



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

PROPUESTA EXPERIMENTAL PARA COLABORAR A
SUPERAR LOS ERRORES CONCEPTUALES
RELACIONADOS CON DILUCIÓN Y DISOLUCIÓN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA
P R E S E N T A
C Y N T I A C O R O N A R A N G E L

Handwritten notes:
12/11/00
12/11/00





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente Profra. **SILVIA BELLO GARCÉS**

Vocal Profra. **GISELA HERNÁNDEZ MILLÁN**

Secretario Profra. **PILAR MONTAGUT BOSQUE**

1er. Suplente Profra. **GLINDA IRAZOQUE PALAZUELOS**

2do. Suplente Profra. **ESTELA ROQUE VILLADA**

Sitios donde se desarrolló el tema:

CENTRO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS LONDRES

SECUNDARIA DIURNA Núm. 91 "REPÚBLICA DEL PERÚ", S.E.P.

Asesor: SILVIA BELLO GARCÉS

Sustentante: CYNTIA CORONA RANGEL

Con todo mi amor
a mi abuela, mis padres y mis hijas.

Agradezco con todo el corazón:

A la maestra Silvia Bello Garcés, que me animó constantemente a terminar este trabajo con su interés en mi superación, con su paciencia, dedicación y sapiencia. Por ser una profesora, amiga y mujer ejemplar.

A la maestra Pilar Montagut Bosque, por su empeño en la revisión de esta tesis cuya calidad mejoró por sus comentarios y recomendaciones.

A la maestra Gisela Hernández Millán, por su comprensión.

A todos los maestros del Diplomado en Educación Química de esta facultad, que con sus conocimientos y entusiasmo promovieron un cambio radical en la forma de dar mis clases y me impregnaron de un compromiso más profundo con la docencia.

A la Doctora María Rodríguez Moneo por el trabajo que realiza impulsando la conjunción de la Psicología Educativa con la enseñanza de las ciencias.

A todos mis maestros y alumnos, por lo que he aprendido de ellos.

A mi abuela que ha ansiado tener este escrito en sus manos.

A mis padres, de quienes he rescatado el amor a la vida, a la humanidad y a la enseñanza.

A mis tías, que me apoyaron y animaron para ver realizado el sueño de ser química.

A mis hijas, que me han brindado sus alegrías con los avances en la elaboración de este trabajo y también sus reclamos cuando aplazaba su conclusión.

ÍNDICE

Introducción. p. 1

Primera parte: RESPUESTA CONSTRUCTIVISTA A LAS DEFICIENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

- Capítulo I La educación tradicional. p. 3.
- Capítulo II El constructivismo. Sus orígenes y generalidades. p. 12
- Capítulo III La importancia de las preconcepciones en el aprendizaje. p. 31
- Capítulo IV El constructivismo en el aula. p. 46

Segunda parte: LOS CONCEPTOS *DISOLUCIÓN, DILUCIÓN, DISOCIACIÓN Y IONIZACIÓN*

- Capítulo V Los libros como probables fuentes de errores conceptuales en el tema de disoluciones. p. 66
- Apéndice A El lenguaje impreso en etiquetas de productos de uso común, como posible fuente de errores conceptuales. p. 97
- Capítulo VI Determinación de las preconcepciones en los alumnos sobre los conceptos *disolución, dilución, disociación y ionización*. p.99
 - 1.- Antecedentes. p. 100
 - 2.- Objetivo. p. 102
 - 3.- Metodología. p.102
 - 4.- Registro de resultados. p. 125
 - 5.- Análisis de resultados. p. 127
 - 6.- Resumen y discusión de resultados. p. 164

Tercera parte: PROPUESTA DE ENSEÑANZA

- Capítulo VII Propuesta de enseñanza para favorecer el cambio conceptual en los alumnos sobre los conceptos *disolución, dilución, disociación y ionización*. p. 169
- Capítulo VIII Análisis de resultados de la propuesta de enseñanza. p. 216

Cuarta parte: RECOMENDACIÓN Y CONCLUSIONES

- Capítulo IX Recomendación. p.239
- Capítulo X Conclusiones sobre la propuesta de enseñanza. p. 243

- Apéndice B** Tablas de resultados. p. 247
- Apéndice C** Glosario de términos químicos. p. 292
- Bibliografía** p. 296

INTRODUCCIÓN

Esta tesis, *Propuesta experimental para colaborar a superar los errores conceptuales relacionados con dilución y disolución*, tiene por objetivo general: diseñar, aplicar y evaluar una propuesta de enseñanza, para alumnos de secundaria y bachillerato, tomando elementos del constructivismo, para eliminar concepciones erróneas de los alumnos relacionadas con los conceptos disolución, dilución, disociación y ionización.

La primera parte de este trabajo inicia exponiendo las características del método tradicional, de donde se desprende la necesidad de cambios en el método de enseñanza. En seguida, se presentan las bases del constructivismo que está dando lugar a un método alternativo que busca superar las deficiencias en la práctica docente. Después, se destaca la importancia de las preconcepciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, por último, se menciona la aplicación práctica en el aula de los principales elementos del constructivismo.

En la segunda parte, se hace un análisis de cómo se presentan en los libros de texto los temas relacionados con los conceptos disolución, dilución, disociación y ionización. El análisis destaca la presencia de diferentes tipos de errores al tratar algunos aspectos y los sitúa como posibles fuentes de origen o reforzamiento de errores conceptuales en los alumnos. Se presenta, además, un apéndice en el que se analiza el empleo de algunos de los conceptos estudiados en las instrucciones impresas en las etiquetas de productos comerciales de uso común; se dan ejemplos del uso erróneo, desde el punto de vista científico, de algunos de estos conceptos y se comenta este mal uso como posible fuente de errores conceptuales. En esta parte se presenta también un trabajo experimental que consiste en investigar los errores conceptuales, sobre los conceptos citados, presentes en alumnos mexicanos de secundaria y preparatoria, empleando una serie de cuestionarios diseñados por la autora. En el análisis de los resultados se comparan éstos con los obtenidos por otros autores en estudios anteriores.

La tercera parte de esta tesis contiene el segundo trabajo experimental en el que la autora diseñó, aplicó y evaluó un grupo de sesiones de enseñanza para alumnos de secundaria y preparatoria, que tuvo por objetivo eliminar los errores conceptuales destacados en la parte experimental anterior.

La última parte de este trabajo contiene las conclusiones desprendidas del trabajo experimental.

Las tablas de resultados, tanto de la determinación de las concepciones erróneas como de los obtenidos tras la aplicación de la propuesta de enseñanza, se encuentran juntas, para poder ser comparadas, en el apéndice B.

