se citó que “Rutherford propuso la existencia del protón al que identificó en 1919 indicando que *es una partícula de carga positiva y de masa mucho mayor en comparación con la del electrón*, en 1932 James Chadwick descubre a otra partícula a la que llamó neutrón *cuya masa es muy parecida a la del protón*”

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
5	Un átomo de hierro es diferente a un átomo de oxígeno la diferencia podría ser en el tamaño o en la carga pero no sé cómo.	Son diferentes en la cantidad de protones, electrones y neutrones que poseen.

El objetivo de la pregunta 5 era saber si el alumno citaba alguna diferencia entre los átomos, en su respuesta previa a la estrategia el alumno 9 señala que son diferentes y que dicha diferencia podría ser en tamaño o carga (otra vez habla de cargas) es decir no hay seguridad en su respuesta, posteriormente a la intervención didáctica señala correctamente y con certeza la respuesta que se esperaba, la estrategia cita “Cada elemento se caracteriza por tener un número específico de electrones, protones y neutrones”

Pregunta	Respuesta antes	Respuesta después
7	Un átomo y una molécula no son iguales, un átomo es más pequeño y una molécula es más grande. Según yo una molécula tiene diferentes formas, como una línea como un	Una molécula es la unión de 2 o más átomos diferentes, primero son átomos y luego son moléculas.

	<p>triángulo, no sé, al final o en la orilla tiene como un holán o no sé si el holán sea más bien una membrana, los átomos forman moléculas y las moléculas forman células, célula es un tema de biología no tiene nada que ver con moléculas y átomos.</p>	
--	---	--



El objetivo de la pregunta 7 era saber si el alumno establecía una correcta relación entre átomos y moléculas, en el entendido de que el concepto de molécula es una de las primeras ligas para aplicar el concepto de átomo, la estrategia cita *“para Dalton la unión de átomos de diferentes elementos y la partícula más pequeña de un compuesto es la definición de molécula”*, en su respuesta previa a la intervención didáctica, el alumno 9 indica que un átomo es más pequeño que una molécula porque los átomos forman a las moléculas sin embargo al parecer confunde molécula con célula ya que dice que una molécula puede tener al final una membrana e incorpora en este punto el término célula, después de aplicar la estrategia ya establece una correcta relación entre estos conceptos.

#### Análisis

En resumen el alumno inicialmente poseía un modelo de Thomson y continuó en él después de aplicar la estrategia didáctica pero ahora además incorpora características del modelo de Rutherford y el cuántico ondulatorio, es decir se quedó con un modelo híbrido.

Después de aplicar la estrategia didáctica el alumno 9 logró establecer una diferencia entre átomos y hace una correcta relación de los conceptos de átomo y molécula ambos logros los hizo en términos de lo que se revisó en las clases pero no logró establecer una correcta relación entre el tamaño de las sub-partículas.

De la misma manera se realizaron los seis análisis restantes y se presenta a continuación un resumen de lo encontrado en las 10 entrevistas.

Tabla final

Alumno	Modelo inicial <b>muy cercano a</b>	Modelo final <b>muy cercano a</b>
2	<b>Animista</b>	<b>Rutherford</b>
6	<b>Animista</b>	<b>Dalton</b>
8	<b>Animista</b>	<b>Rutherford</b>
10	<b>Animista</b>	<b>Rutherford</b>
4	<b>Dalton</b>	<b>Dalton</b> pero hace correcciones (mismas que se señalaron en el análisis presentado en párrafos anteriores)
7	<b>Dalton</b>	<b>Rutherford</b>
1	<b>Rutherford</b>	<b>Híbrido: Bohr y cuántico ondulatorio</b>
5	<b>Rutherford</b>	<b>Bohr</b>
9	<b>Thomson</b>	<b>Híbrido: Thomson, Rutherford y cuántico ondulatorio</b>
3	<b>Bohr</b>	<b>cuántico ondulatorio</b>

Los estudiantes partieron de diferentes puntos respecto a su representación mental del átomo pero todos avanzaron en su segunda descripción. Cada uno dio un paso respecto de su punto de partida por lo que el avance fue diferente en cada uno de los casos.

Consideramos que la estrategia didáctica permite que cada alumno avance en su representación mental del concepto de átomo; si el alumno parte de un modelo animista puede llegar hasta un modelo de Rutherford: si el alumno posee una representación mental más cercana al modelo de Bohr (con órbitas circulares) en una segunda descripción trata de incorporar palabras nuevas como orbitales, tridimensional, ecuación compleja.

Después del análisis anterior podemos decir que, al aplicar la entrevista previamente a la intervención didáctica a la muestra estudiada encontramos que:

-Cuatro alumnos presentaron un modelo animista o que se confundía con célula y temas de biología, cabe señalar que aunque estos alumnos poseían este tipo de modelo, todos ellos eligieron la imagen que representa al modelo de Rutherford que de acuerdo con Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz (1991) es el más conocido, sin embargo esto no significó que se poseyera tal modelo.

-Dos alumnos presentaron el modelo de Dalton, en ambos casos la imagen seleccionada como la descripción que hicieron, fueron consistentes.

-Dos alumnos presentaron un modelo de Rutherford

-Un alumno presentó un modelo de Thomson

-Un alumno presentó un modelo de Bohr

En la entrevista posterior a la estrategia

-Tres de los alumnos que tenían un modelo animista cambiaron su descripción hacia un modelo de Rutherford y el otro hacia un modelo de Dalton.

-De los 2 alumnos que tenían un modelo de Dalton uno pasó a un modelo de Rutherford y el otro se quedó en Dalton pero mejoró su descripción.

-De los 2 alumnos que tenían el modelo de Rutherford uno pasó a un modelo de Bohr y el otro a un modelo híbrido de Bohr y cuántico ondulatorio.

-El alumno que tenía el modelo de Thomson pasó a un modelo híbrido de Thomson, Rutherford y cuántico ondulatorio.

-El alumno con el modelo de Bohr pasó a un modelo cuántico ondulatorio.

Además de identificar el modelo inicial y final, fue posible con las respuestas a las preguntas 4, 5 y 7, identificar **otras características del modelo** que poseía el alumno:

En la entrevista previa a la estrategia didáctica y **a partir de la pregunta 4**, ninguno de los 10 estudiantes entrevistados describió correctamente el **tamaño relativo de protones, electrones y neutrones** posteriormente a la aplicación de la estrategia, 6 alumnos sí lo hacen.

De la **pregunta 5**, **¿cita alguna diferencia entre los átomos?** Al inicio se encontró que

Número de entrevistas (alumno)	¿Existe diferencia?
<b><u>5 (2, 5, 6, 7 y 10)</u></b>	<b><u>NO</u></b>
3 (3, 4, y 8)	“es el número de electrones, protones y neutrones”
1 (9)	“podría ser la carga o el tamaño pero no sé cómo”
1 (1)	“entre más electrones tenga un átomo, mayor número de órbitas”

El 50 % de los entrevistados dice que no hay diferencia.

Posterior a la estrategia

Número de entrevistas (alumno)	¿Existe diferencia?
6 (2, 3, 4, 8, 9 y 10)	SÍ, “es el número de electrones, protones y neutrones”
1 (5)	SI, “en el tamaño”
1 (1)	SI, “entre más electrones tenga un átomo, mayor número de orbitales”
2 (6 y 7)	NO

El 80 % de los entrevistados dice que si hay diferencia.

De la **pregunta 7 cómo describe una molécula...**

Al inicio

8 alumnos presentaron concepciones incorrectas

Alumno	Concepción
2	“es todo lo que nos rodea”
3	“molécula y átomo son iguales”
4	“confundo átomo con molécula”
5	“es cuando 2 átomos se comparten y forman elementos como el cloruro de sodio”
6	“hay bordes o capas pero no hay electrones ni protones”
7	“las moléculas forman átomos”
9	“los átomos forman moléculas y las moléculas forman células; una molécula no tiene células pero una célula no sé si tenga moléculas, célula es un tema de biología no tiene nada que ver con moléculas y átomos”
10	“son diferentes pero no sé en qué”

El 80 % de los alumnos entrevistados no establece una relación correcta entre átomo y molécula ya que suponen que son iguales, los confunden o bien emplean incorrectamente los términos de elemento y compuesto, como el alumno 5 que habla “del elemento cloruro de sodio”.

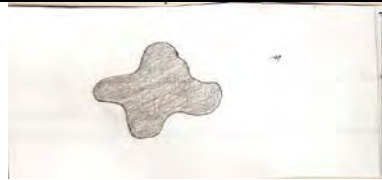
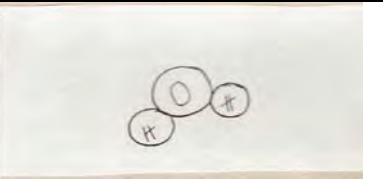
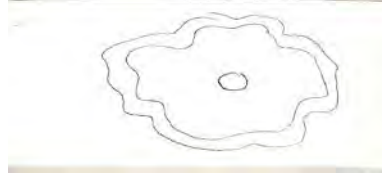
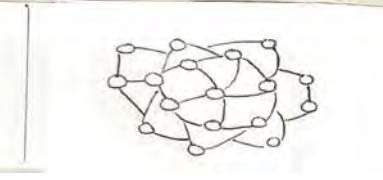
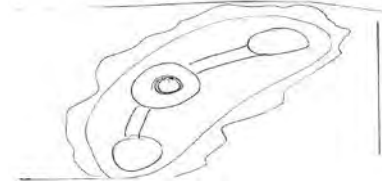
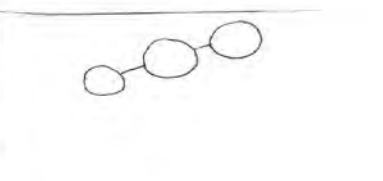
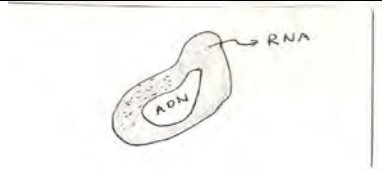
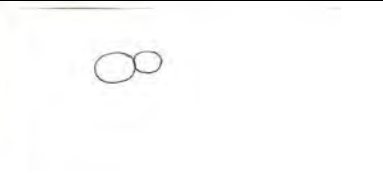
2 alumnos mencionaron aspectos correctos

Entrevista	Concepción
1	“cuando se unen las órbitas y el electrón pasa por ellas”
8	“átomo es la base de una molécula”

Después de la estrategia didáctica

Los 10 alumnos citan que una molécula es la agrupación de átomos.

Estas son algunas de las representaciones de molécula más interesantes porque confunden el concepto de molécula con el de célula, el dibujo 1 corresponde a esta confusión y posteriormente en el dibujo 2 se observa el cambio que hubo en su representación después de la estrategia.

Alumno	Dibujo 1	y	2
2			
6			
9			
10			

Todos estos resultados positivos se los atribuimos a:

1. La secuencia histórica con la que se presentaron los seis modelos del átomo
2. El impacto que la visualización tiene sobre los procesos del aprendizaje



Respecto al primer punto tenemos que la intención de la estrategia histórica (tomando como referencia el marco teórico) era que el alumno comprendiera el desarrollo histórico de los modelos y que validara los atributos de cada uno, así como el paso de uno a otro para disminuir en lo posible el uso de modelos híbridos, además de que discutiera sobre los diferentes modelos para poder caracterizarlos.

Los alumnos trataron de validar, certificar argumentando el por qué un modelo posee características específicas o bien los atributos de uno u otro. Así mismo, intentaron establecer preguntas sobre ellos (en lo referente a los modelos híbridos no se eliminó el uso de ellos pero mejoró mucho la descripción del modelo final que más permaneció en la memoria o bien avanzaron en su modelo) lo cual se observa en algunas frases que ellos citan pero sobre todo cuando se les pidió que justificaran las respuestas de su cuestionario, se presentan los casos más notorios sobre ello.

