



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA



ESTÁ TERMINADO
DE LA BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“Estudio de las ideas que tiene una población de personas de la Tercera
Edad acerca de la Estructura de la Materia”**

**Trabajo Escrito vía Cursos de Educación Continua, que para obtener el
Título de
Química Farmacéutica Bióloga**

Presenta:

Elisa González Osorio



México, D. F.

**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA**

2005



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.

Jurado Asignado:

Presidenta Profra: Mireya Rodríguez Penagos

Vocal Profra: Guadalupe María Cristina Rueda Alvarado

Secretaria Profra: Silvia Valdez Aragón

1er. Suplente Profra: Teresa Elizabeth Delgado Herrera

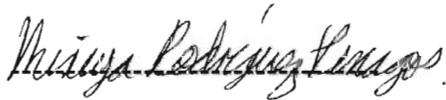
2º. Suplente Profra: Claudia Paola Gómez Tagle Chávez

Sitio donde se desarrolló el Tema:

La investigación se llevó a cabo en el Jardín de la Tercera Edad, ubicado, en la Primera Sección del Bosque de Chapultepec.

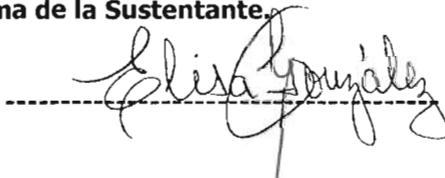
Nombre completo y firma de la Asesora del Tema.

M. en C. Mireya Rodríguez Penagos



Nombre completo y firma de la Sustentante.

Elisa González Osorio



A mis hijos

Perla, Luis Ernesto y Emanuel,

Con todo mi amor

**Por ser el regalo más hermoso que la vida me ha
brindado y porque gracias a su paciencia,
comprensión y cariño, pude alcanzar esta meta.**

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi más completa y sincera gratitud a la Dra. Mireya Rodríguez Penagos, por su apoyo incondicional, porque pude contar en todo momento con su acertada dirección, paciencia y estímulo, sin los cuales no hubiese podido llegar a la realización y culminación de este trabajo.

A mis padres por haberme dado la vida y preocuparse por mi educación.

Al Ing. Luis González Osorio, mi hermano, por el cariño y apoyo que siempre me ha brindado.

A la Ing. Cristina Rueda Alvarado, y a los profesores del Diplomado, a través del cual, me fue posible llegar al cumplimiento de este objetivo.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación académica.

A mi sobrino Alfonso Pimentel Aguilar, al Dr. Guillermo Cobos y al Contador Alberto Reyna Basulto, por su contribución en la realización de este trabajo.

A todos mis queridos amigos y amigas del Jardín de la Tercera Edad.

CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL ESTUDIO DE LA MATERIA.	3
III.- ANTECEDENTES DIDÁCTICOS DE LA ENSEÑANZA DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA	35
IV. OBJETIVOS.	46
IV.1 Objetivo General	46
IV.2 Objetivos Particulares	46
V.- METODOLOGÍA	47
V. 1 Descripción de la Población.	47
V. 2 Elaboración De Cuestionarios	49
V. 3 Análisis Estadístico	53
VI.- RESULTADOS	54
VI. 1 Características De La Población Encuestada	54
VI. 2 Resultados De La Evaluación De Las Preguntas Del Cuestionario	57
VI. 3 Pruebas Estadísticas Aplicadas A Los Resultados Obtenidos De Los Cuestionarios.	60
VI. 4 Análisis Estadístico Aplicado A Las Preguntas De Los Cuestionarios	63
VII.- DISCUSIÓN	74
VIII.- BIBLIOGRAFÍA	83

I.- INTRODUCCIÓN

El Tema de la Estructura de la Materia es fundamental en el estudio de la Química, si se define a ésta, en términos muy generales, como la ciencia que estudia a la materia y sus transformaciones.

La Química nos describe la estructura íntima de la materia y sus propiedades; aquello que no podemos ver ni imaginar, bastante alejado de lo que somos capaces de percibir a través de los sentidos (M. A. Gómez Crespo, 1996).

La materia se manifiesta en todos los materiales que existen en el Universo, en el cual, ante la imposibilidad de abarcar esa infinidad de materiales, el hombre ha creado el concepto de **MATERIA**. El concepto de materia es a los materiales, más o menos, lo que el concepto de infinito es a los números (P. Sosa, 1999).

El trabajo de investigación realizado consistió en conocer las ideas que tiene una población de la llamada "**Tercera Edad**" acerca de la Estructura de la Materia.

Para llevarlo a cabo, primero se hizo una breve reseña histórica de lo que ha sido el estudio de la Estructura de la Materia, con el objeto de comprender lo que ha significado para el hombre llegar al conocimiento de esta estructura y de la naturaleza corpuscular de la misma.

Con el fin de profundizar en el conocimiento de las dificultades que involucra el estudio y la comprensión de la naturaleza corpuscular de la materia, también se realizó una pequeña revisión bibliográfica de estos aspectos, es decir, de las dificultades que presentan los estudiantes de diferentes edades y grados de educación formal en el aprendizaje del tema de la Estructura de la Materia.

Por último, se realizó un trabajo de investigación sobre las ideas que tiene una población acerca de la Estructura de la Materia, que se llevó a cabo con personas de la **"Tercera Edad"**, en un área del Bosque de Chapultepec denominada precisamente, Jardín de la Tercera Edad. Se aplicaron dos clases de cuestionarios a la población escogida al azar, uno, sobre datos personales, el otro; sobre la Estructura de la Materia.

Se les dio un tratamiento estadístico a los resultados obtenidos en los cuestionarios, con el objeto de evaluar cada una de las preguntas realizadas: cuál (es) de ellas era la (s) más difícil y tratar de dilucidar porqué y para conocer cuál es la idea más difundida que tiene la población estudiada acerca del estudio de la materia.

Cabe mencionar que al llevar a cabo la presente investigación se carecía de antecedentes de algún estudio acerca de concepciones alternativas en adultos mayores; así que, por lo anterior, se recurrió a investigaciones realizadas con niños o estudiantes de distintos niveles educativos para conocer las ideas previas o concepciones alternativas que ellos poseen acerca de la Estructura de la Materia y así poder elaborar preguntas dirigidas de igual manera a conocer las concepciones alternativas de este tema entre los adultos mayores.

El conocimiento de la Materia es fundamental en el estudio de la Química por lo que se hacía indispensable revisar aquellos aspectos básicos e inherentes del mismo como son los antecedentes históricos, que ilustran cómo la humanidad en su conjunto ha ido desarrollando el conocimiento para desentrañar la Estructura de la Materia.

La revisión efectuada de estos antecedentes permitió también el poder realizar una interpretación de los resultados de la investigación, que tal vez no hubiese sido del todo acertada y completa de no haberse realizado.

II.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL ESTUDIO DE LA MATERIA.

Históricamente hablando, fueron los griegos los primeros en interesarse por el estudio de la naturaleza, la composición de la materia y los materiales que forman parte del universo (I. Asimov, 1999a, T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Entre los siglos VI y V a. de C. ya se estudiaban los cambios que se observaban en las sustancias, en cómo éstas pasan de la tierra y del agua a formar el cuerpo de las plantas y luego a su vez de éstas a los animales y de ellos de nuevo a la tierra. En la pretensión de buscar explicaciones a las múltiples evidencias de que la materia experimenta transformaciones y queriendo entender estas transformaciones surgieron preguntas tales como: ¿Puede cualquier sustancia transformarse en otra mediante una serie de pasos? y, si puede, ¿No sería posible que todas las sustancias fuesen diferentes aspectos de una misma materia básica?. Es entonces que los filósofos comenzaron a especular sobre la existencia de un único elemento, del cual se conformara toda la materia presente en el universo y que hubiese un componente común de todas las cosas (I. Asimov, 1999a), (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Se le atribuye a Tales de Mileto, quien probablemente existió entre los años 500 y 600 a. de C., el considerar que el agua podría ser el único elemento ya que era la sustancia que además de encontrarse en gran cantidad tenía cualidades importantes, apreciadas ya en ese entonces, como eran: rodear a la tierra, encontrarse en la atmósfera en forma de vapor y ser un elemento imprescindible para la vida, propiedades que eran consideradas extraordinarias (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Posteriormente, Anaxímenes (aproximadamente en el año 546 a. de C.), consideraba que el único elemento debía ser el aire por su capacidad de comprimirse y expandirse sin variar su esencia. Por su parte, Heráclito (aproximadamente en el año 500 a. de C.) proponía al fuego como el elemento único por su continua mutación y porque consideraba que su fogosidad y ardor estaban presentes en todos los cambios observables (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Más tarde, Empédocles (que vivió aproximadamente de 490 a 435 a. de C.), basándose tanto en las cualidades de las sustancias como en las diferencias apreciables entre unas y otras, llegó a la idea de que podía existir más de un elemento constituyente de la materia, proponiendo así su doctrina de los cuatro elementos fundamentales. Estos elementos poseían las cualidades de los elementos que hasta entonces habían sido propuestos como únicos, y simultáneamente ninguno por sí solo poseía todas estas cualidades que conforman a la materia, de esta forma integró los elementos ya propuestos anteriormente como eran:

- El fuego de Heráclito.
- El aire de Anaxímenes.
- El agua de Tales y la tierra, añadida por Empédocles mismo, quedando así la doctrina de los cuatro elementos fundamentales que conforman a la materia (I. Asimov, 1999a, T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Estos cuatro elementos fundamentales serían: un sólido, un líquido, un gas y el fuego, así, cualquier sustancia podría estar formada por la combinación de algunos de ellos o de los cuatro, tal como un pintor forma todos los matices y colores a partir de unos pocos considerados básicos. En cuanto a porqué estos elementos se mantenían unidos en cualquier sustancia, Empédocles lo explicaba suponiendo la existencia de fuerzas de naturaleza divina, una de atracción y otra de repulsión y que al desequilibrarse serían las responsables de los cambios que experimentaban las sustancias (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Un siglo después, Aristóteles (aproximadamente de 383 a 322 a. de C.) propuso, basándose también en las cualidades de las sustancias, una noción de elemento que abarcaba los cuatro propuestos hasta entonces. Cada elemento consistiría en la combinación de dos cualidades que consideraba opuestas: frío-calor y humedad-sequedad que no podrían combinarse entre sí, por lo que el resto de las combinaciones posibles producirían cuatro parejas distintas, calor y sequedad que originarían el fuego; calor y humedad, el aire; frío y humedad, el agua; y frío y sequedad, la tierra. Este sería el origen de cada uno de los elementos, a los cuales atribuía una serie de propiedades que consideraba específicas e innatas, así por ejemplo, era propio de la tierra el caer, mientras que en la naturaleza del fuego y del aire estaba el elevarse. Esto se ilustra a continuación:

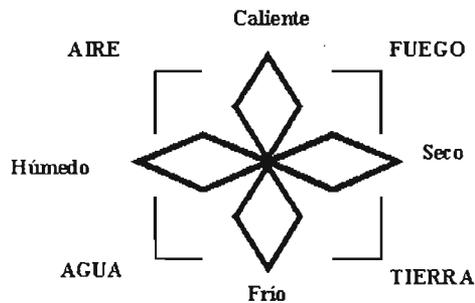


Fig. 1 Esquema de los cuatro elementos fundamentales que conforman a la materia, según Aristóteles.

(T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Aristóteles además supuso que los cielos deberían estar formados por un quinto elemento al que denominó "éter" (término que proviene de una palabra que significa "resplandecer"), al que imaginaba perfecto, eterno e incorruptible, muy distinto de los cuatro elementos imperfectos de la Tierra. Asimismo, Aristóteles atribuía la razón del movimiento a un instinto innato que impulsaba a cada cuerpo a buscar su propio lugar de reposo natural en el universo (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Al mismo tiempo en que se proponía la existencia de uno o de cuatro elementos fundamentales formadores de la materia (de 460 a 360 a. de C.), algunos filósofos como Leucipo primero y Demócrito después, dieron cabida a la posibilidad de la existencia de partículas elementales que formaban a la materia, esta hipótesis se planteó para explicar las interacciones entre la materia, ya que los filósofos antes mencionados se habían dado cuenta de que atribuir un carácter innato a las cualidades de los cuerpos y recurrir al poder divino no favorecía el poder estudiar a las propiedades de las sustancias, por lo que cuestionaron firmemente las explicaciones de carácter divino (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Esta idea sobre la naturaleza de la materia iría abriendo camino a una concepción "más material" sobre ésta, según la cual los constituyentes de la misma serían partículas elementales esparcidas en el vacío. Se atribuye a Demócrito el haber introducido el término átomo que proviene del griego *átomos* que significa indivisible y se forma de *a*, privativa y *temnó*, que quiere decir cortar, dividir. Las partículas elementales serían esos átomos, los cuales explicarían más acertadamente algunos fenómenos observables, como por ejemplo, que muchas piedras están hechas evidentemente de granos de arena adheridos entre sí, aunque hay otras que no tienen esos granos visibles.

Aunado a lo anterior, Demócrito creía que si algo podía dividirse repetidas veces hasta obtenerse partículas apenas visibles y luego se las volvía a dividir muchas veces más, se lograría al fin llegar a partículas pequeñísimas, finalmente indivisibles. Uniendo esta concepción de la materia y el concepto de átomo, se pudieron interpretar fenómenos como el de la evaporación, la difusión, y el crecimiento de los cristales entre otros. Estas ideas sobre la materia y la existencia del átomo encontraron muchas dificultades para ser aceptadas, puesto que no se podían aportar pruebas para demostrar su existencia, sin embargo permitieron proponer el atomismo primitivo (I. Asimov, 1999a, T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Todas estas líneas de pensamiento favorecían la idea de que en la naturaleza era posible cualquier transformación de una sustancia en otra, siempre que se alcanzaran las condiciones adecuadas, todo esto sirvió de estímulo a una gran cantidad de trabajo experimental, el cual fue desarrollado diez siglos después, durante un largo período, al que se le conoce como el de "la alquimia" (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

El período de la alquimia abarca aproximadamente, desde el año 300 a. de C. hasta el año 1650 d. de C., se le considera como el resultado de la unión de la tradición filosófica de los antiguos griegos y la tradición artesanal del antiguo Egipto, las cuales florecieron en Alejandría (Egipto), ciudad fundada por Alejandro Magno en el año 331 a. de C. (Charles E. Mortimer, 1983).

Con el propósito de investigar la naturaleza de la materia, los primeros alquimistas utilizaron técnicas egipcias para el manejo de los materiales. Los libros escritos en Alejandría (que son los libros sobre trabajos químicos considerados como los más antiguos), contenían diagramas de aparatos químicos rudimentarios y descripciones de operaciones que pueden considerarse como los primeros laboratorios y en los que se hablaba de procesos de destilación, cristalización y sublimación.

Los árabes en el siglo VII d. de C., conquistaron amplios territorios del Oeste de Asia y Norte de África, a Egipto en el año 640 d. de C., y a Constantinopla en el año 670 d. de C. y al poco tiempo a todos los centros de la civilización helenística. Fue especialmente en Persia donde los árabes encontraron los restos de la tradición científica griega y tomaron del griego la palabra *alquimia*, que proviene del griego (*chymeia*) y del árabe (*al-ḥimiya*). En manuscritos que se conservan en la Biblioteca Nacional de París se sabe que fue Zósimo, llamado "el Filósofo Divino", el primer escritor griego que en el año 300 d. de C. habló de alquimia (Charles E. Mortimer, 1983, I. Asimov, 1999a).