Por último, la tesis contiene un glosario de términos químicos relacionados con los conceptos que fueron analizados. El glosario señala el uso inadecuado de algunos términos, que ha sido detectado a lo largo de todo el trabajo teórico y práctico realizado.

PRIMERA PARTE

RESPUESTA CONSTRUCTIVISTA A LAS DEFICIENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

"La Química se encuentra en la encrucijada de las diferentes ciencias, en el centro del conocimiento, ya sea para transformar los recursos estratégicos en las máquinas que garantizan el poder, o para resolver gran parte de las necesidades fundamentales de las grandes mayorías. Depende de lo que se decida hacer con ese conocimiento".

Horacio García Fernández.

CAPÍTULO I

LA EDUCACIÓN TRADICIONAL

La educación en general, y por lo tanto todo lo relacionado con la enseñanza, requiere de avances a la misma velocidad que se desarrolla la ciencia y la tecnología. Sin embargo, el progreso de esta herramienta fundamental para la evolución del género humano va bastante atrás respecto a las necesidades y posibilidades que se presentan actualmente. En tiempos de crisis económica, como la que estamos viviendo actualmente, los recortes del Estado al gasto público se centran en la salud y en la educación disminuyendo cada vez más los recursos destinados a facilitar la investigación en estas áreas vitales para la sociedad.

Afortunadamente, existen científicos y maestros que no se dejan amedrentar por esta realidad y se comprometen, moviéndose a contracorriente y venciendo los obstáculos que encuentran, a buscar cambios, según sus posibilidades, hacia la mejora de la educación a diferentes niveles. De esta manera contribuyen con los esfuerzos que muchos colegas están haciendo alrededor del mundo, generando y reuniendo la fuerza que algún día se ponga en marcha para lograr un cambio radical en todas las esferas y que beneficie a todos por igual.

El trabajo cotidiano del profesor forma parte de esa construcción paciente, de ese añadir granos de arena a la montaña del conocimiento, patrimonio de la humanidad.

Si los cambios se requieren a nivel general en todo lo que significa educación, no es menos cierto que la enseñanza de la Química tiene un lugar especial en todo el conjunto. Algunos argumentos que soportan lo anterior son:

- a) El bajo nivel de conocimiento que tiene la población en general sobre la importancia de la Química.
- b) El bajo nivel de "cultura química" que tiene la población que le impide interpretar y resolver problemas de la vida diaria.
- c) Las bajas calificaciones que obtienen los estudiantes en esta asignatura.
- d) La aversión que tienen los estudiantes hacia el estudio de esta ciencia.

"La Química es una ciencia que tiene mala fama. También la tienen la Física y la Matemática, pero como químicos, esto no nos ofrece consuelo alguno. Podríamos ir más allá y afirmar que la ciencia misma tiene a finales del siglo XX muy mala fama entre la gente común y corriente, lo cual seguiría dejándonos igualmente desconsolados... El individuo común y corriente ve de la ciencia su peor máscara: la máscara creada por la perversión del conocimiento en manos de ambiciosos adoradores del becerro de oro, los dueños del poder económico y político que han perdido contacto con los valores esenciales de la humanidad..."

La Química se encuentra en la encrucijada de las diferentes ciencias, en el centro del conocimiento, ya sea para transformar los recursos estratégicos en las máquinas que garantizan el poder, o para resolver gran parte de las necesidades fundamentales de las grandes mayorías. Depende de lo que se decida hacer con ese conocimiento..."(6).

Como químicos, estamos convencidos (o deberíamos estarlo) de la importancia primordial de la Química en el desarrollo de la humanidad y estamos convencidos de que no es la Química en sí sino el mal empleo que se le da en este sistema socioeconómico, lo que ha provocado que esta ciencia, como todas las demás, sea utilizada con fines destructivos y de poder. Sin embargo, pesar de ese problema político fundamental, no podemos negar que la Química está presente de manera permanente en nuestro entorno y que todos nos beneficiamos a cada momento de sus numerosas aplicaciones y que sus alcances son ilimitados para solucionar muchos de los problemas que aquejan al planeta actualmente y para proporcionar al hombre condiciones de vida que le permitan el desarrollo de todas sus potencialidades. Por ejemplo, podemos citar entre sus contribuciones: la elaboración de mejores medicamentos contra el cáncer (en la Facultad de Química se desarrollan trabajos para disminuir la toxicidad de éstos); la creación de los nuevos materiales que han permitido el desarrollo de la informática; los nuevos métodos de procesamiento de alimentos, etcétera. Por lo anterior, la ignorancia de los conceptos y principios básicos de la Química nos hace incapaces de interpretar adecuadamente muchos de los fenómenos que nos rodean y de contribuir proponiendo rutas en las que debe seguir avanzando esta ciencia. Ésta debería ser una buena razón para que todos nuestros alumnos estuvieran ansiosos de aprender lo más posible de esta ciencia y para que cualquier persona, no sólo los químicos contaran con una adecuada *cultura química*.

Sin embargo, la mayoría de la gente y de nuestros alumnos no piensa así, y tratan de alejarse de todo lo que suene a ciencia, a pesar de vivir rodeados de ella. La Química se cuenta entre los tres "cocos" del estudiante junto a la Matemática y la Física, y muchos la consideran el peor de todos.

"Como maestros de química, o de física, o de biología o matemática, esta situación debe preocuparnos, porque en ninguna otra época en la historia los maestros de ciencias hemos tenido tantas oportunidades como en la nuestra para mostrar el aspecto positivo del conocimiento científico... Éste es un mal momento para abandonar la Química, esa actitud puede ser suicida, y de hecho lo es. Más que nunca tenemos que acudir a nuestra ciencia para devolver la salud a la vida en el planeta"(6).

Una fuente de los problemas es que no se consideran las características particulares de esta ciencia que hacen necesarias modalidades particulares de enseñanza; investigaciones en este campo, muestran que la dificultad principal que tienen los estudiantes en la comprensión de conceptos químicos está relacionada con la necesidad de contar con un pensamiento abstracto el cual la educación tradicional no se ha ocupado en desarrollar desde temprana edad. *"La química es una de las asignaturas escolares que presenta serios problemas en su comprensión y enseñanza en el nivel medio, como lo muestran diversas investigaciones realizadas en distintos contextos, edades cronológicas y niveles educativos (Chamizo, 1966; Driver, 1989)".*

Esta falta de pensamiento abstracto que obstaculiza, por ejemplo, la representación de un modelo para interpretar la materia a nivel ultramicroscópico^{*}, está ligada a tres problemas más particulares identificados por Pozo *et al* (1991) que es necesario superar para alcanzar la adecuada comprensión de esta materia: a) la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia; b) la conservación de propiedades no observables de la materia y c) la cuantificación de relaciones (8).