El alumno 3 en la primera aplicación del cuestionario obtuvo 1.6 de calificación y posteriormente 10 (las respuestas incorrectas están en cursivas)

Pregunta	Primera respuesta ( <b>trata de justificar diciendo que...</b> )	Segunda respuesta ( <b>trata de justificar diciendo que...</b> )
1	(a) Las moléculas transmiten el olor, unas se mueven más que otras pero las podemos percibir.	(a) Las moléculas están en movimiento, entran al olfato y percibimos el olor
2	(b) La madera es porosa lo cual indica que tiene la capacidad de absorber ciertos líquidos	(b) Porque <b>existe un vacío</b> entre las moléculas
3	<i>Desconozco la explicación</i>	(b) Porque se retoman las ideas de Demócrito y Leucipo
4	<i>No me lo enseñaron</i>	(c) Porque no solo existía un tipo de átomo sino varios tipos
5	(c) <i>La deduje</i>	(a) Porque <b>el modelo de Dalton ya es antiguo y no incluye nuevas partículas como el electrón</b>
6	<i>No me lo enseñaron</i>	(c) Porque <b>el experimento con los rayos catódicos permitieron el descubrimiento del electrón</b>
7	<i>No me lo enseñaron</i>	(a) Porque el modelo <b>era inestable en cuanto a la energía ya que colapsaría el</b>

		<b>electrón en el núcleo.</b>
8	<i>No me lo enseñaron</i>	(b) Hizo un <b>experimento con una lámina de oro</b> y descubrió que había un núcleo positivo
9	<i>No me lo enseñaron</i>	(c) Porque la inestabilidad del modelo de Rutherford <b>se resolvía con la idea de la cuantización</b> , ya no colapsa el electrón en el núcleo.
10	<i>No me lo enseñaron</i>	(b) Porque <b>la energía está cuantizada</b> no se emite de forma constante.
11	<i>No me lo enseñaron</i>	(d) Porque es el modelo más reciente e incluye todas las opciones
12	<i>No me lo enseñaron</i>	(b) Los electrones se encuentran en un orbital que es una región tridimensional y calculada por ecuaciones muy complejas
Aciertos	2	12

El alumno que al inicio contestaba “no me lo enseñaron” después cita respuestas como las que se remarcan en negritas.

Otro caso donde esto se observa es el siguiente:

El alumno 6 en la primera aplicación del cuestionario obtuvo 2.5 de calificación y posteriormente 7.5 (las respuestas incorrectas están en cursivas)

Pregunta	Primera respuesta ( <b>trata de justificar diciendo que...</b> )	Segunda respuesta ( <b>trata de justificar diciendo que...</b> )
1	(a) Los sólidos vibran y los líquidos tienen algo de movimiento, los gases siempre están en movimiento.	(a) Las moléculas están en movimiento
2	<i>(d) Desconozco la explicación del fenómeno.</i>	(b) Porque <b>hay un vacío</b>
3	<i>(a) Porque se me hace la más lógica.</i>	(b) Dalton retoma las ideas de Demócrito y Leucipo
4	<i>No recuerdo</i>	(c) Retoma modelos anteriores
5	<i>(c) Porque es la más razonable</i>	(a) Porque descubre los

		electrones
6	(c) Así recuerdo que me lo dijeron en secundaria	(c) Los electrones están girando
7	(c) <i>Por intuición</i>	(a) Porque <b>pierde energía</b>
8	(a) <i>Porque esa es la correcta</i>	(b) <b>La partícula alfa rebotaba</b> porque había una carga positiva
9	(a) <i>Por intuición</i>	(a) <i>Así recuerdo</i>
10	(b) Porque así recuerdo	(a) <i>La energía es continua</i>
11	(b) <i>Porque así recuerdo</i>	(d) Porque es el modelo más actual e incluye todas las opciones
12	(a) <i>Porque así es ahora</i>	(c) <i>Pueden estar en cualquiera de esos dos</i>
Aciertos	3	9

En este mismo intento de los alumnos por tratar de validar o certificar argumentando el por qué un modelo posee características específicas, se encontró que en sus descripciones también lo hicieron, por ejemplo el alumno 1 cita los números al inicio del siguiente cuadro hacen referencia al número de pregunta de la entrevista, las letras mayúsculas al inicio de la columna derecha son las respuestas que se obtuvieron a la misma pregunta pero después de la intervención didáctica.

<p>2. Un átomo debe de tener la <b>misma cantidad</b> de electrones y protones,...</p> <p>El átomo debe tener la <b>misma cantidad</b> de protones y de electrones porque así se nivela la carga que tiene.</p> <p>3. Una diferencia sería que si el sistema solar pierde un planeta no pasa nada pero si el átomo pierde un electrón ya no sería lo mismo ¿qué sería? Pues creo que otro átomo o no sé pero <b>se desequilibra</b>.</p> <p>4. El electrón sería como una manzana, para que <b>se equilibre</b> la carga, <u>carga y masa</u></p>	<p><b>B. Un átomo tiene la misma cantidad de electrones y de protones porque en general la materia es neutra (bueno eso dice Thomson por eso propuso el fluido positivo),...</b></p> <p>D. <u>”lo que se equilibra en un átomo son las cargas positivas y negativas”</u></p>
---	--

<u>tienen que equilibrarse.</u>	
---------------------------------	--

Para el alumno 1 es importante que haya la misma cantidad de electrones y protones para que el átomo nivele su carga y se equilibre y así cuando se le pregunta por el tamaño de protones, electrones y neutrones cita que todos deben de tener el mismo tamaño, posteriormente concluye que lo que se debe equilibrar son las cargas y esto, que tanto lo inquieta lo valida con el modelo de Thomson.

Por otra parte y referente a la selección de una imagen, menciona que:

F. “la 3 porque **las órbitas son más bien circulares, bueno eso decía Bohr** que son circulares, los electrones sí se están moviendo pero **sólo cambian de energía cuando cambian de órbita**”

El alumno 10 selecciona la imagen 5 y las razones que da son las siguientes:

F. “**la 5 porque está el núcleo positivo y los electrones** aunque tengo duda en las **órbitas creo que más bien son circulares como en la imagen 3, pero en esta imagen no se ve el núcleo positivo**”

Aunque elige la figura relacionada con el modelo de Rutherford no está de acuerdo con las órbitas elípticas, por ello cita a la imagen 3; sin embargo duda porque no ve en ella al núcleo positivo.

Consideramos que la estrategia didáctica utilizada y vista desde una postura histórica, sí logro que el alumno tratara de validar y caracterizar los atributos de cada uno de los modelos históricos del átomo esto se observó sobre todo en las respuestas que el alumno dio en el cuestionario que se le aplicó ya que al inicio sus respuestas eran “no lo sé” “no me lo enseñaron” y posteriormente cita argumentos como el siguiente “*porque el modelo de Dalton ya es antiguo y no incluye nuevas partículas como el electrón*” observándose así un cambio importante en la justificación de sus elecciones.

Respecto a la segunda causa por la cual consideramos que tuvimos buenos resultados con la estrategia (el impacto que la visualización tiene sobre los procesos del aprendizaje) podemos argumentar que, además de seguir una secuencia histórica en la estrategia, se pretendió enseñar el tema de modelos atómicos con el apoyo de lecturas, discusiones, experiencias de cátedra y videos, la meta es ayudar a los estudiantes a construir sus representaciones internas o también llamadas representaciones mentales ya que algunas hipótesis sugieren que la memoria está compuesta de modelos mentales (Johnson, 1983).

Una condición para facilitar el aprendizaje es la forma en la cual se presenta la información y en este sentido el uso de videos e imágenes de Thompson, Rutherford y Bohr pudo potenciar la estrategia educativa.

La visualización se diseña en relación a cómo se liga con el mundo real (las chispas de chocolate en el modelo de Thompson son los electrones) y ello ayuda (Gilbert, 2005) a comprender cómo los humanos representan al mundo facilitando al estudiante la habilidad mental de manipular información.

Como se dijo en el marco teórico, existen diferentes formas de explicar los modelos mentales, dentro de la psicología, la teoría empírica (o teoría clásica de la memorización) subraya que las representaciones mentales son una función de las características particulares de una experiencia de aprendizaje, la modalidad de enseñanza influencia lo que se almacena en la memoria.

La postura empírica propone que una representación mental es el resultado de la experiencia con el mundo externo, una experiencia fenomenológica (como la actividad con la tinta china o el perfume) permanece vívida en nuestras representaciones mentales ya que las imágenes visuales, inciden directamente en la región cerebral de la percepción y esto a su vez incide en lo que se almacena en la memoria.

Paivio (1983) y su teoría dual de códigos sugiere que cuando los individuos piensan en una palabra, recurren a información almacenada en su memoria principalmente se imaginan cómo luce ese objeto. La perspectiva de los códigos duales sugiere que la información se almacena en la memoria de forma visual o auditiva, dependiendo de varios factores.

Los códigos auditivos (videos y planteamiento guiado por el profesor de información seleccionada), verbales (que se fomentaron sobre todo con las discusiones grupales) y de visualización (empleo de imágenes, videos, representaciones) tuvieron una presencia constante en la estrategia didáctica aplicada.

La naturaleza de lo que se recuerda es estimulada (al menos en parte) por el formato particular en el que se expone, uno de los factores críticos en este proceso es la propia naturaleza del concepto ya sea concreto o abstracto, así, el concepto de átomo es abstracto pero varias de sus características se hacen concretas a través de la visualización de imágenes.

Los conceptos abstractos como átomo, no son fáciles de imaginar, son explicados de forma verbal y para facilitar su representación, es necesario usar objetos concretos por ejemplo plastilina como con el modelo de Thomson, imágenes etc., es mucho más fácil recordar palabras concretas que abstractas (es más fácil recordar al electrón como una pasa en un panqué), esto es resultado, por lo menos parcial, del grado con el cual las palabras concretas pueden ser representadas en un formato visual o verbal.

Las representaciones internas que deseamos que adquieran los individuos deben ser guiadas por representaciones externas por ejemplo las visualizaciones; un beneficio de las visualizaciones es que pueden representar la información en novedosas formas que

se relacionan directa y substancialmente con las características perceptuales y por tanto ayudan a los sistemas de memoria.

En resumen el grado con el cual un concepto en particular es visualizado ayuda a que el concepto permanezca en la memoria. El aprendizaje se beneficia en tanto sea más fácil desarrollar una imagen visual de la información que se está estudiando, una noción que esté directamente relacionada con lo perceptual (en este caso visual) y que se asocie a dicho concepto.

Antes de aplicar la estrategia didáctica, en la pregunta 1 de la entrevista, 5 de los 10 alumnos entrevistados comentaron que, el estudio del átomo se relaciona con el hecho de poder o no verlo y, después de aplicar la estrategia 9 alumnos en su respuesta incluyeron tal aspecto.

Paivio (1983) sostiene que la memoria de imágenes es mejor que la de palabras, la teoría dual sugiere el uso de imágenes sobre palabras (siempre que sea posible) para beneficiar y potenciar los procesos de la memoria.

Cuando en una experiencia de aprendizaje usamos texto e imágenes, los estudiantes construyen representaciones visuales y verbales, así lo propone la teoría de Baddeley (1999) cuando dice que la memoria posee tres componentes: el visual espacial, el fonético y el que regula a los anteriores; para él, además de las características visuales, las acústicas son un factor crítico que determina qué información permanece activa en la memoria.

El trabajo de Baddeley sugiere que el aprendizaje se beneficia cuando la información es presentada en más de un formato (modalidades múltiples) y así se hizo en la estrategia ya que empleamos discusiones, lecturas, audio en los videos fomentando el componente acústico de la memoria.

Paivio y Baddeley convienen en que los conceptos concretos permiten a los estudiantes construir representaciones visuales y verbales (el almacenamiento en ambas modalidades aumenta la probabilidad de permanecer en la memoria). Todo lo anterior, aunado a la consideración del **contenido** que se desea presentar y a una buena **planeación** de clase con **modalidades múltiples**, puede ayudar a consolidar el trabajo de la memoria y dicha información puede recordarse dando paso a una estrategia educativa que beneficie potencialmente los procesos de aprendizaje como la desarrollada en este trabajo.

El empleo de visualizaciones en la estrategia (como imágenes o videos) la potencializó como estrategia de enseñanza ya que éstas son uno de los componentes de las representaciones mentales que logran incidir directamente en la región cerebral de la percepción y esto a su vez incide en lo que se almacena en la memoria además de que las visualizaciones pueden representar la información de forma que se relacione directa

y substancialmente con las características perceptuales de un concepto abstracto o intangible y por tanto ayudan a los sistemas de memoria.

Tales son las causas (secuencia histórica e impacto de la visualización sobre los procesos del aprendizaje) por las que consideramos que la estrategia fue exitosa.