Los textos griegos de alquimia se tradujeron al árabe, por ejemplo, la palabra *elíxir* que se usa para nombrar al proceso de búsqueda para conservar la juventud proviene de los árabes, quienes lo llamaron así, de *Alíkṣir*. Los árabes definieron a la alquimia como un arte que tenía por objeto transmutar en oro a los demás metales y hallar la piedra filosofal, la cual creían los alquimistas que era aquella o aquel agente transmutante que producía el cambio a oro por medio de operaciones químicas, adicionando a cualquier metal una pequeña cantidad de la piedra filosofal (Charles E. Mortimer, 1983, I. Asimov, 1999a).

Los alquimistas árabes creían que la piedra filosofal, no solamente podría ennoblecer metales, transmutándolos en oro, sino que también podría ennoblecer la vida, curando todas las enfermedades, considerándose así como la panacea universal cuyo significado es el de aquel remedio que es eficaz para curar todas las enfermedades. Se reconoce a Geber (Jabir ibn Hayyam), quien vivió aproximadamente entre los siglos VIII y IX d. de C., como al más célebre de los alquimistas árabes. Se le atribuyen miles de escritos de alquimia, algunos de los cuales fueron muy populares en Europa hacia 1300, en que los escritos eran conocidos como el Jabir Corpus (T. De la Selva, 1998). En ellos se describe por primera vez la obtención de mercurio, a partir del mineral cinabrio. Con esa búsqueda de la piedra filosofal y los trabajos de los alquimistas se conformaría lo que se considera como la antigua química.

Para los alquimistas árabes, los elementos primarios que componían a la materia se encontraban en lo que denominaban principios o cualidades de las cosas. Así, el mercurio y el azufre eran considerados principios correspondientes al líquido y al fuego, respectivamente, y la sal era el elemento representante de la tierra o solidez. Se seguía atribuyendo una importancia fundamental a las cualidades de la materia, hasta el punto de considerar que en ellas residía su verdadera esencia (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

El término "azufre" no denotaba a la sustancia particular de ese nombre sino a un factor en virtud del cual un cuerpo era accesible a la combustión hasta convertirse en cenizas. El "mercurio" designaba a todo lo que destilaba en forma líquida y era considerado el metal por excelencia, ya que por su apariencia se le atribuía una proporción mínima de material terroso. El término "sal", por su parte, se utilizaba para referirse a los residuos sólidos de la combustión porque no era ni volátil ni inflamable (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En los siglos XII y XIII, la alquimia fue gradualmente introducida en Europa por medio de la traducción de los trabajos árabes al latín. La mayoría de las traducciones fueron hechas en España donde después de la conquista islámica en el siglo VIII, se estableció y prosperó una rica cultura mora (Charles E. Mortimer, 1983).

Fue durante la Edad Media en que la alquimia tuvo mayor desarrollo, ésta estaba asociada a prácticas mágicas, con la pretensión de obtener oro, como Brandt de Hamburgo, quien descubrió el fósforo, conocido así actualmente según una voz griega que significa "portador de luz", luego de que mediante cierta preparación al recolectar y calentar orina, ésta relumbrara a causa de que se combina espontáneamente con el aire, en una combustión muy lenta (I. Asimov, 1996b).

En el siglo XIII destacaron cuatro grandes alquimistas, Alberto Magno, alemán, Rogerio Bacon, inglés y los españoles Ramón Lull y Arnaldo de Vilamona. Durante el siglo XV llegó la alquimia a su mayor florecimiento destacándose Jorge Ripley, inglés, Basileo Valenti, alemán, Nicolás Flamel, escritor jurado de la Universidad de París, Isaac el holandés y el español Enrique Villena y aunque no encontraron la tal piedra filosofal, ni el tan deseado elixir de la eterna juventud, iniciaron una serie de descubrimientos inesperados: como el del antimonio, del álcali volátil, haciendo referencia a lo que los árabes habían denominado (*al-qihā*) que significa "la ceniza", del bismuto, del éter y de los ácidos nítrico, sulfúrico y fluorhídrico, luego de hacer infinidad de mezclas de sustancias y de someterlas a destilación, proceso que les permitió destilar alcohol, de manera sorpresiva utilizando un alambique (I. Asimov, 1999a).

Es importante destacar que el largo período de la alquimia contribuyó de alguna manera al conocimiento de la Estructura de la Materia, especialmente, la escuela arábica, que además de mantener vivo el recuerdo de la cultura griega impulsó técnicas experimentales ligadas a las artesanías y al descubrimiento de reactivos que permitieron el posterior desarrollo de la experimentación de manera sistemática. También preservaron gran cantidad de datos que recibieron del pasado, los incrementaron y los legaron a posteriores generaciones; si el avance se hubiese dado durante ese largo periodo también en lo referente a nuevas estructuras de pensamiento, tal vez se hubiera podido promover también un avance en la concepción de la naturaleza de la materia.

Se dice que el período final de la alquimia se sucedió hacia finales del siglo XVII, cuando habiendo ya transcurrido muchísimos años, casi nueve siglos, se dio la transición a la química; la teoría de que el azufre, el mercurio y la sal eran los principios constitutivos de la materia se mantuvo a través de todos esos siglos como una teoría alterna a la de los cuatro elementos, y hacia finales de ese siglo las teorías y actitudes de los alquimistas comenzaron a ser cuestionadas (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Hacia finales del siglo XVII, se sucedieron grandes transformaciones de pensamiento que cambiarían las concepciones del mundo, y por supuesto, los conocimientos existentes acerca de la Estructura de la Materia. La humanidad se estaba transformando, luego del largo período de oscurantismo que significó la Edad Media. Esto se dio con la aparición de grandes personajes como Joham Joachim Becher, alemán (1635 – 1682), quien en una obra trascendente titulada *Alphabetum minerale seu viginti quatuor chymicae*, la cual fue publicada en 1682, el año de su muerte, y en la que explicaba con todo detalle que la materia estaba constituida por tres “tierras” diferentes, terra-fusiles, terra-grasa y terra-mercurialis; y era la terra-grasa, opinaba Becher, la que se encontraba en todas las sustancias combustibles y carbonizables y que esta terra-grasa se escapaba al producirse la combustión.

Esta obra influyó en el orden de las ideas y en la forma de pensar de casi todos los filósofos de la naturaleza del siguiente siglo (H. García, 1994), porque de este planteamiento habría de surgir un teoría sobre el fuego y la combustión que sería considerada como una de las más perfectas (precursora de la teoría del flogisto), durante el siguiente siglo, incluso por filósofos de la talla de Kant, quien fuera maestro de mineralogía y mecánica en Koenigsberg.

También durante el siglo XVIII el químico irlandés Robert Boyle (1627 - 1691), publicó en 1661 el libro "El químico escéptico", con el cual se abandonaron las ideas que hasta entonces habían predominado acerca de la composición de la materia, y que correspondían aún a las de los alquimistas (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Con Boyle se dio inicio a una nueva era en el conocimiento de la Estructura de la Materia, ya que éste rechazaba la existencia de las sustancias fundamentales simples y apoyaba que la materia estaba formada por pequeñísimas condensaciones de la misma que podían asociarse o separarse entre sí originando las sustancias y los cuerpos (H. García, 1994).

De hecho Boyle mismo, creía aún en la transmutación de los metales conocidos en oro, señalaba que cabía la posibilidad de que esto fuera cierto, sin embargo, criticaba severamente el pensamiento alquímico, ya que Boyle recalcó que la teoría química debería obtenerse a partir de la evidencia experimental (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Además de lo anterior, Boyle determinó la relación entre el volumen y la presión de una cierta cantidad de aire, una proporción inversa simple, a la que se conoce actualmente como "Ley de Boyle" (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Posteriormente, Mariotte (1630-1684) especificó que para que fuese cierta la relación entre el volumen y la presión; la temperatura debería mantenerse constante (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

La transición a la química, entendida ésta última como una disciplina formal, tal y como se establece actualmente, se puede situar, a partir de que renacen en Europa dos tendencias antiguas en la filosofía natural: la mecanicista, relacionada con la tradición de pensamiento materialista-atomista y la vitalista, relacionada con la tradición de pensamiento idealista (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

La tendencia mecanicista desarrollada por Descartes (1596-1650) y Newton (1643-1727) consideraba que el mundo estaba formado por unidades o átomos que eran materiales inertes y todos semejantes y que los cuerpos materiales recibían el movimiento de fuerzas externas de carácter mecánico (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En la tendencia vitalista, denominada ahora iatroquímica (era ésta una rama de la alquimia asociada con la medicina) e iniciada por Paracelso (Teofrasto Bombast Von Hohenheim, 1493-1541), médico y alquimista alemán, se consideraba que cualquier sustancia, incluso los minerales y los compuestos químicos elementales, estaban impregnados de una fuerza vital que causaba su crecimiento y determinaba su forma. Es decir, el desarrollo y el movimiento de los materiales eran atribuidos a una fuerza vital interna y no a fuentes externas de energía. Esta escuela fue especialmente fuerte en Alemania y aceptaba todavía la teoría de los principios de la alquimia y de ésta misma y hacia finales del siglo XVII, surgió la teoría del flogisto (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

La teoría del flogisto, en esencia, consistía en considerar que la combustión entrañaba la descomposición de los cuerpos en sus partes constituyentes y que todos los cuerpos susceptibles de sufrir una combustión contenían en su composición la esencia sulfurosa que se desprendía durante el proceso (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En el siglo XV la única sustancia gaseosa conocida y estudiada era el aire, Van Helmont (1577-1644) denominó "Gas" a todas las sustancias similares a él, sus experimentos le permitieron aislar los vapores producidos por la madera al arder, similares al aire pero con diferentes propiedades (por ejemplo, un ratón encerrado en un recipiente lleno con estos vapores moría rápidamente). La realización de este tipo de estudios fue posible gracias a las técnicas precisas de medición que se estaban desarrollando (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

A su vez, Torricelli (1608-1647) logró probar en 1643 que el aire ejercía presión mostrando que podía sostener una columna de mercurio de 70 cm. de altura (lo cual fue aplicado a la construcción del barómetro) y, posteriormente, el físico alemán Otto Von Guericke (1602-1686) determinó la presión ejercida por el peso de la atmósfera (I. Asimov, 1999a, T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Con esta cascada de descubrimientos, los gases iban perdiendo su misterio y empezaban a ser considerados materiales porque poseían peso como los líquidos y los sólidos, de los cuales se diferenciaban por tener densidades mucho más bajas. Al considerarse que las sustancias gaseosas no sólo eran liberadas por los sólidos y los líquidos, sino que también podían combinarse con ellos, los gases empezaron a ser considerados como una variedad de la materia que poseía propiedades en común con los sólidos y líquidos hasta entonces conocidos y estudiados (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En 1703 George Ernest Stalh (1660-1734) asignó al elemento que permitía la combustión, el nuevo nombre de "*Flogisto*", de la palabra griega (*phlogistós*) que significa inflamable, queriendo expresar el movimiento del calor o el movimiento del fuego. El flogisto sería un elemento esencial en todos los cuerpos combustibles (aceites, grasas, madera, carbón y otros) que escapaba de ellos cuando se quemaban, pasando a la atmósfera y quedando un residuo más ligero (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

La teoría del flogisto se mantuvo en las mentes de los científicos por más de 150 años (T. De la Selva, 1998), en ella se aprecia una influencia de las doctrinas primitivas según las cuales las sustancias en general se componían de materia y espíritu que podían separarse escapándose el espíritu de la materia cuando ésta era sometida al calor.

A principios del siglo XVIII, Hales (1677 – 1761), daría otro gran paso al desarrollar una técnica sencilla para recoger gases sobre agua. Los vapores formados en una reacción eran conducidos a través de un tubo al interior de un recipiente con agua que se hallaba invertido sobre una palangana también con agua; el gas burbujeaba en el recipiente y era retenido en su parte superior, desplazando al agua que bajaba de nivel (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Durante la segunda mitad del siglo XVIII la química aceptaba y trabajaba inmersa en la teoría del flogisto y en la doctrina griega de los cuatro elementos, si bien se iba desarrollando la experimentación produciéndose gran cantidad de conocimientos empíricos; por ejemplo, aunque el agua, el aire y el fuego (flogisto) seguían siendo considerados los elementos esenciales de la composición de la materia, no ocurría lo mismo con la tierra, al haberse reconocido varios tipos de elementos dentro de ella (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Más tarde, J. Black (1728-1799), médico escocés, aisló un gas que se produce al calentar caliza (carbonato cálcico) y descomponerla en cal (óxido de calcio), al que denominó "Aire Fijo" (dióxido de carbono). También comprobó que este gas se combinaba con el óxido de calcio para dar de nuevo carbonato cálcico. Con esto en mente, Black encontró que cuando el óxido de calcio es abandonado en el aire, éste vuelve lentamente a carbonato cálcico, lo que lo llevó a postular la existencia de pequeñas cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera. De este descubrimiento partieron las primeras indicaciones de que el aire no era una sustancia simple y por lo tanto no era un elemento (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Una vez abierto el camino hacia nuevas propuestas y pudiéndose disponer de la tecnología suficiente, las investigaciones en la química progresaron con rapidez. Enrique Cavendish (1731-1810), físico experimental, estudió el gas hidrógeno que se formaba cuando ciertos metales reaccionaban con los ácidos, sugiriendo que pudiese ser el mismísimo flogisto (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En 1774, el inglés Joe Priestley (1733-1804) aisló el oxígeno (aunque desconoció que se trataba de este elemento). En esos años ya se conocía que calentando mercurio en el aire se formaba un calcinado de color rojo ladrillo (ahora llamado óxido de mercurio), Priestley consiguió aislar el oxígeno, colocando el óxido de mercurio en un recipiente cerrado cuyo extremo hizo pasar a través de una cubeta, a una columna invertida conteniendo mercurio (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En este gas, el oxígeno, los combustibles ardían antes que en el aire y con más brillo y, para explicarlo, Priestley recurrió a la teoría del flogisto: si los combustibles ardían con tanta facilidad, debía ser porque el gas les extraía el flogisto, por tanto podía tratarse de una muestra de aire carente de este elemento y capaz de aceptar un nuevo aporte con especial avidez. Por esta razón, lo denominó "aire desflogistizado" (I. Asimov, 1999a).

El desarrollo del atomismo tal como se le conoce actualmente, aparece ligado fundamentalmente, a la posibilidad de estudiar y conocer la naturaleza de los gases, lo cual sucedió hacia finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX. Cuando la atención de los investigadores se centró sólo en los líquidos y en los sólidos no se aportaron más pruebas del atomismo que en los tiempos de Demócrito. ¿Porqué sucedió esto?, porque la palabra **átomo** proviene del griego *átomos* que significa indivisible y se forma de *a* privativa y *temnó*, que quiere decir cortar, dividir, si el átomo era considerada la parte más pequeña de lo que estaba constituida la materia, representaba por mucho tiempo el último límite de la divisibilidad de ésta y se consideraba en ese entonces como indivisible.

Luego entonces, si los sólidos y los líquidos sólo podían comprimirse en proporciones insignificantes, no era posible a través de los sólidos y los líquidos llegar al átomo (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Sin embargo, si los gases se podían comprimir, el estudio de la naturaleza de los gases acortaba el camino para llegar a conocer esa muy pequeña y última parte de lo que estaba constituida la materia. Los líquidos y los sólidos no podían comprimirse y si lo hacían era sólo en proporciones insignificantes, lo cual indicaba que si estuviesen hechos de una materia continua, sería muy difícil comprimirlos ¿Porqué entonces preocuparse por los átomos si no se podía hasta ese momento tener evidencias palpables de su existencia?. Que el aire se comprimía con facilidad, ya había sido puesto de manifiesto anteriormente y ¿cómo podía ocurrir eso, a menos que los gases estuviesen formados por partículas minúsculas separadas por espacios vacíos? (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Una vez que se aceptó este tipo de estructura para los gases, resultaba fácil imaginar la existencia de átomos también en líquidos y sólidos. Por ejemplo, la evaporación del agua se podía explicar en términos de que las partículas minúsculas o átomos que la componen se separan. Y, si esto es cierto para el agua, ¿por qué no para todas las sustancias? (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Estos argumentos resultaban convincentes y, por primera vez desde que los átomos habían sido imaginados como partículas elementales, dos mil años antes, el atomismo comenzó a ganar adeptos. No obstante, los átomos seguían siendo una idea, no había sido posible demostrar nada acerca de ellos, sin embargo si se aceptaba su existencia resultaba más fácil explicar el comportamiento de la materia (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

El atomismo primitivo se puede considerar que corresponde a las teorías de los antiguos griegos, quienes sostenían, que la subdivisión de la materia conduciría finalmente a los átomos. Estas teorías se basaban en el pensamiento abstracto y no en la experimentación.