Desgraciadamente, aunado al mal uso que se ha dado a las ciencias, y a la dificultad de entender algunos conceptos químicos, los maestros somos, en parte, responsables de la aversión de los estudiantes a la Química. Esta situación se produce muchas veces porque no estamos realmente comprometidos con nuestra profesión o porque, a pesar de nuestros esfuerzos, no hemos podido tocar el fondo del problema y seguimos impartiendo esta asignatura como nos imaginamos que puede ser la mejor forma, pero sin lograr, al final de todos nuestros esfuerzos, los resultados que hemos anhelado. No hemos logrado despertar la conciencia de la importancia de la química y ese deseo de saber más de ella.

Hay innumerables trabajos que muestran que la educación en la ciencia como se imparte en nuestros días, y en especial la de la Química, no ofrece a los alumnos el sustento necesario para el desarrollo del criterio científico para la comprensión de multitud de fenómenos.

La enseñanza de la Química, como la de todas las ciencias, requiere cambios y muchos de estos cambios seguramente los hemos discutido con nuestros colegas situándolos a diferentes niveles. Por ejemplo, podemos señalar la necesidad de revisar:

- a) Los recursos que se asignan a la educación
 - b) Los objetivos de la enseñanza
 - c) Los contenidos de los cursos
 - d) El tiempo que se le asigna a la asignatura
 - e) Las cargas de trabajo de los profesores
 - f) Los salarios de los profesores, etcétera.
- Pero también es necesario revisar:
- g) La actitud del maestro ante la Química
 - h) La actitud del profesor ante los alumnos
 - i) La concepción filosófica de la enseñanza que tiene el profesor
 - j) El método de enseñanza que emplea

Este trabajo no tiene la pretensión de analizar todos estos factores, que son y seguirán siendo objeto de numerosos y profundos estudios; tiene como uno de sus objetivos mostrar la importancia de integrar elementos de un método de enseñanza sólidamente cimentado en las ciencias relacionadas con la educación; que se alimente y renueve constantemente con las investigaciones de psicólogos, pedagogos, sociólogos, etcétera y las que los propios profesores podemos realizar. En particular, se quiere mostrar la importancia de la integración de elementos del método constructivista, como lo es la consideración de las preconcepciones de los alumnos, a las estrategias de enseñanza. Este es uno de los cambios necesarios en la práctica docente que está directamente en nuestras manos y que nadie más podrá asumir.

^{*} En este trabajo, el término *ultramicroscópico* significa a nivel de molécula, de átomo o de ion.

1.1 La Enseñanza Tradicional

Es importante señalar, que muchos aspectos negativos de la enseñanza actual están relacionados con la utilización obsoleta del método llamado *tradicional*. Es necesario establecer lo que se quiere decir cuando se habla de *la enseñanza tradicional* puesto que en muchos artículos en los que se le critica se da por hecho que, como maestros, conocemos sus características o sabemos a qué se refiere.

Se dice que la pedagogía tradicional surge en Europa en los siglos XVI y XVII, y que de la nueva visión experimental de la ciencia, *"se desprende una postura epistemológica que le va a dar preponderancia a los órganos de los sentidos, de ahí que conocer, bajo esta perspectiva, va a ser equivalente a percibir... En el terreno pedagógico esta postura epistemológica va a estar representada por Juan Amos Comenio con su obra Didáctica Magna y por otros pedagogos como Durkheim o Victor García Hoz... Un elemento de esta pedagogía es el instrumentalismo que se desprende de la visión racionalista cartesiana, y cuyo mensaje implícito es que con seguir el método didáctico en cualquier situación docente basta para lograr eficiencia y eficacia del aprendizaje del alumno"*(7).

Es necesario señalar que cuando hablamos de pedagogía tradicional, nos referimos al uso de los métodos y técnicas de enseñanza derivadas de ésta y de otras que surgieron aún antes del siglo XVI basadas en el proceso de transmisión - recepción. Estas formas de enseñanza que fueron una alternativa revolucionaria en su época, se han esclerosado y adulterado a lo largo del tiempo transformándose en un obstáculo para la educación que por diversas circunstancias, desgraciadamente aún son utilizadas por muchos maestros. En seguida se presentan algunas características de la educación llamada tradicional.

a) Es conservadora

Arnould Clause, historiador y filósofo suizo de la pedagogía, relaciona el término "tradicional" de la pedagogía, con la necesidad de la clase dominante de mantener o conservar su estructura en un momento histórico dado. *"El método de la memorización, es decir de reproducción integral de verdades, valores y conocimientos sobre los que se basa la sociedad tradicional, atravesará siglos, filosofías y psicologías de la historia. Repetir y hacer repetir, y todo el esfuerzo pedagógico dará vueltas en torno al deseo de asegurar una transmisión y reproducción lo más exacta posible para que el niño se convierta en una copia perfecta del adulto y que la sociedad de mañana sea la imagen de la de hoy"* (1).

Según este autor, la aparición de la escuela como una institución organizada está relacionada con la invención de la escritura que a su vez hizo *"posible la fijación perfecta de una verdad que escapa a las vicisitudes de la vida y el cambio."* Desde entonces, la escuela, controlada por las clases sacerdotales, se convierte en el lugar privilegiado donde el lenguaje y el material escrito se enseñan mediante la *memorización*. *"Entre los judíos incluso la palabra "shanah" significa a la vez repetir y enseñar...Así, las bases de lo "sobrenatural" del conocimiento ya estaban sólidamente establecidas antes de que el cristianismo las hiciera regla de su epistemología...Durante el transcurso de las edades, la escuela será así el instrumento y la expresión de un conservadurismo fundamental. Bajo formas, algunas veces moderadas o más o menos matizadas, la memorización se mantendrá como uno de los*

métodos más importantes del aprendizaje y creará fuerte tradición de lo que se conoce como métodos didácticos" (1).

Otros autores expresan la misma idea del conservadurismo en la educación: *"Pierre Bourdieu, en una obra conocida (La reproducción), denunció la actitud pedagógica común, conforme la cual los maestros no hacen más que reproducir (en realidad repetir) lo que ellos mismos aprendieron, y aquéllos de sus alumnos que lleguen a ser maestros repetirán a su vez lo que aprendieron, de tal modo que puede decirse que la pedagogía es repetición indefinida y raras veces creación."* (Jean, 1992, citado en Delval, 1994).