### Comentarios de los alumnos a la estrategia

Finalmente se presentan los comentarios que sobre la estrategia didáctica y sobre la docente hicieron los 10 alumnos entrevistados

Entrevista	Escribe un comentario sobre la estrategia didáctica aplicada	Escribe un comentario sobre el profesor que aplicó la estrategia
1	El hecho de manejar información con imágenes y videos hace más entretenida la clase	Es una persona que se ve tiene mucho conocimiento y lo maneja de una forma muy buena y ordenada
2	Pienso que fue bastante buena ya que utilizó mucho material didáctico	Fue una persona realmente concentrada en su trabajo no nos dejó con dudas y trabajaba muy bien con el material de apoyo
3	La estrategia es buena y está correctamente aplicada a las necesidades de nosotros los estudiantes	La persona al frente es buena, solo falta ánimo
4	Me parece muy acertada para hacer entender a los alumnos	Considero que debería evitar el uso de tantas hojas, para cuidar el medio ambiente y por otra parte la lectura se me hizo muy larga
5	Pues estuvo excelente ya que no fue aburrida la hizo amena y divertida al emplear los materiales de apoyo para explicar el tema	Estuvo bien ya que la forma y actitud en la que habla es que sabe y no es así como de que te da flojera la clase
6	Muy buena porque nos pedía nuestra opinión y nos pasaba al frente para entender mejor	También muy buena porque se le entendía lo que quería decir y tiene buena voz
7	La estrategia me agradó porque así es un poco más activa la clase y los alumnos se entretienen	La profesora nos dio unas buenas clases aunque el tiempo fue poco las explicaciones fueron claras y precisas

	además de que aprenden	
8	Buena porque me gustó que podíamos opinar	Creo que sí le entendí
9	La estrategia en general es buena porque explica de una manera clara y ejemplifica los modelos de una forma sencilla de comprender	Explicó bien y conocía el tema ampliamente, tenía seguridad de lo que decía y los ejemplos que puso fueron buenos sin mucha complicación, tiene seguridad sobre lo que sabe
10	Muy buena ya que tiene diversas formas de explicar	Muy dedicada además de dar ejemplos que me ayudaron a distinguir los conceptos enseñados



## CONCLUSIONES

Se logró conocer el modelo inicial que sobre el átomo tenía una muestra de 10 estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria número dos “Erasmus Castellanos Quinto” de la UNAM.

Se logró que la estrategia didáctica aplicada acercara a los alumnos al modelo atómico más reciente que es el cuántico ondulatorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allchin, D. 1995. How Not to Teach History in Science. *Proceedings of the third International History Philosophy and Science Teaching Conference* **1**: 13-22.

Baddeley, A. D. y Logic, R. H. 1999. Working memory: The multiple-component model. *Models of Working Memory* **2**: 28-61.

Bailes-Jones, D. 2002. Models, metaphors and analogies. in Machamer, *Philosophy of science* **1**: 189-198.

Benarroch, A. 2000. El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las ciencias* **18** : 235-246.

Bodner, G. M. 1987. The role of representations in teaching problem solving. *Journal of Chemical Education* **64**: 513-514.

Briggs, M. W. 2004. "A cognitive model of second year organic chemistry students' conceptualizations of mental molecular rotation". unpublished Ph.D. Thesis, Purdue University.

Calvet, M., Andrew, I. B. S., Rivera, L. e Izquierdo, M. 1992. Squence of models of gas and atom adequate for producing explanations: three examples inspire on the history of chemistry. *Science Education* **1**:135-147.

Carey, S. 1985. "Conceptual Change in Childhood". Ed. MIT Press, Cambridge.

Carson, R. N. 1992. If science is presented as historical narrative: a sample chapter. *The history and Philosophy of Science Education* **2**:149-155.

Cataño, C. S., Cervantes, O. G. y Becerril, A. J. P. 2005. "Química". Ed. INITE, México, D.F.

Cruz, D., Chamizo, J.A, y Garritz, A. 1986. "Estructura Atómica un Enfoque Químico". Printed in Wilmington Delaware, U.S.A. por Addison Wesley Iberoamericana, Reimpresión de 2002 por Pearson Education, México.

Curtis, R. V. y Reigeluth, C. M. 1984. The use of analogies in written text. *Instructional Science* **14**:99-117.

Chamizo, J.A. 2007. Recurrent historical teaching models. *Science and Education* **16**: 197-216.

Chamizo, J.A. 2008. "Sobre aprendizaje, modelos y realidad, *Química Dialéctica*". Ed. Metl, México, D.F.

Chamizo, J.A. 2011. A new definition of models and modeling in Chemistry's Teaching. *Science and Education*, Published on line, November 1<sup>st</sup>.

De la Fuente, A. M. 2003. Estructura Atómica: Análisis y estudio de las ideas de los estudiantes. *Enseñanza de las ciencias* **21**:123-134.

De la Peña, L. 1994. “*Albert Einstein: Navegante Solitario*”. Colección La Ciencia para todos, Fondo de cultura económica, México, D.F.

Driver, R. 1995. Constructivist approaches to Science Teaching. *Constructivism in Education* **2**:385-400.

Garritz, A. 2010. La historia como una herramienta para promover el aprendizaje. *Educación Química* **21**:266-269.

Garritz, A. y Chamizo, J.A. 2001. “*Tú y la química*”. Pearson Education, México.

Gentner, D. y Stevens, A. 1983. “*Mental models*”. Ed. Hillsdale, U.S.A., Kansas.

Giere, R. 1990. “*Explaining Science a Cognitive Approach*”. Ed. University of Chicago Press, Chicago.

Giere, R. 1997. Understanding scientific reasoning. *Science without laws* **1**:345-352.

Gilbert, J. K. 1993. “*Models and modelling in science education*”. Ed. Hatfield S., UK.

Gilbert, J. K. 2005. “*Visualization: A metacognitive skill in science and science education in Visualization in science education*”. Ed.Hatfield S., UK.

Gilbert, J. K., Reiner, M. y Nakhleh, M. 2008. “*Models and Modeling in Science Education*”. Ed. University Press, UK.

Goldin, G. A. 1990. Epistemology, constructivism and discovery learning mathematics. *Constructivist views on the teaching and learning of mathematics* **2**: 31-50.

Gómez Crespo, M. A. y Pozo, J. I. 2000. Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. *Tarbiya* **26**:117-139.

Gómez Crespo, M. A. y Pozo, J.I. 2003. Discontinuidad de la materia: más allá de nuestros sentidos. *Aspectos didácticos de Física y Química* **2**:123-140.

Gómez Crespo, M. A., Pozo, J. I. y Gutiérrez, M. S. 2004. Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química* **15**: 198-209.

Griffiths, A. K. y Preston, K. R. 1992. Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching* **29**: 611-628.

Grosslight, K., Unger, C., Jay, E. y Smith, C. 1991. Understanding Models and their use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. *Journal of Research in Science Teaching* **29**:799-822.

- Harrison, A. y De Jong, O. 2005. Exploring the use of Multiple Analogical Models when Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching* **42**: 1135-1159.
- Harrison, A. G. y Treagust D. 2000. Learning about atoms, molecules and chemical bond: a case study of multiple model use in grade 11 chemistry. *Science Education* **8**: 352-381.
- Harrison, A. y Treagust, D. 2001. Conceptual change using multiple interpretative perspectives: two case studies in secondary school chemistry. *Instructional Science* **29**: 45-85.
- Hodson, D. 1985. Philosophy of Science: science and science education. *Studies in Science Education* **12**: 25-57.
- Hubber, Peter. 2006. Year 12 Students' Mental Models of the Nature of Light. *Science Education* **36**:419-439.
- Johnson, L. 1983. "Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Interference and Consciousness". Ed. Harverd University Press, Cambridge.
- Justi, R. 1997. "Models in the Teaching of Chemical Kinetics". Unpublished Ph. D. Thesis, Brasil.
- Justi, R. y Gilbert, J. 1999. A cause of a historical science teaching: the use of hybrid models. *Science Education* **83** :163-167.
- Justi, R. y Gilbert, J. 2000. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of atom. *International Journal of Science Education* **22**:993-1009.
- Justi, R. y Gilbert J. K. 2002. "Models and modeling in chemical education". Ed. Chemical Education towards Research, Cambridge. .
- Lakatos, I. 1970. Falsification and the methodology of scientific research programmes. *Criticism and the Growth of Knowledge*, **2**: 91-120.
- Monk, M. y Osborne, J. 1997. Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education* **81**: 405-424.
- Padilla, K. y Furio, C. 2008. The Importance of History and Philosophy of Science in Correcting Distorted Views of 'Amount of Substance' and 'mole' Concepts in Chemistry Teaching. *Science and Education* **17**: 403-424.
- Paivio, A. 1983. The empirical case for dual coding. *Imagery, memory and cognition* **2**:307-332.
- Partington, J. R. 1939. The origins of the atomic theory. *Annals of Science* **4**:245-282.

Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A. y Gutiérrez, M. S. 2007. Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos, *Educación Química* **15**: 198-209.

Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., Limón, M. y Sanz, A. 1991. “*Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*”. Ed. Centro de publicaciones del M.E.C., Madrid.

Pozo, J. I., Scheuer, N., Mateos, M. y Pérez, M. 2009. “*Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza*”. Ed. Centro de publicaciones del M.E.C., Madrid.

Secretaría de Educación Pública. 2006. RIEB. “*Acuerdo no. 384 por el que se establece el Plan y Programa de Estudio para la Educación Básica*”. Ed. SEP, México, D.F.

Vosniadou, S. 1994. Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* **4**: 45-69.

#### Sitios de Internet

Escuela Nacional Preparatoria, Plan y Programas de estudio, consultado el 28 de junio de 2011, en <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto.html>

#### Videos

<http://www.youtube.com/watch?v=JwdGFZA3WOs&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=bSEOOMs5VNU&feature=related>

[http://www.youtube.com/watch?v=5pZjOu\\_XMbc&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=5pZjOu_XMbc&feature=related)

## ENTREVISTA

Nombre: \_\_\_\_\_

1. Para ti, qué significa el término “átomo”... ¿consideras que es un concepto fácil o difícil de entender? ¿por qué?

---

---

---

---

---

2. Haz un dibujo de un átomo tal y como te lo imaginas. Escribe por qué te lo imaginas así.


3. Si pudieras comparar un átomo con un objeto de la vida diaria... ¿qué objeto sería? ¿por qué crees que se parecería a ese objeto? y ¿en qué serían diferentes?

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Si la masa del protón fuera como la de una naranja, la masa del electrón sería como la de

Una semilla de naranja

Una manzana

Una sandía

Otra respuesta

---

---

---

No sé

La masa del neutrón sería como la de:

Una semilla de naranja

Una manzana

Una sandía

Otra respuesta

---

---

---

No sé

5. ¿Crees que todos los átomos son iguales o diferentes? ¿Un átomo de hierro es igual a uno de oxígeno? ¿En qué se basan esas diferencias o similitudes?

---

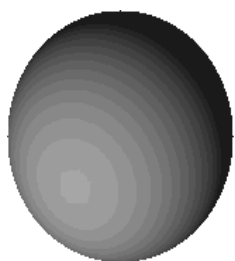
---

---

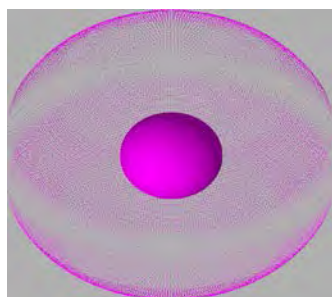
---

---

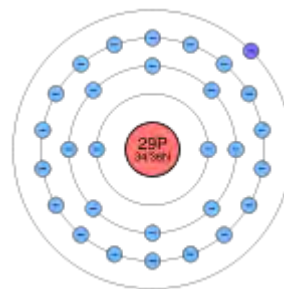
6. Entre las cinco diferentes representaciones del átomo que se presentan a continuación: Escoge la que consideres se aproxima más a tu idea de átomo. Justifica tu selección.



