

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA A LA
LUZ DE LA HIPOTESIS DE
INCOMPATIBILIDAD

Carmen Rosa Basto Flórez

Licenia María Rodríguez Pabuena

Luis Carlos Granda Mana

Sol Mariana Muñoz Gamarra

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACION
DEPARTAMENTO DE EDUCACION AVANZADA

MEDELLIN, 1998

CONCEPTUALIZACIÓN EN TORNO A LA MATERIA A LA LUZ DE LA HIPÓTESIS DE
INCOMPATIBILIDAD

Carmen Rosa Basto Flórez

Licenia María Rodríguez Pabuena

Luis Carlos Granda Viana

Sol Marina Muñoz Gamarra

Monografía presentada como requisito para obtener el título de: “ESPECIALISTA EN EDUCACION EN

CIENCIAS EXPERIMENTALES”

Asesor. Carlos Arturo Soto L.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA

MEDELLÍN 1998



ACTA DE APROBACIÓN DE MONOGRAFÍA

Entre presidente y jurados de la Monografía **CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD**, presentada por los estudiantes **Carmen Rosa Basto Flórez, Licenia María Rodríguez Pabuena, Luis Carlos Granda Viana y Sol Marina Muñoz Gamarra**, como requisito para optar al título de **Especialista en Educación en Ciencias Experimentales**, nos permitimos conceptuar que ésta cumple con los criterios teóricos y metodológicos exigidos por la Facultad y por lo tanto se aprueba.

Medellín, noviembre 13 de 1998

CARLOS ARTURO SOTO L.
Presidente

FANNY ANGULO M
Jurado

RODRIGO COVALEDA
Jurado

AGRADECIMIENTOS:

A todas las personas que de una u otra
forma contribuyeron para la feliz
culminación del presente trabajo.

"Me dices que lo desconocido
no se puede enseñar, yo digo
que tampoco se enseña lo
conocido y que cada hombre
hace el mundo al vivir"

Humberto Maturana.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION	7
JUSTIFICACIÓN	1
DEFINICION DEL PROBLEMA	7
OBJETIVOS	11
MARCO TEORICO	12
REFLEXIONES SOBRE EL CAMBIO CONCEPTUAL	12
PARALELO ENTRE EL PERFIL CONCEPTUAL DE MORTIMER Y EL CAMBIO CONCEPTUAL DE CHI	20
APRENDIZAJE DE CONCEPTOS CIENTIFICOS EN NUESTRO MEDIO.	22
REVISIÓN HISTÓRICA DEL CONCEPTO DE MATERIA	25
CONCEPCIÓN ARISTOTÉLICA DE MATERIA	29
ASPECTOS A RESALTAR SOBRE EL METACONCEPTO DE MATERIA	40
PERFIL CONCEPTUAL DE MATERIA Y DE ATOMO	41
DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA ESTRATEGIA	44
METODOLOGÍA	46
PLANIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DEL INSTRUMENTO	49
JUSTIFICACION DEL INSTRUMENTO	50
ELABORACION DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN	55
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	56

INTERPRETACIÓN DE LOS PREDICADOS VERBALES.	67
ELABORACIÓN E INTERPRETACIÓN DE GRAFICOS	73
CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXO N°1	86
ANEXO N°2	87

INTRODUCCION

En la búsqueda de nuevas metodologías en la didáctica de las ciencias que lleven a mejorar el aprendizaje científico, durante esta última década se ha tomado como marco de referencia la tendencia constructivista, para intentar superar las dificultades que se presentan en este campo, recurriendo a teorías sobre el cambio conceptual. Al respecto, una teoría reciente sobre el cambio conceptual es la propuesta por Chi et al (1994), quienes proponen que el aprendizaje es un proceso donde se requiere que haya un "cambio de significado de los conceptos dentro de diferentes categorías ontológicas de una misma rama o entre diferentes ramas del árbol ontológico"

Con el fin de lograr tal proceso se deben conocer los preconceptos que poseen los individuos sobre el tema que se va a estudiar y para ello es necesario aplicar un cuestionario sobre problemáticas cotidianas en las que se reflejen los preconceptos y los conceptos científicos que utilizan expertos y novatos en su resolución, las que serán trabajadas desde los respectivos isomorfos, fundamentados en la intuición, observación, en las preconcepciones y en su relación y formación científica.

Basada en las anteriores afirmaciones, la presente monografía pretende mostrar los resultados de la aplicación de un instrumento de detección de preconceptos en el campo de la química, como método innovador en el aprendizaje significativo de las ciencias, comprobando que la hipótesis de incompatibilidad sustentada por Chi et al, si es posible de aplicar, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad educativa y a la vez se demuestra que el conocimiento cotidiano algunas veces es incompatible

con el conocimiento científico, dificultando su aprendizaje, debido a los obstáculos ontológicos que el conocimiento cotidiano representa.

Se espera que este trabajo contribuya a la creación de nuevas estrategias de actividad pedagógica aplicables en la labor académica que permitan cambios efectivos frente al tipo de enseñanza que se imparte en las aulas.

CONCEPTUALIZACIÓN EN TORNO A LA MATERIA A LA LUZ DE LA HIPÓTESIS DE INCOMPATIBILIDAD

JUSTIFICACIÓN

En los recientes avances en el campo de la investigación didáctica se resaltan las relaciones de semejanza y diferencia entre el conocimiento común y el conocimiento científico, teniendo en cuenta las diferentes concepciones de ciencia tanto para alumnos y maestros como para los científicos.

El cambio conceptual es un modelo didáctico desarrollado para afrontar la falta de aprendizajes significativos en la educación en ciencias. La extensa investigación sobre los preconceptos ha probado que hay grandes dificultades en los estudiantes, para acomodar los conceptos científicos en sus mentes. (Posner et al. 1982, 221).

Oliva J.M. (1997,203), retomando las ideas de: Saltiel y Viennot (1985, 109); Pozo et al. (1992, 3) y Monk (1995,565) manifiesta: “A pesar de su utilidad la mayoría de estos trabajos se han movido en un ámbito descriptivo que no ha llegado a superar apenas la fase de detección y clasificación de ideas en diferentes áreas. En algunos trabajos se presentan evidencias de nociones persistentes que no se modifican con facilidad, en otros, se consideran construcciones generadas ad - hoc poco definidas y dispersas, unas tienen cierta coherencia interna y otras son escasamente consistentes.”

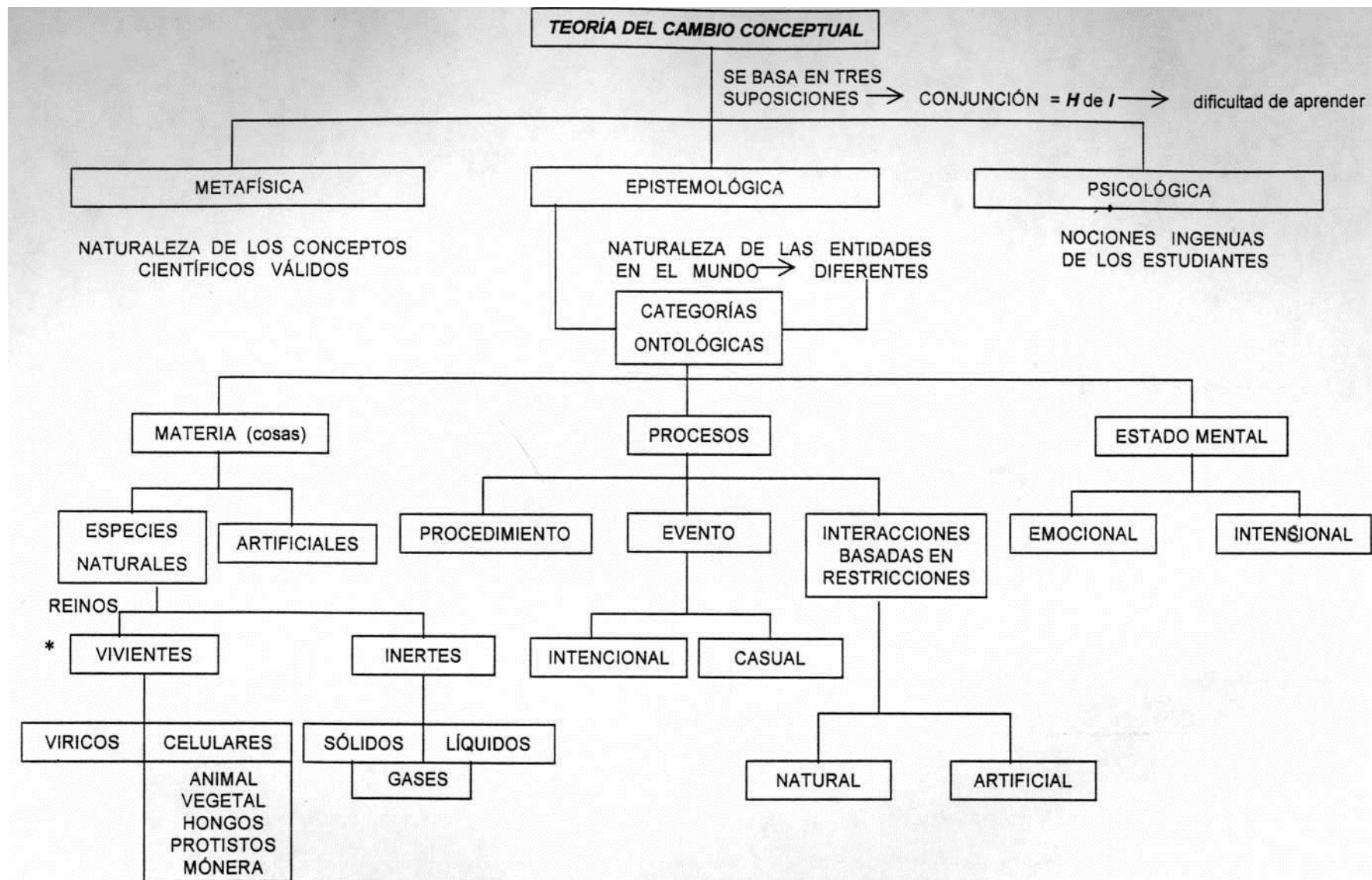
Trabajando con las diferentes dificultades planteadas en los resultados de estas investigaciones, Chi et al. (1994), replantean el significado del cambio conceptual, definiendo éste como la resignificación de conceptos al ubicarlos en categorías ontológicas adecuadas. La teoría del cambio conceptual planteada por ellos, explica las dificultades que se dan para que ocurra el cambio, predice ciertos patrones observables y unifica discrepancias encontradas, relacionadas con el cambio conceptual en la literatura. Así mismo plantea que la conjugación de tres suposiciones de carácter: Epistemológico (relacionada con la naturaleza de las entidades en el mundo), Psicológico (relacionada con las ideas ingenuas de los estudiantes) y Metafísico (relacionada con los conceptos científicos válidos), permite formular la Hipótesis de la Incompatibilidad (H de I) entre los conocimientos cotidianos y científicos, asegurando que los conceptos para los cuales el estado ontológico verídico y la concepción de los estudiantes son incompatibles, serán más difíciles de aprender que aquellos cuyos estados ontológico sean compatibles. El estado ontológico de una concepción inicial del estudiante, frente al estado ontológico verídico, situado en una categoría diferente, le produce dificultad para aprender, por lo tanto se requiere que ocurra el cambio ontológico hacia la concepción verdadera. Cuando los conceptos erróneos son ontológicamente compatibles con los correspondientes conceptos científicos, estos últimos se aprenden directamente y con

relativa facilidad [los conceptos erróneos pueden catalogarse como: Fuertes, consistentes, persistentes, homogéneos, recapitulados, sistemáticos, características estas que impiden un verdadero cambio conceptual, a menos que varíe realmente la naturaleza ontológica de la concepción inicial del aprendiz.

A nivel Epistemológico los autores plantean las categorías ontológicas de: Materia, Procesos y Estados Mentales. (Ver el cuadro N° 1).

En el campo del conocimiento químico encontramos gran dificultad en la comprensión del metaconcepto de Materia, debido a que en él se incluyen gran cantidad de conceptos científicos que no pertenecen a la categoría ontológica de cosas materiales sino a la de procesos y más específicamente a la subcategoría de procesos de interacciones basadas en restricciones, presentándose así una incompatibilidad ontológica entre el conocimiento común y el conocimiento científico sobre dichos conceptos

El trabajo sobre el metaconcepto de materia es importante debido a que este se constituye en el eje medular de la química y prácticamente de su comprensión y aplicación depende el aprendizaje de esta disciplina La principal dificultad relacionada con tal aprendizaje estriba en el hecho de que los estudiantes y aun los mismos educadores de secundaria, poseen la concepción de "materia continua", y piensan en ella como si exclusivamente estuviese constituida por las "sustancias materiales".



* Agregado por los autores y tomado de Gallegos J. A. (1997, 389)

Cuadro No. 1 Arbol Ontológico de Chi

Ignorando por completo su naturaleza eléctrica y las diversas interacciones que se dan entre partículas y sistemas, al intentar explicar los problemas que se les plantean.

De acuerdo con la literatura revisada, se han trabajado desde el punto de vista del cambio conceptual los siguientes temas relacionados con la materia:

- Estructura de un elemento y de un compuesto
- Estructura de una molécula, estructura gigante.
- Valencia; Naturaleza del enlace químico.
- Significado de las fórmulas y de las ecuaciones químicas.
- Significado y uso de los diagramas multiatómicos / moleculares, bidimensionales de sólidos, líquidos y gases.
- Interpretación estructural de una reacción química.
- Energía de enlace y energía de una reacción.
- Preconcepciones sobre el concepto de materia.

Hemos encontrado además que entre las principales explicaciones que se da a la dificultad del aprendizaje de conceptos científicos en química, están:

- “Las dificultades intrínsecas a la propia disciplina relacionada con los diferentes niveles representacionales (macro y micro: atómico - molecular o multiatómico - molecular); con la multiplicidad de los significados de algunos conceptos, con la diversidad de modelos que se utilizan y la ambigüedad de algunos términos y códigos de representación en la composición y estructura química.

- Los estudiantes construyen concepciones alternativas al atribuir significados diferentes a los conceptos y a las representaciones simbólicas, debido a razonamientos espontáneos y analógicos superficiales y a la dificultad que supone la comprensión de procesos desglosados por etapas. También elaboran modelos híbridos en un intento por hacer compatibles sus concepciones con los conceptos científicos o bien como una forma de simplificar la diversidad de modelos que se presentan”. (Caamaño, 1997,177).
- “Deficiencias en la comprensión de modelos de carga eléctrica y en su relación con la estructura atómica de los conductores”. (Pontes, A. y Pro, A. 1997, 207).
- “Ciertas prácticas de evaluación asociadas a la metodología de enseñanza que utiliza planteamientos puramente inductivos y que proporcionan además la transmisión de conocimientos para que se aprendan en forma mecánica y memorística”. (Quiles et al. 1993,37; 1995,72).
- Insucesos, debido a la no acotación y actuación sobre todas las variables intervinientes en el proceso Enseñanza - Aprendizaje. (Posada, J.M. 1997, 463).

Creemos, de acuerdo con la Hipótesis de Incompatibilidad, que algunas ideas ingenuas relacionadas con el concepto de materia, son difíciles de modificar en los estudiantes debido a su asignación en la categoría ontológica inadecuada, dificultad originada por la misma abstracción incluida en los conceptos relacionados con ella para explicar muchos fenómenos, que se dan en la vida cotidiana y en el laboratorio.

La investigación planteada por Chi et al, es importante por las siguientes razones:

- Dentro de la literatura revisada referente al cambio conceptual se ha encontrado que los conceptos ingenuos permanecen aún después de haber trabajado con metodologías específicas, tendientes a lograr el cambio conceptual, debido a que no se ha tenido en cuenta el carácter ontológico subyacente en esos conceptos ingenuos y que difieren substancialmente del carácter ontológico presente en la conceptualización científica.
- La investigación de Chi requiere de la elaboración de un “test de categorías” que permite la codificación de los protocolos de explicación utilizados por los participantes en la investigación, con el fin de categorizar ontológicamente sus concepciones sobre la materia.

Por otra parte a través de la revisión bibliográfica realizada, se encontró que lo más relevante en el proceso de enseñanza no es tanto la metodología que emplee el profesor para innovar sus clases, sino la claridad conceptual que le permita identificar las categorías ontológicas en las cuales se ubican sus propios conceptos y los del grupo, reconociendo los obstáculos epistemológicos u ontológicos que tal categoría conlleva al igual que sus características, para planear los eventos de enseñanza aprendizaje incluyendo estrategias metacognitivas que conduzcan a la superación de tales obstáculos y la ampliación o reasignación de categorías que permitan a los estudiantes elaborar de manera consciente diversas explicaciones en contextos diferentes, sin que esto necesariamente implique abandonar las ideas previas o ingenuas que tenían antes del proceso de enseñanza aprendizaje, ya que estas siguen haciendo parte del perfil del individuo o del grupo y son útiles para comunicarse con la comunidad a la que pertenece y para dar explicaciones a fenómenos cotidianos.

Esta es una nueva forma de enfocar el problema, ya que la mayoría de los estudios se quedan en la identificación y caracterización de preconcepciones y en proponerles estrategias para su

cambio, el cual puede producirse fácilmente o no se produce en la mayoría de los casos, posiblemente por el desconocimiento de los compromisos ontológicos y epistemológicos que posee el estudiante los cuales determinan la dirección de la evolución de sus ideas.

DEFINICION DEL PROBLEMA

Inicialmente la investigación en didáctica de las ciencias se centró esencialmente en el estudio de los preconceptos por su importancia dentro del aprendizaje, pero a partir de los años noventa se ha desviado la atención hacia la enseñanza, debido a que los resultados obtenidos han cuestionado la efectividad del aprendizaje. Dichos resultados permiten proponer nuevos modelos de cambio conceptual, epistemológico y actitudinal

de orientación constructivista; establecen diferencias entre aprendizaje y enseñanza recalcando la importancia del profesor como protagonista de la enseñanza. Debido a ello han surgido varias tendencias para la formación de profesores que tienen como reto buscar estrategias para "enseñarles a pensar" nuevas metodologías acordes con los modelos de enseñanza aprendizaje vigentes.

El presente trabajo intenta encontrar evidencias que lleven a los profesores a repensar la necesidad de detectar las ideas previas de los estudiantes para poder entender su pensamiento y con base en él, ubicarlo en las categorías ontológicas adecuadas, procediendo en consecuencia a diseñar estrategias de aprendizaje que les permitan realizar el cambio conceptual. El análisis de esas evidencias puede ser la base para la reflexión sobre la acción del profesor. En segundo lugar ofrece unos primeros resultados de la aplicación de la teoría de la incompatibilidad de Chi et al en el campo de la química.

La finalidad última será conseguir que el profesor asuma su papel como profesional que investiga sobre su propia práctica a la luz de los avances que reflejan los resultados en los trabajos recientemente publicados sobre la didáctica de las ciencias y los aplique en la superación de las dificultades que presentan los estudiantes para acceder a la comprensión de los conceptos científicos.

Aplicando aquí las predicciones surgidas de la Hipótesis de Incompatibilidad se puede predecir que los estudiantes de educación media se han formado un concepto sobre átomo y materia que corresponde a la categoría ontológica de "cosas materiales", en forma similar a como se concibieron históricamente estos conceptos en los inicios de la química, perfiles epistemológicos conocidos hoy como realismo y sustancialismo; pero

que la categoría ontológica verídica de tales conceptos científicos es la de interacciones basadas en restricciones, presentándose entonces la incompatibilidad que hace necesario que el proceso de enseñanza explique: Por qué cada uno de estos conceptos deben entenderse desde una visión ontológica diferente? y - cuáles son las interacciones presentes en cada uno de ellos?, para que el aprendizaje permita al estudiante hacerse consciente de la limitación de su concepción inicial y de la mayor capacidad explicativa de los conceptos pertenecientes a la categoría ontológica de procesos, en los dominios de la ciencia

Este proceso de enseñanza - aprendizaje que propicie el cambio conceptual drástico, (con resignificación de un concepto desde una categoría ontológica en la rama de cosas materiales hasta una categoría ontológica en la rama de procesos), no es fácil ni se logra de un día para otro. Pensemos por ejemplo, que en el transcurso de la historia de las ciencias un cambio en la construcción ontológica de un objeto cualquiera del conocimiento, constituye una revolución científica y las revoluciones científicas llevan años en el proceso de construcción de una nueva ontología y a menudo muchos más para que tal visión novedosa sea aceptada por la comunidad científica.

En el campo del aprendizaje de la química a nivel básico, la perspectiva de poder lograr tal cambio conceptual es aún más remota si se tiene en cuenta que los profesores mismos muchas veces, sin incluir aquí a los autores de textos escolares, ubican los conceptos de átomo y materia en la categoría ontológica de cosas materiales, por lo cual no sería errado afirmar que en Colombia el nivel de conceptualización del átomo en la enseñanza básica y media se encuentra en el atomismo clásico de Dalton, cuando no, en los conceptos pre-atómicos de materia continua.