En tanto que instrumento de transmisión de la cultura a las nuevas generaciones, *"la educación tiene un papel enormemente conservador y contribuye poderosamente a mantener el orden social haciendo que la sociedad cambie lo menos posible con el sucederse de las generaciones"* (Delval, 1983, citado en Coll, 1993).

b) Es segregadora y autoritaria

En las escuelas y salones donde se enseña en la forma tradicional hay una separación entre el maestro y el grupo. El maestro está situado por encima de los alumnos, es la autoridad, el que detenta el conocimiento indiscutible. Los alumnos son los ignorantes y latosos que tienen que ser sometidos y obligados a aprender. La naturaleza de los alumnos es además contradictoria; el maestro los selecciona "reconociendo" sus características individuales calificándolos como "buenos" o "malos" estudiantes mientras imparte su clase como si el grupo fuera un conjunto homogéneo.

c) Es fundamentalmente transmisora, no promueve la reflexión

No se establece una real comunicación. Las relaciones que se establecen entre el docente y los alumnos sólo van en un solo sentido: del maestro a los alumnos. Es un monólogo dicho por el profesor para que los alumnos lo reciban pasivamente en el sentido de no cuestionarlo en ninguna forma, no expresar dudas o desacuerdos, no intentar comprender su contenido pero sí captarlo y "aprenderlo" tal y como se produjo, memorizar textualmente su forma.

"...Ante todo, lo importante es enseñar, en el sentido etimológico del término, y no de hacer reflexionar ni de poner en movimiento un pensamiento que llegue al fondo mismo del problema, ...ni de aprender a aprender" (1)

d) El conocimiento que transmite no es significativo

Lo que trata de enseñar el profesor es aislado de la realidad, haciéndolo incomprensible, inútil y efímero. *"Buena parte de las actividades escolares, examinadas desde una perspectiva racional, resultan absurdas, inútiles y posiblemente dañinas...Si abrimos al azar un libro de texto de cualquier materia, lo más probable es que nos encontremos con descripciones de fenómenos imposibles de entender en los términos en que se exponen, pero adornadas además con una terminología que resulta difícil de retener y que no facilita en absoluto la comprensión...Por ello, el aprendizaje sólo puede consistir en una memorización de palabras raras, que no sugieren nada y que naturalmente se olvidan a una gran velocidad, a pesar de que la memoria es suficientemente buena como para retenerla durante el tiempo necesario para aprobar el examen correspondiente..."(4).*

"La enseñanza escolar no se preocupa lo más mínimo por mostrar que los conocimientos sirven para algo más que para contestar al profesor y pasar los exámenes, y esto creo que es una de las manifestaciones más claras del fracaso de la escuela...Si se examinan las prácticas escolares parece que su objetivo sea conseguir que el alumno se enfrente con algo incomprensible, desligado de su actividad cotidiana, para que llegue al convencimiento de que lo que se aprende en la escuela carece de todo sentido...De esta forma los alumnos consiguen sobrevivir en un medio que parece destinado a que no entiendan casi nada de lo que estudian" (1).

e) Es dogmática

Considera a la ciencia como un dogma. Para este tipo de educación los conocimientos son estáticos, absolutos e indiscutibles. La mayoría de las veces la enseñanza tiene como objetivo esencial el aprendizaje de verdades universales y eternas por lo cual, la inteligencia está al servicio de la memorización. Desde el judaísmo se decía *"Primero aprender de memoria y luego, tratar de comprender"*. El método por el cual se quiere que el alumno reflexione, comprenda, plantee preguntas y desarrolle el espíritu de búsqueda no ha podido cristalizar desde la Edad Media atado por un dogmatismo absoluto.

"La pedagogía moderna sigue haciendo de la ciencia una concepción estática y elabora programas en donde se expresan "verdades definitivas...Por supuesto el uso del material audiovisual puede introducir en la clase una gran riqueza de documentación (pero) no está acompañado de un desarrollo paralelo de una teoría pedagógica y una metodología nueva, es decir se olvida del interés personal. Introducir el documento audiovisual en la escuela debería suponer el aceptar que los alumnos escuchen, vean, sientan, imaginen por sí mismos y reaccionen de forma personal y no imponer un mensaje que admita únicamente respuestas orientadas, controladas y "oficiales"" (1).

La memorización es la base del "aprendizaje" o su principal instrumento. La esencia de los avances pedagógicos se pierde cuando toma de ellos los elementos que refuerzan la memorización. Si la recitación y la forma catequística son antiguos métodos basados *per se* en la memorización, los que les han seguido han sido fraccionados o adulterados para explotar de ellos sólo el refuerzo de la memorización. Por ejemplo : los procedimientos mnemotécnicos, los diferentes tipos de percepción y memoria (visual, auditiva y motora), las formas nuevas de organizar el material a retener (resúmenes, cuadros sinópticos), etcétera.

f) No toma en cuenta los intereses de los alumnos

Los estudiantes que padecen este tipo de educación se encuentran generalmente faltos de interés y de motivación. Aún en los momentos que emplea técnicas innovadoras, está desligada de los intereses y necesidades de los alumnos. Los objetivos de la escuela y los de los estudiantes son diferentes. Para combatir esta consecuencia de la educación tradicional:

"Se ha querido explotar el juego y se ha enseñado "haciendo jugar al niño". El mismo programa permanece como algo repelente pero se esconde bajo apariencias amenas. La píldora sigue siendo tal pero se cubre con una capa de azúcar para que sea más fácil de engullir. Fénelon dice que hay que "ocultar el estudio bajo la apariencia de libertad y placer"... el esquema pedagógico de la imitación y memorización se mantiene intacto y el juego no contiene su propia finalidad; sólo es un procedimiento, de alguna manera un

recurso extremo, un camino indirecto por medio del cual, tanto por un interés ajeno a la materia, se lograrán aprendizajes que le son por completo extraños" (1).

g) Es verbalista

En la mayoría de las clases el conocimiento se transmite de forma verbal, hablada o escrita. "La palabra es la intermediaria del pensamiento" (1). **Es más importante lo que un alumno pueda recitar de un concepto que el uso que le puede dar.**

"Es más fácil para todos repetir la verdad que entenderla...Y los niños repiten, una y otra vez, porque los profesores también repiten...Por ello la evaluación de estos "conocimientos" consiste también en la capacidad que tienen los alumnos de repetir y no en considerar aspectos más importantes sobre sus propias ideas..." (3).

h) Considera que el estudio es una tarea pesada

"Vende" el conocimiento a cambio de premios o castigos. Despierta el interés de los alumnos pero de forma artificial y con una eficacia dudosa. El interés del alumno (evitar el castigo o ganar el premio), es ajeno a la materia. "Hay un "conocimiento de examen" que pierde su razón de ser en cuanto ha cumplido su papel y que se disuelve en el olvido, y que rechazamos como nuestro organismo rechaza un cuerpo extraño" (1).