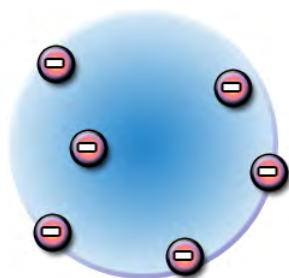
1



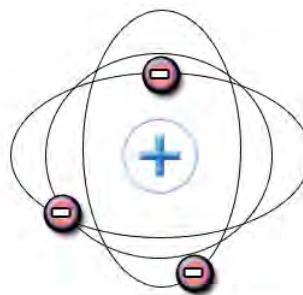
2



3



4



5

---

---

---

---

---



7. ¿Qué es una molécula? Dibuja y describe.

---

---

---

---

---


## CUESTIONARIO

Nombre \_\_\_\_\_

Contesta las siguientes preguntas:

1. El ser humano puede percibir el olor a gas cuando un tanque tiene una fuga así como el olor de un jabón sólido y de un té de canela, esto es porque:
  - a) Las moléculas que forman la mezcla de un jabón, de un té o de un gas están en continuo movimiento y nuestro olfato las pueden percibir cuando llegan a él.
  - b) Las moléculas que forman la mezcla de un jabón, de un té o de un gas NO están en movimiento, la percepción de los olores no está relacionada con el movimiento de las moléculas.
  - c) La mezcla de moléculas que forman al jabón no se mueven porque es un sólido, es otra la explicación (indica cuál) por la cual podemos percibir su olor, las moléculas que conforman las mezclas del té y del gas sí se mueven y por eso podemos percibir su olor.
  - d) Desconozco la explicación del fenómeno.

Justifica tu respuesta:

---

---

---

2. ¿Por qué un bloque de madera puede absorber pintura?
  - a) La madera no absorbe la pintura, sólo queda encima de la madera.
  - b) Porque entre sus partículas existe un vacío, el cual es ocupado por la pintura.
  - c) Es otra la explicación ¿cuál?
  - d) Desconozco la explicación del fenómeno.

Justifica tu respuesta:

---

---

---

3. Respecto al modelo atómico de Dalton:
  - a) El modelo de los griegos tenía una base experimental para sustentar que los átomos tenían diferentes masas y el modelo de Dalton se sustentaba en argumentos filosóficos.
  - b) El átomo tiene diferentes masas, la masa depende de qué elemento se trate y esta aseveración se basa en resultados experimentales.

- c) Dice lo mismo que el modelo atómico de los griegos “existen átomos de diferentes masas” no hay ninguna aportación respecto al modelo de los griegos.
- d) Ninguna de las anteriores.

Justifica tu respuesta:

---

---

---

4. El modelo de Dalton indica:
- a) La idea de vacío
  - b) Por qué se mueven los átomos
  - c) Las cantidades en las que se combinan los diferentes tipos de átomos.
  - d) Todas las anteriores

Justifica tu respuesta:

---

---

---

5. ¿Cuál de las siguientes aseveraciones es correcta?
- a) El descubrimiento de nuevas partículas como el electrón trajo la necesidad de crear un nuevo modelo atómico diferente al de Dalton.
  - b) El modelo de Dalton es más avanzado que el modelo del budín con pasas.
  - c) a y b son correctas
  - d) Ninguna de las anteriores.

Justifica tu respuesta:

---

---

---

6. ¿Cuál es el inciso asociado con el modelo atómico de Thomson?
- a) Vacío, movimiento, átomo
  - b) Leyes de combinación entre átomos diferentes.
  - c) Rayos catódicos, electrones, budín con pasas
  - d) Experimento con una lámina de oro.

Justifica tu respuesta:

---

---

---

7. Si un electrón emite radiación de forma continua, cuál sería la consecuencia en el modelo atómico de Rutherford
- a) Al girar emitirían radiación y perderían con ello energía, hasta caer al núcleo siguiendo una trayectoria espiral
  - b) Se tendría un modelo atómico estable
  - c) Al girar emitirían radiación y ganarían con ello energía, hasta caer al núcleo siguiendo una trayectoria espiral
  - d) Todas las anteriores

Justifica tu respuesta:

---

---

---

8. Respecto al modelo de Rutherford, cuál aseveración es correcta:
- a) Existe un núcleo atómico en donde se encuentran los electrones y los neutrones, el átomo en su inmensa mayoría está vacío.
  - b) Bombardeando una lámina de oro se descubrió el núcleo atómico
  - c) Tanto el modelo de Rutherford como el de Thomson explican que el átomo está vacío.
  - d) Ninguna de las anteriores.

Justifica tu respuesta:

---

---

---

9. Respecto al modelo de Rutherford, cuál aseveración es correcta:
- a) Bohr y Rutherford explicaron la estabilidad de los átomos sin necesidad de recurrir a la idea de la cuantización de la energía.
  - b) El modelo de Bohr explica la naturaleza de los rayos catódicos y Rutherford el experimento de la lámina de oro.
  - c) El modelo de Rutherford es inestable, en tanto que el modelo de Bohr utilizando la idea de cuantización, explica cómo un átomo podría ser estable.
  - d) Ninguna de las anteriores.

Justifica tu respuesta:

---

---

---

10. En el modelo atómico de Bohr, la energía del electrón en el átomo:

- a) Se emite de forma continua
- b) Está cuantizada, es decir, no puede adoptar cualquier valor
- c) Puede tener cualquier valor
- d) Es constante

Justifica tu respuesta:

---

---

---

11. El modelo cuántico ondulatorio:

- a) Habla de orbitales en lugar de órbitas
- b) Es una visión probabilística del átomo que nos dice dónde hay mayor probabilidad de encontrar al electrón
- c) Es el modelo más reciente
- d) Todas las anteriores

Justifica tu respuesta:

---

---

---

12. En el modelo cuántico ondulatorio:

- a) Los electrones viajan en una órbita
- b) El orbital indica en donde hay mayor probabilidad de encontrar al electrón
- c) Pueden estar en una órbita o en un orbital
- d) Ninguna de las anteriores

Justifica tu respuesta:

---

---

---

Respuestas correctas:

1. A
2. B
3. B
4. C
5. A
6. C
7. A
8. B
9. C
10. B
11. D
12. B

## ESTRATEGIA

### QUÍMICA ÁTOMO. LOS MODELOS

Calificación estimada: \_\_\_\_\_ puntos / 40 puntos en total

El desarrollo de la ciencia ha sido gracias a una estrategia de investigación conocida como “investigación indirecta”. Para hacer uso de ella es importante emplear la imaginación. La investigación indirecta permite reconocer características de los fenómenos que no podemos ver directamente. Así es como se han desarrollado los diversos modelos científicos.

*A.1. (4 puntos) Antes de empezar formalmente con el estudio de los modelos atómicos, vamos a hacer una actividad para comprender mejor la investigación indirecta. Para ello se te proporcionará una pelota de plastilina que contiene un pequeño objeto, también se te proporcionarán palillos de madera para que contestes las siguientes preguntas:*

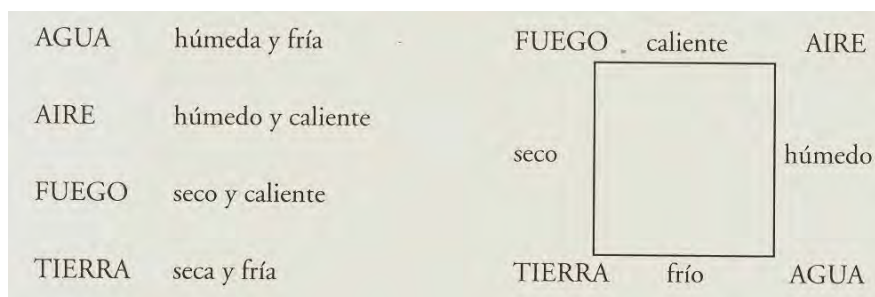
*a) Averigua, sin deshacer la pelotita y haciendo uso de tu imaginación, ¿qué objeto está contenido en la bola de plastilina? Es importante que todos los miembros del equipo manipulen la pelota de plastilina.*

*b) Discute con tus compañeros y alcancen un acuerdo sobre lo que imaginan que es el objeto.*

*c) Describan, ¿qué hicieron para identificar el objeto?*

*d) Hagan un dibujo de lo que se imaginan que es el objeto. 10 minutos*

Cuando se hace investigación indirecta es muy difícil saber si uno se equivocó o acertó al proponer una respuesta, pero lo importante es que ésta responda al fenómeno observado. Para ello se crean modelos, que pueden ser de representación o de explicación. El dibujo que realizaste es un modelo de representación. Sin embargo, a lo largo de la historia se han creado modelos de explicación. Uno de ellos es el modelo que sobre los elementos tenían los antiguos griegos. Este modelo, decía que la naturaleza estaba formada por cuatro elementos que eran: agua, tierra, fuego y aire. Y estos eran las representaciones últimas de la materia. La representación de los cuatro elementos griegos se muestra a continuación:



A.2. (4 puntos) Con base al dibujo anterior, discute con tus compañeros cuál creen que era la visión de la materia que tenían los griegos.

a) Escriban los principales acuerdos a los que llegaron

b) Con base al dibujo y a sus acuerdos, discutan si creen posible que se pueda obtener un modelo diferente de la materia.

c) Discutan y argumenten sobre la siguiente frase: “Aristóteles consideraba que todas las sustancias estaban formadas por mezclas de los cuatro elementos, pero que los cambios eran debidos al movimiento interno de los elementos, sin considerar la idea de vacío.”

10 minutos

El primer modelo de átomo fue propuesto por los griegos, Demócrito y Leucipo, en el siglo V a. C, y su etimología proviene del latín *atomous* que significa *sin división*. Esta idea provenía de argumentos filosóficos que consideraban la idea de vacío, de movimiento y de que la materia estaba formada por partículas pequeñas, duras y de diferente tamaño. Tales ideas se contraponían con la ideología de la época y por tanto no fue aceptada por muchos filósofos entre ellos Aristóteles y Platón.

A.3. (4 puntos) En un vaso con agua se colocarán dos gotas de colorante natural rojo o tinta china negra.

a) Haz un dibujo de lo que se observará y escribe en un mínimo de 5 renglones la explicación de tu predicción.

b) Después de que has observado lo que sucede al realizar el experimento en el aula y comparando con tu primera respuesta, escribe en un mínimo de 5 renglones la explicación del fenómeno.

El profesor abrirá un frasco con perfume y tú permanecerás en la butaca.

a) Qué esperas que ocurra y por qué. Escríbelo en un mínimo de 5 renglones.

b) Después de que has observado lo que sucede al realizar el experimento anterior en el aula y comparando con tu primera respuesta, escribe en un mínimo de 5 renglones la explicación del fenómeno.

c) Tomando en cuenta la postura de Aristóteles y la postura de Demócrito. Discutan cuál de ellas les funciona mejor para explicar estos fenómenos.

d) Imagina que eres Demócrito y que vas a plantear tu propuesta de los átomos ¿como la expresarías?

15 minutos

A pesar de que el modelo de Demócrito fue rechazado en su momento, siglos después los científicos británicos Francis Bacon, Isaac Newton y Robert Boyle consideraron la idea de la existencia de los átomos para explicar algunos fenómenos. Para esta época la idea de elemento había cambiado. Ya se conocían sustancias elementales como los metales y



algunos gases. Sin embargo no fue sino hasta 1805 cuando John Dalton retoma la idea de Demócrito sobre el átomo, pero haciendo algunas consideraciones distintas. Estas son: el átomo es indivisible, duro y tiene diferentes tamaños *dependiendo de a qué elemento pertenezca*; incluso escribió un libro titulado *New System Chemical Philosophy* donde propone postulados para los elementos y los compuestos ahí define átomo como la partícula diminuta e indivisible que compone a un elemento químico. Con esta idea, se inicia la determinación de las masas atómicas, se calculan experimentalmente relaciones de combinación entre diferentes tipos de átomos y la concepción de compuestos (para Dalton la unión de átomos de diferentes elementos y la partícula más pequeña de un compuesto es la definición de molécula) empieza a cambiar. Uno de los principales problemas con el modelo de los antiguos griegos era que éste no proveía de bases para distinguir entre los tipos de átomos, lo que el modelo de Dalton abordaba directamente.