Durante casi dos mil años, la teoría atómica permaneció como una simple especulación y transcurrieron todos esos años, para que se diera, después de mucho tiempo de búsqueda y experimentación (lo cual sucedió hacia finales del siglo XVIII), lo que se puede calificar como la madurez en el pensamiento científico.

En éste se puede establecer que la materia no está constituida de partículas indivisibles y eternas llamadas átomos, sino que éstos son los constituyentes últimos de la materia (R. C. Rosado, F. M. Nicolau, 1973).

A Antonio Lorenzo Lavoisier (1743 - 1794), químico y físico francés hacia finales del siglo XVIII, se le puede presentar como fundador de la Química Moderna, ya que ingresó a la Academia de Ciencias, desde muy joven, luego de que durante un corto tiempo se interesó por la geología y de donde pasó pronto al estudio de la materia y sus transformaciones a la que se dedicaría toda su vida. Lo atrajeron enormemente, los descubrimientos del inglés Priestley acerca de los gases, habiendo tenido comunicación con él por la visita de éste a Francia en 1774, en la que, ante reconocidos miembros de la Academia de Ciencias explicó sus experiencias del "aire desflogistizado". Lavoisier realizó nuevamente los experimentos de Priestley y llamó "oxígeno" al que Priestley había llamado "aire desflogistizado", habiendo comprendido su significado y publicándolo en 1775. (Charles E. Mortimer, 1983), (H. García, 1994), (T. De la Selva, 1998), (I. Asimov, 1999a), (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En el transcurso de sus experimentos, Lavoisier notó que si se tenían en cuenta todas las sustancias participantes en una reacción y todos los productos formados, nunca se producía un cambio de peso o masa. Más tarde sintetizó agua a partir de sus componentes, de lo cual extrajo la conclusión de que ésta no era un elemento, sino un compuesto de hidrógeno y oxígeno.

Todos estos conocimientos le llevaron a formular una teoría para la combustión basada en la combinación de las sustancias con el oxígeno, la cual explicaba los hechos establecidos de manera más satisfactoria que la teoría del flogisto, de forma que ésta comenzó a perder terreno (H. García, 1994), (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Lavoisier, en 1777, estableció que:

- a) el "aire desflogistizado", era un componente del aire natural, y que éste en consecuencia no era una sustancia simple, sino una mezcla;
- b) que durante la combustión este "aire desflogistizado", se unía al metal o a las sustancias que se quemaban en él y por eso el producto de aquélla pesaba más;
- c) que el peso ganado por los metales al quemarse era igual al peso perdido por el aire natural en el que se quemaban.

Con todo lo anterior postuló una ley que fue llamada "Ley de Conservación de la Materia", la cual establece que: "Nada se crea, nada se destruye, todo se transforma" (H. García, 1994).

Lavoisier, contribuyó enormemente al conocimiento de la Estructura de la Materia, provocando además el surgimiento de la química como ciencia independiente al postular : "Si vinculamos al nombre de elementos, o de principios de los cuerpos, la idea del último término al que llega el análisis; todas las sustancias que todavía no hemos podido descomponer son para nosotros elementos" (H. García, 1994).

La palabra "*elemento*" procede de la palabra latina (*elementum*) y aunque nadie conoce el origen de esta palabra latina, sí podemos afirmar que llegó a significar algo simple con el que están hechas las cosas complejas (I. Asimov, 1996b).

Se califica además a Lavoisier como fundador de la Química Moderna, porque con este postulado, da cabida a la posibilidad de que sus experiencias además de verificables y reproducibles, transformaran lo que hasta entonces había sido una actividad dispersa, especulativa, un tanto dudosa y seudofilosófica, en una ciencia formal, dotada de principios, bases, sistemas y campo propios y más aún capaz de desarrollar sus propios métodos y alcanzar conocimientos específicos (H. García, 1994).

En su obra Elementos de Química publicada en 1789, Lavoisier obtuvo hasta veintitrés sustancias auténticamente elementales (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

A comienzos del siglo XIX ya existían condiciones suficientes para formular una noción de átomo en términos científicos, que pudiera convertirse en una teoría fecunda y dándose un paso más hacia el conocimiento de la Estructura de la Materia (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Los estudios sobre la naturaleza de los gases y los conocimientos sobre las combinaciones químicas dieron oportunidad a Dalton (1766-1844) para proponer su Teoría Atómica, ya que él retomando el término átomo, surgido de los griegos, se referiría a éstos como las pequeñas partículas que formaban a la materia, dando lugar de manera extraordinaria, a un gran avance en el conocimiento de la Estructura de la Materia (I. Asimov, 1999a).

Sus primeros trabajos se centraron en la expansión de los gases. En uno de ellos, pasó a través de agua un volumen de nitrógeno que desplazó su propio volumen. Repitió el proceso, utilizando un volumen dado de oxígeno, que desplazó el mismo volumen de agua. Volvió a hacerlo con los dos gases juntos y comprobó que desplazaban un volumen igual a la suma de ambos.

Estos resultados los expresaría más adelante en una ley conocida como "Ley de Dalton de las presiones parciales"; la cual afirma que "la presión total ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones individuales de los diferentes gases que componen la mezcla" (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

John Dalton (1766 – 1844) fue un físico y químico inglés, quien en 1794 fue elegido miembro de la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester. En 1803 publicó una obra acerca de la absorción de gases por el agua y otros líquidos que contenía su Ley de las Presiones Parciales, llamada también "Ley de Dalton".

En el mismo año expuso ante los miembros de la Literary and Philosophical Society de Manchester los principios fundamentales de la hipótesis atómica que fue desarrollando con mayor extensión en un curso impartido por él en el Instituto Real de Londres, realizando una importantísima contribución al conocimiento de la Estructura de la Materia.

De 1803 a 1804, la hipótesis atómica de Dalton, empezó a ser divulgada, por Thomas Thomson, para luego ser publicada en 1808 en el primer tomo de su *New System of Chemical Philosophy*, donde Dalton enunció sus ideas sobre la estructura atómica, estableciendo que:

- 1) Toda materia se compone de unidades últimas llamadas átomos;
- 2) Cada elemento se compone de un tipo particular de átomo;
- 3) Todos los átomos de un elemento tienen propiedades idénticas,
- 4) La combinación química es la unión de átomos en determinada proporción numérica (P. Ander, A. J. Sonnessa, 1973).

Dalton convirtió además su Teoría Atómica en cuantitativa, demostrando que era posible determinar las masas relativas de los átomos de diferentes elementos. Él creía que todos los átomos de un elemento dado tienen masas atómicas iguales, hoy en día se sabe que algunos elementos consisten en varios tipos de átomos que difieren entre sí en su masa y a los que se les llaman isótopos y que reaccionan químicamente de la misma forma, postulando con esto la ley de la conservación de la masa; ya que no hay cambios detectables en la masa, durante el transcurso de una reacción química (Charles E. Mortimer, 1983).

Puesto que las reacciones químicas consisten en la separación y unión de átomos y debido a que los átomos no se crean ni se destruyen en estos procesos, la masa total de todos los materiales que participan en una reacción química, deben ser iguales a la masa total de todos los productos de la reacción.

En el postulado de la teoría de Dalton se explica, la ley de las proporciones definidas, la cual dice que un compuesto puro siempre contiene los mismos elementos combinados en las mismas proporciones en masa. Puesto que un compuesto dado es el resultado de la combinación de átomos de dos o más elementos en una proporción fija, las proporciones por masa de los elementos presentes en el compuesto también son fijas (Charles E. Mortimer, 1983).

Los postulados de la teoría de Dalton explican la conservación de la masa y la ley de composición definida, pudiendo también predecir la ley de proporciones múltiples, que Juan Jacobo Berzelius descubrió más tarde, en 1812, cuando escribió esta afirmación "la ley de las proporciones múltiples es un misterio, excepto por la hipótesis atómica y hasta donde yo he sido capaz de juzgar, todos los resultados hasta ahora obtenidos han contribuido a justificar la hipótesis" (Teresa de la Selva, 1998). Esta ley establece que si un par de elementos forma más de un compuesto, el peso de uno de ellos se puede considerar como fijo y el peso del segundo estará en la relación de enteros en los compuestos.

Hay que reconocer a Dalton el mérito de haber formulado esta gran teoría, tal vez la más importante de toda la historia de la Química y del conocimiento de la Estructura de la Materia. Estas nuevas concepciones permitirían explicar de forma simple, muchos de los conocimientos y leyes que se estaban investigando en ese momento. Sin embargo hay que señalar que la teoría de Dalton no fue aceptada inmediatamente, ya que carecía de la firmeza necesaria porque con su "regla de la mayor simplicidad" en la combinación de los átomos, llegó a proponer fórmulas incorrectas para sustancias, entonces conocidas como el agua (HO , en vez de H_2O) ó el amoniaco (NH en vez de NH_3) (C. Furió, K. Padilla, 2004).

Por las mismas fechas (1808) Joseph Louis Gay Lussac (1778-1850) formuló la ley de los volúmenes de combinación según la cual, cuando se produce una reacción química, los volúmenes de las sustancias gaseosas que intervienen guardan entre sí una relación dada por números sencillos.

Resultados experimentales, tales como que un volumen de oxígeno reacciona con dos volúmenes de hidrógeno, para dar dos volúmenes de agua, no podían ser explicados por los supuestos de la teoría de Dalton, requiriéndose por lo tanto de precisiones y no sólo de explicaciones teóricas (C. Furió, K. Padilla, 2004), (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Se suscitó en aquellos años, por cuestiones de tipo matemático una polémica muy intensa entre quienes definían sus posiciones teóricas en las combinaciones de las sustancias, desde que el químico alemán Jeremías Richter (1762-1807), quien además era matemático y pretendía matematizar la química, introdujo la estequiometría (palabra derivada del griego *stoicheion* que significa "elemento" y *metron* que significa "medir") para cuantificar las proporciones ponderales (en masa) con que se combinaban los elementos en las sustancias, por lo que se dedicó a buscar regularidades en las proporciones de sus pesos de combinación hasta llegar a formular lo que se conoce como la "Ley de proporciones recíprocas", generalizada en 1792 y que expresa "Todas las reacciones químicas se llevan a cabo en proporciones de peso representados por 'pesos equivalentes' elementales.

Para cada elemento se debe asignar uno o más 'pesos equivalentes' que pueden llegar a formar una serie integral de pequeños submúltiplos de números enteros" (Rocke, 1984), (C. Furió, K. Padilla, 2004).

Posteriormente en 1799, Joseph Louis Proust (1754-1826), propone su "Ley de las Proporciones definidas", en la que señalaba que una sustancia pura, debería tener un conjunto de características definidas y entre ellas su composición en masa habría de ser invariable (Charles E. Mortimer, 1983, I. Asimov, 1999a).

Estas afirmaciones serían a su vez aceptadas por muchos químicos, pero cuestionadas por otros, como Claude-Louis Berthollet (1748-1822), quien afirmaba, que un compuesto no tiene composición constante, sino variable, dependiendo de la forma en que se ha obtenido (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Todo esto explica el cuestionamiento de las ideas que se encontraban muy arraigadas en aquella época, en la cual interactuaban fuertemente las opiniones de los científicos mencionados y cuyo meollo era, la ya señalada polémica entre equivalentistas y atomistas respectivamente y que no permitía explicar satisfactoriamente la ley de los volúmenes de combinación, formulada por Gay-Lussac (1778-1850) (C. Furió, K. Padilla, 2004).

No fue, sino hasta que el italiano Amedeo Avogadro (1776-1856) concilió la teoría atómica de Dalton con la ley de los volúmenes de combinación de Gay-Lussac cuando él formuló en 1811, su famosa ley conocida hoy todavía como "Hipótesis de Avogadro", (su primera hipótesis), la cual señala que:

"Volúmenes iguales de diferentes gases en las mismas condiciones de presión y temperatura, tienen el mismo número de moléculas" (C. Furió, K. Padilla, 2004). Al formular esta hipótesis consideraba que el volumen ocupado por un gas depende fundamentalmente de las distancias entre sus moléculas y no del tamaño de las mismas.

También introdujo el concepto de "Molécula" distinguiéndolo del de "Átomo" esta propuesta constituye su segunda hipótesis, (a diferencia de Dalton que utilizó los conceptos de "Átomo" y "Átomo compuesto").

Desgraciadamente la hipótesis de Avogadro no sería admitida por la comunidad científica de la época y hasta 1858 quedó en el olvido, hasta el Congreso de Karlsruhe en 1860, en que se propone la existencia de sustancias simples gaseosas y de moléculas formadas por dos o más átomos iguales. Más tarde Cannizaro (1826-1910) la haría resurgir demostrando que con ella se solucionaba algunos de los problemas entonces en discusión (C. Furió, K. Padilla, 2004).

Con todos estos avances estaba abonado el terreno para lo que actualmente se conoce como "La teoría Cinética de los gases", la cual no se hubiese podido proponer anteriormente, sin la contribución de Dalton y luego de Avogadro, cuando ya se podía plantear que la materia debía estar compuesta de partículas discretas a las que se les denominó como moléculas, y partiendo de este supuesto, calcular la presión de un gas de acuerdo con las propiedades estrictamente mecánicas de las mismas, tales como su masa y su velocidad.

En cualquier teoría, es necesario hacer ciertas suposiciones que son los fundamentos de dicha teoría y, en consecuencia, esa teoría tendrá tanta validez como tengan las suposiciones que se hacen (P. Ander, A. J. Sonnessa, 1973). Las suposiciones de la teoría cinética de los gases comprende un modelo idealizado de un gas, que se puede usar para explicar las propiedades que en él se observan. En su forma más simple, las suposiciones de la teoría cinética, se pueden formular como sigue:

- 1) Todos los gases consisten de moléculas que están en movimiento continuo y al azar y se desplazan en línea recta entre los puntos de colisión.
- 2) En un determinado volumen, el número de moléculas es muy grande y el volumen ocupado por las moléculas mismas es desdeñable, en comparación con el volumen total del recipiente.

3) Las moléculas son esferas pequeñas y duras y no ejercen fuerzas unas sobre otras, excepto en el momento de una colisión.

4) Los impactos de las moléculas, unas contra otras y contra las paredes del recipiente, son perfectamente elásticos. Colisión elástica es aquella en la que el único cambio de energía se produce en la energía cinética del cuerpo que choca, en el momento de la colisión; sin embargo, la energía debe conservarse en la colisión, de tal modo que si una molécula gana energía cinética, la otra debe perder una cantidad igual de energía (P. Ander, A. J. Sonnessa, 1973).

La teoría atómica propuesta por Dalton había permitido acercarse al conocimiento de la Estructura de la Materia pero requería y exigía la contribución de la Física, que hasta la primera mitad del siglo XIX seguía ajena a la noción del átomo.