El premio o castigo en la enseñanza admite en forma implícita que la materia o el estudio en sí son pesados por lo que requieren de una coacción que el individuo debe imponerse o permitir que se le imponga.

i) Prefiere la cantidad a la calidad

"...algunos educadores y fuerzas sociales sostienen que el aumento de los conocimientos que se manejan en nuestra sociedad hace preciso que los alumnos aprendan cada vez más cosas, y que cuando se soslayan contenidos educativos y se pone énfasis en la organización de esos conocimientos, los sujetos no aprenden nociones que resultan esenciales...(así,) la cantidad de conocimientos que se pretende que los alumnos aprendan es tan abrumadora que...no hace falta ser un experto para darse cuenta de la inutilidad, desde el punto de vista de la adquisición de conocimientos utilizables, de esa cantidad de contenidos...en 25 años de entrevistas a niños, se comprueba que esos conocimientos escolares se quedan en la superficie y generalmente no pueden aplicarse para explicar nada con sentido...Desde los años 50, las Conferencias Internacionales de Instrucción Pública han aprobado recomendaciones para substituir el enciclopedismo de los programas por nociones esenciales, pero no parece que sus propuestas hayan tenido mucho eco, pues los contenidos escolares aumentan sin cesar... La tendencia que sigue predominando en la enseñanza es a aumentar la extensión de los conocimientos, lo que sólo puede hacerse en detrimento de la profundidad" (4).

j) Es cómoda para los maestros pero limitante para profesores y alumnos

"En lugar de imaginación, lo que llevamos a nuestras clases es nuestra propia debilidad, pereza y egoísmo. No queremos cambiar, le tenemos miedo a salir de los carriles por los que nos hemos desplazado tan cómodamente, nos negamos a pensar autocríticamente y a ver las

cosas desde el punto de vista de los alumnos... Y luego nos sorprendemos del fracaso, nos espantamos hipócritamente de no encontrar jóvenes deseosos de comprometerse en la maravillosa aventura de nuestra ciencia".(6)

k) No se interesa por la formación integral de los individuos

No trata de enriquecer la materia a través de su conexión con otras ciencias. No sale del plano meramente académico para transmitir valores sobre la vida, la humanidad y su desarrollo, sobre la importancia de la ciencia. No impulsa la reflexión crítica del alumno sobre su entorno, no desarrolla su capacidad de investigación o búsqueda ni el amor por el estudio. No lo arma con el aprecio a sí mismo y a sus semejantes. No le transmite la sed de transformación y no le impulsa a la acción.

Como resumen, podemos decir que la forma de enseñar que prevalece en nuestros días, y con la cual tenemos que romper, se llama enseñanza tradicional porque ha sido el método que se ha adoptado por generaciones sin que presente cambios substanciales a través del tiempo convirtiéndose en una serie de patrones fijos que obstaculizan el verdadero aprendizaje en los alumnos.

Los métodos didácticos han sido adaptados a los objetivos de una pedagogía tradicional cuya única ambición y posibilidad es "transmitir", de una generación a otra, conocimientos y valores que convienen a los dirigentes de la sociedad en un momento dado y asegurar que esos se mantengan. Así, la educación hasta ahora, representada por la enseñanza tradicional, es decir, cumpliendo con su papel conservador, ha impedido de forma indirecta transformaciones radicales en la mayoría de los ámbitos en la que incide.

"Pese a todas las proclamas acerca de que el aprendizaje debe ser constructivista, sigue imperando la concepción tradicional, de inspiración conductista, aunque es mucho más antigua que el conductismo, en que el aprendizaje se realiza por pura repetición, y que por lo tanto los contenidos escolares deben ir graduándose de tal manera que cada año se incida sobre los mismos temas pero tratándolas con una mayor amplitud. Esto es lo que se sigue haciendo, apoyándose en la creencia implícita de que entender es imposible, y lo único que puede conseguirse es memorizar una enseñanza verbalista... hoy estamos en condiciones de establecer unos objetivos distintos para la enseñanza escolar, distintos de promover la sumisión acrítica y la obediencia a la autoridad del libro o del maestro." (4).

La enseñanza de la Química debe cambiar desde los objetivos que persigue esa *enseñanza tradicional*; de ser una formadora de mano de obra capacitada y sumisa, a ser la formadora de hombres conscientes de los problemas que afectan su entorno y adopten una actitud crítica ante ellos. Debe cambiar de ser una materia que se enseña en la escuela para atiborrar las cabezas de los alumnos de conceptos incomprensibles, a ser parte de una formación que les ayude a explicarse los fenómenos que le rodean. Debe cambiar de ser una materia que ejercita al alumno en la memorización de "conocimientos" para aprobar el examen, a una materia que contribuya a extender las capacidades de los alumnos para enfrentar y actuar para resolver los problemas que se le presentan en su vida.

La buena enseñanza de la Química debe hacer al alumno consciente de la importancia de esta ciencia, del valor que tiene para la sobrevivencia del planeta y para el desarrollo de la humanidad. Tiene que contribuir a despertar en el alumno el amor a sí mismo, al conocimiento, a sus semejantes y a la vida.

CAPÍTULO II

EL CONSTRUCTIVISMO SUS ORÍGENES Y GENERALIDADES

Cuando decidimos cambiar nuestra forma de enseñar, surge como primera pregunta: ¿Cómo?. Una de las formas puede ser volver a la práctica de experimentar apoyándonos únicamente en nuestras experiencias; volver al ensayo, error y nuevo ensayo o, por otra parte, podemos asimilar los avances que se han hecho en los campos que tienen que ver con el quehacer pedagógico.

Si adoptamos el segundo criterio, que es el más coherente desde el punto de vista científico y práctico, el problema que surge entonces es enfrentarnos a un mundo nuevo en lo que se refiere a terminología y conceptos que no es fácil asimilar con rapidez. Los profesores que no hemos tenido una preparación pedagógica nos enfrentamos por primera vez a un mundo totalmente diferente que, sin embargo, hay que conquistar.