Para que el estudiante pueda realizar el cambio conceptual, se hace necesario enseñar habilidades de pensamiento y desarrollo de la capacidad de manejo de mundos virtuales e indagar por las

estrategias de aprendizaje que funcionan personalmente y es aquí donde juega papel importante el lenguaje del estudiante y el que utiliza el profesor, mediante estrategias didácticas que puedan potenciar los diversos recursos disponibles en el proceso de enseñanza, haciendo que el perfil conceptual del estudiante evolucione hacia otras zonas que debe poseer, cuando comprenda la importancia de ampliar su conocimiento con nuevos conceptos que superan en capacidad explicativas a los iniciales.

De acuerdo con lo anterior podríamos aplicar estas categorías al desarrollo histórico de la química, la cual utiliza construcción de modelos y teorías en orden creciente de complejidad para explicar el conjunto de nuevos hechos experimentales y el desarrollo evolutivo de los conceptos de elemento, molécula, sustancia, átomo, etc., los cuales están asociados al metaconcepto de materia y han tenido connotación diferente en cada época, en sus modelos y teorías explicativas.

OBJETIVOS

GENERAL

Identificar las categorías ontológicas donde sitúan los novatos y expertos en química el metaconcepto de materia, aplicando la investigación de Chi et al. (1995) en el campo de la química.

ESPECÍFICOS

- Aplicar aspectos metodológicos del test de categorías de Chi et al., que permitan la determinación de las categorías ontológicas presentes en las explicaciones dadas por expertos y novatos, en la resolución de problemas cotidianos referidos a aspectos químicos.
- Identificar los preconceptos que poseen novatos y expertos sobre aspectos relacionados con la materia para ubicarlos en el árbol ontológico de Chi et al.
- Caracterizar, desde el plano epistemológico los conocimientos que novatos y expertos manifiestan con respecto a la materia en la resolución de problemas cotidianos.
- Relacionar las categorías ontológicas de Chi con los perfiles conceptuales de Mortimer para un mejor análisis del lenguaje manifestado por los entrevistados.

MARCO TEORICO

REFLEXIONES SOBRE EL CAMBIO CONCEPTUAL

La teoría del cambio conceptual ha suscitado diversos enfoques para plantear el aprendizaje de las ciencias como CAMBIO CONCEPTUAL (Posner et al 1982. 221). CAMBIO CONCEPTUAL Y ACUTI DIN AI (Gil et al 1991) o como CAMBIO DE PERFIL CONCEPTUAL (Mortimer 1995-1996), entre otros. Todos ellos se refieren a los errores conceptuales, ideas previas o ingenuas, preconceptos. etc. y dan cuenta de las estrategias metodológicas y didácticas adoptadas por diversos trabajos de investigación en diferentes contextos geopolíticos y socioculturales Al evaluar la efectividad de los trabajos realizados, se concluye que las diversas metodologías de enseñanza aprendizaje aplicadas, no muestran los resultados esperados en cuanto a la remoción o superación de tales ideas y los procesos evaluativos dan indicio de la poca efectividad que ha tenido la enseñanza de las ciencias en la comprensión de los conceptos científicos

Muchos autores definen cambio conceptual como el aprendizaje que cambia alguna concepción existente Esto presupone que el estudiante ya tiene alguna noción sobre lo que es algún concepto en particular

Estudiando tal literatura, Chi et al. (1994) han encontrado soporte teórico y empírico para la suposición de que existen conceptos científicos fáciles de enseñar y de aprender, por ejemplo en biología, el concepto de ballena (como pez) que debe ajustarse a la categoría de animal mamífero, aunque esto implica un cambio ontológico del concepto de ballena, tal cambio se produce fácilmente por enseñanza, ya que los peces y los mamíferos no pertenecen a una categoría ontológica de orden superior diferente, sino que ambos pertenecen a la subcategoría de

animales, dentro de la categoría de seres vivos.

Según los autores mencionados hay incluso conocimientos que evolucionan con la edad del individuo, sin ningún proceso especial de enseñanza como por ejemplo, la distinción entre animal y humano, que se alcanza hacia los diez años (Carey 1985, citado por Chi et al. 1994) porque la idea errada del niño que asume al animal como una variante del concepto humano, no involucra una incompatibilidad de las clases ontológicas, ya que en la concepción adulta (que es igual a la conceptualización científica correcta), los humanos pertenecen a una categoría subordinada de la categoría animal.

En contraste, los conceptos que envuelven incompatibilidad con frecuencia no logran cambiarse ni aún después de la instrucción universitaria (McCloskey, Caramazza y Green 1980, citados por Chi et al. 1994, 28).

Tales concepciones son llamadas incompatibles porque hay un enfrentamiento, (incompatibilidad) entre la representación categórica que los estudiantes llevan al contexto instruccional y la categoría ontológica a la cual el concepto científico pertenece realmente. En tal caso aprender un concepto requiere de un cambio conceptual drástico, ya que la asociación categórica del concepto tiene que ser reasignada a través de las ramas del árbol ontológico. (Ver cuadro N° 1). Por ejemplo, las concepciones iniciales con que los estudiantes representan el concepto de "fuerza" como una clase de sustancia que un objeto posee y consume. Así en la mente de los estudiantes las fuerzas son seres que pertenecen a la categoría de cosas materiales, cuando en realidad ellas pertenecen a una clase de interacciones basadas en restricciones entre dos objetos (un proceso). Con el fin de asimilar esta nueva información acerca del concepto de fuerza, el estudiante debería guardar la nueva información en esta última categoría, pero en vez

de ello, y debido a la concepción anterior del estudiante acerca de la fuerza, (guardada bajo la rama de cosas materiales), la nueva instrucción será asimilada bajo la misma rama. Así los estudiantes nunca pueden lograr un entendimiento completo del concepto, a menos que sufran un cambio conceptual que les permita asimilarlo en una rama ontológica diferente.

Es por esto que Chi et al. (1994) llaman conceptos incompatibles a las concepciones simples de los estudiantes que confrontan el estado ontológico verídico de los conceptos científicos.

La categoría de procesos de interacción basada en restricciones es difícil de definir, de explicar y de enseñar, tanto que en los libros de física no se hace referencia a la palabra "proceso"

Muchos conceptos científicos conllevan tanto entidades de "procesos" como entidades de "cosas materiales", así que el estudiante debe alternarse entre estas dos categorías conceptuales tratando de entenderlas.

La categoría ontológica de interacciones basadas en restricciones, a la cual pertenecen muchos conceptos científicos, es una subcategoría de procesos. Las interacciones se determinan por un conocimiento o conjunto cognoscible de restricciones Chi et al. (1994,29) ilustran la definición abstracta de tal categoría con el ejemplo de la corriente eléctrica, como miembro de la categoría de interacciones basadas en restricciones. "La corriente existe solamente cuando las partículas cargadas eléctricamente se mueven, usualmente a causa de un campo eléctrico. Un campo llena todo el espacio, pero una corriente eléctrica existe solamente cuando una partícula cargada se introduce en el campo Por lo tanto, una corriente eléctrica no es sustancia, ni propiedad de las sustancias, sino un proceso de interacciones restringidas y no tiene agentes causales". Pero este ejemplo de interacciones basadas en restricciones involucra componentes de otras categorías ontológicas, especialmente sustancia, las cuales incluyen partículas en movimiento, alambre, pilas, etc. Pero la unión de estos componentes no implica que la corriente eléctrica pertenezca a

la misma categoría de aquellos: No es una sustancia ni una propiedad de una de las sustancias componentes, es un proceso que involucra estas sustancias. También hay eventos asociados con la iniciación de una corriente eléctrica (por ejemplo: el cierre de un circuito) pero tampoco hacen de la corriente misma un evento. La corriente sigue siendo un proceso que es influenciado por unos eventos que comienzan y terminan, pero el proceso mismo no tiene una trayectoria del tiempo intrínseca en su curso.

Algunos de los atributos de las interacciones basadas en restricciones son: No tienen principio ni fin, esto significa que a ningún aspecto de ellas se puede designar como su comienzo y ningún aspecto específico puede indicarnos que se acerca su final. No hay cambio con el tiempo o la localización, porque la interacción es uniforme y simultánea en todas sus partes. No provee información acerca del curso del tiempo, porque en ella el tiempo no tiene curso, (ver cuadro N° 1). También resaltan los autores referidos el hecho de que la mayoría de las personas poseen una preferencia natural a clasificar muchos conceptos en la categoría de cosas materiales, seguramente debido a la familiaridad con tales conceptos.

¿Cambio conceptual o cambio de perfil conceptual? El cambio de perfil conceptual se diferencia del cambio conceptual en que el primero sugiere usar diferentes vías de pensamiento en diferentes dominios y que un concepto nuevo no reemplaza necesariamente las ideas previas o alternativas, este cambio sugiere que aún en dominios científicos hay diferencias ontológicas y epistemológicas en teorías sucesivas. (Mortimer 1995,267).

El modelo de cambio de perfil conceptual se diferencia de algunos modelos constructivistas de aprendizaje por mostrar que el proceso de construcción de significados no sucede siempre a través de una acomodación de una estructura conceptual previa en la fase de nuevos eventos u

objetos, así que puede algunas veces suceder independientemente de las concepciones previas. “El aprendizaje llega a efectuarse completamente a través del comportamiento activo del aprendiz en la construcción del conocimiento” (Driver, 1989,15).

Nuestro trabajo se sitúa en el marco conceptual planteado por la teoría del cambio conceptual de Chi et al. (1994) y por la teoría del cambio de perfil conceptual propuesta por Mortimer (1995,1996) Chi et al. en su Teoría de Cambio Conceptual revisan el termino Cambio Conceptual y lo definen como reasignación de un concepto en la categoría ontológica adecuada y plantean que las dificultades en el aprendizaje de conceptos científicos se identifican con la dificultad de cambiar las categorías ontológicas a las que se han asignado inicialmente tales conceptos por las categorías ontológicas adecuadas.

Mortimer en su teoría del Cambio de Perfil Conceptual y basado en la teoría del Cambio conceptual propuesta por Chi et al. Introduce una nueva modificación en el análisis de la evolución conceptual en el aula, propone categorizar los conceptos que posee cada individuo o un grupo de individuos en diferentes “perfiles conceptuales" (Termino tomado de Marton, en 1981), por analogía con los perfiles epistemológicos propuestos por Bachelard.

De acuerdo con esto, aprender ciencias es cambiar un perfil conceptual y hacerse consciente de las diferentes zonas del perfil, el cual incluye al sentido común y a las teorías científicas.

Marton define el perfil conceptual como un sistema superindividual de formas de pensamiento que puede asignarse a cualquier individuo dentro de la misma cultura, y el proceso de aprendizaje, como la construcción de un cuerpo de nociones basadas en nuevos hechos y

experimentos presentados a los estudiantes en el proceso de enseñanza en el cual se consideran dos momentos:

- 1- La adquisición del concepto en un nivel de perfil específico dependiente de la naturaleza de los obstáculos epistemológicos y ontológicos identificados en las zonas previas del perfil conceptual.
- 2- La auto concienciación que se haga de su propio perfil, lo cual le permite al aprendiz la comparación entre diferentes áreas del perfil como una evaluación de su poder relativo y usarlo en diferentes situaciones problemáticas que demanden su uso consciente, ya que en tales situaciones hay una fuerte tendencia a utilizar los conceptos previos que no pertenecen a un nivel científico del perfil conceptual; establecer relaciones entre los diferentes niveles de su perfil conceptual y saber cuándo es más conveniente usar uno u otro. Se construyen nuevos niveles pero no se abandonan los previos ya que estos continúan haciendo parte del perfil individual.

El modelo de perfil conceptual sugiere que es posible usar diferentes formas de pensamiento en diferentes dominios y que aún en los dominios científicos hay diferencias ontológicas y epistemológicas entre teorías sucesivas. Así por ejemplo el atomismo, idea central de la química, tiene una rica historia de modelos sucesivos crecientemente adaptados a la evidencia experimental. Un nuevo modelo en la historia del atomismo reemplazó a su predecesor basado en nueva evidencia experimental. Los viejos modelos, sin embargo, permanecieron útiles para explicar algunos fenómenos específicos. En este sentido, hay un número de modelos atómicos alternativos que pueden ser usados en diversos contextos... sin embargo "el atomismo es un modelo y en este sentido, una construcción sin vínculo directo con las observaciones". (Mortimer 1995,276).

El perfil conceptual tiene algunas semejanzas con el perfil epistemológico en las jerarquías entre las distintas zonas, cada zona sucesiva se caracteriza por tener categorías con más poder explicativo que sus antecedentes. En el perfil conceptual se caracteriza primero la distinción entre categorías epistemológicas y ontológicas de cada concepto, en otras palabras para el mismo concepto, cada zona puede ser epistemológica y ontológicamente diferente de otras zonas, puesto que las características conceptuales cambian cuando nos movemos a través del perfil. Ejemplo: El átomo clásico no pertenece a la misma categoría ontológica del átomo como objeto cuántico, (sustancia y procesos respectivamente), ontológicamente son diferentes, entre el racionalismo clásico y el racionalismo moderno hay ruptura ontológica y epistemológica. En cambio entre el empirismo y el racionalismo clásico no hay ruptura ontológica (relación del sujeto con el objeto referido a la esfera de lo concreto), pero sí ruptura epistemológica por (la manera en que se procede en la explicación). Esta característica (distinción entre categorías epistemológicas y ontológicas) es importante que sea tomada en cuenta por los maestros, ya que muchas dificultades en el aprendizaje de los conceptos científicos están asociadas con las dificultades en el cambio de las categorías que se asignan a los conceptos (materia, proceso y estado mental, Chi 1994,30).

La segunda característica importante del perfil conceptual estriba en que los niveles no científicos, no están limitados por escuelas filosóficas de pensamiento, pero sí por los compromisos epistemológicos y ontológicos de los individuos y tales compromisos, a su vez, dependen de la cultura social vigente en la comunidad a la cual pertenece una persona determinada.

Los conceptos y categorías disponibles en todas las esferas del mundo están ocupadas en forma esencialmente similar por un número de individuos en una vía que permite una comunicación efectiva.

Estas representaciones colectivas tienen una característica supraindividual y se imponen al conocimiento individual. Los individuos construyen sus estructuras mentales de conocimiento en la sociedad, por la sociedad y para la sociedad a la cual pertenecen. Esto significa que aunque los aprendizajes escolares se llevan a cabo de distintas maneras y cada persona percibe, aprende y se representa los objetos de conocimiento de una forma muy particular, hay unos esquemas mentales inherentes a la cultura propia de un conglomerado humano, influenciada por factores económicos, políticos y tecnológicos que se imprimen en la formación de la sociedad misma impidiendo que los individuos escapen de estas “categorías de descripciones que denotan una clase de intelecto colectivo” (Mortimer 1993, 270)

La noción de perfil conceptual se usa en vez de perfil epistemológico para introducir algunas características que permitan describir los cambios en el pensamiento individual como resultados del proceso de enseñanza. El perfil conceptual tiene alguna similitud con el epistemológico en cuanto a las jerarquías entre las distintas zonas, así que cada zona se caracteriza por tener categorías con más poder explicativo que sus antecedentes. A la noción de Bachelard se adicionan elementos como la distinción entre categorías epistemológicas y ontológicas de cada concepto. Al tratar el mismo concepto cada zona no solo puede ser epistemológica sino también ontológicamente diferente de otras, al cambiar las características conceptuales al movemos a través del perfil

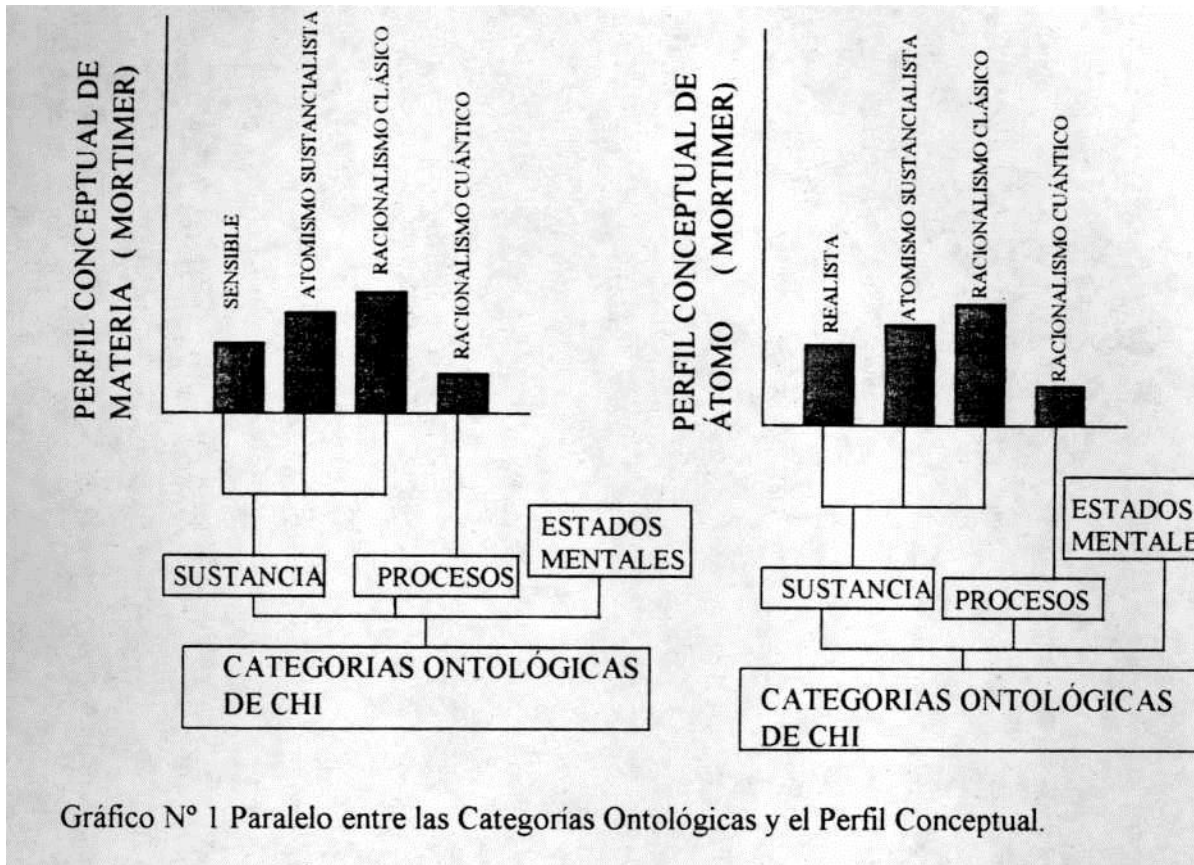
El Metaconcepto de materia conduce a generar teorías y al describir las estructuras teóricas se originan los conceptos, todo este proceso permite una abstracción y conceptualización de la realidad.

PARALELO ENTRE EL PERFIL CONCEPTUAL DE MORTIMER Y EL CAMBIO CONCEPTUAL DE CHI

- Mortimer y Chi aceptan la necesidad de un cambio ontológico en la naturaleza de la concepción de un concepto dado, en nuestro caso el átomo.
- Mortimer propone los perfiles conceptuales constituidos por diferentes zonas de conocimientos alternativos, mediante los cuales el individuo se representa mentalmente un determinado concepto y lo utiliza para resolver diferentes problemas en su vida diaria y en su profesión. Mientras que Chi propone diversas categorías ontológicas dentro de las cuales el individuo inscribe sus concepciones sobre un determinado objeto o fenómeno, dependiendo de los atributos ontológicos con que el individuo los distingue.
- Mortimer propone la enseñanza de las ciencias como un cambio de perfil conceptual donde este abarca más de una categoría ontológica en el árbol de Chi, por ejemplo las categorías de sustancia, procesos y estados mentales.
- Relacionando las ideas de perfil conceptual sobre el átomo y la materia con las categorías ontológicas de Chi, a la categoría ontológica de sustancia, le pueden corresponder tres zonas del perfil conceptual propuesto por Mortimer para los conceptos de átomo y materia, ya que ambos están íntimamente relacionados a nivel de estructura y evolución conceptual, como se ve en el gráfico N° 1, no siempre se conlleva ruptura ontológica en la construcción del objeto de estudio, según se puede deducir de la gráfica entre las tres primeras zonas del perfil, ha ocurrido ruptura epistemológica puesto que cambia la manera de explicar al átomo y la materia pero no siempre ocurre cambio en la visión ontológica, debido a que este cambio

solamente se da al pasar a la cuarta zona del perfil, donde átomo y materia dejan de ser entidades concretas para convertirse en entidades abstractas, cambiando el objeto ontológico de estudio.