Los físicos en su conjunto, aún a principios del siglo XIX, no apreciaban la fecundidad de la concepción que Dalton había propuesto acerca del átomo y se fue más bien introduciendo y teniendo significado en ellos, la estructura discontinua de la materia principalmente dentro del campo de la termodinámica (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Para el avance en el desarrollo de estas ideas, James Clerk Maxwell (1831-1879), físico escocés, publicó en 1859 su obra "Ilustración de la teoría dinámica de los gases", demostrando que no todas las moléculas tienen la misma velocidad y formulando una ley de distribución de sus velocidades que sería completada y perfeccionada por Ludwig Boltzmann (1844-1906), físico austríaco. Posteriormente en 1845, Loschmidt (1821-1895) lograría determinar tanto el orden del diámetro molecular (10^{-8} cm = 1 Angstrom) como el número de moléculas contenidas en un mol de gas (el número de Avogadro N_A) que era del orden de 10^{23} . El valor actual de dicho número es 6.02372×10^{23} (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

El surgimiento de la Teoría Atómica aportó los fundamentos sobre los cuales se ha ido estructurando cada vez más el conocimiento que el hombre posee acerca de la Estructura de la Materia, el cual ha requerido para su comprensión de la contribución en menor o mayor grado de connotados científicos, entre los que se encuentra Faraday quien con sus experimentos sobre la electrólisis marcó el inicio para que se encontraran los componentes eléctricos de los átomos, luego de que hacia finales del siglo XIX surgió la idea de que el átomo mismo podría estar compuesto de partículas más pequeñas todavía (Charles E. Mortimer, 1983).

A fines del siglo XIX y principios del XX, los químicos conocían las hipótesis atómicas, sin embargo la comunidad científica no creía que los átomos existieran en realidad, por ejemplo, en Oxford, sir Benjamin Collins Brodie (1817-1880) escribió artículos y libros para demostrar que los átomos no eran necesarios en química (E. Segré, 1976).

Otro "antiatomista" fue Wilhelm Ostwald (1853-1932) prominente químico alemán y uno de los primeros ganadores del premio Nobel (1901), que en 1887 expuso su doctrina de la "energética" en la que decía que todos los fenómenos podían ser explicados mediante la interacción de la energía sin necesidad de átomos (E. Segré, 1976).

Se considera que el fenómeno conocido como "Movimiento Browniano" es la primera evidencia directa del movimiento de los átomos y moléculas y por lo tanto, de su existencia. Se denominó así a este fenómeno en honor del botánico inglés Brown (1773-1858), quien observó con el microscopio el constante movimiento de pequeños granos de polen suspendidos en un líquido y lo reportó en 1827. No fue sino hasta 50 años después que Carbonnelle (1829-1889) atribuyera este movimiento a la agitación térmica. Posteriormente en 1906, Smoluchowski (1872-1917) y Einstein (1879-1955) formularon una teoría para el "Movimiento Browniano", basada en la mecánica estadística (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Otra de las contribuciones que se hicieron para que la existencia del átomo fuera aceptada, la llevó a cabo Jean Baptiste Perrin (1870-1942) físico francés quien entre 1900 y 1910 realizó numerosas determinaciones, por métodos muy diferentes, del número de Avogadro (constante fundamental dentro del atomismo). La notable coincidencia en estas determinaciones constituyó una evidencia muy convincente de la existencia de átomos y moléculas (Charles E. Mortimer, 1983), (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En los años de 1895 a 1897 se hicieron varios descubrimientos importantes que condujeron a la comprensión de la estructura atómica: los rayos X, el electrón, el efecto Zeeman y la radioactividad (E. Segré, 1976).

Michael Faraday (1791 – 1867), concebía la teoría atómica como un concepto que podría representar o no la realidad, llevando a cabo, una importante serie de experimentos sobre electrólisis química en los cuales los compuestos se descomponen por electricidad. Faraday estudió la relación entre la cantidad de electricidad usada y la cantidad de compuesto descompuesto y formuló las leyes de la electrólisis química (Charles E. Mortimer, 1983).

Apoyándose en los trabajos de Faraday, George Johnstone Stoney propuso en 1874, que las unidades de carga eléctrica están asociadas con los átomos, y sugirió en 1891, que esas unidades se llamaran electrones (Charles E. Mortimer, 1983).

Ludwing Boltzmann apoyaba la existencia física de los átomos, cuando los científicos de finales del siglo XIX mantenían la incógnita de que los átomos fuesen reales o imaginarios (Charles E. Mortimer, 1983).

En el año de 1904, se realizó un debate presidido por importantes científicos internacionales en la Feria Mundial de St. Louis, U. S. A., en ella Friedrich Wilhelm Ostwald, químico ruso-germano, (1853 – 1932), argumentó en contra de la existencia de los átomos y Jacobus Van `t Hoof y Boltzmann, defendieron la posición contraria.

Suponiendo asimismo, que detrás de las apariencias de continuidad en los fenómenos observables se esconde, en una escala mucho más pequeña, otra realidad en la que estas entidades discontinuas juegan un papel fundamental, y todo esto, parecía cada día estar más y más corroborado por la experiencia (Charles E. Mortimer, 1983).

Resulta interesante e ilustra algunas peculiaridades del desarrollo de la ciencia, reparar en el hecho de que, a la vez que se obtenían múltiples evidencias más o menos directas de su existencia, estas entidades iban a perder algunas de las características que las definían debido a nuevos desarrollos teóricos y nuevas evidencias.

Hacia fines del siglo XIX, por ejemplo, surgió la idea de que el átomo mismo podría estar compuesto de partículas más pequeñas todavía, éste fue un punto de vista que apareció a raíz de los experimentos con la electricidad (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Entre 1807 y 1808 el químico inglés Humphry Davy descubrió cinco elementos (potasio, sodio, calcio, estroncio y bario) utilizando electricidad en la descomposición de compuestos y argumentando que se mantienen juntos por atracciones de naturaleza eléctrica (Charles E. Mortimer, 1983).

Mientras se iban acrecentando las nociones acerca de los átomos y las moléculas, aún cuando todavía no se disponía de evidencias claras de ellas; ya que su existencia no fue realmente puesta de manifiesto entonces, sino hasta mucho tiempo después con la introducción de la Física en el estudio de estas partículas; curiosamente las primeras teorías propuestas estaban dejando de ser la última palabra en el conocimiento científico sobre la naturaleza de la materia (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

En los primeros años del siglo XX algunos fundamentos de la teoría atómica estaban siendo refutados por los experimentos de Joseph J. Thomson (1856-1940), sobre los rayos catódicos, en los campos eléctrico y magnético y las propuestas de Rutherford (1871-1937) acerca de la existencia del protón, como constituyente de los núcleos atómicos, ya que Rutherford concluyó que la electricidad (+) positiva, del átomo, no era como creía Thomson, un fluido que ocupa todo el espacio atómico, sino que estaba concentrada en un núcleo central compacto que reúne la mayor parte de la masa atómica, y que es diez mil veces más pequeña que el átomo mismo, y luego de Ernest Bohr (1885-1962), quien sugiere la existencia de un núcleo en el centro del átomo, y posteriormente, en 1932, el físico inglés James Chadwick descubrió una partícula sin carga, con una masa semejante a la del protón y a la que denominó neutrón, que demostraban que la imagen de la materia en la que los átomos constituían las partículas más elementales tenía que ser revisada por la ya inminente y desenfadada carrera a desentrañar la Estructura de la Materia (Charles E. Mortimer, 1983), (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

Relacionado con lo anterior, el descubrimiento del fenómeno denominado radioactividad, descrito posteriormente por la primera mujer científica de renombre Marie Sklodowska Curie (1867 – 1934), en colaboración con su marido el físico francés Pierre Curie; y el cual fue descubierto por el físico francés Antoine Henri Becquerel (1852 – 1908), en 1896, quien establece que, ciertos átomos son combinaciones inestables de partículas subatómicas. Estos átomos emiten radiaciones espontáneamente y en esa forma se transforman en átomos con una identidad química diferente. Se sabe ahora, que hay otros tipos de rayos ya identificados como resultado de la desintegración de átomos que no ocurren en la naturaleza, pero que se obtienen en reacciones nucleares. Y que como conocemos actualmente, la fuente de la energía nuclear, es la transformación de masa en energía (N. Chávez A. 1999).

Por supuesto, la construcción del conocimiento científico sobre la estructura de la materia no concluyó a comienzos del siglo XX, ni ha concluido aún ya que seguirán existiendo científicos como Erwin Schrödinger, austriaco, quien en 1926 publicó cuatro trabajos, con los que se le considera el creador de la Mecánica Ondulatoria, y mucho ha acontecido todavía en el presente siglo. Nuevas y numerosas entidades se han unido al mundo de los átomos y las moléculas (electrones, protones, neutrones, neutrinos, positrones, quarks,...), transformando radicalmente la visión actual que la comunidad científica tiene de la materia (T. Prieto, Á. Blanco, y F. González, 2000).

ESTRUCTURA CORPUSCULAR DE LA MATERIA

Desde que en los tiempos antiguos se propuso por primera vez la noción de átomo se concibió a éste como la partícula última e indivisible de que estaba formada la materia. John Dalton (1766-1844) físico y químico inglés aproximadamente unos dos mil años después, retomó el término y a partir de ese momento empezaron a surgir investigadores quienes a través de sus experimentos nos permitieron llegar al conocimiento actual de la naturaleza corpuscular de la materia.

En un lapso de dieciséis años a partir de 1897, se descubrió que los átomos están formados por partículas más pequeñas dotadas de carga eléctrica desde que Faraday realizó una importante serie de experimentos sobre electrólisis química (L. Pauling 1977), (Charles E. Mortimer, 1983).

George Johnstone Stoney (1826-1911) sugirió, en 1891 para las unidades de carga eléctrica asociadas a los átomos, el nombre de electrones (L. Pauling 1977), (Charles E. Mortimer, 1983)

Faraday había fracasado al tratar de dirigir electricidad a través del vacío por carecer de las condiciones necesarias para crear un vacío absoluto y fue el físico Julius Plücker (1801-1868), quien perfeccionó esas condiciones utilizando unos tubos de Geissler, diseñados por un soplador de vidrio alemán Heinrich Geissler (1814-1879), consiguiendo hacer pasar una corriente a través de los tubos la cual producía efectos luminiscentes dentro del tubo en los que dichos efectos variaban precisamente de acuerdo con el grado de vacío, posteriormente se fue perfeccionando este experimento con el físico inglés William Crookes (1832-1919), quien ideó un tubo con un vacío más perfecto (Tubo de Crookes) y que permitía estudiar con mayor facilidad el paso de corriente eléctrica a través del vacío (I. Asimov, 1999a).

El físico alemán Eugen Goldstein (1850-1930), llamó al flujo, rayos catódicos. En 1897 el físico inglés Joseph John Thomson trabajando con tubos de alto vacío logró finalmente demostrar la deflexión de los rayos catódicos en un campo eléctrico de donde a partir de entonces hubo que aceptar que los rayos catódicos eran corrientes de partículas que transportaban una carga eléctrica negativa (I. Asimov, 1999a).

La magnitud de la desviación de una partícula de rayos catódicos en un campo magnético de fuerza dada, viene determinada por su masa y por el tamaño de su carga eléctrica, Thomson logró también medir el cociente entre la masa y la carga, si bien no pudo medir cada una por separado (I. Asimov, 1999a).

Hacia 1911 quedó definitivamente probado por el físico americano Robert Andrews Millikan (1868-1953), que las partículas de los rayos catódicos eran mucho menores que cualquier átomo y quien además midió con bastante exactitud la mínima carga eléctrica que podía transportar una partícula, luego en consecuencia se trataba de la primera partícula subatómica descubierta (I. Asimov, 1999a).

A esa primera partícula subatómica acabó llamándosele **electrón** como lo había sugerido Stoney y a J. J. Thomson se le considera su descubridor (L. Pauling 1977), (I. Asimov, 1999a).

En los siguientes años a partir de 1895, se registraron grandes descubrimientos como los rayos X, cuando rayos catódicos altamente energéticos se apuntan sobre un blanco produciéndose esos rayos X. Esta radiación X puede descomponerse en las longitudes de onda que la componen y el espectro de líneas que se obtiene de esta manera puede fotografiarse. Cuando se utilizan como blanco diferentes elementos, se obtienen diferentes espectros de rayos X; cada espectro consiste solamente de unas pocas líneas (Charles E. Mortimer, 1983), (I. Asimov, 1999a).

Se atribuye al físico alemán Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923), el descubrimiento de esta radiación penetrante y su denominación que se ha conservado hasta la actualidad de rayos X (I. Asimov, 1999a).

En 1896 el físico francés Antoine Henri Becquerel (1852-1908) realizó importantes descubrimientos cuando envolvió una película fotográfica en un papel negro y la colocó a la luz del sol, con un cristal de cierto compuesto de uranio encima y observando que los cristales emitían una radiación penetrante en todo momento, casi enseguida Marie Sklodowska Curie (1867- 1934), dio a este fenómeno el nombre de radiactividad concluyendo específicamente que era el átomo de uranio el que era radiactivo (I. Asimov, 1999a).

El físico neozelandés Ernest Rutherford (1871-1937), sugirió en 1920 que la partícula fundamental de carga positiva que fue encontrada cuando se provocaban rayos catódicos en un sentido hacia el ánodo y otros rayos se abrían paso a través de los agujeros del cátodo y eran despedidos en sentido contrario y cómo ya se había establecido la carga negativa de los rayos catódicos, a estos nuevos rayos Thomson los llamó rayos positivos, los cuales se diferenciaban de los electrones en algo más que la carga por lo que Rutherford sugirió que a esa partícula fundamental se le denominase **protón** (I. Asimov, 1999a).

En 1932 el físico inglés, James Chadwick (1891-1974), y a propósito de unos experimentos sugeridos por Rutherford descubrió una partícula que tenía exactamente la misma masa que el protón, pero que no poseía ninguna carga eléctrica por lo que debido a que era eléctricamente neutra se denominó como **neutrón** (I. Asimov, 1999a).

Rutherford bombardeando delgadas láminas de metal, (laminillas de oro), observó que había partículas que pasaban libremente sin ser afectadas ni desviadas registrándose esto en una placa fotográfica colocada detrás, sin embargo observó que había otras partículas que sufrían desviaciones con ángulos grandes deduciendo que los átomos estaban constituidos en su mayor parte por espacio vacío pero que debía existir una región muy masiva cargada positivamente, capaz de repeler las partículas negativas y elaboró entonces la teoría del **núcleo atómico**, Rutherford dijo que el átomo contiene en su centro un núcleo muy diminuto que está cargado positivamente y que contiene todos los protones (y como se descubrió posteriormente también a los neutrones), ese núcleo tiene que ser pequeñísimo para permitir el paso de las partículas negativas pero también tiene que contener prácticamente toda la masa del átomo (Y. Ne'eman y Y. Kirsh, 1986), (I. Asimov, 1999a).

Con todos estos descubrimientos, surgieron las bases del conocimiento de la estructura corpuscular de la materia, misma que sigue desarrollándose y creciendo ya que son cada vez más las partículas subatómicas encontradas y siguen sucediéndose nuevos avances en el conocimiento de estas entidades.

Los elementos que integran el átomo son un núcleo, que contiene a los protones y neutrones, y girando en órbitas diferentes alrededor de él a los electrones. Estas partículas atómicas por supuesto imperceptibles y que se encuentran en continuo movimiento e interacción, pueden además combinarse para dar lugar a estructuras más complejas y entre las que no existe absolutamente nada lo que implica la compleja y abstracta idea de vacío nada, lo que se conoce como la naturaleza corpuscular de la materia (M. A. Gómez Crespo, 1996).