Después de que nos hemos atrevido a dar ese primer paso, enfrentándonos a ese “nuevo” lenguaje pedagógico, apenas estamos preparados para empezar a andar el nuevo sendero. El siguiente paso es preguntarnos ¿Qué camino?. Y tenemos nuevamente que afianzarnos a los últimos hallazgos, no porque estén de moda, sino porque representan la crítica y superación de viejas concepciones.

Para tratar de resolver los problemas relativos al aprendizaje de las ciencias, a mediados de este siglo, sumaron sus esfuerzos maestros, pedagogos, psicólogos, epistemólogos, historiadores de la ciencia y sociólogos. De esas investigaciones se encontró que el proceso enseñanza - aprendizaje de las ciencias presentaba características propias y que, por lo tanto, tendría que surgir una nueva área del conocimiento que se designó como Didáctica de las Ciencias, con su marco teórico específico: hacer que la cultura científica, generada a través de los siglos, sea asimilada por los individuos de forma que éstos puedan aplicarla y hacerla evolucionar.

La Didáctica de las Ciencias es muy joven, pero se consolida rápidamente. Las investigaciones en su campo han llevado a un cambio en los paradigmas existentes y han originado diversos modelos de enseñanza que no son aceptados fácilmente por todos los profesores (Sanmartí, 1993) como representantes de un cambio evolutivo de la enseñanza (14).

Un modelo de enseñanza tiene un fundamento psicológico que describe cómo se aprende; a su vez este fundamento psicológico tiene por cimiento un fundamento episte-

mológico que describe cómo se genera la ciencia. Debe haber congruencia entre el fundamento epistemológico de la naturaleza de la ciencia y el modelo de enseñanza para que este sea eficaz. **La epistemología ha reconocido dos grandes escuelas que explican cómo se genera el conocimiento: la escuela empirista y la racionalista;** de estas fundamentales, se han derivado diversas ramas (14).

La creencia de que *el maestro nace, no se hace* y de que *la enseñanza es un arte* está relacionada con el *empirismo* y el *practicismo* que han caracterizado la educación hasta hace unas décadas. Durante mucho tiempo se ha considerado que podían aprenderse contenidos científicos organizados sin considerar los procesos mediante los cuales se estructuran y adquieren significado en el estudiante. La exposición ordenada de las leyes, teorías y descripciones, era memorizada por el estudiante que debía reforzarla con el apoyo de un texto. Se creía que si la exposición había sido clara y el estudiante había puesto atención, la comprensión debía darse automáticamente.

Esta visión del aprendizaje se mantuvo mientras sólo una minoría seleccionada tenía la oportunidad de llegar al estudio de las ciencias. La masificación de la enseñanza (propiciada por el desarrollo de la tecnología y de la industria que demandó personal más calificado para el trabajo en las fábricas, las comunicaciones, los transportes, etcétera) y la aparición del problema del elevado porcentaje de fracaso escolar llevó a cuestionar esta visión del aprendizaje.

La psicología en general y la psicología de la educación en concreto, contribuyeron de manera decisiva a mostrar la posibilidad y conveniencia de sistematizar los procesos educativos para enfrentar esos dos problemas. La nueva visión de la educación, a partir de estas contribuciones, permite que la enseñanza de las ciencias, hasta hace poco dirigida a la formación de futuros universitarios y profesionales (químicos por ejemplo), se dirija a la **formación general de una sociedad que posea una mayor comprensión de los fenómenos naturales y de la tecnología que está a su alcance.**

Ejemplo de esfuerzos para alcanzar esta metas son los numerosos proyectos que se conocen con el nombre de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" de los que forman parte Chemistry and Community (ChemCom) de la American Chemical Society de EUA; Chemical Education for Public Understanding Program (CEPUP), de la Universidad de California, de EUA; Science and Technology in Society (SATIS) promovido por la Asociación para la enseñanza de la Ciencias del Reino Unido, el proyecto Gaia y el Aprendizaje de los Productos Químicos, sus usos y sus aplicaciones (APQUA) en colaboración con el CEPUP (Cañamo, 1995; Garritz, 1994).

Antes de estos proyectos, se desarrollaron diversas teorías de acuerdo con la época y la teoría epistemológica predominante como el conductismo (a partir de los 50), el cognitivismo, el estructuralismo, el aprendizaje genético, el aprendizaje asimilativo, el enfoque socializante, la generación de esquemas y el constructivismo.

Hasta principios de siglo, las concepciones epistemológicas realistas o empiristas, y consecuentemente las teorías del aprendizaje asociacionistas o conductistas dominaban en la epistemología y la psicología. Sin embargo, durante el presente siglo ha ido creciendo una fuerte oposición a dichas concepciones (4). Las investigaciones llevadas a cabo por Kuhn, Toulmin y Lakatos obligaron a replantear la necesidad de un nuevo modelo epistemológico. Por otra parte, la recuperación de los trabajos de Vygotsky y los planteamientos de Ausubel aportaron

un nuevo enfoque psicológico a la enseñanza que da origen a los modelos conocidos como "constructivistas" (14).

Actualmente se presenta un gran consenso alrededor de la concepción constructivista en lo que se refiere a las teorías de conocimiento y el aprendizaje. Estudios procedentes de las epistemologías de diferentes disciplinas, como de la psicología cognitiva, las teorías del aprendizaje y la psicología de la educación, coinciden en afirmar que el conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad preexistente, sino de un **proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente que va construyendo progresivamente modelos explicativos, cada vez más complejos y potentes**. Conocemos la realidad a través de modelos que construimos para explicarla, siempre susceptibles de ser mejorados o cambiados (Gómez y Coll).

II.1 ORÍGENES Y GENERALIDADES DEL CONSTRUCTIVISMO

II.1.1 El modelo piagetiano, inicio del constructivismo

El constructivismo o la teoría constructivista del aprendizaje es una corriente pedagógica desarrollada a partir del punto de vista de la psicología y la epistemología piagetiana que surgió en Ginebra en los años 70 (4). Aunque, de hecho, Piaget no propuso una nueva teoría del aprendizaje, estableció los fundamentos del conocimiento ayudándose de la sicología (14); intentó construir una teoría del conocimiento científico basada en la ciencia y que tomara como modelo principal la Biología (35). Desde la epistemología genética se estudia, con una perspectiva ontogenética, la génesis del conocimiento y el proceso de desarrollo del mismo hasta alcanzar la inteligencia adulta o el pensamiento científico (Piaget, 1970) (Rodríguez Moneo, 42, 43).

Su punto de vista es dinámico, porque se refiere a cómo se genera el conocimiento y cómo se desarrolla la inteligencia, a la cual concibe como una forma de adaptación del individuo al medio en que vive(14).