- Aunque Mortimer hace uso de las categorías ontológicas que le asigna Chi a los conceptos, no hace uso de la hipótesis de incompatibilidad ni reporta dentro de su bibliografía el conocimiento o apoyo en los últimos trabajos desarrollados por Chi et al.
- Mortimer hace referencia a que el cambio de perfil conceptual no se refiere a desechar las ideas iniciales por las ideas científicas sino a desarrollar diferentes zonas de perfil conceptual, lo cual dotará al individuo de mayor capacidad explicativa en diferentes contextos, mientras que para Chi, el cambio conceptual se refiere a la capacidad del individuo para dar una resignificación a un concepto en una categoría ontológica diferente a aquella en la cual su concepto inicial -se ' encontraba.
- Deducimos por tanto que la hipótesis de incompatibilidad de Chi y el Perfil Conceptual de Mortimer se interrelacionan a través de la Metacognición, además a una categoría de Chi (material, procesos, etc.), le pueden corresponder varios perfiles conceptuales. Ej. A la categoría ontológica de cosas materiales, le corresponden los perfiles conceptuales epistemológicamente diferentes de Realismo, Sustancialismo y Racionalismo Clásico.



APRENDIZAJE DE CONCEPTOS CIENTIFICOS EN NUESTRO MEDIO.

De acuerdo con Salcedo et al. (1991,1994,1995) en nuestro país se puede reconocer el amplio predominio, en escuelas, colegios y universidades, del Paradigma de Transmisión - Asimilación, es decir, el predominio de la reproducción memorística de conocimientos muy ligados a una concepción del mundo altamente empirista y a una concepción de la enseñanza y el aprendizaje de corte conductista. Para la inmensa mayoría de los colombianos las ciencias son “verdades” absolutas, acabadas, inamovibles indiscutibles, irrefutables, “descubiertas” por “genios” en “laboratorios especiales”, ante las cuales nuestro único papel posible es memorizar nombres de los autores y sus resultados, de manera ahística y acrítica, lo cual las convierte

en objetos inanimados sin posibilidades de aplicación práctica para la resolución de los muchos problemas que padece nuestra sociedad. La enseñanza aprendizaje de las ciencias, de esta manera, es un lastre, sin posibilidades de generar procesos de creación y de desarrollo intelectual, humano, científico o tecnológico. En el sistema educativo formal prevalecen los contenidos parcelados por áreas del saber, muchas veces sin la secuencia histórica correcta que ayude a su comprensión e interrelación, sin objetivos claros y definidos tanto para profesores como para alumnos, así como también sin la claridad precisa en los contenidos. La formación del espíritu científico, no pasa muchas veces de ser un mero enunciado en los PEI (Proyectos Educativos Institucionales), y lo que realmente se consigue con los estudiantes es que muchos se desilusionen y pierdan la motivación intrínseca por el saber científico.

El tradicionalismo con que los docentes manejan las metodologías, y las didácticas de las ciencias, les impide reconocer las ideas previas de sus discípulos sobre cada uno de los conceptos científicos que pretenden enseñar, quedando entonces el discurso sobre el cambio conceptual en vana palabrería, ya que al desconocer qué ideas lleva el estudiante al aula sobre un determinado concepto, no se va a poder evaluar si ocurrió o no el cambio conceptual como resultado del proceso de enseñanza. Algunos profesores intentan diagnosticar el estado inicial de las conceptualizaciones de sus aprendices, pero por falta de una buena formación profesional en el campo pedagógico, resultan preguntando definiciones de términos, y al obtenerlas en mayor o menor grado aceptables, deducen erróneamente que la “comprensión” del concepto es buena, hasta cuando alguien en el aula plantee un problema relacionado con el tema en estudio, y el profesor compruebe desconcertado, que la “comprensión” demostrada en definiciones, no es tal y que al intentar explicar un problema cotidiano que envuelve tal concepto, se ponen de manifiesto las verdaderas preconcepciones no científicas que sirven al común de la gente para explicarse la

realidad, pero que difieren mucho del rigor de la visión científica. Como resultado de estos hechos el maestro culpa a los estudiantes de no prestar la suficiente atención, de falta de interés por el aprendizaje, de indisciplina de trabajo, etc. Cuando lo que realmente hay es la incapacidad del aprendiz para percibir y representarse ese “objeto” similarmente a como lo hacen el maestro o los científicos; pero hay que señalar aquí también, el recíproco de la situación: la incapacidad del docente para ver el objeto con los ojos de los discípulos, para desde allí mostrarles las diferencias entre su visión y la científica y de esta forma acercarlos al conocimiento científico.

Muchos aprendizajes en nuestro medio son poco significativos, precisamente porque se abarca, o se pretende abarcar, gran cantidad de temáticas y de áreas diversas del saber, pero no se logra el cambio de las ideas ingenuas o iniciales, en la mayor parte de los casos y por tal razón vivimos en un país de analfabetas en ciencias.

Aún prevalecen los aprendizajes memorísticos de resultados sobre el aprendizaje de procesos y los currículos privilegian los contenidos sobre la formación en valores de creatividad, iniciativa, investigación y todos aquellos que contribuyan a desarrollar una sana posición de los jóvenes ante las ciencias. El trabajo de laboratorio ha sido convertido por muchos de los profesores en algo similar a un recetario de cocina, donde al estudiante se le entregan las guías con los ingredientes que debe mezclar, sus proporciones y a lo sumo se le pide describir los cambios observables, sin permitirle que sea él mismo quien diseñe las experiencias, decida qué variables controlar y cuáles son los objetivos a alcanzar, según las hipótesis de trabajo propuestas por él o por su equipo y conducirlo a que analice profundamente los procesos ocurridos para evaluar el verdadero alcance del aprendizaje y comprensión de los conceptos científicos implicados. Este tipo de trabajo no tiene ninguna relación con proyectos de investigación o con núcleos problemáticos y por tanto, no poseen ninguna significatividad para la vida práctica del estudiante,

ni para la formación de hábitos y destrezas de trabajo

Autores reconocidos a nivel internacional y en Colombia Dino Segura y Adela Molina han propuesto la multiplicidad de variables que inciden en el cambio conceptual del estudiante, que van desde la identificación de sus preconcepciones hasta la incorporación de los conceptos científicos. Desde una visión epistemológica y ontológica se trata de favorecer un proceso formativo que partiendo de la identificación de la ciencia de los alumnos, la ciencia escolar permita la interiorización, o cuando menos el acercamiento, a la ciencia de los científicos.

REVISIÓN HISTÓRICA DEL CONCEPTO DE MATERIA

El origen de este concepto se puede interpretar en dos formas lingüísticas diferentes:

- Del Latín Mater que designa: Tronco principal del que brotan ramas, como también a la sustancia de que está hecho el tronco, de ahí pasó a significar madera y posteriormente, materia en general.
- Del término Griego “Hyle” que se usó primeramente con la significación de árbol o bosque, más adelante se emplea también con el significado de metal y de materia prima de cualquier clase, esto es sustancia con la cual se hace o se puede hacer algo. (Mosterin 1994,65).

De las “Reflexiones Históricas” de Llorens (1989) sobre la evolución del concepto de materia se extractó lo siguiente: El punto de partida en la construcción de los conceptos de materia puede situarse en la escuela Jónica (s. VI a.C.) con las doctrinas de Tales de Mileto, Anaximandro y Anaxímenes. En ellas se observó la superación del pensamiento mítico admitiendo una causa

natural de las cosas y una unidad básica entre ellas, fundamentada en la existencia de un principio común e invariable subyacente a toda transformación, algo que subsiste en esa realidad cambiante de los ciclos naturales: Las estaciones, el día, la noche, el nacimiento y la muerte. Para Tales de Mileto, este principio fue el AGUA.

Anaximandro cuestionó la idea de que ese principio común fuera perceptible por los sentidos, algo que en sí mismo es cambiante como el agua. Buscó en cambio una “Materia primera” cualitativamente indiferenciada: el “Apeirón” o “Lo indeterminado”, puesto que solo lo indeterminado era susceptible de recibir todas las determinaciones.

De esta “Materia primera” surgieron los elementos aire, tierra, agua, fuego, por la separación de cualidades contrarias. Doctrina esta cuyo origen puede situarse aunque con un carácter fuertemente mítico en culturas anteriores como la babilónica y la egipcia.

La importancia de Anaximandro radicó principalmente en que por primera vez tuvo lugar, en relación a las ideas sobre la Materia., la abstracción de lo sensible a lo conceptual.

En las ideas de Anaxímenes, sin embargo no se dio esta tendencia a la abstracción, pues también propuso un principio común: el AIRE, del cual surgen todas las cosas por rarefacción - fuego - o por condensación primero agua y después tierra. De este modo, todo era aire más o menos condensado.

En este aporte se observó sin embargo, otro salto cualitativo: la explicación de cualidades a partir de variaciones cuantitativas, idea que históricamente iba a estar en la base de las doctrinas mecanicistas.

Un rasgo común a las ideas de estos tres pensadores es que la materia se halla de por sí en movimiento, como algo consustancial a ella. Es por así decirlo, “Materia viviente”, de ahí el nombre de “hilozoísmo” con el que es conocida esta escuela de pensamiento.

Heráclito de Éfeso (550-475 a. C.) introdujo el fuego como origen y al mismo tiempo, analogía básica para explicar la realidad. La llama simbolizaba el cambio incesante que se produce en todo.

Parménides de Elea (540 a. C), representó la línea de pensamiento contraria, según la cual existe una materia única, inmutable, cualitativa y cuantitativamente indiferenciada de modo que cualquier cambio en ella es solo aparente.

Empédocles de Agrigento, retomó de los Milesios la noción de los cuatro elementos como soporte de las cualidades: caliente, frío, seco y húmedo, concibió la realidad material constituida por partículas de aire, tierra, agua y fuego, siendo la proporción en que entran estos cuatro elementos, la que determina las propiedades de las sustancias. Todo cambio se concibió entonces como la separación o unión de estas partículas inmutables, cuyo movimiento se regía por el amor, principio de la unión o afinidad - y el odio - principio de la separación.

Anaxágoras, partiendo de la idea de Parménides de la inmutabilidad, de que “De la nada, nada sale, y de que nada puede convertirse en nada”, explicó el cambio admitiendo que todo preexiste en todo, así, si de la materia de los alimentos se forma el cuerpo, hay que admitir que algo de él preexiste en los alimentos. Cada cosa tiene algo de todas las demás y dada la infinita pluralidad del mundo visible, hay que aceptar infinitos elementos con un infinito grado de división. Estas “spermatas” o “simientes”, se agruparon de modo distinto formando las diferentes sustancias. Anaxágoras admitió un espíritu el “nous” al que representó como un torbellino, como principio rector de las separaciones y uniones entre las citadas “simientes”. Esta noción era incompatible con un atomismo, pues reconocer la existencia de partículas formadas de una misma clase de materia estaba en contradicción al admitir que existe “de todo en todo”.

Estas ideas se movieron en el ámbito especulativo y no implicaron ningún tipo de contrastación

experimental, fueron generalizaciones prematuras que aunque más próximas al espíritu científico que las ideas míticas, no eran por ello menos arbitrarias. El valor de estas ideas residió en que pueden ayudarnos a identificar los modos con que la mente humana ha ido enfrentándose a los problemas.

La Escuela de pensamiento pitagórica (Pitágoras 582 - 500 a.C), introdujo un modelo conceptual basado en el número y relacionado no sólo con la idea de cantidad sino también de forma. Surgió aquí una concepción discontinua, discreta, de la magnitud, que trasladada al mundo físico generaría a través de la obra de Leucipo y Demócrito, el atomismo como modo de explicar la permanencia de las cosas, frente a la evidencia del cambio.

La materia se consideró formada por átomos y vacío. Estos átomos eran sólidos, indestructibles, inmutables, infinitos en número, imperceptibles por los sentidos y no poseían cualidades. No existió una diferencia entitativa entre los átomos, es decir no se distinguían tipos de átomos según la clase de materia que los constituyese.

Las propiedades de los diferentes tipos de materia venían dadas por la forma, tamaño y movimiento de los átomos. Esta doctrina era netamente materialista, no aparecía ninguna causa inicial ni principio rector del movimiento de los átomos, se admitía el movimiento eterno de los átomos en el vacío. El aporte más notable, fue el inicio de la orientación mecanicista en la comprensión de la materia: La explicación de las cualidades en un nivel macroscópico a partir de cambios cuantitativos que tienen lugar en un nivel no observable.

Las ideas atomistas fueron desarrolladas por:

400 a.C. Demócrito de Abdera, filósofo griego quién postuló que el universo consiste de espacio vacío y un número casi infinito de partículas indivisibles de cuya unión y separación aparecen y desaparecen los cuerpos: “Nada se crea de la nada, ni

desaparece de la nada”. Principio de conservación ley de causa y efecto.

300 a.C. El filósofo griego Epicuro introdujo el nombre de átomo para las partículas que resultan de la última división de la materia.

80 a.C. Tito Caro Lucrecio, escritor romano, continuó la exposición de las ideas de Demócrito en su poema “De Rerum Natura” a través del cual llegaron a siglos posteriores, sin añadir nada esencialmente nuevo.

CONCEPCIÓN ARISTOTÉLICA DE MATERIA

Continuando con los aportes de Llorens (1989): En cuanto a la constitución de la materia dice de Aristóteles que sus ideas distan mucho de ser desechables, no por proponer un modelo concreto de materia más o menos consistente con las ideas actuales, sino por el modo de enfocar el problema. Con Aristóteles la noción de elemento fue perdiendo su carácter casi material para pasar a ser el principio portador de una cualidad. Así el agua, como sustancia concreta, no sería el elemento agua sino el tipo de materia que mejor representaba las cualidades del elemento. Admitió los cuatro elementos de Empédocles, como constituyentes del mundo terrestre y un quinto elemento el “éter”, como materia celeste.

Aristóteles creía en la transformación de unos elementos en otros por lo cual como sustrato de este cambio, admitió la existencia de una materia primera, indiferenciada. Distinguió además tres acciones materiales en las cuales los elementos pueden entrar en cualquier proporción: La “síntesis”, la “mixis” y la “crásis”, que se corresponderían respectivamente en el lenguaje actual, a la mezcla mecánica, la aleación, y la disolución, no apareciendo ninguna interacción material

que pudiera identificarse con el actual concepto de cambio químico.

En la explicación de la existencia de las cosas, señaló cuatro causas: Causa **material** o materia de lo que está todo formado, constituida por los elementos; causa **formal** o modo de estructurarse y organizarse dicha materia haciendo que una cosa sea lo que es y no otra; causa **eficiente** aquello que provoca el que se logre esa forma como es la afinidad (amor y odio en Empédocles); causa **final** como objetivo o finalidad, así por ejemplo: madera, silla, carpintero y herramientas, y sentarse, serían respectivamente las causas **material, formal, eficiente y final**.

El aspecto más sugestivo de la concepción aristotélica de la materia era sin embargo, el carácter relativo de los conceptos de materia y forma, las dos primeras causas a las que nos hemos referido. Cualquier cosa visible o abstracta, podía considerarse como constituida por materia y forma: Los puntos serían la materia y el círculo la forma.

Este concepto era correlativo al de forma. La materia es siempre materia de algo y lo que es materia de algo puede por su lado, en sí mismo no ser materia sino entidad completa por cuya materia podemos a su vez preguntamos, ejemplo: Ladrillos y vigas son materia de una casa, pero el ladrillo es a su vez forma, cuya materia será la arcilla, y la viga, forma cuya materia será la madera. De este modo la pregunta, ¿Cuáles son los últimos constituyentes de algo?, recibe siempre una respuesta provisional y relativa al problema concreto en cuyo contexto surge dicha pregunta.

Mosterín, citando a Suppes señala: Las colisiones de electrones y otras partículas para producir nuevas partículas tales como se observa, por ejemplo en las cámaras de burbujas y en otros experimentos, constituyen simplemente un buen apoyo para la noción aristotélica de cambio de formas de la materia; plantea además que los conceptos de materia y forma no se refieren a realidades absolutas, sino a puntos de vista que se obtienen por reflexión de sentido común sobre

la práctica lingüística cotidiana.

Este enfoque sistémico del análisis de la materia constituyó la aportación más valiosa de esta doctrina, ya que posibilita un modo de interpretar las transformaciones materiales en función de unos componentes y una estructura que depende, en cada caso del nivel de observación y del tipo de fenómeno estudiado. Así por ejemplo, para interpretar las propiedades físicas macroscópicas del agua como sustancia pura, consideramos las moléculas y las posibles estructuras que pueden venir dadas por las interacciones intermoleculares.

Para explicar el comportamiento químico del agua necesitamos considerar la molécula de agua como un sistema formado por dos átomos del elemento hidrogeno y un átomo del elemento oxígeno, unidos mediante enlaces covalentes. Si continuamos descendiendo y pretendemos explicar el porqué de la estabilidad de la molécula de agua habremos de considerar las propiedades de los elementos hidrogeno y oxígeno y ellos nos obliga a considerar la estructura atómica de ambos. Este razonamiento podría prolongarse hasta llegar a los últimos constituyentes de la materia hoy conocidos.

La utilidad del enfoque de Mosterín, está en la delimitación conveniente en el aprendizaje de la química, de los diferentes niveles de descripción y sus correspondientes modelos de materia con su lenguaje y representaciones específicos. Durante el siglo XVII no se observó ningún intento serio y sistemático de llegar a una interpretación atomista de la materia y solo se encuentran escritos aislados como los de Nicolás de Autruca y Pierre Gassendi (1592- 1655) que mencionan la teoría atómica en sus escritos y aparece en el " Cours de Chimie" de Nicolás Lemery (1645- 1715).

La principal característica de los comienzos del atomismo mecanicista fue el intento de explicar las cualidades de las sustancias a partir de la forma de los átomos. Por ejemplo se supuso que los

átomos de calor eran pequeños y redondos, los de frío puntiagudo y que las uniones entre los átomos tenían lugar mediante pequeños ganchitos que estos poseían.

En todas estas ideas puede apreciarse la asignación a los mismos átomos de formas relacionadas, con base en intuiciones puramente sensoriales con las cualidades macroscópicas que pretendían explicarse.

Hay que tener en cuenta que esta traslación de conceptos macroscópicos al mundo corpuscular se dio en un momento en que no existía un concepto claro de cambio químico y no se había desarrollado la noción de elemento químico. No existía por tanto la posibilidad de dar un contenido químico a la doctrina atómica, es explicable entonces que esta fuera estéril hasta que el establecimiento por Lavoisier del concepto de elemento como sustancia simple le permitiera a Dalton conceder al átomo un significado químico preciso: Ser la partícula representativa del elemento. La relación átomo - elemento así establecida sería el camino fructífero, principalmente en la interpretación del comportamiento mecánico de los gases: Dinámica y estática.

Primó entonces un enfoque pluralista de la materia (aceptación de elementos o principios constitutivos) y el enfoque mecanicista (se interpretaba todo cambio a partir de la forma, tamaño y movimiento de partículas constituidas por materia indiferenciada).

Daniel Bemoulli propuso un modelo corpuscular de los gases que introduce aspectos básicos de lo que más tarde sería la teoría cinética molecular y admitió la existencia de partículas más pequeñas en constante agitación, que chocan entre ellas y con las paredes del recipiente de modo totalmente elástico.

El trabajo experimental relacionado con la identificación de los gases y el problema de la combustión permitió dejar atrás la doctrina Griega de los elementos y llegar con Lavoisier al concepto de elemento como sustancia simple y a una noción de cambio químico que va

delimitándose progresivamente. El establecimiento del principio de conservación de la materia y en general, el enfoque cuantitativo de los problemas, permitieron postular la ley de las proporciones constantes. Estos conocimientos posibilitaron una orientación química de las doctrinas corpusculares que cristalizó en la teoría de Dalton. El desarrollo de esta teoría atómica con las contribuciones de Berzelius, Gay - Lussac y Avogadro, principalmente, constituiría un marco explicativo de gran generalidad al resolver tres de los problemas claves de la época: El comportamiento de los Gases, las Leyes del Cambio Químico y la Naturaleza del Calor

En 1805 se inició el desarrollo sistemático de la teoría atómica al emplearla John Dalton en la química para explicar la ley de las proporciones múltiples. Suponíase que lo que distinguía a los átomos de una sustancia respecto a los de otra era su "peso".

En 1811 Avogadro introdujo la idea de "molécula integrante" (o agregado de átomos) y "molécula elemental" (equivalente a un átomo). La palabra molécula es el diminutivo de la palabra latina "moles" que significa suave, delicado, intangible.

En 1815 Proust formuló la hipótesis de que todos los átomos de todos los elementos estaban formados por hidrógeno en vista de que todos los pesos atómicos conocidos en su época eran prácticamente múltiplos del peso del hidrógeno.

Apareció aquí un aporte decisivo: La caracterización de una sustancia por su composición, independientemente de factores accidentales como la procedencia y modo de obtención.