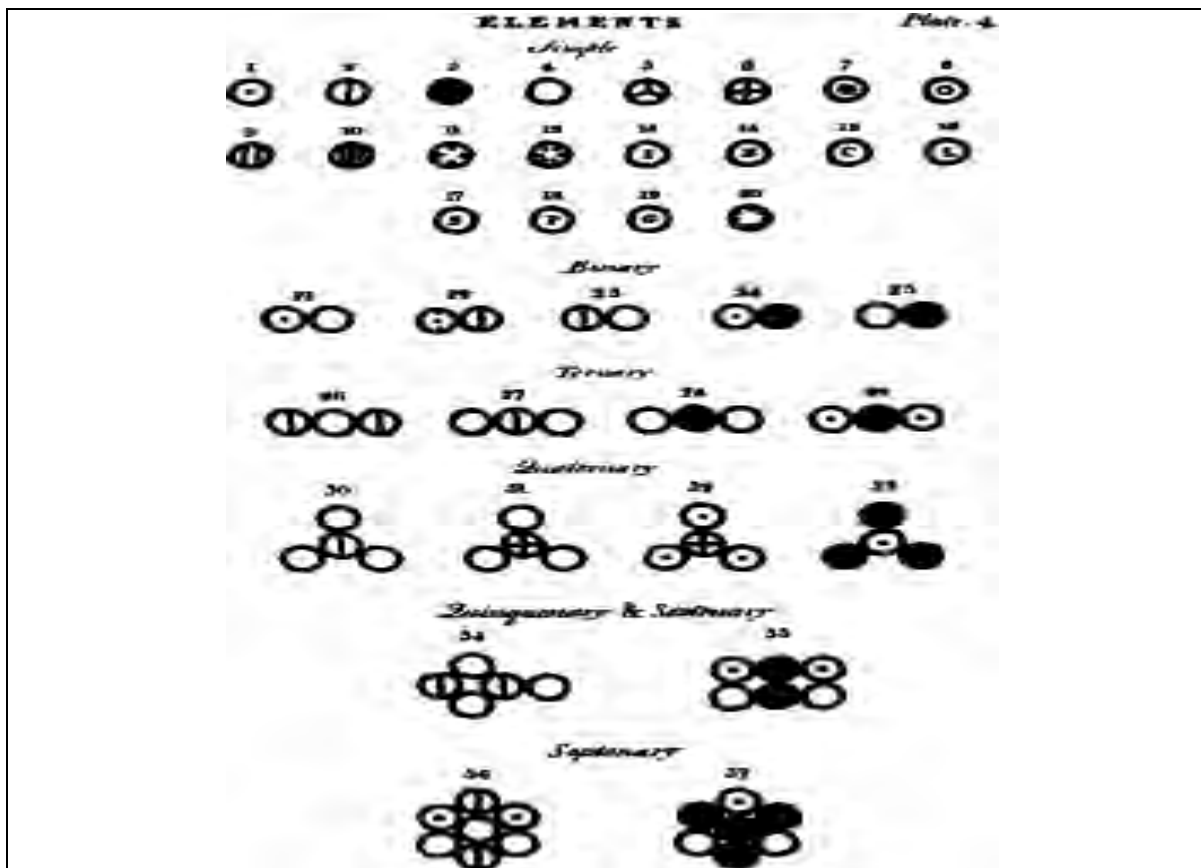
*A.4 (4 puntos) Se te proporcionará una bolsa con pelotas. Con base a la propuesta de Dalton haz una clasificación de éstas y justifica tu arreglo.*

*a) En la siguiente imagen se presentan las diferentes representaciones que sobre elementos y compuestos propuso Dalton.*

*b) Discute con tus compañeros el dibujo y propongan una definición para elemento y otra para compuesto tratando de imaginar lo que Dalton proponía.*

*c) Con las pelotas que se proporcionaron y usando el tipo de representación de Dalton arma los siguientes compuestos: agua (HO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).*

*15 minutos*



- Hidrógeno (1)
- Carbono (3)
- Oxígeno (4)

El modelo de Dalton dejó de ser el más reciente cuando los físicos comenzaron a descubrir nuevas partículas (es importante notar que el modelo propuesto por Dalton había tenido una vigencia de 92 años), más pequeñas que el átomo, tal fue el caso de J.J. Thomson jefe del laboratorio de Física en la universidad de Cambridge quien estudiaba los rayos catódicos.

## SEGUNDA SESIÓN

La clase anterior revisamos el modelo de los griegos y el de Dalton, hoy continuaremos el estudio de los modelos atómicos.

Observa el video que se muestra a continuación y contesta las preguntas de la actividad 5.

*A.5 (4 puntos) Observa con mucha atención el video y responde por equipo las siguientes preguntas:*

- a) ¿Qué fue lo que hizo J.J. Thomson para deducir la existencia de partículas cargadas negativamente?*
- b) ¿Qué suposición hizo J.J. Thomson para proponer su modelo de átomo?*

*c) Discute con tus compañeros en qué se diferencia el modelo de Thomson del de Dalton. Escriban sus acuerdos.*

*d) Recrea con plastilina y frijoles crudos el modelo atómico que propuso Thomson y discute con tus compañeros (ubicándote en la época) qué tan sólida es la propuesta y por qué.*

*d) ¿Crees que este modelo tiene algo en común con las ideas de Demócrito? Expliquen*

*e) Haz un dibujo que represente el modelo de Thomson y asígnale un nombre.*

*20 minutos*

En 1897 J.J. Thomson explorando la naturaleza de los rayos catódicos, propone que están formados por partículas cargadas negativamente y de masa muy ligera, los electrones y, que la materia los contenían inmersos en un fluido positivo, explicando así la naturaleza eléctrica de la materia ya que, aunque los electrones tengan carga negativa, los átomos en su totalidad son neutros, esto implicaba que cada átomo debía contener un número igual de cargas positivas y negativas, sin embargo no había evidencia experimental de la existencia de un “fluido positivo” en el cual los electrones estuvieran inmersos.

El descubrimiento de los electrones hacía referencia a un nuevo modelo del átomo. El modelo de Thomson superaba al de Dalton ya que proponía una estructura interna para los átomos.

Sin embargo pronto surgió una evidencia experimental que mostraba algunas deficiencias del modelo; el experimento de Geiger y Marsden donde una lámina de oro con grosor de 0.00004 cm se bombardeó con partículas alfa. Lo que se esperaba era que si bombardeo algo muy delgado con algo muy pesado el resultado lógico era que lo atravesara, pero aproximadamente una de cada 10000 partículas alfa ¡rebotaban en dirección contraria a la que habían sido lanzadas! otro científico, Ernest Rutherford expuso varios años después su sorpresa ante estos resultados diciendo que: “fue casi tan increíble como si se hubiera disparado una bala de cañón contra una hoja de papel delgado y ésta hubiera rebotado contra el artillero”, él estableció que podía explicar los resultados obtenidos surgiendo así un nuevo modelo.

Observa detalladamente el siguiente video y contesta las preguntas de la actividad 6.

*A.6 (4 puntos) Observa con mucha atención el video, responde por equipo las siguientes preguntas y entréguelas por escrito:*

*a) Expliquen en qué consistía el experimento desarrollado por Rutherford*

*b) ¿Cuáles fueron los resultados?*

*c) ¿Cuál de estos resultados era inesperado y por qué?*

*d) Con ayuda de una hoja de papel y con algunas cuentas de plástico, reproduzcan este resultado y traten de explicarlo con sus propias palabras.*

- e) *Discutan por equipo cuáles fueron las consideraciones hechas por Rutherford para proponer su modelo atómico.*
- f) *Discutan las ventajas y desventajas del modelo de Rutherford con respecto al de Thompson y al de Dalton. Escriban en no más de 10 renglones sus conclusiones.*
- g) *¿Crees que exista alguna influencia de las ideas de Demócrito en este modelo? ¿Si, no? ¿Por qué?*
- h) *Haz un dibujo que represente el modelo atómico de Rutherford y asígnale un nombre.*
- 20 minutos*

En 1911 Ernest Rutherford propone que, en esencia, el átomo está formado por una pequeñísima región en donde se concentra la carga positiva y la masa del átomo y ésta se encuentra rodeada por los electrones. Este modelo se basaba en el ya mencionado experimento donde una lámina de oro fue bombardeada. Rutherford explicó los resultados obtenidos suponiendo que la carga positiva y la masa de un átomo estaban concentradas en una pequeña fracción del volumen total, a la que llamó núcleo, la mayoría de las partículas alfa había atravesado sin cambiar su dirección porque en su trayectoria no se encontró con tal región, al contrario de las que se desviaron o rebotaron (la partícula alfa chocó con otra masa de carga positiva, mucho mayor, que le produjo grandes desviaciones e incluso la hizo rebotar).

Solamente después de someter a bombardeo durante dos años todos los “rincones” del átomo, se comprobó que esta hipótesis era cierta, en el núcleo se concentra la carga positiva y toda la masa del átomo, el diámetro del núcleo es igual aproximadamente a una cienmilésima del diámetro atómico. Por eso la gran mayoría de las partículas alfa pasaban sin desviarse. Se descubrió que el átomo estaba prácticamente vacío en su inmensa mayoría.

Rutherford propuso la existencia del protón al que identificó en 1919 indicando que es una partícula de carga positiva y de masa mucho mayor en comparación con la del electrón, en 1932 James Chadwick descubre a otra partícula a la que llamó neutrón cuya masa es muy parecida a la del protón, carece de carga eléctrica y al igual que los protones se encuentra en el núcleo atómico. Cada elemento se caracteriza por tener un número específico de electrones, protones y neutrones.

El comportamiento de los electrones en el modelo de Rutherford fue descrito usando la mecánica clásica pero pronto quedó claro que fallaba.

La falla del modelo de Rutherford o también conocido como modelo planetario (por analogía al sistema solar) era que a diferencia de los planetas, los electrones tienen carga eléctrica. Al girar emitirían radiación y perderían con ello energía, hasta caer al núcleo siguiendo una trayectoria espiral. En una fracción de segundo, el electrón caería al núcleo,

por otra parte, este modo de movimiento contradecía las leyes del electromagnetismo, el giro de una partícula cargada, como el electrón, la somete a una aceleración, y se sabía que toda carga acelerada debía emitir continuamente radiación electromagnética lo cual, no se observaba. Éste era un modelo inestable para un átomo. Algo estaba faltando en la teoría, y ese “algo” era considerar la teoría cuántica de Planck.

A7. (4puntos) *Basándose en el párrafo anterior, discutan y respondan por equipo las siguientes preguntas:*

- a) *¿Cuáles serían las características del núcleo atómico? Realicen un dibujo que las represente.*
- b) *¿Cuál es la diferencia que se menciona entre los planetas y los electrones?*
- c) *Si un electrón emite radiación continuamente ¿cuál sería la consecuencia en el modelo atómico de Rutherford?*

*20 minutos*

Los átomos solamente absorben o emiten luz de unas cuantas longitudes de onda, los experimentos espectrales parecían indicar que la energía de los electrones no podía tomar cualquier valor.

Cada elemento sigue un patrón diferente. Aún el más simple de los átomos, el hidrógeno, emite luz en forma de cuatro colores diferentes.

El comienzo de la explicación de este fenómeno ocurrió hacia 1885 con Balmer y lo acabó de explicar Bohr en 1913.

Max Planck, trataba de dar una explicación al fenómeno del cuerpo negro, es decir, intentó explicar la radiación electromagnética. Sin embargo es hasta 1900 que Planck lo logró después de que muchos otros científicos lo intentaron durante cuarenta años, Planck propone algo totalmente nuevo: que los cuerpos del microcosmos (electrones, nucleones, átomos, moléculas) absorben y emiten luz de manera discontinua.

Los electrones sólo absorben o emiten luz en pequeños paquetes de energía, a los que llamó cuantos de energía. Esta palabra viene del latín *quantum*, que se entiende como: cantidad elemental. Por eso se conoce a la contribución de Planck como teoría cuántica o teoría de los cuantos.

Así, de la misma manera como la carga de un cuerpo puede variar según gane o pierda electrones (cuantos de carga), la energía de un objeto sólo puede variar en magnitudes fijas, los cuantos energéticos. Estos cuantos de energía son tan pequeños que el intercambio de energía en los objetos grandes, parece continuo.