Los trabajos de Piaget y sus colaboradores se han centrado en el estudio de los procesos del pensamiento y del conocimiento; cómo se generan y cómo se desarrollan: cómo se generan estructuras y operaciones de carácter lógico (conservación, clasificación, seriación, reversibilidad, etcétera), cada vez más complejas y potentes, que dotan al individuo de una mayor capacidad intelectual y, por lo tanto, le permiten una mayor aproximación a objetos de conocimiento más complejos. Piaget estaba interesado en identificar, describir y explicar principios y procesos generales de funcionamiento cognitivo (asimilación y acomodación, equilibración, toma de conciencia, etc.) y en estudiar cómo estos principios y procesos intervienen en la construcción de las categorías lógicas del pensamiento racional (espacio, tiempo, causalidad, etcétera) (13).

La epistemología desarrollada por Piaget ha tenido importantísimas consecuencias en la enseñanza de las ciencias, porque ha sensibilizado a los docentes sobre la necesidad del apoyo personal, a pesar de no haber propuesto directamente una teoría del aprendizaje.

II.1.2 El cambio general en la estructura de conocimiento

Piaget coincide con otros estructuralistas, al postular la existencia de estructuras cognitivas comunes a todos los miembros de la especie humana y que el desarrollo biológico e intelectual (derivado de aquel) sigue las leyes naturales que permiten superar una serie fija de etapas (o estadios), cada una de ellas con unas estructuras cognitivas características, correspondientes a edades determinadas, hasta llegar a estructuras de conocimiento más complejas (pensamiento adulto o científico) a las cuales toda la población acabaría por acceder (14). A grandes rasgos, el proceso de desarrollo cognitivo es descrito a partir de cambios cualitativos de naturaleza general en las estructuras de conocimiento (Rodríguez Moneo: 42, 43).

Piaget (1956) define los estadios como saltos en el desarrollo intelectual; expresan cambios cualitativos interconectados de la estructura de conocimiento. Entiende que toda estructura previa desemboca, a su vez, en otra estructura de orden superior, es decir, que las estructuras se generan unas a otras y, por tanto, la continuidad es evidente (1964, 1968b).

Normalmente se toma la teoría de Piaget como modelo de los cambios generales en las estructuras de conocimiento de los sujetos. Esto sucede, por algunas de las razones que señala García Madruga (1991). En primer lugar porque se trata de una teoría sistemática, coherente y acabada, a diferencia de lo que sucede con otras concepciones. En segundo lugar, porque se trata de una teoría que desde hace tiempo ha ejercido una enorme influencia en las investigaciones sobre desarrollo intelectual.

Los estadios evolutivos tienen según Piaget (1956) una serie de características:

1) Poseen una estructura de conjunto que los define. Esto significa que la estructura de conocimientos de los sujetos no es mera yuxtaposición de unidades de conocimiento declarativo y procedimental (o de esquemas). Por el contrario, en la estructura de conocimiento se coordinan una serie de esquemas que constituyen una estructura de conjunto. Dicha estructura es formalizada desde la lógica y refleja las capacidades intelectuales del sujeto en todos los dominios, es decir, es de carácter general.

2) Reflejan un orden de sucesión constante de las adquisiciones. La constancia se refiere a regularidad en las capacidades que son adquiridas por las personas. Todos los sujetos adquieren antes unas capacidades y después otras. La constancia no se refiere a la cronología. No significa que todos los sujetos han de encontrarse en un estadio determinado a una edad específica y exacta, sino que todos adquieren determinadas capacidades intelectuales siguiendo la misma secuencia de adquisición (Ver más adelante donde se discuten las limitaciones del modelo piagetiano).

3) Tienen un carácter integrador, esto es, las adquisiciones logradas en un estadio no se pierden, sino se conservan como parte integrante de estadios ulteriores. Por esta razón, los estadios de desarrollo se suceden cada vez más complejos. Piaget pone el ejemplo de cómo la permanencia del objeto, lograda en el periodo sensoriomotor, será un elemento integrante de las nociones posteriores de conservación (por ejemplo, de un objeto cuya apariencia espacial se deforma).

4) Tienen un nivel de preparación y un nivel de finalización. Todo estadio tiene una fase inicial de génesis y una fase posterior de equilibrio final en el que se manifiesta la estructura de conjunto (Rodríguez Moneo: 42, 43).

Como se ha indicado, los estadios evolutivos reflejan las capacidades intelectuales generales del sujeto que son aplicables a múltiples dominios. Además, dado el carácter de integración de las estructuras de conocimiento, las capacidades intelectuales se van sucediendo de un modo cada vez más complejo a medida que se desarrolla el individuo. Así, el sujeto posee una mejor comprensión y adaptación al medio en distintos ámbitos. Este desarrollo de las estructuras cognitivas pone de manifiesto la evolución en las ideas y teorías que el sujeto tiene sobre el mundo, así como en su actuación en diferentes dominios. En otras palabras, este desarrollo general de la estructura cognitiva repercute, tanto en el conocimiento declarativo como en el conocimiento procedimental del sujeto (Rodríguez Moneo: 42, 43).

Las estructuras mentales no son producto, exclusivamente, de factores internos (maduración, herencia) ni de las influencias ambientales únicamente, sino de la propia actividad del sujeto. Por este motivo, la posición de Piaget ha sido denominada "constructivismo" y también "estructuralismo genético" por su referencia a la génesis de las estructuras (35).

Según el modelo piagetiano (Piaget 1970a, Piaget e Inhelder, 1963) podemos encontrar cuatro factores que intervienen en el desarrollo o construcción de las estructuras cognoscitivas:

1.- *La maduración biológica* o desarrollo psíquico del individuo, que constituye la idea central del modelo piagetiano, que determina diferencias en la habilidad de los individuos en el proceso de aprendizaje según sus edades.

2.- *La equilibración*, que es el proceso que describe el desarrollo intelectual, el proceso de conocimiento "en sí" de la realidad, que es fundamentalmente idéntico en todos los individuos y que se considera la aportación más importante de Piaget a la comprensión del aprendizaje.

3.- *La interacción activa* que la persona tiene con el entorno físico.

4.- *La experiencia social*.

La importancia dada por Piaget a cada uno de ellos está en el orden en que los colocamos, es decir, el componente social es el menos determinante según este modelo.