Dalton inició una síntesis fecunda entre la tradición pluralista y las doctrinas atomísticas. La clave fue relacionar el concepto operativo de sustancia simple de Lavoisier con un tipo de átomo con unas cualidades específicas, cualidades que dejan de ser subjetivas y relacionadas con lo sensorial para referirse a magnitudes bien determinadas, concretamente con el peso. En efecto, a partir de ese momento, la determinación de los pesos atómicos es un objetivo entorno al cual surgen las

más valiosas aportaciones. Con Dalton quedó configurada una visión pluralista de la materia, basada en átomos cualitativamente distintos, capaz de explicar la diversidad y multiplicidad de las sustancias. Por otra parte, el concepto de elemento comenzó a adquirir un carácter más abstracto frente al de sustancia simple pasando a ser concebido más que como un sistema material, como un tipo de átomo, este punto de vista, alcanzó su plenitud en la obra de Mendeleiev.

El apoyo más sólido a la teoría atómica fue una predicción implícita en las propias hipótesis de Dalton: La ley de las proporciones múltiples. Las Hipótesis de Dalton configuraron un marco teórico sencillo en el que adquirieron un significado unívoco los conceptos de elemento, compuesto y cambio químico y quedaron explicadas de un modo integrado las leyes de conservación de la masa y de las proporciones constantes Dalton partió del modelo corpuscular estático de los gases de Boyle y Newton, considerando el átomo como constituido por una pequeña esfera sólida central y una atmósfera de calórico de densidad decreciente de dentro hacia afuera.

Los átomos de gas estarían en reposo y sus atmósferas de calórico en contacto, teniendo un tamaño para cada sustancia en unas condiciones de presión y temperatura. Desde este punto de vista no podía aceptar la ley de Gay - Lussac.

La conciliación de las ideas de Dalton y Gay - Lussac, la hizo .Amadeo Avogadro, al considerar despreciable el tamaño de los átomos frente al volumen que ocupaban.

Supuso que volúmenes iguales de gases diferentes en las mismas condiciones de presión y temperatura, poseían el mismo número de moléculas. Al mismo tiempo admitió la posibilidad de que las partículas de los gases estuvieran constituidas por dos o más átomos introduciendo el concepto de molécula.

Las contribuciones de Dalton, de Mendeleiev y de Avogadro, entre otras, permitieron construir un modelo de materia que permite la caracterización de las sustancias en un nivel de descripción atómico molecular y un concepto de cambio químico como redistribución de átomos que explican sus leyes cuantitativas.

De M. Alonso (1958,126) se retoma el siguiente recuento histórico:

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX se plantearon varios modelos atómicos para tratar de explicar la serie de hechos experimentales que se sucedieron en poco tiempo, entre ellos están:

1848 - 1868 Se desarrolló la teoría cinética de los gases por la labor continuada de Joule. Kronig, Clausius y Maxwell, suponiéndose constituidos los gases por moléculas esféricas y elásticas.

1868 El químico Henry E. Roscoe definió la molécula como: Grupo de átomos que forman la mínima porción de una sustancia, simple o compuesta, que puede existir aislada.

1881 H. Helmholtz postuló el carácter atómico de la electricidad como resultado del análisis de los experimentos de Faraday sobre la electrólisis. En el mismo año G. Johnstone Stoney propuso tomar como unidad de electricidad la carga de un ión de hidrógeno. Posteriormente (1891) el mismo Stoney sugirió el nombre de 'electrón' para esta unidad.

1883 Sir William Thomson (Lord Kelvin) hizo el primer estimado del tamaño de los átomos y moléculas (del orden de 10 a la menos 13 cm) a partir del estudio sobre los gases reales, la viscosidad de los gases, etc.

1884 El físico suizo J. J. Balmer publicó el resultado de sus investigaciones sobre el espectro visible del hidrógeno, dando a conocer una fórmula empírica para el cálculo de las frecuencias de las líneas de su espectro.

1887 Descubrimiento por el alemán H. Hertz del efecto fotoeléctrico.

1890 J. J. Rydberg. Físico sueco, trabajando independientemente de Balmer. Obtuvo una expresión más general (obtenida también más tarde por Balmer) para calcular las frecuencias de las líneas del espectro de los elementos de los tres primeros grupos de la tabla periódica. Además introdujo la constante universal que lleva su nombre.

1896 El físico holandés P. Zeeman descubrió la acción que un campo magnético produce sobre el espectro de un átomo. Dicho fenómeno fue explicado inmediatamente por H. A. Lorentz empleando

ideas clásicas. Posteriormente este efecto fue un poderosísimo medio para investigar la estructura atómica.

1897 Sir. J. J. Thomson, estudiando los rayos catódicos, probó definitivamente el carácter corpuscular o atómico de la electricidad y su existencia independiente de la materia, proponiendo dar el nombre de "electrones" a estos corpúsculos. Además determinó la relación (e/m) entre su carga y su masa.

1900 El físico alemán Max Planck sentó los principios de la teoría cuántica al introducir la idea del quantum de acción para explicar la distribución de energía en el espectro continuo del "cuerpo negro" (radiación integral).

1902 Lord Kelvin postuló que la materia está hecha de electricidad.

1904 Siguiendo las sugerencias de Lord Kelvin. Sir. J. J. Thomson formuló un modelo atómico considerando un átomo esférico de electricidad positiva, en cuyo interior se encuentra los electrones cargados negativamente.

1905 A. Einstein aplicó las ideas de Planck a la explicación del efecto fotoeléctrico, introduciendo el concepto de "fotón" o corpúsculo de luz y formuló la teoría de la relatividad.

1907 A. Einstein aplicó la teoría cuántica de Planck al cálculo del calor específico de un sólido cristalino. Su teoría fue perfeccionada en 1912 por P. Debye.

1908 W. Ritz. físico suizo estableció el "principio de combinación" en espectroscopia.

1909 - 1913 Se organizó una trascendental serie de determinaciones altamente precisas de la carga de electrón por R. A. Millikan.

1911 Lord Rutherford en Inglaterra, como resultado de sus experimentos sobre la desviación de las partículas alfa al atravesar láminas delgadas de diversos materiales llegó a la conclusión de que tanto la masa como la carga eléctrica positiva de los átomos están concentradas en una región central muy pequeña (núcleo) con los electrones moviéndose a su alrededor, a semejanza de nuestro sistema planetario.

1911 C. Barkla intentó por primera vez determinar el número de electrones en un átomo mediante el análisis de experimentos semejantes a los de Rutherford. Observando una estrecha relación entre este número y el número de orden de las sustancias en la tabla periódica (número atómico).

1913 N. Bohr, físico danés quien trabajó bajo la dirección de Rutherford. estableció la primera teoría satisfactoria del modelo atómico nuclear y logró una perfecta correlación con la experiencia espectroscópica previa. Este memorable trabajo marcó el inicio de la aplicación de las ideas cuánticas de Planck al átomo. La teoría de Bohr fue desarrollada en los 10 años siguientes por Sommerfeld. Wilson. Schwarzschild, etc. Encontrando cada vez mayores dificultades hasta su sustitución final entre 1924 y 1926 por la Mecánica Cuántica u Ondulatoria.

1914 El físico Inglés H. J. Moseley estudiando los rayos X descubrió una importante relación entre la frecuencia de los mismos y el número atómico de la sustancia emisora. Esto permitió predecir el número atómico de otras sustancias y colocarlas en el lugar apropiado de la tabla periódica.

1923 Compton y sus colaboradores verificaron que el “fotón” se comporta en su interacción con los electrones libres como partícula de energía y momentum bien definidos, como resultado de sus experimentos sobre la difusión de los rayos X.

1924 - 1926 Se establecieron las bases de la Mecánica Cuántica u Ondulatoria, fundamento de la física contemporánea, por Louis de Broglie. Erwin Schrodinger. Werner Heisenberg. Max Born. Paul Jordan. Paul Dirac, etc.

1927 Davisson. Germer. Thomson. Kikuchi y otros comprobaron experimentalmente el carácter ondulatorio del electrón.

A partir de 1927 se sucedieron con extrema rapidez una importante serie de descubrimientos que constituyeron una nueva física nuclear o de partículas elementales, descubrimientos narrados por Mosterlin (1994,66) y Davies, P. (1995, 29-30) de los cuales se resaltan:

En 1932 J. Chadwich descubrió el neutrón y Heisenberg propuso que las partículas de rayos alfa constan de dos protones y dos neutrones. Ese mismo año se descubrió el positrón. A partir de entonces y hasta ahora, cada año se han ido descubriendo nuevas partículas.

En 1961 Gell - Mann y Neeman propusieron su camino de ocho sendas para clasificar aproximadamente 30 partículas descubiertas, según su masa y su extrañeza (un número cuántico introducido en 1956 por Gell - Mann para explicar la lentitud relativa de desintegración de partículas).

En 1963 Gell - Mann y Zweig propusieron la hipótesis de los quarks para introducir orden y simplicidad en la selva de las nuevas partículas.

En los años 70 los físicos bombardearon el núcleo utilizando electrones acelerados casi a la velocidad de la luz en un acelerador lineal de partículas, encontrando como resultado que los protones y los neutrones no son cuerpos sólidos sino que constan de diminutas partículas que a su vez revolotean en círculo en el territorio del átomo.

Se ha llegado a la conclusión de que no existe un único núcleo atómico sino que en cada átomo hay tres concentraciones de masa: Leptones, quarks y mediadores, considerados los últimos


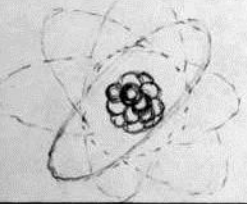


elementos de la realidad física. Los leptones y quarks forman los componentes últimos de los sistemas físicos y su estructura depende de las fuerzas mediadas por los mediadores.

Los leptones conocidos son de 12 tipos: Electrones, muones, tauones, neutrinos electrónicos, neutrinos muónicos y neutrinos tauónicos y sus antipartículas correspondientes. Todos los leptones tienen en común el tener $V_i h$ de spin y el ser insensibles a la interacción fuerte.

Los quarks conocidos son también de 12 tipos. Up, down, strange, charmed, top y bottom y sus correspondientes antipartículas. Los quarks son sensibles a la interacción fuerte y han sido postulados como componentes de los aproximadamente 200 hadrones conocidos. (Ver cuadros N° 2 y 3).

	Dentro del Núcleo	Fuera del Núcleo
PARTÍCULAS DEL MUNDO MATERIAL	Quarks	Leptones
	○ Arriba (up) ○ Abajo (down)	○ Electrón ○ Neutrino del electrón
PARTÍCULAS QUE SE OBSERVAN SÓLO EN EL LABORATORIO	○ Extraño (strange) ○ Encanto (charm)	○ Muón ○ Neutrino del muón
	○ Fondo (bottom) ○ cima (top)	○ tau o Neutrino de tau

Cuadro N°2 Componentes Básicos de la Materia.

	INTERACCIÓN	PARTÍCULA PORTADORA	DONDE SE MANIFIESTA
	Fuerza fuerte: mantiene unido al núcleo del átomo.	Gluón	Núcleo
	Fuerza electromagnética: Mantiene unido el átomo.	Fotón	Atomo
	Fuerza débil provoca la desintegración radioactiva.	Bosones W +, W-, Z°	Desintegración radioactiva
	Gravitación: Mantiene unido el sistema solar.	Gravitón	Sistemas Planetarios Estelares y Galácticos

Cuadro N°3 Fuerzas que unen el Universo.

ASPECTOS A RESALTAR SOBRE EL METACONCEPTO DE MATERIA

En concordancia con el recorrido histórico realizado sobre la materia se puede resaltar:

- El concepto de materia primigenia estuvo asociado a lo sensible, tangible y con capacidad de transformación, como lo demuestra el hecho de mencionar los elementos: Tierra, aire, agua y fuego, con propiedades de: frío, seco, húmedo y caliente. No había unificación de pensamiento sobre la naturaleza de la materia.
- La tendencia a considerar la materia constituida por átomos en movimiento propuesta por Demócrito le da el carácter de mecanicista y con él se da un concepto de discontinuidad a la materia. Sólo cuando se descubrieron la radiactividad y el electrón la comunidad científica adoptó la doctrina de Demócrito. Es así como podríamos aseverar que Demócrito relacionó por primera vez el átomo como constituyente de la materia.
- Con el descubrimiento de las demás partículas subatómicas en los últimos años las investigaciones sobre desintegración radioactiva han llevado a identificar las partículas llamadas “Partículas elementales”. Cada vez que se aumenta el poder de resolución de la instrumentación experimental se verifica lo postulado a través de las teorías sobre la posible estructura interna de la materia.
- Experimentos físicos han llevado a entender la materia como si esta estuviera formada por partículas elementales que de acuerdo con las condiciones experimentales pueden aniquilarse, crearse y transformarse en otras. Estas evidencias experimentales están llevando a la comunidad científica a retomar el concepto de materia en su visión filosófica como el producto de una abstracción

mental, pareciéndose a la noción Aristotélica de materia que como afirma, es siempre materia de algo, desde este punto de vista la materia es incognoscible, sólo se conoce cuando adquiere forma o sea la materia provista de estructuras. Aunque los detalles de la filosofía Aristotélica no tienen nada que ver con la ciencia actual, las complejas estructuras matemáticas de nuestra física teórica se parecen poco a las formas cualitativas en que pensaba Aristóteles. Pero su concepto de materia podría estar más próximo a la física de hoy que las concepciones del atomismo clásico.

PERFIL CONCEPTUAL DE MATERIA Y DE ATOMO

Mortimer construyó los perfiles conceptuales de materia y de átomo, identificando, dentro del perfil conceptual de la materia, las siguientes zonas:

- Zona sensible caracterizada por la noción continua de materia. Su obstáculo principal es la negación de la posibilidad de la existencia de espacios vacíos (campos de fuerzas) entre las partículas.
- Atomismo Sustancialista, a pesar de usar partículas en sus representaciones se piensa en ellas como granos de materia que se pueden contraer, dilatar, cambiar de estado, etc.
- Noción Clásica de Átomo, se toma este como la unidad básica de la materia la cual se conserva durante las transformaciones químicas. El átomo es una partícula material y su comportamiento se rige por leyes mecánicas, las sustancias están formadas por moléculas que

resultan de la combinación de átomos. Los átomos con igual número de protones tienen el mismo número atómico.

A pesar de las diferencias epistemológicas entre las zonas anteriores el concepto de átomo es asumido, en todos ellos, como objeto material, un bloque básico que permite la construcción de la sustancia. En este sentido estos conceptos pertenecen a la misma categoría ontológica de cosas materiales. La materia solo cambia a otra categoría ontológica dentro de la mecánica cuántica, la cual considera las partículas materiales como objetos cuánticos mejor descritos por ecuaciones matemáticas que por analogías o modelos.

El perfil conceptual del átomo involucra las siguientes zonas:

- **Realista:** Se caracteriza por la ausencia de cualquier noción de discontinuidad de la materia y por la negación del atomismo. Su principal obstáculo es la negación de la posibilidad de la existencia del vacío, (Campos de fuerzas).
- **Atomismo Sustancialista:** El sustancialismo es una característica relevante, ya que conduce a la conclusión de que a pesar de usar partículas en sus representaciones los estudiantes hacen una analogía entre el comportamiento de las partículas y el de las sustancias, no se refieren al átomo como concepto científico sino como a los granos de materia que muestran propiedades macroscópicas. El concepto de átomo no tiene correspondencia en el área empírica, las dificultades de aceptar esto en el siglo XIX estaban relacionadas con la falta de evidencia empírica. Los trabajos empíricos de Faraday hicieron importantes contribuciones al desarrollo de la hipótesis atómica. Con la reflexión hecha sobre la necesidad de un medio continuo para permitir que la electricidad fluya a través de la materia, él sugirió que el

espacio vacío tendría naturaleza dual, siendo un conductor en los cuerpos conductores y un aislador en los aislantes.

- **Noción Clásica del átomo:** El átomo es la unidad básica de la materia la cual se conserva durante las transformaciones químicas. Es importante realzar que el materialismo clásico aún tiene características sustancialistas y realistas, como un legado de origen mecanicista. A pesar de su diferencia epistemológica entre el atomismo clásico y las otras dos áreas del perfil, todas estas concepciones consideran al átomo como una especie de cosa material, un bloque básico del cual están hechas las sustancias.
- **Visión de la Mecánica Cuántica:** La aplicación del cuanto de acción elemental de Plank para el átomo postulado por Bohr en 1913 inició la transición de la visión clásica a la cuántica del átomo. En el átomo de Bohr esta nueva idea coexistió con las ideas clásicas de las partículas en órbita, además la nueva visión atómica que emergió de la teoría cuántica, rompió con los conceptos mecánicos del átomo como partícula material. El átomo como objeto cuántico pertenece a otra categoría ontológica, no es una partícula material sino una clase de objetos mejor descritos por ecuaciones matemáticas que por analogías o modelos. Schrödinger atribuye ecuaciones de onda a los electrones, el pensar en algo semejante a las ondas no disminuye la complejidad al atribuir propiedades de onda a partículas materiales. El objeto cuántico tiene las propiedades de las cosas continuas (ondas y campos) y de las cosas discontinuas (partículas). Las dificultades de interpretación de los resultados de la mecánica cuántica se relacionan con la imposibilidad de trasladarlos al interior del mundo familiar, al de objetos materiales y eventos.

DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA ESTRATEGIA

En el análisis de los problemas se aplicó el “test de categorías” propuesto por Chi et al (1995), el cual mide el lenguaje usado por novatos y expertos al tratar de explicar las respuestas dadas por unos y otros a los problemas propuestos. Este instrumento permite ubicar los conceptos de los participantes en las categorías ontológicas de sustancias materiales o de procesos por la clase de predicado que utilizan al explicar los fenómenos y situaciones diferentes, relativamente desconocidas, ya sea prediciendo razonando o interpretándolas.

Con relación al lenguaje, este refleja la realidad psicológica de los atributos ontológicos que los participantes asignan a los conceptos involucrados en dichos problemas, por ejemplo: si el participante manifiesta que “el agua caliente extrae el olor de una sustancia” atribuye al agua una característica propia de los seres vivos: "sacar”, “extraer” como si el agua fuese un ser que a voluntad, puede sacar o no sacar algo de cualquier sustancia, es decir, no comprende este fenómeno como un proceso de interacciones entre el agua y esas sustancias (fuerzas intermoleculares).

Cuando las personas sustentan respuestas a un determinado problema, utilizan atributos ontológicos que las ubican en la categoría de sustancias materiales, de procesos o de estados mentales. Chi define un atributo ontológico como “una propiedad que una entidad puede poseer como consecuencia de pertenecer a una determinada categoría ontológica” y además establece que “si un atributo de una categoría no se extiende a los miembros de otra, entonces las dos

categorías son ontológicamente diferentes y se referencian como categorías paralelas"

Se trabajaron cuatro aspectos relacionados con la materia y para cada uno se diseñaron pares de problemas isomórficos. Así se elaboró un total de 38 problemas de escogencia múltiple que incluyeron los cuatro aspectos a trabajar (ver anexo N° 1).

Para la elaboración del cuestionario se retomaron algunos materiales de autores que han trabajado preconcepciones en química, publicados en diferentes textos referenciados en la bibliografía y para ceñirse a la metodología establecida por Chi, se planteó problemas que pudieran resolverse con conocimientos intuitivos o empíricos.

La muestra objeto de la presente investigación estuvo representada por:

Los novatos: 9 estudiantes del grado noveno de educación básica secundaria.

Los expertos: cuatro profesores, dos de ellos doctorados en química y dos con experiencia en la enseñanza de la química, a nivel universitario.

METODOLOGÍA

En la elaboración de los problemas se tuvo en cuenta la metodología empleada por dichos autores la cual consiste en:

- Seleccionar los conceptos a estudiar, los autores escogieron: calor, luz, corriente eléctrica, en nuestro caso, se seleccionó los aspectos de: continuidad - discontinuidad de la materia, sustancialismo, conservación de la materia y dualidad como interacción materia - energía y onda - partícula y con ellos implícitamente el concepto de materia.
- A cada aspecto se le diseñó un problema de escogencia múltiple apareado con un problema isomórfico de sustancia, preparado consistentemente con una preconcepción materialista del correspondiente problema conceptual químico. Cada problema posee cuatro alternativas de respuesta:
 - Concepción “química” real del problema. Se elaboró imaginando el concepto como sustancia material y prediciendo sus consecuencias.
 - Concepción del concepto como procesos: Se derivó esta alternativa de la concepción científica del problema.
 - Una alternativa basada en las preconcepciones sobre dichos fenómenos, encontradas en el común de los estudiantes sin formación en química obtenidas a partir de la revisión bibliográfica sobre su estudio, de entrevistas abiertas realizadas con estudiantes y profesores y de la experiencia directa de los investigadores como docentes en ciencias naturales en la educación básica secundaria.
- Otra respuesta, (escríbala). Se incluyó en todas las preguntas para dar oportunidad a los participantes de manifestar una opción no incluida en las respuestas, si lo consideran

necesario.