III.- ANTECEDENTES DIDÁCTICOS DE LA ENSEÑANZA DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Diversos autores (P. J. Fensham, 1983; G. E. Jiménez, M. I. Solano y M. N. Marín, 1994; J. H. Wandersee, J. J. Mintzes y J. D. Novak, 1994) postulan que antes de iniciar los temas a estudiar o al comienzo de un programa, se deben revisar las ideas que sobre algunos de los conceptos tienen los alumnos. A todos estos conocimientos se les han denominado de diversas formas, tales como: nociones, ideas previas, concepciones o creencias de los alumnos, conceptos erróneos, fallos de comprensión, errores conceptuales, preconcepciones, ciencia de los niños, creencias ingenuas, ideas erróneas, teorías culturales, modelos personales de la realidad, etcétera.

De todos estos términos que se refieren a esas nociones previas, cada vez un mayor número de investigadores los ha denominado como "concepciones alternativas" para designar a los conocimientos que el estudiante trae al aula y sobre los cuales, se debe considerar una reconstrucción de las ideas previas del estudiante más que una simple adición de información al conocimiento existente (J. H. Wandersee, J. J. Mintzes y J. D. Novak, 1994; C. Furió, 1996; M. Rodríguez, 1999).

A este respecto, existen en la literatura numerosos trabajos acerca de investigaciones sobre las ideas que poseen estudiantes de distintos niveles de enseñanza acerca de la Estructura de la Materia siendo estas ideas de naturaleza muy diversa.

Por ejemplo R. Stavy (1988), en un estudio realizado entre seis grupos de estudiantes del cuarto al noveno grado de primaria, de clase media alta en una población cercana al condado de Tel-Aviv, en Israel, cuyas edades oscilaban para el cuarto grado entre los 9 y 10 años, y para el noveno entre los 14 y 15 años; encuentra que es hasta el séptimo grado, en niños entre los 10 y 11 años, cuando los estudiantes aprenden que el gas es uno de los estados de la materia. A través de cuestionar a los niños, por ejemplo, acerca del peso del agua antes y después de que se escape el gas de un recipiente y de obtener distintas respuestas de los niños acerca de las propiedades de los gases, la autora encuentra que mientras más pequeños son los niños, menos capaces son de entender el concepto de gas, y sólo se refieren a él a través de ejemplos tales como "la cosa con la que puedes hacer refrescos" o algo "como el aire que no se puede ver ni sentir". La autora propone que esto se debe a que el gas no tiene atributos visibles para los niños, demostrando con esto, que los niños no adquieren de manera espontánea el conocimiento acerca de los gases como una de las formas en que se presenta la materia.

Junto con lo anterior, se observó en el estudio realizado, que los estudiantes más pequeños presentan dificultades con las formas de razonamiento abstracto, mostrando que su conocimiento no va más allá de lo que pueden ver y observar desde el propio punto de vista de sus percepciones.

También R. Stavy (1988), encontró que el conocimiento que tienen los estudiantes de los primeros grados acerca de los sólidos y los líquidos está muy fragmentado y es intuitivo, los estudiantes creen que el sólido es algo duro y que el líquido es algo como el agua. A los estudiantes les resulta más fácil entender las propiedades de la materia en estado líquido y sólido que en el estado gaseoso.

En el séptimo grado (10 y 11 años), es cuando se les enseña a los niños los tres estados de la materia, sólido, líquido y gas, exponiendo con mayor detalle las propiedades sustanciales de los gases: que éstos poseen peso y volumen. En este trabajo R. Stavy (1988) reporta la dificultad que tienen los niños de concebir el gas como una sustancia, encontrándose que muchos niños tienen la idea de que los gases no tienen peso, comparando su ligereza con respecto al líquido y al sólido.

Por otra parte, se observó que los estudiantes del séptimo y octavo grado, luego de entender el concepto del gas como una forma de manifestación de la materia de manera macroscópica, ya pueden empezar a explicar en otros términos, por ejemplo, utilizando el concepto de partícula, el proceso de evaporación de los líquidos y las propiedades de los demás estados de la materia. En octavo grado se les introduce a los niños a la teoría corpuscular de la materia. En el noveno grado, ya pueden aplicar esta teoría a los tres estados de la materia.

Los resultados reportados en el estudio de R. Stavy, (1988) nos conducen a que, en el proceso de enseñanza se debe tener presente la edad del estudiante, y su propio proceso de aprendizaje, ya que los estudiantes más pequeños tienen dificultad con las formas de razonamiento abstracto.

En otro estudio realizado por D. R. Mulford y W. R. Robinson (2002) con estudiantes de Química General de los primeros dos semestres universitarios, encuentran que los estudiantes aprenden más cuando ellos van desarrollando nuevos conceptos basándose en la información que se les brinda, esto lo hacen partiendo de sus ideas existentes y creencias, porque los estudiantes consideran que sus explicaciones tienen sentido en términos de su propia comprensión del mundo que los rodea.

Dentro del aula de clases, si a los estudiantes se les presenta información que contradiga sus conceptos alternativos, les resulta difícil aceptar esta nueva información tanto que prefieren ignorarla o no creerla e incluso puede parecerles loca (ejemplo, la naturaleza corpuscular de la materia) (D. R. Mulford y W. R. Robinson, 2002).

Uno de los objetivos de la investigación de D. R. Mulford y W. R. Robinson (2002), fue el de examinar la preparación de los estudiantes cuando ingresan a la facultad de Química y mostrar las confusiones que presentan acerca de los conceptos básicos, tales como: gases, líquidos, soluciones, conservación de la masa, símbolos, ecuaciones, estequiometría, reacciones químicas, calor y temperatura, cambios de fases y propiedades de los átomos y las moléculas.

Los investigadores encontraron que muchos estudiantes aún cuando ya se encuentran encaminados al área de química, siguen manteniendo las concepciones alternativas descritas para la química y la Educación científica.

En la investigación citada (D. R. Mulford y W. R. Robinson, 2002), se observó, mediante la aplicación de un cuestionario como un pre-examen al inicio del primer semestre y el empleo del mismo cuestionario como un post-examen después de un semestre de haber recibido instrucción sobre conceptos básicos de la estructura de la materia, que existen pocas diferencias entre los resultados del pre-examen y el post-examen, esto los lleva a pensar que con un solo curso de química general no se genera una comprensión de los conceptos básicos de la Estructura de la Materia.

Esta investigación reporta también la importancia que tiene la manera en que se elaboran las preguntas en un cuestionario, encontrando que en algunas ocasiones, cuando la pregunta se elabora con una ilustración, se puede facilitar su comprensión (D. R. Mulford y W. R. Robinson, 2002).

Un ejemplo de esto, nos lo muestran D. R. Mulford y W. R. Robinson en el cuestionario que aplicaron en su investigación, al realizar varias de las preguntas de manera ilustrada, de entre las cuales elegimos explicar, para fines didácticos del tema de la Estructura de la Materia, aquella en la que gráficamente se les representa la molécula de agua, y en la que pueden identificar a los átomos que la componen, distinguiéndose claramente, cuál es el oxígeno y cuáles los hidrógenos y observar en un esquema cómo se encuentran unidas formando agua en estado líquido y se les pregunta que señalen en la misma forma en otro esquema, cómo se representaría la misma molécula luego de que el agua se hubiese evaporado, esto es, representar a la sustancia en su estado gaseoso.

Menos del 50% de los alumnos de la citada investigación, pudo contestar correctamente a la pregunta anterior, D. R. Mulford y W. R. Robinson (2002), reportan que 39% del total, en el pre-examen y 45% del total en el post-examen, respondieron acertadamente la separación entre las moléculas de agua en estado gaseoso, indicando con este resultado, la dificultad de los estudiantes en la comprensión de las formas en que se manifiesta la materia y qué sucede con ella al variar de uno a otro estado.

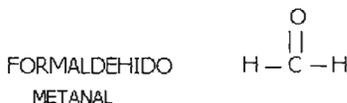
Cómo resultado de su investigación D. R. Mulford y W. R. Robinson (2002), concluyen que los seres humanos aplicamos nuestros conocimientos o nos valemos de ellos si consideramos que nos conducen de manera exitosa en los diferentes eventos de nuestra vida; o dicho de otra manera, nuestros conocimientos nos resultan válidos porque explican las situaciones inmediatas que debemos enfrentar. Éstos resultan inválidos si fracasan y no producen buenos resultados, y sólo en este último caso estaremos dispuestos a revisar otra información para modificar nuestro conocimiento anterior. El cambio se puede lograr si el nuevo estímulo es eficiente y se guía al estudiante de manera conveniente para llevarlo a cabo.

En el siguiente estudio llevado a cabo por G. Nicoll (2003) entre estudiantes universitarios, se revela una vez más la importancia de las concepciones alternativas (ideas previas), las cuales van a influir en el proceso de aprendizaje de acuerdo a las edades de los estudiantes, su capacidad, su género, sus fronteras culturales, y de cómo éstas son resistentes al cambio si se siguen las estrategias de enseñanza tradicional (J. H. Wandersee, J. J. Mintzes y J. D. Novak, 1994). Esto es, las concepciones alternativas guardan semejanza con explicaciones de fenómenos naturales ofrecidas por generaciones previas de científicos y filósofos y a menudo los profesores tienen las mismas concepciones alternativas que los estudiantes, al grado de que éstas interactúan con las presentadas durante la instrucción, dando como resultado muy diversos resultados de aprendizaje (R. T. Velasco y A. Garritz, 2003).

G. Nicoll observó previamente a su investigación, que los maestros de ciencias en la primaria y la secundaria tienen confusiones y equivocaciones asociadas a la naturaleza de la materia, mismas que pasan a los estudiantes y permanecen en ellos al concluir esos ciclos, ya que en evaluaciones que se realizan en grados posteriores se ponen de manifiesto esas confusiones y los conceptos erróneos, los cuales resultan muy resistentes de ser cambiados.

En 2003, G. Nicoll realizó 56 entrevistas a estudiantes universitarios al final del primer semestre de un curso regular de Química General, Química Orgánica, Química Inorgánica y Física en la Universidad de Midwestern U.S.A.; con el propósito de investigar entre los estudiantes universitarios la dificultad que tienen para comprender la diferencia que existe entre los tres lenguajes de la química, al pasar de lo macroscópico a los símbolos y al reino microscópico, en el que los químicos profesionales efectúan esta comunicación con todo detalle al realizar las representaciones de la materia.

Se les formularon a los estudiantes dos preguntas, en la primera de ellas tenían que dar la fórmula química de un compuesto. La molécula en cuestión fue el formaldehído, se escogió ésta porque es una molécula simple, contiene más de dos elementos, se puede observar cómo se encuentran unidos los átomos en ella y cómo se da la conexión entre los elementos, ya que la molécula contiene un doble enlace.



En la segunda pregunta se les solicitó construir el modelo del formaldehído, usando cuatro colores de arcilla para que los pudiesen usar libremente, representando cada átomo con un color y se les proporcionaron igualmente dos tablillas para que las usasen como quisieran pretendiendo probar los conceptos geométricos de las uniones moleculares, utilizando las estructuras de Lewis, para que los estudiantes idearan si la representación era lineal, tetraidal, triangular o piramidal.

Al evaluar el resultado de las entrevistas G. Nicoll (2003) encontró que los estudiantes tienden a usar explicaciones macroscópicas que justifiquen, por ejemplo, el comportamiento del electrón. También pudo comprobar que les resulta muy difícil principalmente en la preparatoria, hacerse modelos mentales acerca de las representaciones de las estructuras moleculares, y que desde grados anteriores tenían gran dificultad en hacerse representaciones mentales de los fenómenos naturales, pasando de lo macroscópico a lo microscópico.

En los resultados de la investigación de G. Nicoll (2003), también se pudieron observar errores en el conocimiento de la Estructura de la Materia, ya que los estudiantes, al realizar las representaciones de la molécula del formaldehído, mostraron dudas acerca de los tamaños de los átomos que la integran, así como de las distancias que deben existir entre éstos, en cómo formar las uniones y en la manera en que se establece un doble enlace, con respecto a un enlace simple como lo muestran los modelos que éstos construyeron.

Los estudios anteriores coinciden en señalar que los estudiantes mantienen sus concepciones alternativas sobre la estructura de la materia aún después de realizar estudios formales de química; y que mantienen sus representaciones macroscópicas, basadas en la apariencia directa de la realidad. Conciben a la materia como continua, estática y sin espacios vacíos entre sus partes.

Los autores J. I. Pozo y M. A. Gómez Crespo, (1998), postulan que las concepciones alternativas (ideas previas), que más obstaculizan el entendimiento sobre la estructura de la materia, son las siguientes:

- El predominio de lo observable sobre lo no observable: La materia es tal como se la ve, continua y estática. El reposo es su estado natural y no existe el vacío.
- Se concibe a la materia como un todo y esta concepción va variando dependiendo del estado de la materia, de sólido a líquido, y de líquido a gas.
- Dificultades en la representación de lo no observable.
- Se hace una descripción macroscópica para explicar las características de la materia, aunque, en ocasiones, se recurre a la idea de que la materia está formada por partículas.
- Si la materia está constituida por partículas, éstas deben tener, las mismas propiedades que el sistema al que pertenecen por ejemplo color, densidad, etc.
- Si las partículas explican el comportamiento de la materia, cuando ésta sufre un cambio, sus partículas tienen que experimentar el mismo cambio.

Todas estas concepciones acerca de la naturaleza de la materia se encuadran entre lo que se conoce como teorías intuitivas sobre la composición de la materia, que describen a las propiedades observables de la materia pero no a sus transformaciones.

El paso desde estas teorías intuitivas hasta una visión científica de la materia, implica superar concepciones organizadas en torno a una visión del mundo centrada en sus aspectos perceptivos (las cosas son como las vemos) que se van desarrollando con la edad y con la instrucción formal, para llegar hasta lo que se ha llamado constructivismo o relativismo, caracterizados por una interpretación de la realidad a partir de modelos, se aceptan los conceptos como construcciones abstractas que ayudan a interpretar la naturaleza de la materia y sus propiedades (R. Stavy, 1988, J. I. Pozo y M. A. Gómez Crespo, 1998).

Por ello, comprender a la química implicaría un cambio en el marco en que se inscriben los conceptos implicados, por ejemplo, para comprender las propiedades de las sustancias, es necesario comprender a la materia como un complejo sistema de partículas en continua interacción (J. I. Pozo y M. A. Gómez Crespo, 1998). Estas ideas sobre la constitución de la materia son fundamentales para describir y explicar su estructura en los diversos estados en que se presenta: sólido, líquido y gas, y, sus propiedades como son: la difusión de los gases o la dilatación de los cuerpos, y en general todos los cambios que tengan lugar en su estructura, tanto físicos como químicos (J. I. Pozo, y M. A. Gómez Crespo, 1998).

Por todo lo anterior, es posible decir que el aprendizaje de la química no requiere del reemplazo de las representaciones previas, sino de un cambio en la función cognitiva, esto es, favorecer y permitir la coexistencia de diferentes representaciones macroscópicas y microscópicas, integrándolas y empleándolas para diferentes tareas con nuevas teorías o modelos conceptuales, que proveerán a las representaciones viejas con un significado diferente y más teórico. La enseñanza de las ciencias no debe pretender reemplazar concepciones alternativas por conceptos científicos, sino lograr que los estudiantes reflexionen entre las diferencias conceptuales y funcionales entre dos sistemas de conocimientos aparentemente traslapados, a través de un proceso de conciencia meta cognitiva (J. I. Pozo, 1998, R. T. Velasco y A. Garritz, 2003).