A.8 (4 puntos) *Observa con mucha atención el video, responde por equipo las siguientes preguntas y entréguelas por escrito*

a) *Discute con tus compañeros y escriban en 5 renglones qué consideraciones hizo Bohr para proponer su modelo.*

b) *Discute con tus compañeros las diferencias y similitudes que se observan entre el modelo de Rutherford y el modelo de Bohr. Escriban sus conclusiones en no más de 10 líneas.*

c) *Discutan cuáles serían las ventajas de usar el modelo de Bohr con respecto a los modelos atómicos revisados hasta ahora.*

d) *Elaboren y expliquen un dibujo que tome en cuenta los resultados del experimento de los rayos catódicos, del experimento de la lámina de oro y las ideas de Bohr.*

e) *Crees que las consideraciones energéticas que hizo Bohr en su modelo ¿permiten tener átomos estables o todavía se presenta el problema de que el electrón caiga al núcleo? Discute con tus compañeros y justifiquen sus respuestas.*

*20 minutos*

Convencido de que la mecánica clásica no podía explicar la estructura atómica, en 1912 Bohr (científico danés de 27 años) aplicó la idea de la cuantización previamente desarrollada por Max Planck y propuso un nuevo modelo el cual explicaba perfectamente la aparición de las líneas de emisión del hidrógeno.

Las bases del modelo de Bohr fueron:

-Los electrones en los átomos sólo presentan ciertos estados energéticos estables. Así, no cualquier órbita del modelo planetario estaría permitida para el electrón. Al aplicar la teoría cuántica de Planck, Bohr encontró que sólo ciertas órbitas eran factibles.

-Las leyes del electromagnetismo clásico no son del todo válidas en el nivel atómico. Aunque los electrones son partículas cargadas, no emiten radiación en su viaje alrededor del núcleo, sino solamente *cuando cambian el radio de su órbita.*

-Cada uno de los niveles energéticos corresponde a una posible órbita del electrón alrededor del núcleo.

-Las siguientes son consecuencias importantes del modelo atómico de Bohr:

-La energía del electrón en el átomo está cuantizada, es decir, no puede adoptar cualquier valor.

-La emisión y absorción de luz por los átomos se explica por el tránsito del electrón entre dos de los estados energéticos permitidos.

-Existe un estado de mínima energía, llamado estado basal.

-El número entero  $n$ , o número cuántico principal, es suficiente para especificar la órbita del electrón y su energía.

A pesar de las ventajas que presenta el modelo de Bohr, éste *no es lo suficientemente fuerte para explicar los fenómenos experimentales que se observan con relación al átomo*, por ejemplo cuando el espectro de emisión del hidrógeno se sometía a la acción de un campo magnético en lugar de presentar cuatro líneas como se mencionó anteriormente, presentaba seis, además se empieza a proponer la idea de que los electrones pueden tener un comportamiento de onda y de partícula. A finales de 1927 Werner Heisenberg físico alemán que colaboró durante muchos años con Niels Bohr, presentó una teoría que consideraba esta naturaleza dual de los electrones y explicaba que como los electrones se movían muy rápidamente no era posible conocer su velocidad y su posición al mismo tiempo, a esto se le conoce como *Principio de Incertidumbre*, el cual está asociado a los sistemas subatómicos.

*A.9 (4 puntos) Realiza la siguiente lectura, discute con tu equipo y contesta por escrito lo que se pide.*

*En 1926 el físico austriaco Erwin Schroedinger publica 4 trabajos en los que utilizó ecuaciones que antes sólo habían sido empleadas para fenómenos ondulatorios (de luz), obteniendo resultados para los átomos (materia). Por eso se le conoce como el creador de la mecánica ondulatoria. Numéricamente obtiene resultados teóricos que confirman perfectamente los datos experimentales. Luego demuestra que su teoría es equivalente a la de Heisenberg.*

*En la mecánica cuántica de Schroedinger, como se le conoce hoy, aparece un ente matemático llamado función de onda, cuya interpretación no quedaba clara, el alemán Max Born indicó que la función de onda proporciona la probabilidad de que el electrón se encuentre en las diversas regiones del espacio vacío del átomo de esta manera nace la interpretación probabilística de la mecánica cuántica. Es decir, nos da información parecida a la densidad poblacional. Si quieres saber en qué ciudad de la República Mexicana hay más personas por metro cuadrado ¿qué harías? Pues seguramente averiguarías el número de habitantes de esa ciudad y el área en metros cuadrados de la misma. ¿Qué crees que encontrarías? Pues seguramente, averiguarías el número de habitantes de esa ciudad y el área en metros cuadrados de la misma, ¿qué encontrarías? Pues seguramente que hay ciudades donde viven más personas por metro cuadrado que en otras, por lo que la probabilidad de encontrar personas en un punto de las ciudades más densamente pobladas es mucho mayor que la probabilidad de encontrar personas en una ciudad con menos densidad de población.*

Volviendo a nuestro modelo atómico, resulta que éste propone que los electrones no se encuentran girando en órbitas planetarias, sino que los electrones se encuentran formando una especie de nubes electrónicas alrededor del núcleo. Sin embargo, estas nubes están definidas por la función de onda propuesta por Schrödinger y por tanto tienen una región en el espacio donde la probabilidad de encontrar al electrón es mayor. A estas regiones en el espacio se les conoce como orbitales.

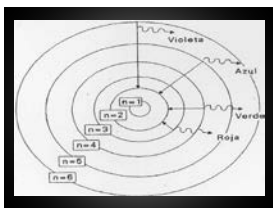
En función de la lectura anterior haz un dibujo sobre cómo te imaginas que sería el átomo.

a) Compara tu dibujo con tus compañeros, y discutan las diferencias y similitudes entre ellos. De sus acuerdos, vuelvan a hacer un dibujo donde queden plasmadas sus ideas.

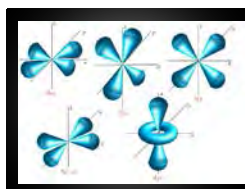
b) ¿Cuáles son las diferencias y similitudes entre este modelo del átomo y el modelo de Bohr? Discute con tus compañeros tus ideas y escriban en 10 renglones sus acuerdos.

c) ¿Cuáles crees que sean las ventajas y desventajas de este nuevo modelo comparado con los anteriores?

d) Tomando en cuenta las siguientes imágenes ¿cuál crees que sea la diferencia entre una órbita y un orbital?



ÓRBITAS



ORBITALES

(Se acepta esta designación pero conviene aclarar que se trata del esquema de la parte angular de los orbitales)

20 minutos

Para cerrar estas actividades sobre los modelos del átomo y que reflexiones sobre lo realizado hasta ahora, la siguiente actividad la realizarás de forma individual.

A.10 (4 puntos) De tarea diseña un tríptico en donde revises los diferentes modelos del átomo y cuáles serían sus aplicaciones a la química. Es importante que resaltes aquel modelo que tenga un mayor poder para explicar fenómenos y que justifiques tu elección.



## ESTRATEGIA DIDÁCTICA CON COMENTARIOS PARA EL APLICADOR

### QUÍMICA ÁTOMO. LOS MODELOS

Calificación estimada: \_\_\_\_\_puntos / 40 puntos en total

El desarrollo de la ciencia ha sido gracias a una estrategia de investigación conocida como “investigación indirecta”. Para hacer uso de ella es importante emplear la imaginación. La investigación indirecta permite reconocer características de los fenómenos que no podemos ver directamente. Así es como se han desarrollado los diversos modelos científicos.

*A.1. (4 puntos) Antes de empezar formalmente con el estudio de los modelos atómicos, vamos a hacer una actividad para comprender mejor la investigación indirecta. Para ello se te proporcionará una pelota de plastilina que contiene un pequeño objeto, también se te proporcionarán palillos de madera para que contestes las siguientes preguntas:*

*a) Averigua, sin deshacer la pelotita y haciendo uso de tu imaginación, ¿qué objeto está contenido en la bola de plastilina? Es importante que todos los miembros del equipo manipulen la pelota de plastilina.*

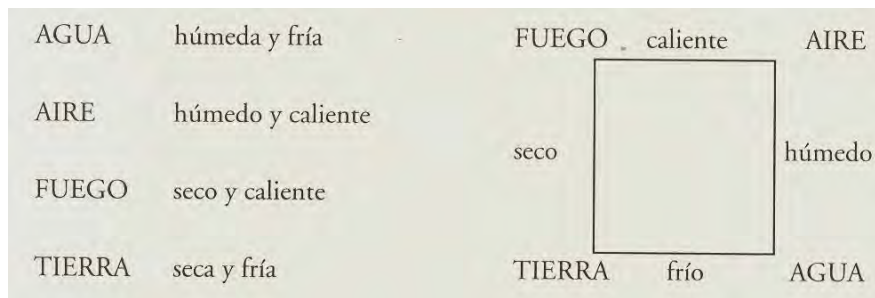
*b) Discute con tus compañeros y alcancen un acuerdo sobre lo que imaginan que es el objeto.*

*c) Describan, ¿qué hicieron para identificar el objeto?*

*d) Hagan un dibujo de lo que se imaginan que es el objeto. 10 minutos*

**Con esta actividad se pretende que los alumnos comprendan que no es tan fácil estudiar y conocer la estructura de un átomo.**

Cuando se hace investigación indirecta es muy difícil saber si uno se equivocó o acertó al proponer una respuesta, pero lo importante es que ésta responda al fenómeno observado. Para ello se crean modelos, que pueden ser de representación o de explicación. El dibujo que realizaste es un modelo de representación. Sin embargo, a lo largo de la historia se han creado modelos de explicación. Uno de ellos es el modelo que sobre los elementos tenían los antiguos griegos. Este modelo, decía que la naturaleza estaba formada por cuatro elementos que eran: agua, tierra, fuego y aire. Y estos eran las representaciones últimas de la materia. La representación de los cuatro elementos griegos se muestra a continuación:



**Se introduce el modelo de los antiguos griegos, se pide que discutan para reafirmar la postura de las cuatro sustancias fundamentales.**

A.2. (4 puntos) Con base al dibujo anterior, discute con tus compañeros cuál creen que era la visión de la materia que tenían los griegos.

a) Escriban los principales acuerdos a los que llegaron

b) Con base al dibujo y a sus acuerdos, discutan si creen posible que se pueda obtener un modelo diferente de la materia.

c) Discutan y argumenten sobre la siguiente frase: “Aristóteles consideraba que todas las sustancias estaban formadas por mezclas de los cuatro elementos, pero que los cambios eran debidos al movimiento interno de los elementos, sin considerar la idea de vacío.”

10 minutos

**Se pretende que el alumno reflexione sobre la postura de Aristóteles quien hablaba de movimiento pero no de vacío y la postura de Demócrito y Leucipo quienes incluían ambos términos en su propuesta, así mismo se pretende que observen cómo el factor social en la construcción del conocimiento científico está presente ya que las ideas que prevalecieron fueron las de Aristóteles por su peso social.**

El primer modelo de átomo fue propuesto por los griegos, Demócrito y Leucipo, en el siglo V a. C, y su etimología proviene del latín *atomous* que significa *sin división*. Esta idea provenía de argumentos filosóficos que consideraban la idea de vacío, de movimiento y de que la materia estaba formada por partículas pequeñas, duras y de diferente tamaño. Tales ideas se contraponían con la ideología de la época y por tanto no fue aceptada por muchos filósofos entre ellos Aristóteles y Platón.

A.3. (4 puntos) En un vaso con agua se colocarán dos gotas de colorante natural rojo o tinta china negra.

a) Haz un dibujo de lo que se observará y escribe en un mínimo de 5 renglones la explicación de tu predicción.

b) Después de que has observado lo que sucede al realizar el experimento en el aula y comparando con tu primera respuesta, escribe en un mínimo de 5 renglones la explicación del fenómeno.

El profesor abrirá un frasco con perfume y tú permanecerás en la butaca.

a) Qué esperas que ocurra y por qué. Escríbelo en un mínimo de 5 renglones.

b) Después de que has observado lo que sucede al realizar el experimento anterior en el aula y comparando con tu primera respuesta, escribe en un mínimo de 5 renglones la explicación del fenómeno.

c) Tomando en cuenta la postura de Aristóteles y la postura de Demócrito. Discutan cuál de ellas les funciona mejor para explicar estos fenómenos.

d) Imagina que eres Demócrito y que vas a plantear tu propuesta de los átomos ¿como la expresarías?