- Los participantes eligieron una de las alternativas anteriores en cada problema y explicaron su escogencia (protocolo), mediante una entrevista abierta donde cada participante manifestó, inmediatamente después de responder el cuestionario, la razón de su escogencia de una determinada respuesta (predicados).
- Los criterios para definir la naturaleza de las preguntas como científicas y como cotidianas fueron: - La inclusión o no de los aspectos relacionados con la materia y su estructura, tales como: Continuidad y discontinuidad, sustancialismo, conservación de la materia y dualidad. - El grado de conocimiento requerido para que los participantes pudiesen responder preguntas en relación con los tópicos anteriores. - El diferente grado de exigencia a la capacidad de explicitación oral de las representaciones mentales de cada uno de los participantes al referirse a cada pregunta.

Chi et al, proporcionan el siguiente ejemplo de problema con su respectivo par isomórfico:

- I. Dos tazas de café se sirven, una en taza de cerámica y la otra en taza de icopor, ambas se tapan herméticamente. Que encontraríamos después de colocarlas sobre una superficie de madera y abandonarlas por veinte minutos.
 - a. El café en la taza de cerámica está más caliente que en la taza de icopor.
 - b. El café en la taza de icopor está más caliente que en la taza de cerámica.
- C. Ninguna taza está más caliente que la otra.
- d. Otra

II. Problema isomórfico de sustancia:

Dos balones diferentes están llenos con gas helio, uno está hecho con saco de papel ordinario

y el otro con caucho elástico durable, ambos se sellan herméticamente en la abertura. ¿Qué encontraríamos después de que los dos balones flotaran en el interior de un closet por varias horas?

- a. El balón de caucho flota más que el de papel.
- b. El balón de papel flota más que el de caucho.
- c. Ningún balón flota más que el otro
- d. Otro.

En la elaboración del problema científico se tuvo en cuenta situaciones cotidianas que para su explicación requieren la utilización de conceptos científicos, es decir, del dominio de un cuerpo teórico de conocimiento en una de las alternativas de respuesta, mientras que en las otras alternativas se incluyó las ideas previas relacionadas con dicha situación.

La elaboración de los isomorfos de sustancia - material se guió por la existencia del cuerpo de la investigación relacionado con las ideas ingenuas de cada concepto, se incluyó la concepción sustancialista de los tópicos químicos y se creó la versión resultante del problema.

En cada problema, una de las alternativas incorrectas correspondió a la alternativa correcta en el problema isomórfico de sustancia.

- Procedimiento:
 - Instrucciones dadas a los participantes, al inicio de la prueba, en voz alta, incluyendo detalladamente la explicación sobre la resolución del cuestionario, con un ejemplo para que todos tengan las mismas oportunidades de comprensión.
 - Entrega del paquete de prueba a los participantes.
 - Desarrollo del contenido del paquete de prueba.

- Invitación a los participantes a explicar sus respuestas en términos de sus causas y estructuras subyacentes.
- Grabación de las explicaciones de los participantes.
- Retroalimentación donde se hizo preguntas oportunas durante la explicación verbal para verificar la relación entre las respuestas oral y escrita.
- Análisis del protocolo de explicación de los participantes.
- Elaboración del test de categorías, a partir de los protocolos de explicación.

PLANIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DEL INSTRUMENTO

Siguiendo los lineamientos del test de categorías de Chi se elaboró un instrumento (cuestionario) que permitió la detección de las concepciones alternativas en los estudiantes, las cuales generalmente no se corresponden con las ideas científicas y deben tenerse en cuenta, como condición esencial en el proceso enseñanza aprendizaje.

Para analizar el lenguaje utilizado por los participantes De Longhi A. (1997) revisó algunos trabajos relacionados con la comunicación y destacó en ellos lo siguiente:

- **"Los contextos de referencia, por su influencia en la construcción de significados.**
- **Las barreras en la comunicación docente - alumno, principalmente relacionadas con la regulación y capacidad de diálogo del docente.**
- **La expresión oral (lenguaje) como un emergente de dicha comunicación, relacionada principalmente con la forma en que se expresan los mensajes".**

De acuerdo con lo anterior, De Longhi propuso "establecer una comunicación que permita la emergencia de un contenido académico y que respete su epistemología, como un "desafío" para el docente, donde tiene importancia fundamental el diálogo con el alumno y la manera de considerar su aporte, así. Desde lo:

- **Pedagógico: El alumno debe participar en metodologías auto o interestructurantes (Not 1983) influidas por los enfoques cognitivos y el auge del constructivismo en la enseñanza de las ciencias.**
- **Psicológicos: La teoría de Vigotsky (1979) quien da más elementos de análisis sobre el problema del lenguaje y la instrucción. Su interés era mostrar como la respuesta individual tiene su origen en lo social.**

Situaciones generadas en el aula, referidas a la comprensión de un conocimiento por parte del alumno y reguladas por la acción del docente estudiadas por la didáctica de la ciencia".

Las anteriores técnicas de investigación se relacionan entre sí ya que una manera de externalizar las ideas, razonamientos o predicciones acerca de determinada situación es exponer a los estudiantes a experiencias concretas en el aula, tales como diálogos orales o escritos.

Según Leal A. (1997, 195-196), “en toda comunicación verbal, los diferentes aspectos del lenguaje funcionan por un lado como “huellas” o índice que revelan la actividad cognitiva de la persona que habla, y por otro lado como “instrucciones” que recibe la persona que escucha, ello le permite construirse una representación lo más análoga posible a la de la persona que habla posibilitando así la comprensión de su mensaje”. En concordancia con los autores citados, se dio gran importancia a los protocolos de explicación oral de los participantes ya que estos revelan los compromisos epistemológicos y ontológicos subyacentes en sus estructuras conceptuales.

JUSTIFICACION DEL INSTRUMENTO

En la identificación del pensamiento de los participantes con respecto a esta diversidad de temáticas sobre la materia, en problemas cotidianos, se trabajó con cuatro grandes aspectos:

- Continuidad Vs Discontinuidad de la materia: Las preguntas que se plantearon alrededor de este aspecto tienen el propósito de auscultar las nociones que tienen los participantes sobre este tópico. Históricamente ha habido dos posiciones al respecto:
 - Considerar la materia como algo continuo que puede dividirse ilimitadamente, sin que

cambien sus características.

- El punto de vista que sostiene que la materia posee una naturaleza corpuscular y discontinua, formada por partículas que se mueven en el vacío y se combinan unas con otras.

Este concepto es fundamental para entender cualquier cambio en la estructura de la materia, así mismo, esta noción es necesaria para comprender y explicar una diversidad de aspectos tales como: los estados de agregación de la materia, los cambios de estado, la difusión de los gases, los fenómenos de disolución, interpretación de los cambios químicos y las relaciones cuantitativas dentro de la química. Además este concepto comporta las nociones de: átomo, molécula y mol. En la encuesta aplicada a los participantes, las preguntas: 1,2,5,6,7,8,23 y 24, hacen referencia a este aspecto particular.

- Sustancialismo: Es la tendencia al predominio de lo observable sobre lo no observable Se concibe la materia tal como se percibe. Esta dependencia de los sentidos se traduce en la no-comprensión de la naturaleza discreta de la materia, la cual a su vez, se dificulta por otros dos factores:

- No se establecen diferencias entre las causas y los efectos, por lo cual se atribuye a las causas no observables un carácter similar a los efectos que producen.
- Difícil representación de lo no observable. En la medida en que deben abandonarse los indicios perceptivos como fuente de representación, con respecto a la estructura de la materia, se carece de cualquier código de representación alternativo que permita comprender su naturaleza.

Esta concepción derivó desde la época de Augusto Comte y sus discípulos quienes trataron de eliminar todos los modelos en ciencia que no fueran realidad fundamental observable. Ellos insistieron en que el único propósito de la ciencia era el de establecer relaciones entre las percepciones sensoriales y que todas las cosas no observables se excluirían del pensamiento científico, (GUINIER, A. 1984, 6-20). Esta influencia se extendió hasta la segunda mitad del

siglo XIX, cuando el análisis de la composición química de las sustancias indujo al establecimiento de las leyes cuantitativas de la química y mostró, que la teoría atómica daba cuenta admirablemente de todos estos hechos. Sin embargo, no fue hasta que se descubrieron la radiactividad y el electrón, en los albores del presente siglo, que la comunidad científica adoptó sin reservas la doctrina de Demócrito. Hoy en día, no solamente sabemos cómo contar el número de átomos de un trozo de materia, y cómo determinar sus dimensiones, sino que físicos y químicos exploran la estructura interna del “átomo”, que ya no amerita su nombre de “indivisible”.

Las preguntas: 3,4,25,2,6,29,30,31 y 32, hacen referencia a este aspecto del estudio.

- Conservación de la materia: En los cambios físicos que experimenta la materia, se conservan las sustancias que intervienen, se mantiene su identidad y no cambia su estructura microscópica, ya sea molecular o iónica. Los cambios son reversibles y pueden recuperarse las sustancias intactas, tanto en su estructura como en su cantidad, bajo ciertas condiciones. En los cambios químicos, la identidad de las sustancias que participan en el proceso se modifica, se produce una reordenación de los átomos que las forman, cambiando por tanto su estructura microscópica, lo que hace que su transformación no sea reversible por métodos físicos. Se obtienen sustancias diferentes, se conserva el número total de átomos de cada elemento presente al principio y al final del cambio, no se forman átomos nuevos ni desaparecen los que ya teníamos. En esta conservación están basados los sistemas de ajuste de las ecuaciones químicas y los cálculos estequiométricos que se realizan en las reacciones químicas. Para comprender e interpretar correctamente estos y otros procesos, como por ejemplo las disoluciones, es necesario tener en cuenta la conservación de ciertas propiedades no observables de la materia. Nuestro pensamiento tiende a centrarse más en lo que cambia que en lo que permanece, por ello debe irse comprendiendo que tras las apariencias hay algo que

permanece. Se refieren a este aspecto del trabajo las preguntas: 9,10,11,12,13,14,15 y 16 de la encuesta realizada.

- Dualidad: Interacción Materia y Energía. Excluyendo la nada todo es materia o energía, y se percibe que las dos están relacionadas como las caras de una moneda - son lo mismo y a la vez diferentes. - El postulado de complementariedad explica la realidad de los fenómenos y sirve de mediador de posturas opuestas entre el determinismo de Einstein y el indeterminismo de Heisenberg, que suele denominarse también: principio de correspondencia. Se estableció, por ejemplo, que la luz presenta, por un lado, carácter ondulatorio - Fenómeno de interferencia y difracción -y posteriores experimentos demostraron su comportamiento corpuscular - efecto fotoeléctrico creándose el dilema: ¿La luz es onda o corpúsculo? Luego de muchas explicaciones se concluye la naturaleza dual de la radiación electromagnética. Es así como un grupo de físicos generalizan el carácter dual a todo cuerpo. Bohr dio a conocer su principio de complementariedad, según el cual dos aspectos de una misma cosa, no son contradictorios sino que por el contrario, se complementan. (Bohr, N.) citado por varios autores, entre ellos, Petersen A. (1963,9); Berthol, G, et al. (1995, 221) explican que, en cuanto más se destaca un determinado aspecto tanto más desaparece el otro. “La manifestación más conocida del principio de complementariedad es la dualidad onda - partícula; un fotón, un átomo, un electrón, se comportan en unos casos como una onda en el agua, en otros, como una partícula discreta. Ambas características se complementan y así describen completamente el objeto. La idea de complementariedad surgió para explicar la relación de incertidumbre que dice: “dos variables complementarias, la posición y el momento, no se pueden medir a la vez con precisión. Luego, adquiere un carácter más general y

fundamental en la mecánica cuántica al explicar el fenómeno de onda-partícula. Explica lo que ocurre cuando una luz atraviesa dos rendijas, la onda luminosa viaja por ambas rejillas saliendo dos ondas menores que se interfieren al proyectarse en una pantalla generando una serie de franjas luminosas y oscuras. El comportamiento corpuscular se manifiesta en forma de fotones, que aparecen como entidades indivisibles. Un detector adecuado cuenta un número discreto de fotones en vez de registrar una intensidad continua. La complementariedad no se agota en la naturaleza dual de ondas y partículas, las propiedades magnéticas también se explican desde este principio que afirma que no se pueden conocer a la vez los valores de dos variables relacionadas, o sea, que la afirmación precisa de una variable significa que nada se puede saber de la otra variable. Las preguntas: 17,18,19,20,21,22,27,28,33,34,35,36,37 y 38 de la encuesta, miden las concepciones de los participantes sobre el tema de la dualidad.

ELABORACION DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Derivación de taxonomías de predicados verbales de procesos y de sustancias.

Nº de Preg.	PREDICADOS		Ejemplos de predicados de procesos	Ejemplos de predicados de sustancia
	Procesos	Sustancia		
1,5,8, 23,24-2,6,7	Partículas y vacío.	Movimiento	<ul style="list-style-type: none"> ■ Partículas moviéndose en el vacío. ■ Interacciones entre partículas. ■ Variación de volumen. ■ Desplazamientos o interacciones. ■ Dispersión de la luz. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chorro continuo. ■ Agua pura y limpia. ■ Presencia de agujeros. ■ Velocidad. ■ Estiramientos, agrandamientos y dilataciones de las partículas.
3,17, 29,32-4,18 26, 31	Interacciones atómicas	Propiedades de las sustancias	<ul style="list-style-type: none"> ■ Interacciones y fuerzas intermoleculares. ■ Saltos electrónicos, rupturas de enlaces. ■ Atracciones electrostáticas. ■ Gases disueltos en líquidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ El agua saca color o tiene estas capacidades: mezclarse, apagar, enfriar, etc. ■ Extraer el oxígeno de las partículas de agua. ■ Cambios de color debido al tiempo, al aire, etc.

9,11 13, 15---10, 12, 14, 16	Conservación de la materia	Animismo	<ul style="list-style-type: none"> ■ La masa permanece constante, se conserva en las transformaciones y en los cambios de estado. ■ Ocurre separaciones moleculares que aumentan el volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ El gas no pesa. ■ El sólido al diluirse pierde peso. ■ La masa puede aumentar ■ Las partículas se aceleran, se agrandan o se dilatan.
19,22, 25,27, 33,35, 37---20,21, 28,34, 36,38.	Interacciones materia energía	Percepción	<ul style="list-style-type: none"> ■ Acción mutua. ■ Interferencia. ■ Interacciones, luz - electrones o pigmentos - sistema nervioso. ■ Concepción de conceptos. ■ Reacciones químicas. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Organización conjunta. ■ Desaparición de estrella. ■ Naturaleza con color u objetos coloreados. ■ Propiedades de atracción. ■ Muñequita constituyente. ■ Materia formando todo.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Con base en la presencia de estos predicados en las explicaciones de expertos y novatos, se analizaron sus respectivas respuestas para ubicarlos en las correspondientes categorías ontológicas de cosas materiales, de procesos o de estados mentales.

Los datos obtenidos se organizaron en gráficos de los cuales se puede deducir que aunque los expertos en algunas respuestas de escogencia múltiple respondieron como novatos, sus explicaciones se hicieron en términos de procesos, mientras que los novatos que contestaron como expertos en la escogencia múltiple, demostraron con sus explicaciones que seguían pensando como novatos.

N° DE PREG.	ESPERADA EXPERTOS		TOTAL EXPERTOS				TOTAL NOVATOS				ESPERADO NOVATOS	
			a	b	c	d	a	b	c	d		
1	c	1	-	-	1	3	9	-	-	-	ayb	9
3	A	2	2	-	-	2	9	-	-	-	byc	0
5	A	2	2	-	1	1	-	-	9	-	c	9
8	C	2	-	1	2	1	-	1	8	-	ayb	1
9	B	4	-	4	-	-	1	2	6	-	ayc	7
11	A	4	4	-	-	-	3	3	3	-	byc	6
13	B	4	-	4	-	-	2	5	2	-	ayc	4
15	B	4	-	4	-	-	2	1	5	1	ayc	7
17	B	3	-	3	-	1	3	-	5	1	ayc	8
19	A	4	4	-	-	-	2	4	3	-	byc	7
22	B	2	-	2	1	1	3	1	4	1	ayc	7
23	C	3	-	-	3	1	2	2	4	1	ayb	4
24	A	4	4	-	-	-	-	7	2	-	byc	9
25	B	4	-	4	-	-	3	1	5	-	ayc	8
27	B	4	-	4	-	-	6	3	-	-	ayc	6
29	B	1	3	1	-	-	7	2	-	-	ayc	7
32	B	4	-	4	-	-	4	5	-	-	ayc	4
33	A	4	4	-	-	-	-	-	9	-	byc	9
35	B	3	-	3	-	1	8	1	-	-	a	8
37	B	4	-	4	-	-	4	2	3	-	ayc	7

Tabla N° 1 Problemas Científicos

Al trabajar con los resultados en términos de % tenemos:

Un 27,22% de los novatos respondieron con predicados de procesos y un 78,75% de los expertos respondieron con predicados de procesos. Calculado así: El número de respuestas correctas de cada grupo dividido por el número total de preguntas por cien.

N° DE PREG.	ESPERANDO EXPERTOS		TOTAL EXPERTOS				TOTAL NOVATOS				ESPERANDO NOVATOS
			a	b	c	d	a	b	c	d	
2	C	3	1	-	3	-	-	1	8	-	8
4	A	4	4	-	-	-	7	1	1	-	7
6	A	4	4	-	-	-	8	-	1	-	8
7	A	3	3	1	-	-	1	7	1	-	1
10	B	2	-	2	-	2	1	8	-	-	8
12	B	4	-	4	-	-	1	7	-	1	7
14	A	4	4	-	-	-	8	1	-	-	8
16	B	4	-	4	-	-	3	6	-	-	6
18	B	4	-	4	-	-	1	8	-	-	8
20	B	4	-	4	-	-	2	6	1	-	6
21	C	0	1	3	-	-	3	3	3	-	3
26	A	4	4	-	-	-	8	1	-	-	8
28	B	4	-	4	-	-	1	6	1	1	6
30	A	4	4	-	-	-	9	-	-	-	9
31	B	4	-	4	-	-	2	7	-	-	7
34	C	4	-	-	4	-	1	1	6	-	6
36	C	4	-	-	4	-	-	3	6	-	6
38	C	3	-	-	3	1	1	5	1	2	1

Tabla N° 2 Problemas Cotidianos

Al trabajar con los resultados en términos de % encontramos que:

Los expertos y novatos trabajan en forma similar, los problemas cotidianos. Los

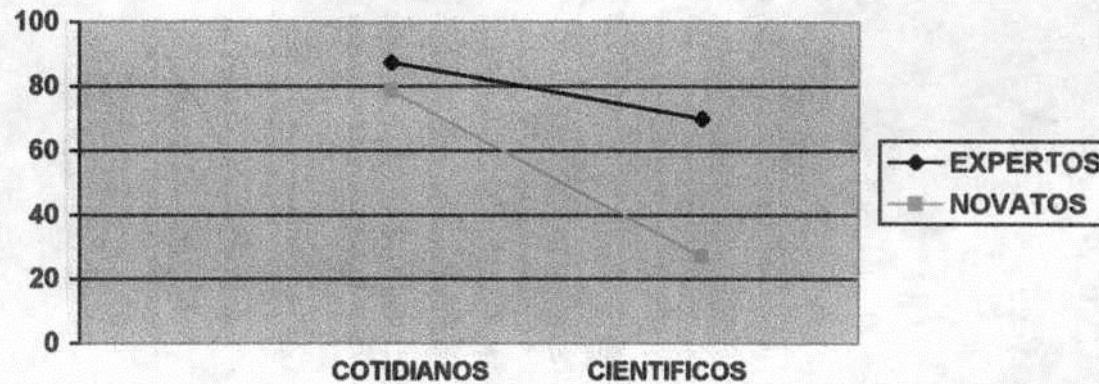
porcentajes obtenidos fueron:

a. Expertos: 87.50 % $\frac{\text{Suma de respuestas correctas}}{\text{Total de preguntas}} \times N^{\circ}$ de participantes

b. Novatos: 70 %

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.

RELACION DE RESPUESTAS CORRECTAS.