En el proceso de confrontación de las concepciones alternativas de los estudiantes se puede incluir, para facilitar la comprensión de los conceptos, el uso de múltiples representaciones, discusiones grupales o por equipos, demostraciones, aprendizaje cooperativo, uso de mapas conceptuales y diagramas, además de cuestionarios. Todo con el propósito de mejorar el nivel de comprensión de los estudiantes y mejorar su habilidad en la resolución al planteamiento de problemas (D. R. Mulford y W. R. Robinson, 2002)

Para mejorar el entendimiento sobre la Estructura de la materia algunos autores Brook, Briggs y Driver (1984) de la Universidad de Leeds, Inglaterra y Berkheimer, Andersson y Blakeslee (1988) de la Universidad de Michigan, U. S. A, sugieren que la introducción al concepto de partícula desde la enseñanza Secundaria facilita la comprensión desde los primeros pasos hacia la instrucción formal de la química.

En adición a lo anterior, D. Bunce y D. Gabel (2002) y J. I. Pozo, M. A. Gómez, M. Limón y A. Sanz (1991), hablan acerca de la necesidad de emplear imágenes de las interacciones atómicas y moleculares u otro tipo de representaciones analógicas para mejorar el aprendizaje de la estructura corpuscular de la materia. Proponen también el desarrollar modelos computacionales adecuados y evaluar los que ya se han diseñado para representar de una forma atractivamente visual los aspectos anteriores.

Otro de los enfoques interesantes en la enseñanza de las ciencias es el **(CTS) Ciencia, Tecnología y Sociedad**, el cual es una propuesta educativa, innovadora de carácter general y es al mismo tiempo un campo de estudio e investigación (Acevedo, 1997; Vázquez, 1999). El enfoque **CTS** trata de comprender mejor a la ciencia y la tecnología en su contexto social; aborda pues las relaciones mutuas entre los desarrollos científicos y tecnológicos y los procesos sociales. Constituye un nuevo planteamiento radical en todos los niveles de enseñanza con la principal finalidad de dar una formación en conocimientos y, especialmente en valores, que favorezca la participación ciudadana responsable y al mismo tiempo el control de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología (Waks, 1996).

Dicho enfoque facilitaría adecuadamente, que el estudiante incorporara el conocimiento científico a su vida cotidiana

IV. OBJETIVOS.

IV.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente trabajo, consiste en realizar una investigación para conocer las ideas que tiene una población de personas de la Tercera Edad, acerca de la Estructura de la Materia.

IV.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Investigar cuáles son las concepciones que dichas personas poseen de manera intuitiva acerca de la Estructura de la Materia.

En el caso de que se encontraran personas que tengan el conocimiento de la estructura corpuscular de la Materia, trataríamos de inferir si este conocimiento es debido a un cambio conceptual por haber recibido, en alguna etapa de su vida, instrucción formal escolarizada, desde grados superiores como preparatoria y hasta estudios profesionalizados, o si éste se debe a una labor autodidacta o bien surgió de una concepción propia del individuo.

V.- METODOLOGÍA

V. 1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN.

A pesar de que todos los entrevistados tienen en común pertenecer al sector de la población que se le conoce como **ADULTOS MAYORES**, existen entre ellos, características muy heterogéneas, ya que poseen niveles educativos, culturales, sociales y económicos muy distintos unos de otros.

Los hay quienes tienen, al asistir al Jardín de la Tercera Edad, el propósito de seguir aprendiendo, ya que este lugar cuenta con una Biblioteca a la que las personas concurren regularmente, en ella existe un acervo bibliográfico muy completo, aunque no en Temas de Ciencia.

Existen Círculos de Lectura, Libro Club, se dan Conferencias, hay Programas de Educación Abierta, etc. además clases de manualidades, actividades deportivas o baile.

No se hizo una elección de las personas a entrevistar, éstas se seleccionaron de manera aleatoria.



V. 2 ELABORACIÓN DE CUESTIONARIOS

Para realizar la investigación planteada se elaboraron dos cuestionarios:

- El primero, consistía en una breve entrevista en la que se preguntaba a las personas, su edad, grado de escolaridad, tipo de lecturas preferidas, los programas de televisión que ven y si están tomando algún curso. Todo ello con el objeto de conocer la formación académica y la no académica de estas personas.
- El segundo, destinado a descubrir las ideas de los encuestados acerca de la estructura de la materia, consistió en elaborar un cuestionario de 11 preguntas, algunas de ellas ilustradas, las cuales trataban acerca de diversos aspectos de la estructura de la materia.

ENTREVISTA PREVIA EFECTUADA A LOS ENCUESTADOS.

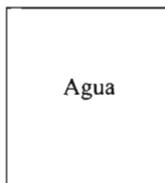
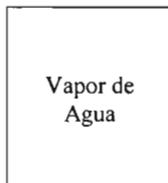
- Edad.-
- Nivel de escolaridad máximo.-
- ¿A qué edad dejó de estudiar?.-
- Procedencia: Urbana o Rural.
- ¿Aproximadamente cuántos libros tiene en su casa?
- ¿Cuántos libros lee al año?
- ¿Qué clase de temas le gusta leer?
- ¿Tiene computadora?
- ¿Tiene acceso a internet?
- ¿Qué tipo de temas consulta más frecuentemente en internet?
- ¿Qué clase de programas le gusta ver en la televisión?
- ¿Escucha la radio?
- ¿Qué tipo de programas escucha más frecuentemente en la radio?
- ¿Qué clase de revistas lee?
- ¿Cuántas revistas lee al mes?
- ¿Con qué frecuencia lee el periódico?

Trabajo:

- ¿Qué tipo de actividad desempeñaba antes de retirarse?
- Actualmente, ¿Toma algún curso? ¿Sobre qué tema?

CUESTIONARIO

1. ¿Qué diferencia encuentras en los contenidos de los siguientes recipientes?



2. ¿Cómo describirías con tus propias palabras la diferencia encontrada en la pregunta anterior?

3.- ¿Cómo se distinguen unos de otros?

4.- ¿Qué propiedades tiene un gas?

- a) Peso ()
- b) Volumen ()
- c) Tamaño ()
- d) Movimiento ()
- e) Color ()
- f) Olor ()
- g) Sabor ()
- h) Forma ()
- i) Densidad ()
- j) Visibilidad ()
- k) Masa ()

5.- ¿De qué estás rodeado siempre?



6.- ¿Qué propiedades tiene un líquido?

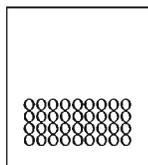
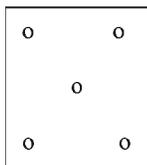
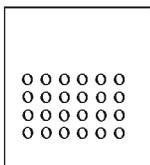
- a) Peso ()
- b) Volumen ()
- c) Tamaño ()
- d) Movimiento ()
- e) Color ()
- f) Olor ()
- g) Sabor ()
- h) Forma ()
- i) Densidad ()
- j) Visibilidad ()
- k) Masa ()

7.- ¿Qué propiedades tiene un sólido?

- a) Peso ()
- b) Volumen ()
- c) Tamaño ()
- d) Movimiento ()
- e) Color ()
- f) Olor ()
- g) Sabor ()
- h) Forma ()
- i) Densidad ()
- j) Visibilidad ()
- k) Masa ()

8.- ¿Qué efecto encontrarías, al calentar un sólido, un líquido y un gas?

9.- Bajo un microscopio muy potente, ¿Cómo crees que se observaría, un sólido, un líquido y un gas?



10.- ¿Qué encuentras entre los espacios de las partículas, que componen a los materiales?

11.- ¿Qué crees que necesita suceder para que un sólido se transforme en un líquido, y un líquido en un gas?

V. 3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con el objeto de determinar si las preguntas del cuestionario discriminaban entre los encuestados que sabían de los que no sabían, éstas se evaluaron según el método de Guilford.

Se realizaron 33 cuestionarios, y con los datos obtenidos de éstos, se hizo un análisis de varianza en rangos de Kruskal-Wallace utilizando el programa Sigma Stat (Jandel Co.).

Dicho programa está diseñado para guiar al usuario a la prueba estadística adecuada, al objetivo que éste persigue, por ejemplo la comparación de dos ó más grupos, el comportamiento de un conjunto de datos (distribución normal ó no), la relación que existe entre un grupo de datos, etc. Asimismo, el usuario puede establecer el grado de confianza que requiera, el que se escogió para este trabajo fue el más exigente: de 0.005, por ello, la probabilidad de que exista un error al considerar como verdaderas las diferencias encontradas en el trabajo es bastante baja.

Después de este análisis, se llevó a cabo una comparación múltiple de las diferencias en rangos por la prueba de Dunn con el mismo programa.

Con el fin de determinar si entre las preguntas del cuestionario existían diferencias significativas, se realizó un análisis de varianza en dos vías y posteriormente una prueba de Tuckey de comparación múltiple.

VI.- RESULTADOS

VI. 1 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA

TABLA 1.- CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA COMO: SEXO, PROCEDENCIA Y NIVEL DE ESCOLARIDAD.

Cuestionario	Sexo	Edad	Nivel de Escolaridad	No. de Libros que posee	Procedencia
1	Masculino	60	Nivel Técnico	300	Urbana
2	Masculino	78	Primaria	10	Rural
3	Masculino	72	Contador Privado	100	Rural
4	Femenino	72	Secundaria	400	Urbana
5	Masculino	75	Primaria	30	Urbana
6	Femenino	72	Carrera Comercial	100	Urbana
7	Masculino	70	Licenciatura	0	Urbana
8	Masculino	67	Secundaria	8	Urbana
9	Masculino	79	Primaria	0	Urbana
10	Femenino	74	Primaria	50	Urbana
11	Femenino	62	Secundaria	100	Urbana
12	Femenino	76	Secundaria	400	Urbana
13	Femenino	71	Secundaria	10	Rural
14	Masculino	76	Bachillerato	300	Rural
15	Femenino	76	Licenciatura	300	Urbana
16	Femenino	72	Normal	40	Urbana
17	Femenino	72	Bachillerato	100	Urbana
18	Masculino	67	Licenciatura	200	Rural
19	Masculino	63	Primaria	50	Urbana
20	Masculino	75	Licenciatura	60	Urbana
21	Masculino	75	Primaria *	40	Rural
22	Masculino	68	Licenciatura	350	Urbana
23	Femenino	64	Licenciatura	350	Urbana
24	Masculino	69	Bachillerato	100	Urbana
25	Femenino	65	Licenciatura	500	Urbana
26	Masculino	63	Licenciatura *	300	Urbana
27	Masculino	69	Bachillerato	30	Urbana
28	Femenino	73	Secundaria	60	Urbana
29	Femenino	67	Carrera Comercial	200	Urbana
30	Femenino	71	Secundaria Técnica	100	Rural
31	Femenino	74	Secundaria *	200	Rural
32	Femenino	70	Secundaria	20	Rural
33	Masculino	84	Secundaria *	0	Urbana

Esta tabla contiene los datos de la información obtenida en las entrevistas realizadas previamente a la aplicación de los cuestionarios. (*) Indica estudios inconclusos.

Tabla 2.- CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA COMO: SEXO, PROCEDENCIA Y NIVEL DE ESCOLARIDAD.

Datos Generales	Porcentajes %
Sexo Femenino	48
Sexo Masculino	52
Procedencia Urbana	73
Procedencia Rural	27
Primaria	18
Secundaria	27
Bachillerato y Carrera Técnica	31
Licenciatura	24

En esta Tabla observamos que la población sobre la cual se aplicó el cuestionario estuvo equitativamente distribuida entre hombres y mujeres cuyas edades fluctúan entre los 60 y los 84 años de edad.

Tabla 3.- DIFERENCIAS ENTRE HOMBRES Y MUJERES

	Procedencia Urbana	Procedencia Rural	Primaria	Secundaria	Bachillerato y Carrera Técnica	Licenciatura
Mujeres	75%	25%	5%	50%	25%	20%
Hombres	70%	30%	30%	10%	30%	30%

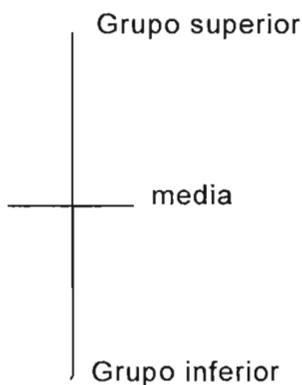
En esta Tabla podemos apreciar que en cuanto al lugar de procedencia no existe gran diferencia entre hombres y mujeres, pero en los porcentajes de escolaridad encontramos ciertas cosas distintas, para las mujeres sólo es mayor el porcentaje de aquellas que cursaron Secundaria y destaca que el porcentaje de hombres que tuvieron oportunidad de cursar Bachillerato y Carrera Técnica y posteriormente hacer carrera profesional, es ligeramente mayor en contraste con el de mujeres a pesar de que en otros tiempos la mujer tenía menos oportunidades de estudiar en comparación con las que se les brindan actualmente.

VI. 2 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LAS PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO

El cuestionario en el que se reúnen las propiedades de la Estructura de la Materia, motivo de la investigación, consta de once preguntas, tres de ellas ilustradas. Se calificaron primeramente diez cuestionarios, para ser evaluados, asignándose un punto a cada respuesta correcta, las preguntas **4, 6 y 7** constan de once incisos cada una por lo que el número total de aciertos era de 41; posteriormente y para establecer si éstas resultaban o muy fáciles o muy difíciles, se determinó la frecuencia con que las preguntas eran respondidas, dividiéndose para esto el resultado en dos grupos, el superior y el inferior, y trazándose una media entre ellos para comprobar que si las preguntas eran respondidas con mayor frecuencia por el grupo inferior, esto significaba que éstas no discriminaban entre los que saben y los que no saben, estableciendo además que si la frecuencia de respuesta de una pregunta era menor al 20% o mayor al 80%, esa pregunta debía eliminarse por resultar o muy fácil o muy difícil según fuera el caso.

Para ello se le dio una calificación de un punto a cada pregunta del cuestionario y se calificaron, primeramente, 10 cuestionarios ordenándose en orden descendente de acuerdo a la puntuación obtenida.

Así, los dividimos de la siguiente manera:



Se determinó la frecuencia con que las preguntas eran respondidas y si éstas eran contestadas en mayor proporción por el grupo superior que por el grupo inferior. Si las preguntas eran respondidas con mayor frecuencia por el grupo inferior, entonces esto significa que las preguntas no discriminan entre los que saben y los que no saben.

Como resultado del análisis mencionado anteriormente, obtuvimos las siguientes frecuencias de respuestas a las preguntas de los diez primeros cuestionarios evaluados.

TABLA 4.- FRECUENCIA DE RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO

Preguntas	Frecuencia %
1	73.3
2	3
3	2
4a	80
4b	60
4c	60
4d	40
4e	80
4f	100
4g	80
4h	60
4i	40
4j	80
5	20
6a	100
6b	100
6c	100
6d	20
6e	60

6f	80
6g	80
6h	100
6i	60
6j	60
7a	80
7b	80
7c	80
7d	0
7e	60
7f	20
7g	40
7h	40
7i	40
7j	60
8	40
9	27
10	40
11	60

Podemos señalar que con este Método, cuando la frecuencia de respuesta es menor al 20% ó mayor al 80%, esta pregunta debe ser eliminada por ser o muy fácil o muy difícil según fuera el caso.

Haciendo este análisis, la frecuencia de respuesta a las preguntas **2, 3 y 7d** es menor al 20%, y en las preguntas **4f, 6a, 6b, 6c y 6h** la frecuencia es mayor al 80%, sin embargo decidimos dejarlas por considerarlas indispensables para el propósito del presente Trabajo, ya que por ejemplo, la pregunta **7d** trata de si los sólidos poseen movimiento, pregunta fundamental que nos indica si el encuestado tiene una concepción dinámica o estática de la materia.