15 minutos

**En esta parte (con la actividad de la tinta china y el perfume) se pretende reafirmar que los conceptos de vacío y movimiento efectivamente son intrínsecos a la naturaleza de la materia.**

**Esperando que ideas principales como la de vacío y movimiento sean asociadas al modelo de los antiguos griegos ahora se introduce el siguiente modelo.**

A pesar de que el modelo de Demócrito fue rechazado en su momento, siglos después los científicos británicos Francis Bacon, Isaac Newton y Robert Boyle consideraron la idea de la existencia de los átomos para explicar algunos fenómenos. Para esta época la idea de elemento había cambiado. Ya se conocían sustancias elementales como los metales y algunos gases. Sin embargo no fue sino hasta 1805 cuando John Dalton retoma la idea de Demócrito sobre el átomo, pero haciendo algunas consideraciones distintas. Estas son: el átomo es indivisible, duro y tiene diferentes tamaños *dependiendo de a qué elemento pertenezca*; incluso escribió un libro titulado *New System Chemical Philosophy* donde propone postulados para los elementos y los compuestos ahí define átomo como la partícula diminuta e indivisible que compone a un elemento químico. Con esta idea, se inicia la determinación de las masas atómicas, se calculan experimentalmente relaciones de combinación entre diferentes tipos de átomos y la concepción de compuestos (para Dalton la unión de átomos de diferentes elementos y la partícula más pequeña de un compuesto es la definición de molécula) empieza a cambiar. Uno de los principales problemas con el modelo de los antiguos griegos era que éste no proveía de bases para distinguir entre los tipos de átomos, lo que el modelo de Dalton abordaba directamente.

**Los griegos hablaban de partículas duras, pequeñas y de diferente tamaño pero al no proveer una forma de distinguirlo, el modelo de Dalton lo supera ya que éste si lo puede hacer así el alumno ve una razón para cambiar de explicación y puede establecer una liga entre ambos modelos.**

**En este modelo es donde se le indica al alumno que existen diferentes tipos de átomos dependiendo de a qué elemento pertenezca por lo que en la pregunta número cinco de la entrevista esperamos una respuesta en este sentido, también se da la definición de átomo y molécula para que al responder la pregunta uno y siete de la entrevista pueda citar algo parecido.**

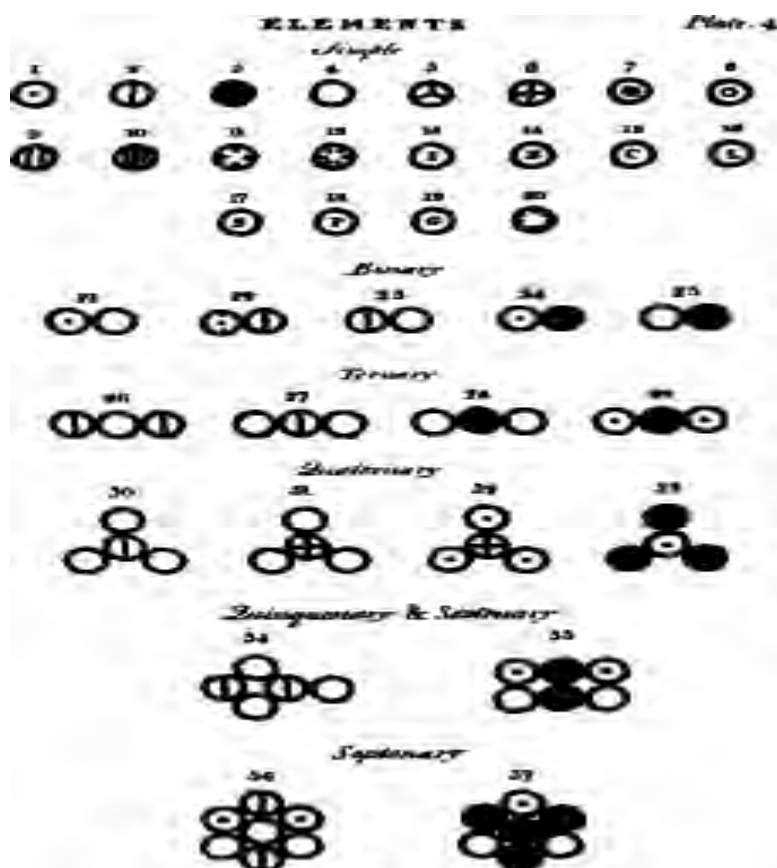
A.4 (4 puntos) Se te proporcionará una bolsa con pelotas. Con base a la propuesta de Dalton haz una clasificación de éstas y justifica tu arreglo.

a) En la siguiente imagen se presentan las diferentes representaciones que sobre elementos y compuestos propuso Dalton.

b) Discute con tus compañeros el dibujo y propongan una definición para elemento y otra para compuesto tratando de imaginar lo que Dalton proponía.

c) Con las pelotas que se proporcionaron y usando el tipo de representación de Dalton arma los siguientes compuestos: agua ( $\text{HO}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

15 minutos



Hidrógeno (1)  
 Carbono (3)  
 Oxígeno (4)

Se pudo deducir que existen átomos de diferente tamaño gracias a que se inicio el cálculo de las masas atómicas por lo que esto es crucial, con la actividad se pretende que el alumno lo tome en cuenta como algo muy significativo y que forma parte de modelo de Dalton.

El modelo de Dalton dejó de ser el más reciente cuando los físicos comenzaron a descubrir nuevas partículas (es importante notar que el modelo propuesto por Dalton había tenido una vigencia de 92 años), más pequeñas que el átomo, tal fue el caso de J.J. Thomson jefe del laboratorio de Física en la universidad de Cambridge quien estudiaba los rayos catódicos.

**Estamos diciendo que debido al descubrimiento de nuevas partículas el modelo de Dalton se sustituyó, se trata de incorporar la nueva evidencia experimental en las explicaciones de la ciencia además de que nuevamente proveemos de una razón para cambiar de modelo.**

## **SEGUNDA SESIÓN**

La clase anterior revisamos el modelo de los griegos y el de Dalton, hoy continuaremos el estudio de los modelos atómicos.

Observa el video que se muestra a continuación y contesta las preguntas de la actividad 5.

*A.5 (4 puntos) Observa con mucha atención el video y responde por equipo las siguientes preguntas:*

*a) ¿Qué fue lo que hizo J.J. Thomson para deducir la existencia de partículas cargadas negativamente?*

*b) ¿Qué suposición hizo J.J. Thomson para proponer su modelo de átomo?*

*c) Discute con tus compañeros en qué se diferencia el modelo de Thomson del de Dalton. Escriban sus acuerdos.*

*d) Recrea con plastilina y frijoles crudos el modelo atómico que propuso Thomson y discute con tus compañeros (ubicándote en la época) qué tan sólida es la propuesta y por qué.*

*d) ¿Crees que este modelo tiene algo en común con las ideas de Demócrito? Expliquen*

*e) Haz un dibujo que represente el modelo de Thomson y asígnale un nombre.*

*20 minutos*

En 1897 J.J. Thomson explorando la naturaleza de los rayos catódicos, propone que están formados por partículas cargadas negativamente y de masa muy ligera, los electrones y, que la materia los contenían inmersos en un fluido positivo, explicando así la naturaleza eléctrica de la materia ya que, aunque los electrones tengan carga negativa, los átomos en su totalidad son neutros, esto implicaba que cada átomo debía contener un número igual de cargas positivas y negativas, sin embargo no había evidencia experimental de la existencia de un “fluido positivo” en el cual los electrones estuvieran inmersos.

El descubrimiento de los electrones hacía referencia a un nuevo modelo del átomo. El modelo de Thomson superaba al de Dalton ya que proponía una estructura interna para los átomos.

**Se explica de qué manera la evidencia experimental forma parte de este modelo. Se emplean las TIC's ya que la visualización ayuda a los procesos de retención de la información y determina de manera importante de acuerdo con Paivio (1983) lo que se almacena en ella, además de que con la recreación del modelo con semillas y plastilina se espera el alumno retenga mayor número de elementos que describen al modelo (como por ejemplo que las semillas son electrones), nuevamente discute y llega a acuerdos con sus pares para socializar los aprendizajes. En la parte donde**

**se le pide que relacione el modelo de Thomson con el de Dalton y el de los griegos se espera que retome ideas principales de cada modelo y argumente el por qué el paso de uno a otro.**

Sin embargo pronto surgió una evidencia experimental que mostraba algunas deficiencias del modelo, el experimento de Geiger y Marsden donde una lámina de oro con grosor de 0.00004 cm se bombardeó con partículas alfa. Lo que se esperaba era que si bombardeo algo muy delgado con algo muy pesado el resultado lógico era que lo atravesase, pero aproximadamente una de cada 10000 partículas alfa ¡rebotaban en dirección contraria a la que habían sido lanzadas! otro científico, Ernest Rutherford expreso varios años después su sorpresa ante estos resultados diciendo que “fue casi tan increíble como si se hubiera disparado una bala de cañón contra una hoja de papel delgado y ésta hubiera rebotado contra el artillero”, él estableció que podía explicar los resultados obtenidos surgiendo así un nuevo modelo.

Observa detalladamente el siguiente video y contesta las preguntas de la actividad 6.

*A.6 (4 puntos) Observa con mucha atención el video, responde por equipo las siguientes preguntas y entréguelas por escrito:*

- a) Expliquen en qué consistía el experimento desarrollado por Rutherford*
- b) ¿Cuáles fueron los resultados?*
- c) ¿Cuál de estos resultados era inesperado y por qué?*
- d) Con ayuda de una hoja de papel y con algunas cuentas de plástico, reproduzcan este resultado y traten de explicarlo con sus propias palabras.*
- e) Discutan por equipo cuáles fueron las consideraciones hechas por Rutherford para proponer su modelo atómico.*
- f) Discutan las ventajas y desventajas del modelo de Rutherford con respecto al de Thompson y al de Dalton. Escriban en no más de 10 renglones sus conclusiones.*
- g) ¿Crees que exista alguna influencia de las ideas de Demócrito en este modelo? ¿Si, no? ¿Por qué?*
- h) Haz un dibujo que represente el modelo atómico de Rutherford y asígnale un nombre.*

*20 minutos*

En 1911 Ernest Rutherford propone que, en esencia, el átomo está formado por una pequeñísima región en donde se concentra la carga positiva y la masa del átomo y ésta se encuentra rodeada por los electrones. Este modelo se basaba en el ya mencionado experimento donde una lámina de oro fue bombardeada. Rutherford explicó los resultados obtenidos suponiendo que la carga positiva y la masa de un átomo estaban concentradas en una pequeña fracción del volumen total, a la que llamó núcleo, la mayoría de las partículas alfa había atravesado sin cambiar su dirección porque en su trayectoria no se encontró con tal región, al contrario de las que se desviaron o rebotaron (la partícula alfa chocó con otra masa de carga positiva, mucho mayor, que le produjo grandes desviaciones e incluso la hizo rebotar).

Solamente después de someter a bombardeo durante dos años todos los “rincones” del átomo, se comprobó que esta hipótesis era cierta, en el núcleo se concentra la carga positiva y toda la masa del átomo, el diámetro del núcleo es igual aproximadamente a una cienmilésima del diámetro atómico. Por eso la gran mayoría de las partículas alfa pasaban sin desviarse. Se descubrió que el átomo estaba prácticamente vacío en su inmensa mayoría.

Rutherford propuso la existencia del protón al que identificó en 1919 indicando que es una partícula de carga positiva y de masa mucho mayor en comparación con la del electrón, en 1932 James Chadwick descubre a otra partícula a la que llamó neutrón cuya masa es muy parecida a la del protón, carece de carga eléctrica y al igual que los protones se encuentra en el núcleo atómico. Cada elemento se caracteriza por tener un número específico de electrones, protones y neutrones.

**Al llegar a este punto de la estrategia ya se han descrito protones, electrones y neutrones en cuanto tamaño relativo, carga y posición en el átomo además se le indica al estudiante que el número específico de estas sub partículas caracteriza a un elemento químico, así en la pregunta cinco de la entrevista se espera que mencione todos estos elementos al tratar de responder y que en la pregunta cuatro de la entrevista conteste correctamente cuál es el tamaño relativo entre las tres sub partículas descritas.**

**En cuanto a la pregunta 2, 3 y 6 lo que se pretende es identificar a la imagen que el alumno asocia con el concepto de átomo, entre las posturas que intentan dar una explicación de cómo se genera el conocimiento está la teoría de los modelos mentales (además de la constructivista y cognoscitivista) en donde la secuencia de imágenes para razonar es fundamental, al final de aplicar la estrategia veremos qué modelo atómico de los seis presentados permaneció en el modelo mental del alumno aunque el modelo mental inicial del alumno (antes de aplicar la estrategia) también se determinó para poderlos comparar y saber si avanzó en su representación respecto.**

El comportamiento de los electrones en el modelo de Rutherford fue descrito usando la mecánica clásica pero pronto quedó claro que fallaba.