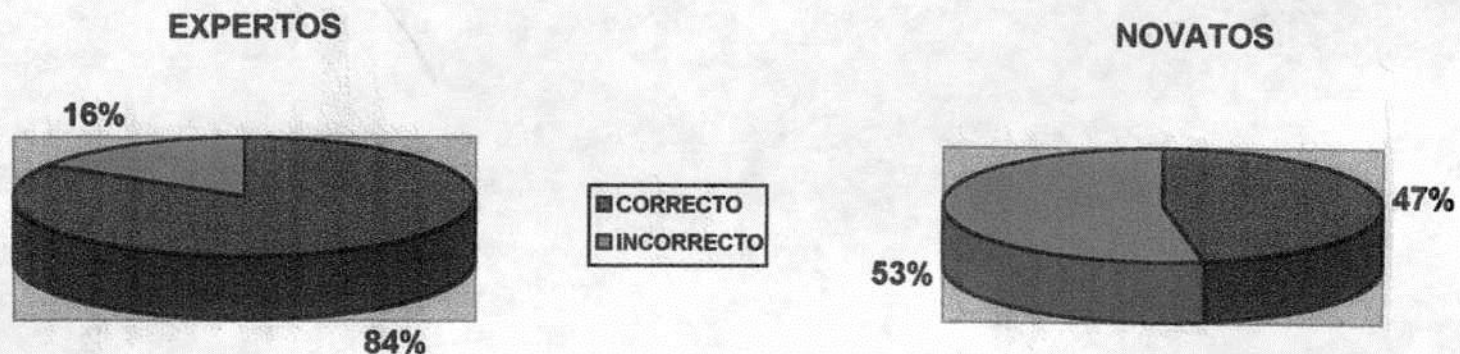
FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998

Los resultados de la investigación mostrados en las tablas 1 y 2 y representados en el gráfico N° 1 condujeron al siguiente análisis:

- Este gráfico muestra que los novatos responden similarmente a como lo hacen los expertos, a problemas cotidianos, pero a nivel de problemas científicos, lo hacen en forma diferente, debido a que los expertos, posiblemente, poseen estructuras conceptuales diferentes a las de los novatos proporcionadas por sus experiencias y su formación académico científica, que les permite diferenciar entre el conocimiento científico y el conocimiento común, mientras que los novatos utilizan principalmente el sentido común en sus explicaciones.
- El número de respuestas correctas dadas por los expertos a problemas cotidianos y científicos es similar, o sea que ellos explican los dos tipos de problemas desde su formación científica, en tanto que el número de respuestas de tipo científico dadas correctamente por los novatos, es bajo al parecer por poseer una visión que explica efectivamente su mundo, pero que no se ajusta a la explicación científica.
- Esperábamos obtener de los expertos un 100% de respuestas correctas a los problemas de tipo científico, sin embargo solamente se obtuvo un 78,75% de respuestas correctas, situación que evidencia que aún los expertos, algunas veces, dan explicaciones no científicas a este tipo de problemas en un 21,25%.
- Esperábamos que los novatos no respondieran científicamente a problemas de este tipo, sin embargo, así lo hicieron en un 27,22% debido tal vez a la familiaridad de las respuestas correctas, con situaciones de la cotidianidad, pero es posible que ellos aún mantengan su concepción ontológica materialista como fuente de

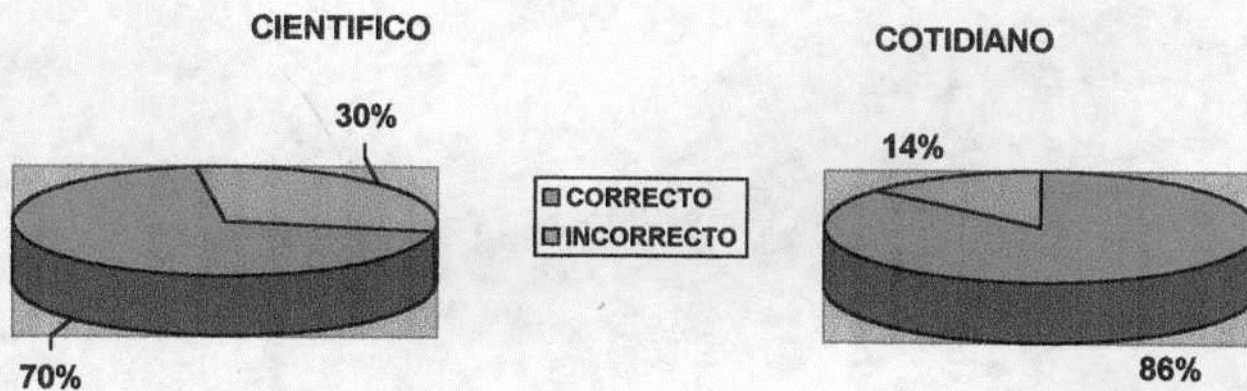
CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.

RESPUESTAS CORRECTAS E INCORRECTAS



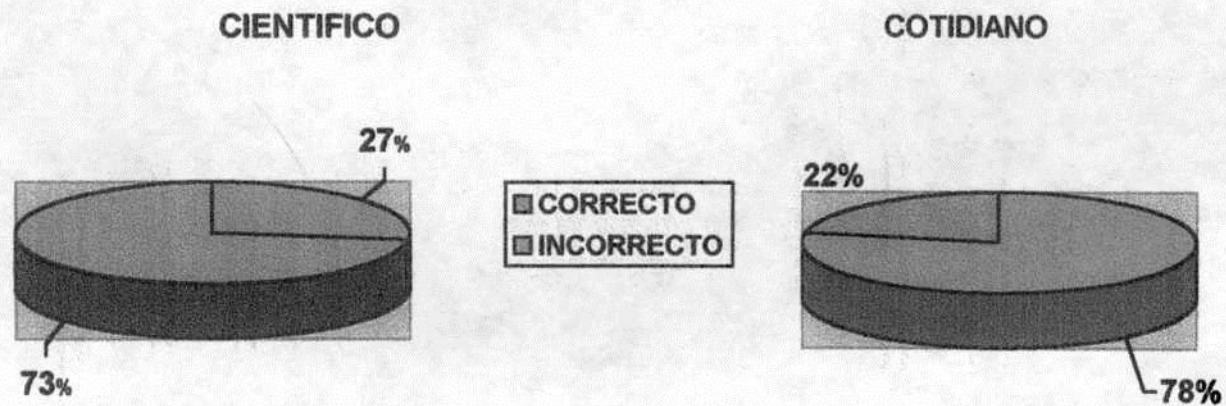
FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA
A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.
EVALUACION DE LAS RESPUESTAS DADAS POR LOS EXPERTOS.



FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA
A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.
EVALUACION DE LAS RESPUESTAS DADAS POR LOS NOVATOS.



FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998

Comprensión conceptual, lo cual se clarificará al analizar el lenguaje utilizado en los protocolos.

- Los datos de escogencia múltiple proporcionan una evidencia de las clases de concepciones erróneas que retienen los novatos, lo cual puede dar soporte cualitativo a la hipótesis de que los novatos clasifican ciertos conceptos químicos en la categoría de sustancia.

INTERPRETACIÓN DE LOS PREDICADOS VERBALES.

De acuerdo con el uso de predicados presentes en los protocolos de explicación para los problemas científicos de química de cada uno de los participantes (expertos y novatos), se encontró lo siguiente, con respecto al primer aspecto conceptual estudiando sobre las concepciones que ellos poseen en relación con la CONTINUIDAD / DISCONTINUIDAD de la materia.

Consistentemente con la hipótesis de incompatibilidad de Chi et al, expertos y novatos conceptuaron diferente sobre este tópico específico del trabajo: Los expertos se refirieron a la constitución de la materia como partículas en interacción con campos de fuerzas, dotándolas de movimiento continuo. Atribuyendo a dichas interacciones y movimientos, el cambio de volumen, en el caso de cuerpos sometidos a variaciones energéticas; así como también los fenómenos de difusión de gases y la dispersión de la luz por las partículas coloidales, como una de las propiedades de los

coloides. Sin embargo, es de anotar que el 25% de los expertos, no concibió la noción de vacío entre partículas (ver anexo N° 2, preguntas 1,5,8,23 y 24 y gráfico: Paralelo de Respuestas Científicas entre expertos y novatos).

Los novatos no mostraron concepción de vacío (campos de fuerzas) en su predicados, aunque atribuyeron al aire la propiedad de transportar y mezclarse con los olores, sin ninguna referencia a partículas ni a la interacción de las partículas con los órganos de los sentidos; consideraron que los volúmenes en soluciones siempre son aditivos, no establecieron relación entre la luz y la visibilidad, en su mayoría.

En los predicados de los novatos se encontraron concepciones animistas y sustancialistas en la explicación de diversos fenómenos (ver anexo N° 2, preguntas 23 y 24).

Si bien algunos de los novatos, escogieron la opción correcta como expertos, sus predicados verbales no correspondieron a una respuesta de tipo científico, ya que estas son de tipo sustancialista (ver anexo N° 2, preguntas 8,23,24).

Analizando los isomorfos en la categoría ontológica de sustancias, se encontró que los predicados de explicación de novatos y expertos son similares, se ajustaron a situaciones cotidianas y el experto generalmente no usó predicados de tipo científico para explicar los fenómenos cotidianos.

Para el 2° aspecto relacionado con la CONSERVACION DE LA MATERIA, los predicados verbales concernientes a los problemas científicos, mostraron que:

- Los expertos hicieron referencia a variables involucradas en la conservación de la materia, como: cantidad de masa, área y volumen, los cambios de estado, distancias intermoleculares, las

cuales determinaron que a pesar de los cambios observados en la materia, su masa se conserva.

■ Los novatos no tuvieron claridad en relación con los cambios de estado que sufre la materia, creían que al evaporarse un líquido, su masa desaparece, o por el contrario, que los vapores ejercían mayor presión en el sistema por lo cual su masa aumenta. Dieron propiedad materialista al calor, afirmando que éste era el que inflaba al globo, concediendo a las partículas la propiedad de dilatarse o estirarse; con el calor todo el aire se desplaza hacia el globo, o concibieron la dilatación como un aumento del número de partículas del cuerpo dilatado. Por otro lado afirmaron que muchas sustancias se contraen con el calor por disminución del número de partículas. No obstante algunos novatos respondieron como expertos al decir que una sustancia al dilatarse no aumenta ni disminuye el número de partículas sino que estas se mueven, se separan, se aceleran.

Otras evidencias de respuestas de los novatos como expertos, se encuentran en el anexo N° 2 preguntas: 9,11,13 y 15.

Al analizar los predicados sobre los problemas cotidianos, los expertos y novatos coincidieron en afirmaciones que evidenciaron claridad en la conservación de la materia.

Algunos expertos respondieron científicamente a una pregunta de la cotidianidad. También se evidenció en algunos novatos falta de claridad en cuanto a la conservación de la materia aún en problemas cotidianos como por ejemplo, en la disolución de un sólido en un líquido, permanece el peso del líquido y desaparece el del sólido ya que éste se disuelve, (ver anexo N° 2, preguntas: 10,12,14 y 16, y el gráfico: Paralelo de Respuestas Científicas entre expertos y novatos).

Con respecto al tercer aspecto tratado: EL SUSTANCIALISMO; se encontró con relación a los problemas científicos, que los expertos argumentaron sobre los procesos de disolución como interacción entre las partículas, los cambios de color como absorción de radiaciones que modifican la estructura molecular de los pigmentos.

En general, los conceptos referidos a estos problemas fueron claros e inscritos en la categoría ontológica de procesos, con excepción del 50% de ellos que a la pregunta 29 dieron un protocolo de explicación que consideramos como sustancialista, al atribuir propiedades macroscópicas a partículas individuales.

Por otra parte, se evidenció pobreza del lenguaje en las explicaciones en los novatos, y se pudo deducir que dan, a procesos como el color, carácter netamente material, por ejemplo, al afirmar que el color se evapora o que los granos de color se disuelven. Atribuyeron a las partículas fundamentales, propiedades del conjunto de partículas, como ejemplo el color, (ver anexo N° 2 pregunta 29).

Los novatos no distinguieron entre el oxígeno disuelto en el agua y el oxígeno como componente de la misma.

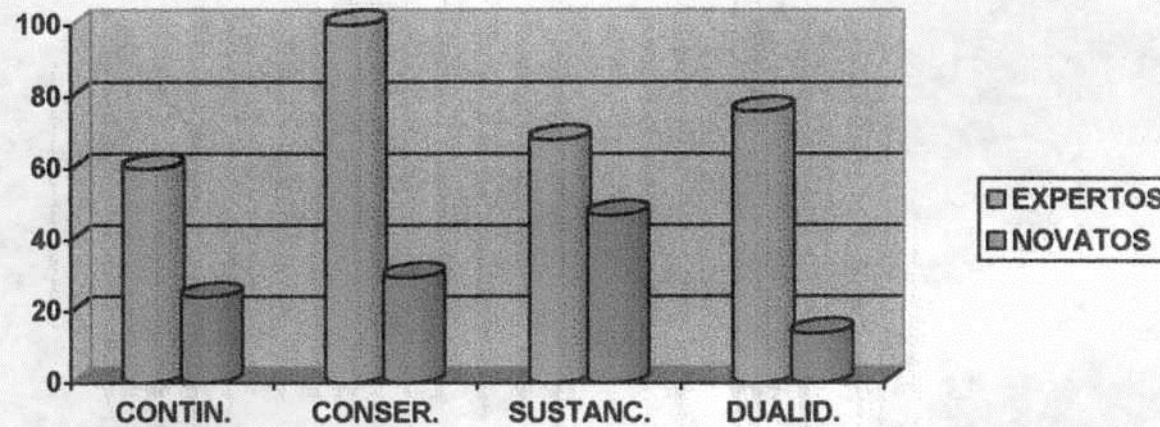
En los problemas cotidianos relacionados con el sustancialismo, los expertos se refirieron a afinidades, a causas, a consecuencias, sin extenderse mucho en explicaciones de tipo científico; los novatos aquí fueron más prolíficos en sus explicaciones, todas ellas con un acentuado corte

sustancialista y animista, como es el caso de los enunciados: al sentir, se libera, extrae sabor, le da, se disuelve... (Ver anexo N° 2 preguntas 4,26,30 y 31 y gráfico Paralelo de Respuestas Científicas entre expertos y novatos).

Esta información y su representación gráfica evidencian gran diferencia en el uso de predicados de procesos entre expertos y novatos en los aspectos de conservación de la materia e interacciones atómicas, (Ver gráficos de Paralelo de Respuestas Científicas entre expertos y novatos y Predicados de Procesos en Resolución de Problemas de Química)

Igualmente se nota poca diferencia de respuestas entre los dos grupos de participantes, en cuanto a predicados de movimiento y percepción, mientras que en los predicados que explican respuestas en función de las propiedades de las sustancias y de animismo el comportamiento de la variable es inversamente proporcional: Los expertos explican las propiedades de las sustancias como procesos, esto se demuestra porque el 100% de ellos respondió así, en tanto que los novatos conceptualizaron las propiedades de

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA
A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.
PARALELO DE RESPUESTAS CIENTIFICAS.



FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998
NOTA: LOS DATOS ESTAN DADOS EN PROPORCIONES.

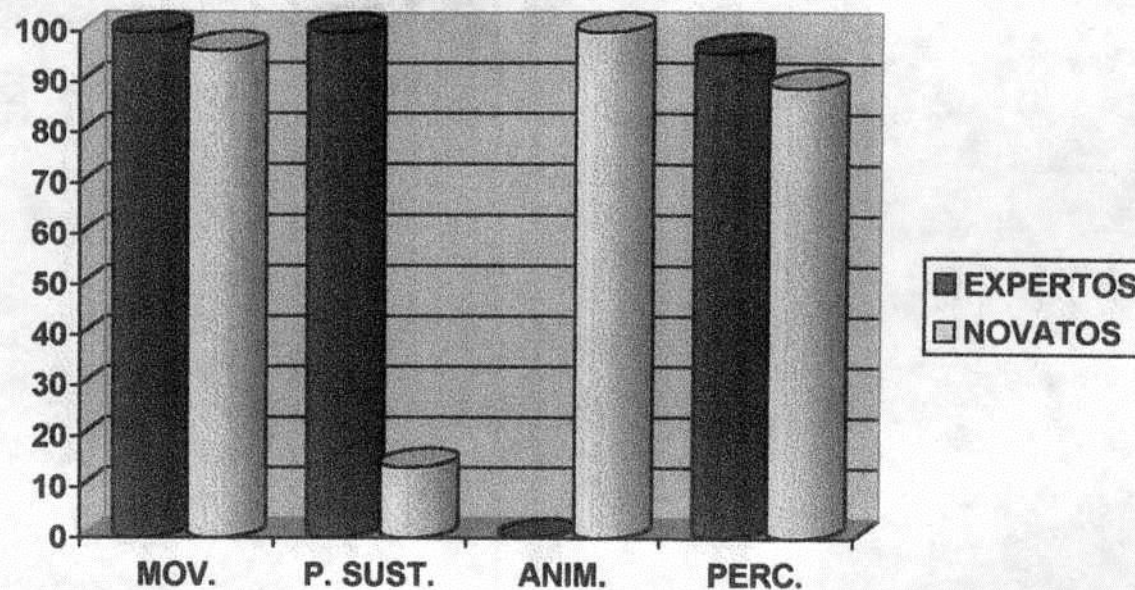
Las sustancias solamente en un 13% en términos de procesos, el 100% de los mismos lo hace asignándoles propiedades animistas. Ningún experto utilizó este tipo de explicación para resolver problemas cotidianos. (Ver gráfico de Predicados de Sustancias Materiales en Resolución de Problemas Cotidianos).

En un cuarto y último aspecto: LA DUALIDAD. Concebida como las interacciones MATERIA - ENERGIA, ONDA - PARTICULA, Los expertos con respecto a los problemas científicos dieron explicaciones precisas, cortas y de gran contenido científico. Se refirieron en la mayoría de las veces, a procesos de interacciones, mientras que los novatos en ningún momento hicieron referencia a procesos de interacción, tratando de explicar sus respuestas teniendo en cuenta las propiedades observables de los fenómenos, poseían poca claridad sobre los conceptos de color, energía, luz, sonido e imagen, mezclándolos sin una caracterización apropiada para cada caso.

Los expertos en su mayoría, un 75%, relacionaron la materia con un concepto filosófico; en cambio los novatos respondieron sin argumentos propios, remitiéndose a la autoridad de los libros y profesores, por lo que afirmaron: “Eso es lo que nos enseñan”. Explicaron la materia como todo aquello que se puede percibir por los sentidos.

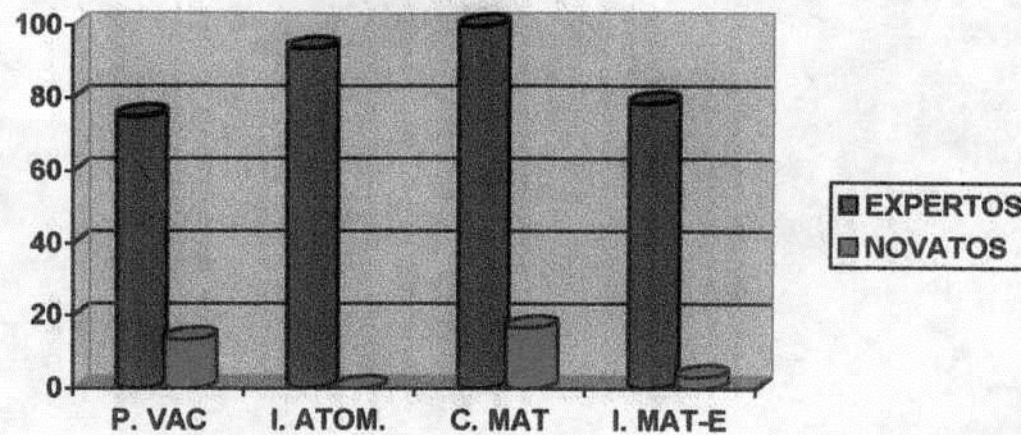
En cuanto a los problemas cotidianos relacionados con la dualidad los expertos hicieron referencia, para sus explicaciones, a conceptos científicos como: La tensión

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA
A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.
PREDICADOS MATERIALES EN RESOLUCION DE PROBLEMAS COTIDIANOS



FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998
NOTA: LOS DATOS ESTAN DADOS EN PROPORCIONES

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA
A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.
PREDICADOS DE PROCESOS EN RESOLUCION DE PROBLEMAS DE QUIMICA.



FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998
NOTA. LOS DATOS ESTAN DADOS EN PROPORCIONES.

superficial, los puentes de hidrógeno, al efecto de la luz, la orientación e interacciones materia - energía, dando explicación somera a cada pregunta.

En las explicaciones de los novatos se notó de nuevo, la tendencia a entender los fenómenos como efectos de las características de las sustancia.

En este aspecto los expertos recurrieron más a fundamentos científicos para explicar fenómenos cotidianos, mientras que los novatos al no poseer estos fundamentos apelaron al sustancialismo como fuente de argumentación.

Posiblemente este hecho se debió a la dificultad que presenta la dualidad para ser explicada con un lenguaje cotidiano (ver anexo N° 2, preguntas 18,20,21,28,34,36 y 38 y gráfico de respuestas científicas entre expertos y novatos).