VI. 3 PRUEBAS ESTADÍSTICAS APLICADAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS CUESTIONARIOS.

En total se realizaron 33 cuestionarios entre la población descrita anteriormente, cuando existía sólo una respuesta para la pregunta se calificaba con un 1, si había 3 respuestas, cada una valía 0.33, si la respuesta era errónea se calificaba con 0.

El análisis de varianza en rangos en una vía de Kruskal-Wallace arrojó como resultado que las diferencias entre los valores de las medianas entre los cuestionarios eran mayores que las esperadas por el azar y que existían diferencias estadísticas significativas a un nivel de $P = <0.001$ entre ellos.

Con la prueba de Dunn encontramos cuáles cuestionarios eran significativamente distintos a un nivel de $P < 0.001$.

TABLA 5.- TABLA DONDE SE MUESTRAN LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS CUESTIONARIOS OBTENIDAS APLICANDO EL MÉTODO DE DUNN DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE.

Cuestionario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33				
1																																					
2																																					
3																																					
4			X			X	X	X					X				X																		X		
5																	X																				
6																																					
7																																					
8																																					
9																																					
10																																					
11																																					
12			X			X	X	X					X				X																		X		
13																																					
14			X			X	X	X					X				X																		X	X	
15			X			X	X	X					X				X						X														
16			X			X	X	X					X				X																				
17																																					
18																																					
19			X			X	X	X					X				X																			X	
20																																					
21																																					
22																																					
23																																					
24																																					
25																																					
26																																					
27																																					
28																																					
29																																					
30			X			X	X	X					X				X																			X	X
31																																					
32																																					
33																																					

TABLA 6

CUESTIONARIOS QUE POSEEN EL MAYOR NÚMERO DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

Número de Cuestionario	17	13	8	7 y 3	6	28
Número de aciertos	7 de 41	13 de 41	15 de 41	14 de 41	17 de 41	20 de 41

En esta Tabla se recoge la información de la Tabla 5, en ella encontramos los cuestionarios con mayor número de diferencias significativas a los otros, esto se debe a que son los cuestionarios con el menor número de aciertos.

VI. 4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICADO A LAS PREGUNTAS DE LOS CUESTIONARIOS

El análisis de varianza en dos vías nos dice que hay diferencias significativas entre algunas de las preguntas del cuestionario a un nivel de $P < 0.001$. La prueba de Tuckey de comparación múltiple nos permitió conocer las propiedades que los encuestados piensan que pertenecen a los gases, líquidos y sólidos.

La tabla **7** muestra el número de aciertos obtenidos para cada una de las preguntas del cuestionario sobre diferentes aspectos de la Estructura de la Materia. El número total de cuestionarios aplicados fue de 33.

Los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tuckey nos permitió distinguir cuáles eran las preguntas con mayor número de diferencias a las otras y posteriormente tratar de inferir el porque esto es así.

TABLA 7. NÚMERO DE ACIERTOS DE CADA PREGUNTA.

Pregunta	No. de Aciertos.	Porcentaje de respuesta %
1	23	56
2	14.	34
3	16	39
4^a	23	56
4b	19	46
4c	26	63
4d	13	31
4e	26	63
4f	27	65
4g	28	68
4h	32	78
4i	18	43
4j	16	39
4k	9	21
5	21	51
6^a	28	68
6b	24	58
6c	27	65
6d	19	46
6e	17	41
6f	15	36
6g	20	48
6h	24	58
6i	22	53
6j	20	48
6k	10	24
7a	29	70

7b	25	60
7c	23	56
7d	1	2
7e	16	39
7f	11	26
7g	14	34
7h	19	46
7i	15	36
7j	19	46
7k	17	41
8	16	39
9	17	41
10	7	17
11	25	60

TABLA 8. DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS PREGUNTAS DE LOS CUESTIONARIOS

Pregunta	1	2	3	4a	4b	5	6a	6b	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17	18	19	20	21	22	23	24		
1		S	S				S																						
2																													
3																													
4a			S																										
4b																													
5																													
6a																													
6b																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16a																													
16b																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													

En esta tabla se muestra el resultado de la prueba de Tuckey de comparación múltiple. Se encontraron diferencias significativas a un nivel $P < 0.001$

TABLA 9. DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS PREGUNTAS DE LOS CUESTIONARIOS

Pregunta	7a	7b	7c	7d	7e	7f	7g	7h	7i	7j	7k	8	9	10	11
1				S	S	S	S		S			S			
2				S										S	
3				S										S	
4a				S	S	S	S		S			S		S	
4b				S		S								S	
4c				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
4d				S											
4e				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
4f				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
4g				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
4h		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
4i				S	S	S								S	
4j				S										S	
4k				S										S	
5				S		S	S							S	
5a				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
5b				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
5c				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
5d				S		S								S	
5e				S										S	
5f				S										S	
5g				S		S								S	
5h				S	S	S	S		S		S	S	S	S	
5i				S		S	S		S					S	
5j				S		S								S	
5k				S										S	
7a				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
7b				S		S			S		S	S	S	S	
7c				S	S	S	S		S			S	S	S	
7d															
7e				S										S	
7f															
7g				S										S	
7h				S		S								S	
7i				S										S	
7j				S		S								S	
7k				S										S	
8														S	
9				S										S	
10														S	
11				S	S	S	S		S	S		S	S	S	

En esta tabla se muestra el resultado de la prueba de Tuckey de comparación múltiple. Se encontraron diferencias significativas a un nivel $P < 0.001$

TABLA 10. PREGUNTAS SIGNIFICATIVAMENTE IGUALES - DIFERENTES

PREGUNTA	PREGUNTAS A LAS QUE SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES	PREGUNTAS A LAS QUE SON SIGNIFICATIVAMENTE IGUALES
1	2,3,4d,4j,4k,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7i,8,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,5,6a,6b,6c,6d,6e,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7h,7i,7k,9,11
2	7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
3	7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
4a	2,3,4d,4j,4k,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7i,8,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,5,6a,6b,6c,6d,6e,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7h,7i,7j,7k,9,11
4b	4k,6k,7d,7f,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
4c	2,3,4b,4d,4i,4j,4k,6d,6e,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10	1,4a,4c,4e,4f,4g,4h,5,6a,6b,6c,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,11
4d	7d	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10,11
4e	2,3,4b,4d,4i,4j,4k,6d,6e,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10	1,4a,4c,4e,4f,4g,4h,5,6a,6b,6c,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,11
4f	2,3,4b,4d,4i,4j,4k,6d,6e,6f,6g,6j,6k,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10	1,4a,4c,4e,4f,4g,4h,5,6a,6b,6c,6h,6i,7a,7b,7c,11
4g	2,3,4b,4d,4i,4j,4k,5,6d,6e,6f,6g,6j,6k,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10	1,4a,4c,4e,4f,4g,4h,6a,6b,6c,6h,6i,7a,7b,7c,11
4h	1,2,3,4a,4b,4d,4i,4j,4k,5,6b,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7b,7c,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10,11	4c,4e,4f,4g,4h,6a,6c,7a
4i	4k,6k,7d,7f,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
4j	4k,7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
4k	7d	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10,11
5	4d,4k,6k,7d,7f,7g,10	1,2,3,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
6a	2,3,4b,4d,4i,4j,4k,5,6d,6e,6f,6g,6j,6k,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10	1,4a,4c,4e,4f,4g,4h,6a,6b,6c,6h,6i,7a,7b,7c,11
6b	2,3,4d,4j,4k,6e,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7i,7k,8,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,5,6a,6b,6c,6d,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7h,7i,9,11
6c	2,3,4b,4d,4i,4j,4k,6d,6e,6f,6g,6j,6k,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10	1,4a,4c,4e,4f,4g,4h,5,6a,6b,6c,6h,6i,7a,7b,7c,11
6d	4k,6k,7d,7f,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
6e	4k,6k,7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11

TABLA 11. PREGUNTAS SIGNIFICATIVAMENTE IGUALES - DIFERENTES

PREGUNTA	PREGUNTAS A LAS QUE SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES	PREGUNTAS A LAS QUE SON SIGNIFICATIVAMENTE IGUALES
6f	7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
6g	4d,4k,6k,7d,7f,10	1,2,3,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
6h	2,3,4d,4j,4k,6e,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7i,7k,8,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7h,7i,9,11
6i	2,3,4d,4k,6f,6k,7d,7f,7g,7i,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
6j	4d,4k,6k,7d,7f,10	1,2,3,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
6k	7d	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10,11
7a	2,3,4b,4d,4i,4j,4k,5,6d,6e,6f,6g,6i,6j,6k,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10	1,4 ^a ,4c,4e,4f,4g,4h,6a,6b,6c,6h,7a,7b,7c,11
7b	2,3,4d,4i,4j,4k,6d,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7i,7k,8,9,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,5,6a,6b,6c,6e,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7h,7i,11
7c	2,3,4d,4j,4k,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7i,8,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,4i,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7h,7i,7j,7k,9,11
7d	A TODAS	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10,11
7e	4k,7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
7f	A TODAS	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10,11
7g	7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
7h	4k,6k,7d,7f,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
7i	7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
7j	4k,6k,7d,7f,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
7k	4k,6k,7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
8	4k,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
9	4k,6k,7d,10	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,11
10	A TODAS	1,2,3,4a,4b,4c,4d,4e,4f,4g,4h,4i,4j,4k,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,6k,7a,7b,7c,7d,7e,7f,7g,7h,7i,7j,7k,8,9,10,11
11	2,3,4d,4i,4j,4k,6e,6f,6k,7d,7e,7f,7g,7i,7j,8,9,10	1,4a,4b,4c,4e,4f,4g,4h,5,6a,6b,6c,6d,6e,6f,6g,6h,6i,6j,7a,7b,7c,7h,7k,11

TABLA 12. RECOPIACION DE EL COMPORTAMIENTO DE LAS PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO.

Pregunta	Aciertos	Porcentaje de Aciertos (%)	No. de diferencias significativas.
2	14	34	16
3	16	39	16
4d	13	31	19
4j	16	39	15
4k	9	21	30
6f	15	36	16
6k	10	24	27
7d	1	2	37
7e	16	39	15
7f	11	26	24
7g	14	34	17
7i	15	36	16
10	7	17	35

El número total de aciertos posibles es de 41, las diferencias fueron significativas a un nivel de $p < 0.05$.

**TABLA 13.
PROPIEDADES FÍSICAS QUE LOS ADULTOS MAYORES, IDENTIFICAN EN LOS GASES.**

Los gases no poseen:	Los gases tienen:
Movimiento	Olor
Masa	Peso
	Volumen

**TABLA 14.
PROPIEDADES FÍSICAS QUE LOS ADULTOS MAYORES, IDENTIFICAN EN LOS LÍQUIDOS.**

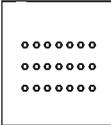
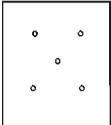
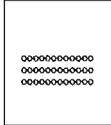
Existe la noción de que los líquidos no tienen:	Se piensa que los líquidos poseen:
Masa	Movimiento
Olor	Forma
	Peso
	Volumen
	Densidad
	Sabor
	Visibilidad
	Tamaño

**TABLA 15.
PROPIEDADES FÍSICAS QUE LOS ADULTOS MAYORES, IDENTIFICAN EN LOS SÓLIDOS.**

Piensen que los sólidos no poseen:	Existe la idea que los sólidos tienen:
Movimiento	Peso
Olor	Volumen
Densidad	Tamaño
Sabor	Forma
Color	Masa
	Visibilidad

De las respuestas obtenidas al aplicar los cuestionarios escogimos las que están directamente relacionadas con la descripción de la naturaleza corpuscular de la materia y elaboramos dos tablas donde mostramos las preguntas que fueron contestadas con mayor frecuencia correctamente y las que lo fueron incorrectamente y esto se puede ver en las **Tablas 16 y 17**.

TABLA 16. RESPUESTAS CORRECTAS SOBRE EL CONOCIMIENTO DE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA

Pregunta	Frecuencia de la Respuesta
<p>1).¿Qué encuentras, entre los espacios de las partículas que componen a los materiales?</p> <p>R. Vacío</p>	17%
<p>2).Bajo un microscopio muy potente, ¿Cómo crees que se observaría, un sólido, un líquido, y un gas?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>L</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>G</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>S</i></p>  </div> </div>	54.5%
<p>3).¿Qué diferencia encuentras en los contenidos de los siguientes recipientes?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 50px;"> <p>VAPOR DE AGUA</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 50px;"> <p>HIELO</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 50px;"> <p>AGUA</p> </div> </div>	63.6%

En esta Tabla se muestra que menos del 20%, de los encuestados, conoce la naturaleza corpuscular de la materia, **(1)** y que más de la mitad identifica y distingue los distintos estados de la materia, **(2)** y **(3)**.

TABLA 17. RESPUESTAS ERRÓNEAS SOBRE EL CONOCIMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Pregunta	Frecuencia de la Respuesta
<p>¿Qué diferencia encuentras en los contenidos de los siguientes recipientes?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 60px;"> VAPOR DE AGUA </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 60px;"> HIELO </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; width: 60px;"> AGUA </div> </div>	<p>36.3%</p>
<p>Bajo un microscopio muy potente, ¿Cómo crees que se observaría, un sólido, un líquido, y un gas?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>L</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ○○○○○○ ○○○○○○ ○○○○○○ </div> </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>G</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ○ ○ ○ ○ ○ </div> </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>S</i></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○ ○○○○○○○○○○○ </div> </div> </div>	<p>45.4%</p>
<p>¿Cómo definirías con tus propias palabras, alguno de los estados de la materia?</p>	<p>60.6%</p>

En esta Tabla se muestra que un poco más de la tercera parte del total de los encuestados no distingue los distintos estados de la materia en una representación gráfica de los mismos y más de la mitad de los encuestados no los puede definir con sus propias palabras.

VII.- DISCUSIÓN

El objeto de aplicar el primer cuestionario fue obtener información más amplia de la población investigada para poder inferir si ciertas características de ésta como lugar de procedencia, edad exacta, sexo y primordialmente el nivel de escolaridad al que hubieran llegado, tienen influencia en el conocimiento acerca de la Estructura de la Materia (**Ver Tabla 1**).

Los resultados nos muestran que la investigación se realizó casi de manera equitativa entre ambos sexos: 48% del total de la población corresponde a mujeres y 52% a hombres (**Ver Tabla 2**). Respecto al lugar de procedencia, rural o urbana, la diferencia es mínima entre los sexos, en las mujeres, el 75% son de procedencia urbana y el 25% de procedencia rural, mientras que entre los hombres el 70% son de procedencia urbana y el 30% de procedencia rural.

En cuanto a los niveles de escolaridad, se notan diferencias, por ejemplo, entre las mujeres sólo el 5% son las que cursaron hasta nivel primaria con respecto al 30% de los hombres, para el nivel medio, es mucho mayor el porcentaje de mujeres que llegaron a este nivel, 50% en un caso y en el otro 10%. En el nivel medio superior y la licenciatura se observa muy poca diferencia entre ambos sexos, nivel medio superior 25% mujeres y 30% hombres y para licenciatura 20% mujeres y 30% hombres (**Ver Tabla 3**).

El lugar de procedencia parece no influir en las diferencias encontradas en cuanto al conocimiento de la Estructura de la Materia que tiene la población de adultos mayores, ya que no existe casi diferencia (en esta característica) en la población. Respecto al nivel de escolaridad, dado que en el pasado las mujeres tenían menos oportunidades de estudiar sí se observan diferencias importantes, ya que sólo el 5 % de mujeres en comparación con el 30% de hombres cursó solamente la instrucción primaria; sin embargo, a partir del nivel medio y licenciatura observamos muy poca diferencia en el porcentaje de la población que cursó estos estudios entre ambos sexos.