La falla del modelo de Rutherford o también conocido como modelo planetario (por analogía al sistema solar) era que a diferencia de los planetas, los electrones tienen carga eléctrica. Al girar emitirían radiación y perderían con ello energía, hasta caer al núcleo siguiendo una trayectoria espiral. En una fracción de segundo, el electrón caería al núcleo, por otra parte, este modo de movimiento contradecía las leyes del electromagnetismo, el giro de una partícula cargada, como el electrón, la somete a una aceleración, y se sabía que toda carga acelerada debía emitir continuamente radiación electromagnética lo cual, no se observaba. Éste era un modelo inestable para un átomo. Algo estaba faltando en la teoría, y ese “algo” era considerar la teoría cuántica de Planck.

**Al igual que en los modelos anteriores se da una razón para cambiar de modelo, se socializa el conocimiento, se emplean las TIC's y se solicita al alumno que trate de enlazar el modelo con los anteriores algo que consideramos importante es remarcar en esta parte que la idea de vacío aparece en este modelo y ya desde el de los antiguos griegos, la idea de vacío es de las más difíciles de adquirir pero aparece desde el primero de los modelos del átomo.**

A7. (4puntos) *Basándose en el párrafo anterior, discutan y respondan por equipo las siguientes preguntas:*

- a) *¿Cuáles serían las características del núcleo atómico? Realicen un dibujo que las represente.*
- b) *¿Cuál es la diferencia que se menciona entre los planetas y los electrones?*
- c) *Si un electrón emite radiación continuamente ¿cuál sería la consecuencia en el modelo atómico de Rutherford?*

*20 minutos*

Los átomos solamente absorben o emiten luz de unas cuantas longitudes de onda, los experimentos espectrales parecían indicar que la energía de los electrones no podía tomar cualquier valor.

Cada elemento sigue un patrón diferente. Aún el más simple de los átomos, el hidrógeno, emite luz en forma de cuatro colores diferentes.

El comienzo de la explicación de este fenómeno ocurrió hacia 1885 con Balmer y lo acabó de explicar Bohr en 1913.

Max Planck, trataba de dar una explicación al fenómeno del cuerpo negro, es decir, intentó explicar la radiación electromagnética. Sin embargo es hasta 1900 que Planck lo logró después de que muchos otros científicos lo intentaron durante cuarenta años, Planck propone algo totalmente nuevo: que los cuerpos del microcosmos (electrones, nucleones, átomos, moléculas) absorben y emiten luz de manera discontinua.

Los electrones sólo absorben o emiten luz en pequeños paquetes de energía, a los que llamó cuantos de energía. Esta palabra viene del latín quantum, que se entiende como cantidad elemental. Por eso se conoce a la contribución de Planck como teoría cuántica o teoría de los cuantos.

Así, de la misma manera como la carga de un cuerpo puede variar según gane o pierda electrones (cuantos de carga), la energía de un objeto sólo puede variar en magnitudes fijas, los cuantos energéticos. Estos cuantos de energía son tan pequeños que el intercambio de energía en los objetos grandes, parece continuo.



A.8 (4 puntos) Observa con mucha atención el video, responde por equipo las siguientes preguntas y entréguelas por escrito

a) Discute con tus compañeros y escriban en 5 renglones qué consideraciones hizo Bohr para proponer su modelo.

b) Discute con tus compañeros las diferencias y similitudes que se observan entre el modelo de Rutherford y el modelo de Bohr. Escriban sus conclusiones en no más de 10 líneas.

c) Discutan cuáles serían las ventajas de usar el modelo de Bohr con respecto a los modelos atómicos revisados hasta ahora.

d) Elaboren y expliquen un dibujo que tome en cuenta los resultados del experimento de los rayos catódicos, del experimento de la lámina de oro y las ideas de Bohr.

e) Crees que las consideraciones energéticas que hizo Bohr en su modelo ¿permiten tener átomos estables o todavía se presenta el problema de que el electrón caiga al núcleo? Discute con tus compañeros y justifiquen sus respuestas.

20 minutos

Convencido de que la mecánica clásica no podía explicar la estructura atómica, en 1912 Bohr (científico danés de 27 años) aplicó la idea de la cuantización previamente desarrollada por Max Planck y propuso un nuevo modelo el cual explicaba perfectamente la aparición de las líneas de emisión del hidrógeno.

Las bases del modelo de Bohr fueron:

-Los electrones en los átomos sólo presentan ciertos estados energéticos estables. Así, no cualquier órbita del modelo planetario estaría permitida para el electrón. Al aplicar la teoría cuántica de Planck, Bohr encontró que sólo ciertas órbitas eran factibles.

-Las leyes del electromagnetismo clásico no son del todo válidas en el nivel atómico. Aunque los electrones son partículas cargadas, no emiten radiación en su viaje alrededor del núcleo, sino solamente *cuando cambian el radio de su órbita*.

-Cada uno de los niveles energéticos corresponde a una posible órbita del electrón alrededor del núcleo.

-Las siguientes son consecuencias importantes del modelo atómico de Bohr:

-La energía del electrón en el átomo está cuantizada, es decir, no puede adoptar cualquier valor.

-La emisión y absorción de luz por los átomos se explica por el tránsito del electrón entre dos de los estados energéticos permitidos.

-Existe un estado de mínima energía, llamado estado basal.

El número entero  $n$ , o número cuántico principal, es suficiente para especificar la órbita del electrón y su energía.

**Se da la razón para cambiar de explicación, se introduce la idea de cuantización como causa primordial para pasar del modelo de Rutherford al modelo de Bohr.**

**Videos tomados de:**

**Thomson <http://www.youtube.com/watch?v=JwdGFZA3W0s&feature=related>**

**Rutherford <http://www.youtube.com/watch?v=bSEOOMs5VNU&feature=related>**

**Bohr [http://www.youtube.com/watch?v=5pZjOu\\_XMbc&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=5pZjOu_XMbc&feature=related)**

A pesar de las ventajas que presenta el modelo de Bohr, éste *no es lo suficientemente fuerte para explicar los fenómenos experimentales que se observan con relación al átomo*, por ejemplo cuando el espectro de emisión del hidrógeno se sometía a la acción de un campo magnético en lugar de presentar cuatro líneas como se mencionó anteriormente, presentaba seis, además se empieza a proponer la idea de que los electrones pueden tener un comportamiento de onda y de partícula. A finales de 1927 Werner Heisenberg físico alemán que colaboró durante muchos años con Niels Bohr, presentó una teoría que consideraba esta naturaleza dual de los electrones y explicaba que como los electrones se movían muy rápidamente no era posible conocer su velocidad y su posición al mismo tiempo, a esto se le conoce como *Principio de Incertidumbre*, el cual está asociado a los sistemas subatómicos.

*A.9 (4 puntos) Realiza la siguiente lectura, discute con tu equipo y contesta por escrito lo que se pide.*

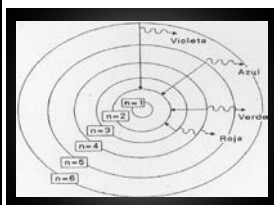
*En 1926 el físico austriaco Erwin Schroedinger publica 4 trabajos en los que utilizó ecuaciones que antes sólo habían sido empleadas para fenómenos ondulatorios (de luz), obteniendo resultados para los átomos (materia). Por eso se le conoce como el creador de la mecánica ondulatoria. Numéricamente obtiene resultados teóricos que confirman perfectamente los datos experimentales. Luego demuestra que su teoría es equivalente a la de Heisenberg.*

*En la mecánica cuántica de Schroedinger, como se le conoce hoy, aparece un ente matemático llamado función de onda, cuya interpretación no quedaba clara, el alemán Max Born indicó que la función de onda proporciona la probabilidad de que el electrón se encuentre en las diversas regiones del espacio vacío del átomo de esta manera nace la interpretación probabilística de la mecánica cuántica. Es decir, nos da información parecida a la densidad poblacional. Si quieres saber en qué ciudad de la República Mexicana hay más personas por metro cuadrado ¿qué harías? Pues seguramente averiguarías el número de habitantes de esa ciudad y el área en metros cuadrados de la misma. ¿Qué crees que encontrarías? Pues seguramente, averiguarías el número de habitantes de esa ciudad y el área en metros cuadrados de la misma, ¿qué encontrarías? Pues seguramente que hay ciudades donde viven más personas por metro cuadrado que en otras, por lo que la probabilidad de encontrar personas en un punto de las ciudades más densamente pobladas es mucho mayor que la probabilidad de encontrar personas en una ciudad con menos densidad de población.*

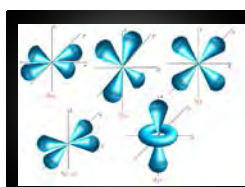
Volviendo a nuestro modelo atómico, resulta que éste propone que los electrones no se encuentran girando en órbitas planetarias, sino que los electrones se encuentran formando una especie de nubes electrónicas alrededor del núcleo. Sin embargo, estas nubes están definidas por la función de onda propuesta por Schrödinger y por tanto tienen una región en el espacio donde la probabilidad de encontrar al electrón es mayor. A estas regiones en el espacio se les conoce como orbitales.

En función de la lectura anterior haz un dibujo sobre cómo te imaginas que sería el átomo.

- Compara tu dibujo con tus compañeros, y discutan las diferencias y similitudes entre ellos. De sus acuerdos, vuelvan a hacer un dibujo donde queden plasmadas sus ideas.
- ¿Cuáles son las diferencias y similitudes entre este modelo del átomo y el modelo de Bohr? Discute con tus compañeros tus ideas y escriban en 10 renglones sus acuerdos.
- ¿Cuáles crees que sean las ventajas y desventajas de este nuevo modelo comparado con los anteriores?
- Tomando en cuenta las siguientes imágenes ¿cuál crees que sea la diferencia entre una órbita y un orbital?



ÓRBITAS



ORBITALES

(Se acepta esta designación pero conviene aclarar que se trata del esquema de la parte angular de los orbitales)

20 minutos

Finalmente se cita al último modelo, se abordó de él lo que en el marco teórico se especificó como relevante y de acuerdo con Garritz y Chamizo (2001).

Para cerrar estas actividades sobre los modelos del átomo y que reflexiones sobre lo realizado hasta ahora, la siguiente actividad la realizarás de forma individual.

A.10 (4 puntos) De tarea diseña un tríptico en donde revises los diferentes modelos del átomo y cuáles serían sus aplicaciones a la química. Es importante que resaltes aquel modelo que tenga un mayor poder para explicar fenómenos y que justifiques tu elección.

Se le dio al estudiante en cada modelo una razón que justificaba el paso hacia el siguiente y constantemente se le pidió que fuera retomando las ideas principales de cada uno de ellos, así en el cuestionario que se aplicó se esperaba que el alumno mostrara conocimiento sobre ellos después de aplicar la estrategia didáctica, éstas son algunas de las justificaciones que se esperaban como respuesta de los alumnos:

Pregunta dos del cuestionario (la respuesta correcta está en negritas)

¿Por qué un bloque de madera puede absorber pintura?

- a) La madera no absorbe la pintura, sólo queda encima de la madera
- b) Porque entre sus partículas existe un vacío, el cual es ocupado por la pintura**
- c) Es otra la explicación ¿cuál?
- d) Desconozco la explicación del fenómeno

Justifica tu respuesta:

**El vacío forma parte de la estructura de la materia ya los griegos hablaban de él y se retoma de manera importante en el modelo de Rutherford.**

Pregunta seis del cuestionario (la respuesta correcta está en negritas)

¿Cuál es el inciso asociado con el modelo atómico de Thomson?

- a) Vacío, movimiento, átomo
- b) Leyes de combinación entre átomos diferentes
- c) Rayos catódicos, electrones, budín con pasas**
- d) Experimento con una lámina de oro

Justifica tu respuesta:

**El modelo de Thomson es el de las semillas con plastilina, las semillas eran como los electrones los cuales, se lograron descubrir con los rayos catódicos.**