ELABORACIÓN E INTERPRETACIÓN DE GRAFICOS

Gráfico de relación de protocolos de expertos y novatos frente a conceptualización científica; para su elaboración se procedió de la siguiente forma:

- Separación de los problemas de la encuesta en los cuatro aspectos estudiados.
- Suma de las respuestas correctas dadas para cada aspecto por cada uno de los grupos participantes (expertos y novatos).

- Contabilización del número de protocolos correctos posibles (número de participantes por número de preguntas para cada aspecto).
- Hallazgo del porcentaje respectivo (suma de respuestas correctas por cien dividido por el número de protocolos correctos).

De las relaciones entre expertos y novatos mostradas en el gráfico N° 2 se dedujo:

En el aspecto de continuidad - discontinuidad de la materia: Los expertos responden dando explicaciones en términos de procesos en un 65% a los problemas de química que involucran dicho aspecto, mientras que los novatos sólo lo hacen en un 25%. No todos los novatos tienen claridad conceptual en tomo a la continuidad discontinuidad de la materia, porque no la conciben como una interacción entre partículas y vacío, por lo cual ubicamos su pensamiento químico dentro del perfil conceptual realista. En cuanto a los expertos aunque teóricamente utilizan el concepto de discontinuidad, aún manifiestan en sus protocolos algunos rasgos realistas, sustancialistas y empiristas en un 35%.

En cuanto a la conservación de la materia: El 100% de los expertos explican claramente este aspecto en término de procesos, mientras que solamente un 29,5% de los novatos tienen claridad al respecto, posiblemente porque al no comprender el carácter discontinuo de la materia, se les dificulta dilucidar los procesos de cambios de estado, disolución, dispersión, etc., como manifestaciones de las interacciones entre partículas y campos de fuerzas.

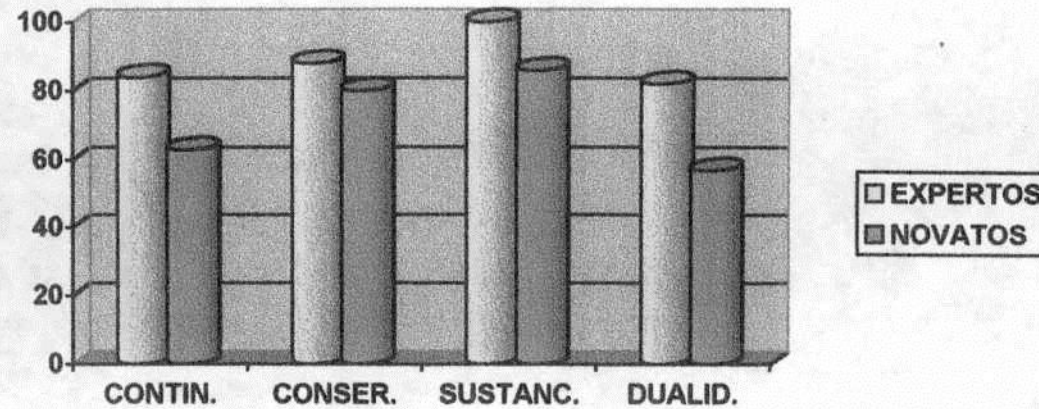
Frente a las preguntas que midieron conceptualizaciones sustancialistas, un 68% de los expertos da explicaciones científicas aceptadas, en tanto que solamente el 47% de los novatos lo hace así, el resto piensa en las partículas fundamentales como entidades con vida propia, como si individualmente estas presentaran las mismas propiedades del conjunto.

Con respecto a la dualidad: onda - partícula, materia - energía, el 87,75% de los expertos demostró una efectiva apropiación de este aspecto, lo cual los ubica, en su gran mayoría en un perfil conceptual de átomo mecánico - cuántico y permite afirmar que frente a la diversidad de problemas que se les plantearon ellos demostraron gran facilidad para pasar de las explicaciones referidas a nivel de escala macroscópica al nivel de escala submicroscópica y viceversa. Además evidenciaron la capacidad que tienen para conceptualizar sobre la materia como el constituyente de las cosas o como lo que está constituida por... y su relación con la energía. Admiten que la materia es un concepto filosófico mientras que los novatos solamente la conciben como lo sensible, lo perceptible, lo real. En los novatos, solo el 14% es capaz de pensar los problemas en términos de procesos duales. En términos generales, expertos y novatos se comportan según lo esperado, de acuerdo con la hipótesis de incompatibilidad. (Ver información y gráfico: Paralelo de Respuestas Científicas entre Expertos y Novatos).

El tratamiento de los datos para la realización del gráfico Paralelo de Respuestas Cotidianas entre Expertos y Novatos, se hizo de la misma manera que para el gráfico

anterior, solamente se diferencia de ese en que este muestra los porcentajes de respuestas acertadas por expertos y novatos para problemas isomórficos de cosas

CONCEPTUALIZACION EN TORNO A LA MATERIA
A LA LUZ DE LA HIPOTESIS DE INCOMPATIBILIDAD.
PARALELO DE RESPUESTAS A PROBLEMAS COTI DIANOS.



FUENTE: DATOS ARROJADOS POR LA ENCUESTA DE LA INVESTIGACION. 1998
NOTA: LOS DATOS ESTAN DADOS EN PROPORCIONES.

materiales, que no incluyen para su resolución la necesidad de conocimientos químicos.

La gráfica muestra que expertos y novatos resuelven y explican muy similarmente este tipo de problemas, en el único aspecto que se encontró una diferencia apreciable fue en el de dualidad (expertos con un 82% y novatos con un 57%), debido a que la experiencia de vida y la formación profesional proporcionan al perfil conceptual de los expertos la capacidad de analizar los problemas con una mentalidad más abierta y adaptable al contexto particular propuesto.

La aplicación empírica que se hizo teniendo en cuenta los principios metodológicos, pedagógicos, epistemológicos y didácticos implicados en la teoría del cambio conceptual de Chi et al, proporcionaron un gran número de datos cualitativos lo que hace de la investigación un trabajo de corte cualitativo, donde la población del universo es desconocida, permitiendo la investigación en poblaciones pequeñas.

La revisión detallada de los datos obtenidos sobre las preconcepciones revela posibles orígenes que van desde lo intuitivo (realismo, sustancialismo) hasta lo social (formación de los maestros, influencia del entorno) y analógico (comparaciones inadecuadas utilizadas en la enseñanza de conceptos químicos), indicando la posible existencia de un obstáculo fundamental que sería la categorización ontológica inadecuada por parte de los novatos y de algunos expertos, de los conceptos relacionados con la materia (continuidad, conservación, sustancialismo y dualidad).

CONCLUSIONES

La incompatibilidad entre categorías ontológicas limita la posibilidad de acceder a conceptos como disoluciones, enlace químico, cambios físicos y químico. .. Esta incompatibilidad entre categorías se refuerza a diario por las vivencias cotidianas del novato, en las cuales sus concepciones sustancialistas le resultan más útiles.

Una aplicación práctica que se deriva del presente trabajo tendiente a propiciar el cambio conceptual esperado, sería el diseño específico y desarrollo de unidades didácticas sobre la materia, en las cuales se utilicen diversas estrategias metacognitivas y se planteen una serie de actividades que permitan la explicitación de las preconcepciones de los estudiantes en un ambiente distendido, en el que ellos conozcan las concepciones científicas y al ser analizadas sus diferencias, valoren la rigurosidad del razonamiento científico y su mayor poder explicativo.

Cuando se hace un muestreo para una investigación comparativa de dos grupos poblacionales diferentes, debe tomarse igual número de individuos por cada uno de los grupos, para no viciar el estudio. Queda la inquietud sobre las diferencias que sobre este aspecto presenta la metodología aplicada por Chi et al (1995), en la cual las muestras son de cuatro expertos y nueve novatos, aspecto respetado en esta investigación.

Los expertos ubican el concepto de materia en la categoría ontológica de procesos ya que la conciben como la interacción entre partículas - energía y como el constituyente de los cuerpos (“está constituida por” y “es el constituyente de”). Los novatos ubican dicho concepto en la categoría de cosas materiales, lo cual posiblemente sea una de las razones que les dificulta la comprensión de los conocimientos científicos relacionados con la química.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, M. Física Atómica. Universidad de la Habana. Cuba, 1958, pp 125-127.

BERTHOLD, G. MARLAN, O.S. Y HERBERT, W. La Dualidad en la Materia y en la Luz. Investigación y Ciencia 221, 1995, pp 46-52.

CAAMAÑO, A. Concepciones de los estudiantes sobre la estructura de la materia y los cambios estructurales en una reacción química. Enseñanza de las Ciencias. N° Extra V Congreso, 1997, pp 175-177.

CHI, M.T.H., SLOTTA, J.D., LEEUW, N. de From Things to Processes: A Theory of conceptual change for learning science concepts. Learning and Instruction Vol. 4, 1994, pp 27-43.

CHI, M.T.H., SLOTTA, J.D., JORAM, E. Assessing Students Misclassifications of Physics Concepts: An Ontological Basis for Conceptual Change. Cognition and Instruction. 1995. 13(3), pp 373-400.

DAVIES, P. La Insoportable Vacuidad de la materia. Revista muy interesante No.9 año 1997, pp 29.

DE LONGHI, A.L. Análisis didáctico del discurso del profesor y del alumno en clases de ciencias y la comunicación del conocimiento. Enseñanza de las Ciencias. N° Extra, V Congreso 1997, pp 97-99.

DRIVER, R., GUESNE, E. Y TIBERGHIE, A. Ideas científicas en la Infancia y la adolescencia. Madrid :Mec/ Morata 1989, pp 15-25.

ENRIQUEZ, H. Identificación de preconcepciones sobre el concepto de materia. Monografía. Universidad de Nariño. Departamento de Química. San Juan de Pasto, 1996, pp 17-25.

GALLEGOS, J. A. 'Problemática didáctica de la enseñanza aprendizaje de los reinos biológicos'. Enseñanza de las Ciencias. N° Extra V. Congreso 1997, pp 389-391.

GIL, D. CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ- TORREGROSA, J. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Horsori: Barcelona 1991, PP 50.

GUINER, André. The Estructure of de Matter. From the Blue Sky to Liquid Crystals. Edward Arnold. Australia. 1984, pp 6-20.

JOYCE, J. La Materia Grandes Descubrimientos Subatómicos "El Increíble Mundo Menguante". Revista muy interesante. Año 11 No.121, pp 47-60.

LEAL, A. El lenguaje y la construcción de significados en la explicación infantil de un fenómeno físico. Enseñanza de las Ciencias. Nº Extra, V Congreso 1997, pp 195-196.

LLORENS, M.J.A. La Concepción Corpuscular de la Materia. Obstáculos Epistemológicos y Problemas de Aprendizaje. Investigación en la Escuela. Número 4. 1988, pp 33-48.

LLORENS, M.J.A. Comenzando a Aprender Química. Editorial. Aprendizaje Visor, 1989, pp 47-75

MARTON, F. "Phenomenography - Describing Conceptions of the world around Us", Instructional Science, Nº 10, 1981, pp 177-200.

MONK, M. On the identification of principles in science that might inform research into student's beliefs about natural phenomena. International Journal of science. De 17 (5) pp 565-573.

MORTIMER, E. Conceptual Change or Conceptual Profile. Change? Science and Education Nº 4, 1995, pp 267-285.

MORTIMER, E. Addressing Obstacles in the Classroom: An Example From Theory of Matter. Facultad de Educación de UFMG Belo Horizonte Brazil, 1996, pp 2-10.

MOSTERÍN, J. Conceptos y teorías de la ciencia. Alianza, Madrid, 1984, pp 65-84.

OLIVA, J. M. Status de las concepciones de los alumnos en física: Un proyecto de investigación en curso. Enseñanza de las Ciencias. Nº Extra, V Congreso, 1997, pp 203-204.

PAYA, S. Los Trabajos Prácticos en la Enseñanza de la Física y Química. Un análisis crítico y una propuesta fundamental. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, pp 45-60.

PETERSEN, A. The Philosophy of Niels Bohr. Bulletin of the atomic scientists, 1963, pp 8-14.

PONTES, A. y PRO, A. Interacciones eléctricas y estructura de la materia, dificultades de los estudiantes en la adquisición de modelos científicos. Enseñanza de las Ciencias. N° Extra, V Congreso, 1997, pp 207-208.

POSADA, J.M. Papel de las memorias semántica y episódica en el aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias. N° Extra V Congreso, 1997, pp 463-464.

POSNER, G. J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. - Accommodation of a scientific. Conception: Toward a theory of conceptual Change Science Education 66(2), 1982, pp 221-227.

POZZO, J.I., GOMEZ, M.A., LIMON, M. Y SANZ, A. Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química. Colección Investigación Número 65. Madrid. Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: C.I.D.E. 1991, pp 27-158.

POZZO, J.I., PEREZ, M.P., GOMEZ, M.A., LIMON, M. Y SANZ, A., Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. Infancia y Aprendizaje (57) 1992, pp 3-22.

QUILEZ, J., SOLAZ, J.J., CASTELLÓ, M. y SAN JOSÉ, V. La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico. Enseñanza de las Ciencias 11 (3), 1993, pp 281-288.

QUILEZ, J., SAN JOSÉ, V. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. Enseñanza de las Ciencias. 13 (1) 1995, pp 72-80.

RAMÍREZ, Q. A. La teoría del cambio conceptual. Educación y Cultura. FECODE. Bogotá Marzo de 1989, pp 37-41.

SALTIEL, E. y VIENNOT, I. Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes. Enseñanza de las Ciencias. Vol 3 N° 2, pp 109-114.

SALCEDO, L. Aprendizaje Memorístico del Concepto de Educación Química. VII Congreso Colombiano de Química. Cali. Memorias, 1991, pp 413-415.

SALCEDO, L. Concepciones sobre la Ciencia, la Enseñanza y el aprendizaje en Alumnos del Programa de Formación de Profesores de Química. II Encuentro

Internacional de Metodología de la Enseñanza de la Química. Resúmenes de Trabajo. 1991, pp 46-47.

SALCEDO, L. Concepciones de los Profesores de Química de Secundaria sobre las Prácticas de Laboratorio. IX Congreso Colombiano de Química. Memorias. 1994.

SALCEDO, L. y CARDENAS, F. Concepciones sobre la Discontinuidad de la Materia en Alumnos del Primer año. Actualidad Educativa. Números 3 y 4, 1995.

SEGURA, D., MOLINA, A., PEDREROS, R.I., ARCOS, F.O., VELASCO, A., HERNÁNDEZ, G y LEURO, R. Vivencias de Conocimiento y cambio cultural. Escuela Pedagógica Experimental - Colciencias, 1995, pp 14-20.

SOTO, C. Modelos Cognitivos y enseñanza de las Ciencias. Universidad de Antioquia. Facultad de Educación. 1997, pp 14-18

SOTO, C. El Cambio Conceptual una Teoría en Evolución. Revista Educación y Pedagogía. Universidad de Antioquia. 1998.

WINTERS, J. Que se haga la materia. Discover en Español. Febrero de 1998, pp 71

VIGOSTSKY, L.S. El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Editorial Critica. Barcelona, 1979.

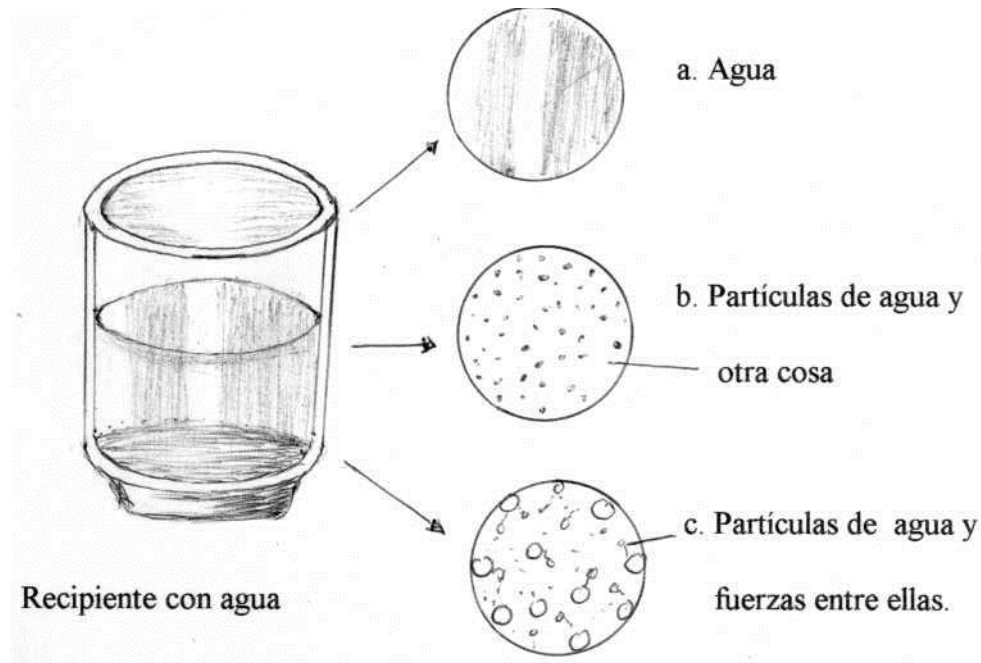
ANEXOS

ANEXO N°1

Queremos conocer su pensamiento con respecto a una diversidad de temáticas, muchas de ellas relacionadas con la cotidianidad.

Agradecemos leer las preguntas y responder a cada una de ellas encerrando en un círculo la letra que corresponda a la respuesta más acertada y en forma dialogada las sustente.

1. Su imagen de agua pura en sus detalles más sutiles, ¿a cuál de estos dibujos se asemejaría?



- d. Otra respuesta. (Escríbala)
2. Al observar una cascada de agua se puede afirmar que:
- a- Las gotas caen independientemente unas de otras, b- El agua cae formando un chorro continuo.
 - c- La mayor parte del agua cae en forma de chorro y algunas gotas se desprenden independientemente, d- Otra respuesta. (Escríbala)
3. Cuando se adiciona fresco royal al agua en un vaso transparente, lo que sucede es:
- a- Interacción entre las partículas del fresco royal y las del agua.
 - b- La ruptura de los granos del fresco royal deja libre al colorante.
 - C- Las partículas del polvo se deshacen en el agua, d- Otra respuesta. (Escríbala)
4. Al preparar una agua aromática caliente (en rama o bolsa) se podría suponer que:
- a- El agua caliente saca el aroma, sabor, olor etc. (de la rama)

b- La hierba aromática se disuelve en el agua.

c- No se produce ninguna interacción entre el agua y la hierba aromática, d- Otra respuesta. (Escríbala)

5. En un recipiente se colocan diez mililitros de agua y diez mililitros de alcohol,

¿qué se puede decir con respecto al volumen total de esta solución?

a. Que es menor de veinte mililitros.

b. Que es mayor de veinte mililitros.

c. Que es exactamente de veinte mililitros.

d. Otra respuesta. (Escríbala)

6. Al adicionar un poco de arena a un balde lleno de piedras irregulares y moverlo bruscamente, la arena:

a- Ocupa los espacios vacíos entre las piedras, **b-** Hace que el volumen dentro del balde se aumente.

C- La arena es absorbida por las piedras, d- Otra respuesta.

(Escríbala)

7. Si se arroja arena seca con fuerza sobre la superficie de una tela firmemente sujeta, de forma que algunas partículas de arena la atraviesan pero otras no, sin que la tela se rompa, podría explicarse este hecho así:

a. La superficie de la tela tiene agujeros que dejan pasar la arena.

b. Las partículas de arena, debido a la velocidad, atraviesan la tela aunque no haya agujeros en ella.

c. Los granitos de arena tienen la propiedad de atravesar la tela.

d. Otra respuesta. (Escríbala)

8 Cuando se destapa un frasco con perfume, se puede percibir su aroma a cierta distancia del frasco porque:

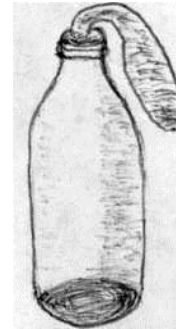
a. El olor viaja en forma de onda hacia la nariz.

b. Los vapores del perfume desplazan al aire para llegar a la nariz

c. Las partículas de perfume se difunden entre las partículas del aire en cualquier dirección y de esta forma interaccionan con la nariz.

d. Otra respuesta. (Escríbala)

9. Si en la boca de una botella de vidrio se coloca una bomba o globo impermeable, tal como se observa en la figura y luego se calienta suavemente, se podría conjeturar lo siguiente:



a- Ha aumentado la cantidad del aire en el sistema, **b-** El aire ocupa mayor volumen.