Al inicio de nuestra investigación y con el propósito de determinar si efectivamente a través de la aplicación del cuestionario elaborado sería posible descubrir las ideas que poseen los adultos mayores acerca de la Estructura de la Materia, se evaluó el mismo según el Método de Guilford, que consiste en establecer si las preguntas del cuestionario discriminan entre los que saben y los que no saben. Al aplicar esta evaluación, comprobamos que el cuestionario sí discrimina entre la población que sabe y la que no sabe acerca de la naturaleza corpuscular de la materia. Aunque las preguntas **2, 3 y 7d** presentaron una frecuencia de respuesta menor al 20% (**Ver Tabla 4**, en la que se señala con rojo la menor frecuencia de respuesta) y las preguntas **4f, 6a, 6b, 6c, y 6h** que resultaron con una frecuencia mayor al 80% (**Ver en Metodología**, los resultados de la evaluación de las preguntas del cuestionario) éstas se conservaron por considerarlas indispensables para el propósito de la investigación.

El análisis de varianza en rangos en una vía de Kruskal - Wallace de 33 cuestionarios aplicados a la población de adultos mayores arrojó como resultado que las diferencias entre los valores de las medianas entre los cuestionarios eran mayores que las esperadas por el azar y que existían diferencias estadísticamente significativas a un nivel de $P < 0.001$ entre ellos. Al efectuar un análisis de comparación múltiple encontramos cuáles cuestionarios eran significativamente distintos a los otros. En la **Tabla 5**, se distingue una región de los cuestionarios con un mayor número de diferencias significativas, éstos fueron los que obtuvieron el menor número de aciertos. En la **Tabla 6** aparecen aquellos cuestionarios que presentaron el menor número de aciertos, por ejemplo, el cuestionario 17 fue el que obtuvo el menor número de respuestas correctas, sólo 7 de 41, de acuerdo a estos resultados más de la mitad de la población encuestada contestó acertadamente el 50% de las preguntas.

En cuanto a las preguntas del cuestionario, se determinó el porcentaje de respuestas correctas a cada pregunta (**Tabla 7**), y si las preguntas del cuestionario eran significativamente diferentes entre sí por medio de un análisis de varianza en dos vías; posteriormente, para conocer cuáles preguntas eran diferentes o similares a otras, se realizó una prueba de Tuckey. En las **Tablas 8 y 9** se muestran las preguntas y sus respectivas diferencias entre sí y en las **Tablas 10 y 11** aparecen enlistadas las preguntas con mayor número de diferencias significativas y las preguntas a las que son significativamente iguales.

Los análisis antes mencionados muestran que la pregunta **1** no es significativamente diferente a las demás probablemente porque sólo se pedía identificar los tres estados de la materia, el porcentaje de respuestas acertadas a esta pregunta fue del 56%.

La pregunta **2** presenta un número pequeño de aciertos (34%) y un alto número de diferencias significativas (16) lo cual nos indica que la pregunta resultó difícil porque los encuestados sólo pudieron identificar en la figura de la pregunta **1** los tres estados de la materia, pero no fueron capaces de explicar las diferencias entre éstos. Lo anterior lo comprobamos con los resultados de la pregunta **3** (39% de aciertos), similares a los de la pregunta 2, en esta pregunta los encuestados tenían que explicar con sus propias palabras en qué consistían las diferencias entre los tres distintos estados de la materia cosa que les resultó difícil.

Acerca de las propiedades físicas que poseen los gases y que corresponden a la pregunta **4** del cuestionario, las menos mencionadas fueron a) que el gas posee movimiento (31% de aciertos), y b) masa (21% de aciertos), la idea de la carencia de movimiento del gas se debe probablemente a que éste no es un atributo observable en los gases. Asimismo, el hecho de que los gases posean masa parece ser casi inimaginable, esta pregunta posee el segundo lugar en la cantidad de diferencias significativas con respecto a otras preguntas, lo cual parece indicar lo extraña que resulta esta característica de los gases para la población encuestada.

Una característica adjudicada erróneamente a los gases, es la de que éstos poseen visibilidad, el 61% afirmaba lo anterior.

Continuando con los gases, en el 30% de los encuestados no existe la noción de que lo que nos rodea es un gas (pregunta **5**), para ellos la idea más común es que alrededor de nosotros tenemos afecto, compañerismo, amor, familia, naturaleza y ánimo, aunque aproximadamente el 50% de los encuestados posee la noción de que lo que nos rodea es un gas.

En nuestra investigación el 75 % de los adultos mayores coincidió en atribuirle al gas la propiedad de poseer olor, junto con ello le confieren la propiedad de tener tamaño, forma, color, sabor. Probablemente, esto se deba a que su conocimiento de los gases se reduce al gas para uso doméstico, y por eso le confieren también peso y volumen, esto lo comprobamos porque la pregunta 4f, acerca de que si los gases tienen olor, es estadísticamente igual a la de si los gases poseen las propiedades arriba mencionadas (preguntas 4a, 4b, 4c, 4e, 4g y 4h). En contraste, estas preguntas son estadísticamente diferentes a las de si los gases poseen masa, visibilidad y movimiento, propiedades menos ligadas a la vida cotidiana como es el uso del gas doméstico.

Acerca de las propiedades físicas que los encuestados piensan que poseen los líquidos, (pregunta **6**) encontramos que la propiedad más conocida es el peso (68% de aciertos) y la más desconocida es la masa (24% de aciertos), el concepto de masa en los líquidos es sólo estadísticamente igual a la pregunta de si los sólidos poseen movimiento, siendo ésta última pregunta la más difícil del cuestionario. El concepto de masa en general, parece ser desconocido para la mayoría de la población encuestada. Curiosamente, para esta población, los líquidos también carecen de olor (64%) , color (59%) y movimiento (54%); a pesar del bajo número de aciertos, estas 3 propiedades no son estadísticamente iguales a las preguntas sobre la masa en los 3 estados de la materia y sobre el movimiento en los sólidos, siendo probablemente conceptualmente distintas.

Respecto a las propiedades físicas que los encuestados piensan que poseen los sólidos, (pregunta **7**) encontramos que los adultos mayores ignoran en un 99% que los sólidos posean movimiento (pregunta **7d**), indicando esto un completo desconocimiento de la naturaleza corpuscular de la materia lo cual corroboramos con los resultados de la pregunta **10**, que atañe a la idea del vacío, esta idea sólo la posee el 17% de la población. Las preguntas **7d** y la **10** son estadísticamente distintas a todas las demás preguntas, las primeras están implicadas en la naturaleza misma de la teoría corpuscular de la materia y éstas parecen ser conceptualmente difíciles para la población con la que se trabajó. Por lo anterior, probablemente la forma en que se accede al conocimiento del movimiento en los sólidos o a la idea del vacío es diferente a todas las demás propiedades de la materia que pueden ser observables o percibidas.

También los adultos mayores no le atribuyen a los sólidos color, olor, sabor y densidad (estas preguntas poseen el 39, 26, 34 y 36% de aciertos respectivamente). Como sucede con los líquidos, al sólido le confieren peso pero no consideran (59% de la población) que los sólidos tengan masa (Ver **Tablas 13, 14 y 15**).

Nuestros resultados muestran que el 18% de los adultos mayores encuestados, recurren a ejemplos tales como que el líquido es como el agua para tratar de explicar las formas en que se presenta la materia. Esto se relaciona con lo que encontró R. Stavy (1988), trabajando con niños pequeños, que por el estado de desarrollo mental que tienen los niños no pueden recurrir a abstracciones para explicar las diferencias entre los distintos estados de la materia.

En el caso de los adultos mayores, muchos de ellos, como nos lo muestran las cifras obtenidas carecen del conocimiento necesario para explicar estas diferencias aunque tengan ya un desarrollo mental que les permite comprender conocimientos abstractos, por lo que se observa que éstos recurren a ejemplos como el del que el líquido es como el agua y el sólido es duro.

Como lo señalan los autores J. I. Pozo y M. A. Gómez Crespo, (1998), la dificultad que más obstaculiza el entendimiento sobre la Estructura de la Materia y que se observa aún más entre los adultos mayores, es el predominio de lo observable sobre lo no observable, ya que la idea que poseen sobre cómo ocurre un cambio de estado físico se basa en su experiencia cotidiana, como se observa en el resultado de la pregunta **8** en el que sólo el 39% pudo explicar qué sucede al calentar un sólido, un líquido y un gas, aunque esta pregunta no es significativamente diferente a la mayoría de las preguntas.

Con relación a lo anterior, el 60% de la población sí posee la idea de calentar un sólido, un líquido para que éstos cambien de estado.

Nuestros resultados muestran que la población de adultos mayores encuestada, no relaciona a los líquidos y a los sólidos con su experiencia cotidiana lo que sí sucede con los gases, puesto que a los dos primeros no les atribuyen características observables y percibibles como olor, color y sabor. Parece ser que existe una distancia abismal en esta población entre la ciencia y el ámbito cotidiano.

Consideramos acertado entonces que en las revisiones que se han efectuado actualmente con relación a la finalidad de la enseñanza de las ciencias se pretenda educar científicamente a la población para que ya no se dé esta discrepancia, lo que propone el enfoque **CTS (Ver en Antecedentes Didácticos)**.

La **Tabla 16** nos muestra los resultados que los encuestados poseen sobre la naturaleza corpuscular de la materia, en ella se aprecia que la idea del vacío que corresponde a la pregunta **10** del cuestionario presenta una frecuencia de respuesta acertada del 17% respecto al total, lo que coincide con el número de aciertos, 7 para esa pregunta, teniendo asimismo 35 diferencias significativas (Ver **Tabla 12**).

Entre las concepciones erróneas más comunes en esta pregunta encontramos que se cree que entre las partículas que forman a la materia existe gas, aire, átomos, moléculas, células y microbios.

En la **Tabla 17** podemos apreciar que el 45.4 % no identifica los estados de la materia en la ilustración que se les muestra, debido a que como ya se señaló anteriormente, poseen escaso conocimiento de la misma y que por eso la ilustración no les facilita la respuesta. También se observa que mucho más de la mitad, el 60.6% del total, no pueden definir ni explicar con sus propias palabras las diferencias entre los distintos estados de la materia.

D. R. Mulford y W. R. Robinson, (2002), establecen que una pregunta ilustrada facilita la comprensión y respuesta de la misma, sin embargo en nuestro caso no podemos afirmarlo así, pues no encontramos que de la identificación que los adultos mayores hicieron de los estados de la materia, (de las preguntas **1** y **9**) se debiera a que se les interrogó de manera ilustrada o a que se les pidiera la descripción de las diferencias entre los 3 estados de la materia.

Finalmente observamos que no se pudo inferir que el conocimiento que los adultos mayores poseen acerca de la Estructura de la Materia se deba a haber recibido instrucción formal escolarizada, como nos lo indica su promedio de escolaridad, ya señalado anteriormente, solamente, en una evaluación cualitativa sobre un cuestionario que obtuvo la más alta puntuación, encontramos relación entre la actividad que desempeñaba el encuestado con su nivel de conocimientos acerca de la Estructura de la Materia, basándonos en la identificación correcta de las partículas en una representación gráfica de un sólido, un líquido y un gas, además de que tiene la idea de vacío y del movimiento de las partículas que forman a los gases y a los líquidos.

Cabe destacar que en muchos de los adultos mayores, entre los que se realizó la investigación, se observa todavía una gran sed de aprender, a pesar de su edad en la que se pensaría que el estudio ya no les atrae, sin embargo, no es así, hubieron quienes expresaron ese interés y lo refuerzan leyendo, tomando cursos y asistiendo a conferencias que se les brindan en el área donde se llevó a cabo la investigación y aunque no se hizo una selección de los encuestados, se puede afirmar que aquellos que tuvieron disposición e interés al resolver el cuestionario, fueron los que mostraron en mayor grado esa inquietud.

De lo anteriormente discutido, podemos decir que:

- En su mayoría, los adultos mayores desconocen la naturaleza corpuscular de la materia.
- No se encontró que hubiera correlación entre su grado de escolaridad y el conocimiento de la Estructura de la Materia.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, J. A. Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. Revista de Educación de la Universidad de Granada, 10, 269-275, (1997).

Ander P. y Sonnessa J. A. Principios de Química, Ed. Limusa, 1973, p. 69, p. p. 358-359.

Asimov I. Breve Historia de la Química. Ed. Alianza, ISBN: 84-206-3979-6, 1999a, p. p.

Asimov I. La Búsqueda de los Elementos, Plaza & Janes Editores, ISBN: 968-11-0168-5, 1996b, p. p.

Chávez A. N. Un poco de Química, Ed. Siglo XXI Editores, S. A. De C. V. ISBN 968-23-1538-7, 1999, p. p.

De La Selva T. De la Alquimia a la Química. Ed. Fondo de Cultura Económico, (Segunda Edición), ISBN 968-16-5766-7, 1998, p. p.

Furió M. C. y Padilla M. K. La Evolución Histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la "cantidad se sustancia" y el "mol", Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, No. 17, 55-74 (ISSN 0214-4379), (2003).

García H. El Investigador del Fuego. Ed. Pangea, México, D. F., ISBN 968-6177-35-3, 1994, p. p.

Garriz A. , Chamizo J. A. Química, Ed. Addison – Wesley Iberoamericana, ISBN 0-201-62566-0, 1994, p. p.

Mortimer Charles E. Química. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. De C. V., ISBN 968-7270 10-1, 1983, p. p.

Mulford, D. R. y Robinson, W. R. An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students. J. Chem. Ed., 79, (6), 739-744, (2002).

Ne' man Y. y Kirsh Y. Los Cazadores de Partículas, Ed. Gedisa, ISBN 84-7432-305-3, 1986, p. p.

Nicoll, G. A. Qualitative Investigation of Undergraduate Chemistry Students' Macroscopic Interpretations of the Submicroscopic Structure of Molecules. *J. Chem. Ed.* 80 (2), 205- 213, (2003).

Pauling L. *Química General*, Ed. Aguilar, ISBN 84-03-20252-0, 1977, p. p.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. "El aprendizaje de la química". en *Aprender y enseñar ciencia*. Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. EDICIONES MORATA, S. L. Madrid, España. ISBN: 84-7112-440-8, 1998, p. p. 149-204.

Prieto T., Blanco Á, y González F., De los Conocimientos Científicos a la Ciencia Escolar, p. p. 15-63, (2000). En: *La Materia y los Materiales, Síntesis Educativa*.

Rosado C. R. y Medina N. F. *Estructura de la Materia*. Programa Nacional de Formación de Profesores. Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior. Edición a cargo de Diseño y Composición Litográfica, S. A. Edo. de Méx., (1973).

Sanger, M. J. Using Particulate Drawings to Determine and Improve Students' Conceptions of Pure Substances and Mixtures. *J. Chem. Ed.*, 77 (6), 762-766,(2000).

Segré E. *De los Rayos X a los Quarks*, Yolín Ediciones. S. A. México, D. F. ISBN 968-478-027-3, 1983, p. p.

Sosa P. *Bájate de mi nube electrónica*. ADN Editores, S. A. De C. V.,ISBN 968-6849-20-3, 2000, p. p.

Sosa, P. De Palabras, de Conceptos y de Orden, *Educación Química* 10 (1), 57-60, (1999).

Stavy, R. Children's conception of gas. *INT. J. SCI. EDUC.*10 (5), 553-560, (1988).

Trinidad-Velasco, R. y Garritz, A. Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*. 14 (2), 72-85, (2003).

Vázquez, A. Innovando la enseñanza de las Ciencias: El movimiento Ciencia – Tecnología - Sociedad. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears*, 8, 25-35, (1999).

Waks, L. J. Las relaciones escuela-comunidad y su influencia en la educación en valores en CTS. En A. Alonso, I. Ayestarán, y N. Ursúa (Eds.): *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 1996, p. p. 35-47. Estella: EVD.