C- La bomba se infla porque se llena de calor, **d-** Otra respuesta. (Escríbala)

10 Al confeccionar una bomba completamente elástica, con una goma de chicle, se puede afirmar que:

a- Al soplar se produce más chicle.

b- La goma de chicle aumenta su tamaño debido al aire que se le

suministra, **c-** Es el calor de la boca el que hace que el chicle se dilate **d-**

Otra respuesta. (Escríbala)

11 Al calentar alcohol líquido en una botella cerrada (sin que escape nada) hasta que desaparezca el líquido, se puede afirmar que la masa del sistema (botella, alcohol):

a- Permanece igual antes y después del proceso.

b- Es menor cuando el líquido desaparece.

C- Es mayor cuando el líquido desaparece, **d-** Otra respuesta. (Escríbala)

12 Cuando se agrega medio kilogramo de panela a 2 kilogramos de agua se obtiene una aguapanela que pesa:

a- 2 Kg.

b- $2^{1/2}$ Kg.

C- 3.000 g

d- Otra respuesta. (Escríbala)

13. Generalmente cuando un objeto se calienta, aumenta de tamaño, fenómeno conocido como dilatación, se puede afirmar que al calentar un objeto: a- Aumenta el tamaño de las partículas.

b- Se agitan más intensamente las partículas y aumenta la distancia entre ellas.

C- Aumenta el número de partículas, d- Otra respuesta. (Escríbala)

14 Al preparar crispetas, ocurre que:

a- Los granos de maíz pira al transformarse en crispetas, aumentan de tamaño,

b- Se aumenta la cantidad de granos, c- Se disminuye la cantidad de granos,

d- Otra respuesta. (Escríbala)

15 Un fumador enciende un cigarrillo y luego de varias aspiradas, el cigarrillo se consume, de lo anterior se podría afirmar que:

a- Los componentes del cigarrillo se pierden, b- los componentes del

cigarrillo se transforman en otras sustancias, c- El cigarrillo pasa al estado

gaseoso, d- Otra respuesta. (Escríbala)

16 Si se usa con mucha frecuencia un bolígrafo, se puede afirmar con respecto a la tinta que:

a- Desapareció.

b- Se impregnó en otros materiales.

C- Se evaporó totalmente, d- Otra

respuesta. (Escríbala)

17 Un plástico transparente especial para envolver alimentos, cumple muy bien esa función porque:

a- Las partículas del plástico tienen propiedades viscosas que las hacen adherirse a otras superficies.

b- Hay atracción electrostática entre el plástico y los materiales que contienen los alimentos.

C- Los alimentos poseen propiedades pegajosas

d- Otra respuesta. (Escríbala)

18 Al humedecer el papel periódico se puede adherir al piso, esto es posible gracias a:

a- Las características del papel periódico

b- La película de agua hace que se adhiera el papel al piso

c- El agua se adhiere a todos los objetos,

d- Otra respuesta. (Escríbala)

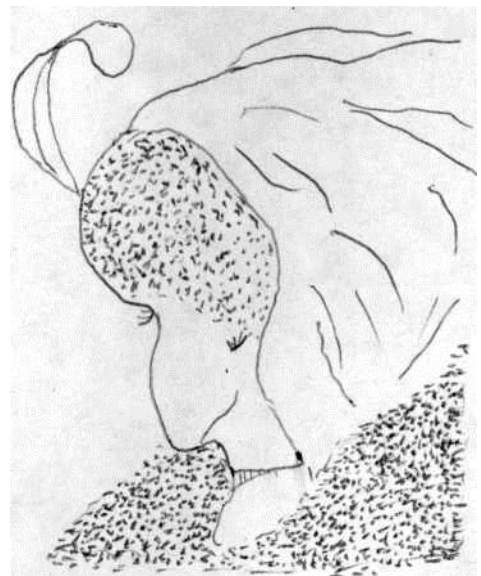
19. El siguiente dibujo podría ser problemático porque:

a- Se presta para varias interpretaciones

b- Es confusa su interpretación

c- Representa una sola imagen

d- Otra respuesta (Escríbala)



20 En un estadio de fútbol, se acostumbra a realizar “La ola” para animarse el público, se podría afirmar que:

a- Varias personas moviéndose aisladamente permiten que se observe el fenómeno,

b- Solamente la acción de muchas personas permite la observación del fenómeno

C- El público del estadio no puede ver el fenómeno, d- Otra respuesta. (Escríbala)

21 Si se tiene un trompo con una señal (estrella) en alguna región de su superficie, al poner a girar el trompo se puede decir:

a- No se puede afirmar con exactitud, en que sitio fue ubicada la estrella mientras el trompo gire.

b- Al girar el trompo, la estrella desaparece para convertirse en una línea.

C- a y b son correctas, d- Otra respuesta. (Escríbala)

22 Cuando dos telas (de velo o seda) o dos mallas metálicas se mueven una sobre otra, se observan “dibujos” formados por arabescos, anillos, etc., esto se explica por:

a. El simple corte de unas líneas de un tejido con las de otro.

b. La interferencia de dos o más trenes de ondas luminosas de igual o cercana frecuencia.

c. Es el ojo humano el que tiene la capacidad de transformar las imágenes.

d. otra respuesta. (Escríbala)

23 En una habitación oscura en la cual penetra un rayo de luz, se observa a través de él partículas de polvo en movimiento, esto permite pensar que:

a- El rayo de luz produce las partículas de polvo

b- El movimiento del aire las mantiene suspendidas.

C- Las partículas de polvo brillan al difundir la luz.

d- Otra respuesta. (Escríbala)

24 El humo de una locomotora está constituido por:

a. Partículas sólidas en suspensión y gases disueltos.

b. Partículas gaseosas que se difunden en el aire.

c. Condensación de la forma gaseosa de un combustible.

d. Otra respuesta. (Escríbala)

25 Las cortinas expuestas a la luz solar con el tiempo se decoloran porque:

a- Los granitos de color se disuelven en el medio: aire, agua, etc.

b- Hay un cambio en la constitución de los pigmentos impregnados en la cortina

c- El color se evapora con el tiempo,

d- Otra respuesta. (Escríbala)

26 Una manta sin usar, con el tiempo recoge polvo, al sacudirla o golpearla en seco ocurre que:

a- La manta libera la mayor parte del polvo

b- La manta conserva todo el polvo.

c- El polvo se convierte en el material del cual está fabricada la manta.

d- Otra respuesta. (Escríbala)

27 A la mayoría de los objetos se les observa color, este se debe a que:

a- Los objetos están formados por partículas coloreadas.

b- El color se produce por la interacción entre la luz y el objeto la cual podemos

captar.

C- Son nuestros ojos los que producen el color,

d- Otra respuesta. (Escríbala)

28 Las montañas sobre el horizonte se ven gris - azuladas, al acercarse a ellas:

a- Se comprueba que son azules.

b- Se ven verdes.

C- Se ven gris azuladas

d- Otra respuesta. (Escríbala).

29 Al observar una joya de oro se ve dorada. Si se pudiera ver la mínima partícula que forma ese oro, se llegará a la conclusión de que:

a. Esas partículas son doradas.

b. Esas partículas no tienen color.

c. Habría partículas de diferente color.

d. Otra respuesta. (Escríbala).

30 Para guiarnos en las carreteras se usan señales visuales informativas. Cuando en

una de ellas se observa un tenedor y un cuchillo se entiende que:

a- Próximamente hay un restaurante.

b- En la siguiente parada venden tenedores y cuchillos.

c- Debes parar a comer.

d- Otra respuesta. (Escríbala).

31 La llama de una vela permanece encendida en presencia del vapor de agua

existente en la atmósfera. Si se introduce el pabilo encendido de ella en agua

líquida, ocurre que:

a- La llama permanece encendida,

b- La llama se apaga.

C- El líquido se enciende

d- Otra respuesta. (Escríbala).

32 Un pez que respira dentro del agua, lo puede hacer porque:

a- Extrae el oxígeno componente de las partículas de agua,

b- Utiliza el oxígeno disuelto en el agua.

C- El pez no respira oxígeno sino

agua, d- Otra respuesta. (Escríbala).

33 Las antenas parabólicas captan:

a. Ondas electromagnéticas de baja energía.

b. Partículas subatómicas (electrones, protones).

c. Sonidos e imágenes.

d. Otra respuesta. (Escríbala).

34 Al acercar dos imanes entre sí, se puede observar:

a. Los polos de signos iguales se repelen.

b. Los polos de signo diferente se atraen.

c. a y b son correctas.

d. Otra respuesta. (Escríbala).

35 Por materia se puede entender:

a. Todo lo que se puede percibir por los sentidos.

- b. Es un concepto filosófico que se aplica a aquello de lo que está constituido todo cuerpo.
 - c. Es una abstracción de la mente humana sin representación real.
 - d. Otra respuesta. (Escríbala).
- 36 El juego de la muñeca rusa consiste en sacar de una muñeca grande otra más pequeña, y así sucesivamente, al seguir destapando, cada vez se encuentra una muñeca más pequeña que la anterior. Si se continúa indefinidamente este procedimiento, al final se encontrará:
- a. Un objeto con las características de la muñeca inicial.
 - b. Un objeto totalmente diferente a la muñeca inicial.
 - c. Una muñeca igual a la inicial en miniatura.
 - d. Otra respuesta. (Escríbala).
- 37 Al quemar la pólvora constituyente de los juegos pirotécnicos, se observa la emisión de luz de diferentes colores Este fenómeno se debe a que:
- a. Las partículas de pólvora se transforman en luz.
 - b. Por las altas temperaturas alcanzadas y en las transformaciones que se dan se gasifican algunos de los constituyentes de la pólvora, ocurriendo interacciones energéticas que permiten observar el fenómeno,
 - c. La pólvora encierra partículas de color que se liberan al quemarse aquella.
 - d. Otra respuesta. (Escríbala).
- 38 El universo está formado por materia y energía, ¿cuál de las siguientes afirmaciones le parece más correcta?
- a. La materia está constituida por partículas elementales.

- b. La materia es el constituyente de las partículas elementales.
- c. Las dos anteriores son correctas,
- d. Otra respuesta. (Escríbala).

ANEXO N°2

PREDICADOS VERBALES DE PROBLEMAS CIENTIFICOS

N°.	EXPERTOS	Frc	NOVATOS	Frc
1	Se observa agua, moléculas en movimiento, no hay vacío entre ellas. Partículas y vacío, partículas interaccionando con el recipiente.	2 2	Parece ser la más útil. Agua pura sin contaminación: clara, cristalina, transparente, limpia, simple.	1 8
3	Intervienen fuerzas intermoleculares. Disolución sin interacciones entre las partículas.	3 1	Se deslíen las partículas. Se disuelve el polvo al mezclarse con el agua. Los granos liberan el colorante y el sabor. Se pierde una sustancia al juntarse con la otra.	1 6 1 1
5	Disminución de volumen, menor compactación, interacciones. Variación de acuerdo con la expansión o contracción, produce unión íntima, si hay repulsión produce expansión.	2 2	Los volúmenes son aditivos, al sumar diez más diez igual a veinte mililitros.	9
8	El vapor desplaza el aire porque no hay penetración, y producen olor al interaccionar con la nariz. Difusión de partículas de mayor a menor concentración en el aire y viajan con él.	1 3	El olor se combina con el aire y viaja en su dirección. El perfume contiene olor y al destaparlo sale y se mezcla con él. Por ser muy fuerte el perfume. El frasco tiene rendijas por donde escapa el perfume y así percibimos su olor.	6 1 1 1

9	La masa permanece, varía el área y volumen debido a la separación molecular, hay aumento de las distancias.	4	Se infla porque se llena de vapor provocado por el calor. Se infla porque la botella se llena de calor y no tiene hacia donde expulsarlo. Las partículas del aire caliente se dilatan y ocupan mayor espacio. El aire ocupa el mayor volumen porque la bomba resiste hasta cierto punto.	2 5 1 1
11	Hay conservación de la materia porque no hay escape. Hay cambio de estado y conservación de masa.	3 1	Permanece igual el peso porque la botella está cerrada. El líquido se evapora, no sale, no se ve y pesa menos. Es mayor cuando el líquido desaparece ya que se transforma en vapor, el cual ejerce mayor presión sobre la botella.	3 4 2
13	Aumento de volumen por aumento de distancias intermoleculares.	4	Las partículas se agitan con el calor y pueden separarse, agrandarse, estirarse, dilatarse o encogerse. Al calentar, las partículas se separan y hacen ver aumentado el tamaño. Aumentan por el calor y el vapor. No aumentan ni disminuyen sino que si el material es plástico se derrite y si es vidrio explota.	5 1 2 1
15	Transformación y liberación de sustancias diferentes.	4	Los componentes se pierden porque al aspirar el cigarrillo, este se va disminuyendo quedando cenizas, colilla y humo. Una parte se aspira y otra se quema. El humo del cigarrillo no tiene rumbo. Al fumarse se convierte en humo. Al quemarse las sustancias se evaporan y el fumador las aspira dejando algunos residuos.	5 1 1 1 1
17	El plástico se pega consigo mismo o con los materiales por la atracción electrostática. Por fuerzas de Van der Wals.	3 1	Los alimentos contienen partículas pegajosas que se pegan al plástico. El plástico es pegajoso y se pega a otras superficies. El plástico tiene la capacidad de	5 2

			adherirse por ser delgado. Porque se evapora el agua.	1 1
19	A cada imagen se le puede dar varias interpretaciones.	4	Se presentan varias cosas porque muestran muchos objetos. Sólo se ve una imagen. No se distingue lo que es. Dos imágenes diferentes.	2 2 3 2
22	Uno mira lo que quiere ver. La interferencia produce el fenómeno.	1 3	Porque uno mira detenidamente una superficie y ve cosas que no hay. El ojo humano al observar tiene la capacidad de transformar imágenes. Las líneas de un tejido se unen con otras y forman la figura. Estas al moverlas producen figuras y pueden ser de esa forma.	1 5 1 2
23	El aire no las mantiene en movimiento son propiedades de los fluidos, efecto Tindall. El aire es un coloide.	3 1	El rayo de luz hace ver las partículas. El aire las mantiene suspendidas porque nunca deja de soplar. Las partículas no tienen peso, por eso el rayo hace que se vean flotando. El movimiento del aire las mantiene confusas. La luz produce esas partículas porque las vemos sólo en la dirección del polvo.	1 3 2 1 2
24	Suspensión de partículas en los gases sin disolverse y disolución de gases en otros.	4	El combustible forma todo el humo. Las partículas gaseosas se mezclan con el aire. El humo es un líquido gaseoso. El aire desplaza las partículas.	5 2 1 1
25	Cambio en la constitución de pigmentos por absorción de radiaciones modificando la estructura.	4	Con el tiempo cambian de color. Al lavar la cortina se evapora el color. El sol y el agua la destiñen.	7 1 1
27	Interacciones luz- objetos (materia), órganos de los sentidos.	4	Los objetos los producen con colores. Los colores de la luz hacen que determinado objeto se vea de un color.	6 3

29	<p>No se puede imaginar una sola partícula de oro ya que esta absorbería radiación para dar dorado pero quién la puede observar?</p> <p>La estimulación de la luz hace ver los colores, si los electrones están quietos no vemos colores, esto solo sucede al conjunto de átomos.</p>	<p>2</p> <p>2</p>	<p>Para que el color sea de oro, las partículas deben ser doradas. Habría partículas de diferentes colores.</p> <p>No tiene partículas de color porque si se raya se puede quitar el color.</p>	<p>7</p> <p>1</p> <p>1</p>
32	<p>El pez respira el oxígeno disuelto, el agua tiene estos gases en poca cantidad.</p>	<p>4</p>	<p>El agua contiene oxígeno. Porque el pez respira oxígeno. El pez tiene esa capacidad. El pez respira las partículas que hay en el agua por medio de las branquias.</p>	<p>3</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>4</p>
33	<p>La antena capta ondas y el receptor las transforma en imágenes y sonidos.</p>	<p>4</p>	<p>Las ondas se juntan con la energía y estas forman una imagen conectadas con un sistema vía satélite. La antena atrae sonidos e imágenes que se transmiten por señales.</p>	<p>2</p> <p>7</p>
35	<p>La materia es todo lo real, puede percibirse o no por los sentidos, no es un concepto filosófico o abstracto.</p> <p>Los átomos en su mayor parte espacio vacío y los electrones están en el espacio vacío y es un concepto filosófico.</p>	<p>1</p> <p>3</p>	<p>Es la definición que nos enseñan. En la nada no hay materia.</p>	<p>8</p> <p>1</p>
37	<p>Hay reacción que libera sustancias gaseosas que permiten la emisión al absorber energía y regresar al estado basal.</p>	<p>4</p>	<p>La pólvora tiene partículas de color y al quemarse se esparcen. La pólvora atrae la luz solar. La pólvora estalla y el color cambia. Se transforma en luz al estallar las partículas. La pólvora está hecha de colores y al quemarse quedan libres.</p>	<p>5</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>

PREDICADOS VERBALES DE PROBLEMAS COTIDIANOS

Nº	EXPERTOS	Frc	NOVATOS	Frc
2	Las gotas se desprenden por factores externos y es lo que se observa.	4	El agua cae continuamente sin parar. Chorro continuo que al golpear con algo desvía gotas debido a la fuerza con que viene.	2 7
5	Las propiedades del solvente y su afinidad extrae el principio activo y hacen que se libere por efecto del calor.	4	La rama se disuelve y el agua caliente extrae el aroma. El agua hace que se disuelvan, el color, el olor y el aroma, coge o extrae estos.	2 7
6	Ocupa los espacios si las piedras son grandes e irregulares y se mueve el recipiente.	4	La arena cubre espacios vacíos dentro de las piedras.	9
7	La tela tiene agujeros que la deja pasar debido a la velocidad.	4	La fuerza con que viaja rompe la tela. Las arenas pequeñas pasan la tela y las grandes no caben por los agujeros.	1 8
10	La masa es igual varía el volumen y encierra más aire.	4	Se llena de aire y se dilata. Entre más grande sea la bomba más espacio ocupa.	8 1
12	Las masas son aditivas y estas se conservan.	4	Dos kilogramos y medio porque se suman las masas. No se sabe cuanto peso pierde o gana cuando hierve. Dos kilogramos porque la panela al disolverse en el agua pierde peso.	7 1 1
14	Aumenta el aire dentro de ellas debido a reacciones en su interior y puede haber pérdida de masa.	4	El maíz sube de volumen y merma de peso, la temperatura del fuego aumenta su volumen. Se revientan y forman más granos.	6 3
16	Parte de la tinta se evapora y otra se impregna.	4	La tinta va desapareciendo del lapicero pero queda en otro material. Desaparece porque se acaba.	7 2

18	Por fenómenos de tensión superficial. Por puentes de hidrógeno.	2 2	El agua hace que el papel se pegue al piso. El agua tiene partículas pegantes.	8 1
20	Solamente de común acuerdo entre todos se permite ver el fenómeno.	4	El movimiento de las persona permite ver el fenómeno. Se hace más llamativo. Una persona retirada puede ver bien el fenómeno.	7 1 1
21	La estrella no desaparece sino que el observador la ve como si fuera una línea.	4	Porque el trompo gira rápidamente entonces no se ve con exactitud, solo se ve una línea. No se puede ver la estrella sino líneas circulares. El trompo puede girar mucho pero la velocidad no puede ver la estrella. No se observa donde esta la estrella y una línea en continuo movimiento.	2 3 2 2
26	La manta libera en su mayoría el polvo por la acción de la fuerza aplicada.	4	Al sacudir el polvo la manta se libera de este porque no tiene peso. El golpe y la fuerza del aire las hace salir y se incorporan al medio. Al sacudirla el polvo se desaparece.	2 5 2
28	Toman ese color debido al efecto de la luz, según condiciones del medio y la vegetación.	4	Se ven así por los árboles. El color exacto es el azul. No las a visto de cerca. La distancia hace que las cosas cambien de color por las partículas de aire, la luz y el ambiente de un sitio determinado.	6 1 1 1
30	Señal de transito que se ha enseñado.	4	Significa restaurante, porque cuchillo y tenedor sirven para comer.	9
31	Es consecuencia de un fenómeno que se elimina al apagar la vela.	4	La llama no puede encender el agua. El agua hace que se apague. El agua enfría sus partículas.	1 7 1
34	Se observa el fenómeno según la orientación debido a las propiedades magnéticas que componen dichos imanes.	4	Eso es lo que ocurre. Por las propiedades. Por la capacidad de atracción de cada polo.	6 2 1
36	Una muñeca igual a la inicial que puede no		A lo último es una miniatura cada vez más pequeña.	8

	verse al final por su tamaño. Si ese es el juego se verán muñequitas sucesivas.	4	La inicial no es igual a la otra, no tendría las mismas capacidades o rasgos.	1
38	El universo implica interacción materia – energía. En los cuerpos negros solo hay radiación y no partículas, la energía tiene fotones. La materia esta formada por partículas y estas a su vez están formadas por materia.	1 3	La materia es todo lo que ocupa un lugar en el espacio. De algo elemental sale un todo con partículas elementales o sustancias que forman la materia y a su vez el universo. La materia constituye todo el universo que utilizamos.	5 1 3