II.1.3 Las edades, etapas o periodos propuestos por Piaget

Piaget insiste en que los niños no piensan menos que los adultos, simplemente lo hacen de manera diferente:

"El desarrollo psíquico, que se inicia al nacer y concluye en la edad adulta, es comparable al crecimiento orgánico: al igual que este último, consiste esencialmente en una marcha hacia el equilibrio. Así como el cuerpo evoluciona hasta alcanzar un nivel relativamente estable, caracterizado por el final del crecimiento y la madurez de los órganos, así también la vida mental puede concebirse como la evolución hacia una forma de equilibrio final representada por el del espíritu adulto. El desarrollo es, por lo tanto, en cierto modo, un progresivo equilibrio, un perpetuo pasar de un estado de menor equilibrio a un estado de equilibrio superior" (Piaget, 1974).

Piaget (1956, 1968a, 1970) divide el desarrollo intelectual en tres o cuatro (1953) estadios, periodos o etapas caracterizadas por las edades (aproximadas) de los sujetos:

- 1.- *Estadio sensoriomotor*, hasta los dos años de edad.
- 2.- *Estadio preoperacional*, entre los 2 y 7 años.
- 3.- *Estadio de las operaciones concretas*, entre los 7 y los 11 años. (Estos dos últimos de preparación y organización de las operaciones concretas, llamados también periodo de la inteligencia representativa) (14)
- 3- *Estadio de las operaciones formales*, entre los 11 y los 15 años.

Con esta clasificación Piaget introduce una cierta predeterminación en la educación que no explica el caso de aprendizajes tan poco naturales como son los de las ciencias (14).

La maduración biológica constituye la idea central del modelo piagetiano, es la que determina, según este modelo, diferencias en la habilidad de los individuos en el proceso de aprendizaje según sus edades.

La maduración biológica supone abrir nuevas vías de cambio en las estructuras cognitivas o, permitir nuevas vías de desarrollo. Es decir, a partir de la maduración se le ofrecen al sujeto nuevas posibilidades que puede desarrollar. Sin embargo, la posibilidad no es en sí misma realización y, para que estas nuevas vías de desarrollo se hagan efectivas, es necesario recurrir a otros factores que influyen en el cambio estructural. Por tanto, la maduración es fundamental en el desarrollo cognitivo, sin embargo, no explica por sí sola el cambio en las estructuras de conocimiento. Es un factor decisivo, muy necesario, pero no suficiente (Rodríguez Moneo: 42, 43).

II.1.4 Los factores ambientales físico y social en el modelo de Piaget

De manera resumida, *"para Piaget el aprendizaje es tanto un factor como un producto del desarrollo del individuo. Es un proceso de adquisición en el intercambio con el medio, mediado en principio por estructuras reguladoras, originalmente genéticas y posteriormente construidas con la intervención de pasadas adquisiciones"* (Chamizo, 4)

Hay dos ideas de Piaget (1972) que apoyan la influencia del factor externo sobre el conocimiento: *"existe una interacción entre la estructura cognitiva y el medio ambiente"*, y *"la afectividad puede ser motor del desarrollo"* (35).

El postulado empirista que sostiene que las nociones se obtienen de la percepción, por simples procesos de abstracción y generalización, se considera incorrecto: lo que un sujeto llama "un hecho" rebasa el dato perceptible e implica una conceptualización y necesariamente una interpretación. En el registro de la experiencia, el sujeto no sólo utiliza los órganos de los sentidos, sino también las estructuras mentales que ha logrado construir (Piaget, 1967 y 1969). La teoría piagetiana plantea así, que existe una interacción continua entre el individuo, su medio (natural y social) y la *construcción de las estructuras cognoscitivas* (Piaget, 1967).

Para que exista desarrollo cognitivo es necesario que el sujeto tenga experiencia con el ambiente físico exterior. Piaget describe tres subcategorías dentro de este factor de desarrollo:

- La experiencia con el medio ambiente físico permitirá al sujeto, por una parte, a partir del simple *ejercicio*, afianzar o consolidar las acciones físicas (esquemas de acción) y las acciones interiorizadas (esquemas operatorios).

- A través de la *experiencia física*, el sujeto podrá adquirir conocimientos acerca de las propiedades de los objetos. Gracias a un proceso de abstracción, va a ir conociendo mejor las características de los objetos que maneja.

- Mediante la *experiencia lógico matemática*, el sujeto incorpora el conocimiento basado en las propiedades o características de las acciones que realiza sobre los objetos (Rodríguez Moneo: 42, 43).

El constructivismo, que se basa en la relación del individuo con el medio ambiente se opone, sin embargo, a las corrientes empiristas (orientación *ambientalista* del aprendizaje) cuya preocupación es encontrar los medios más idóneos para que los alumnos lleguen a aprender los contenidos de las diferentes disciplinas a través de la incorporación de la información que se les transmite poniendo énfasis en los elementos que provienen desde el exterior sin hacer proposiciones sobre la organización interna de los conocimientos de los estudiantes. (León Trueba, 20). Es decir **el constructivismo se basa en la relación activa del individuo con el medio ambiente** y no sólo en la captación pasiva de los estímulos externos. *"El conocimiento no es jamás copia pasiva de la realidad externa, pálido reflejo de la transmisión social, sino creación continua, asimilación transformadora"* (Piaget, 1972).

Piaget considera que el ambiente social puede acelerar o desacelerar el proceso de desarrollo. Sin embargo, para él, el hecho de que se produzca una secuencia semejante de desarrollo cognitivo en distintos ambientes sociales es indicativo de que el ambiente social no lo explica todo, pues dicha secuencia u orden puede atribuirse a cualquier tipo de ambiente. Además, considera que tanto la influencia del ambiente social, así como la experiencia física, *"sólo pueden afectar al sujeto si éste es capaz de asimilarlas, y sólo puede hacerlo si ya posee los instrumentos o las estructuras adecuadas (o sus formas primitivas)"* (Piaget 1970) (Rodríguez Moneo: 42, 43).

II.1.5 La equilibración

Según Piaget, los tres factores antes descritos (maduración biológica, factores físico y social) no explican por sí solos el cambio cognitivo ni, por tanto, el cambio estructural. Para que este tenga lugar, es necesario acudir a un cuarto factor explicativo: la equilibración o autorregulación. La equilibración es necesaria porque permite que tres factores tan dispares como la maduración, la experiencia física y el ambiente social, mantengan una relación de equilibrio entre ellos, de forma que se coordinen de manera no contradictoria formando un todo coherente. Además, es también necesaria porque cualquier tipo de desarrollo biológico es autorregulador.

El proceso llamado por Piaget "Equilibración" es su más importante aportación al conocimiento del proceso cognoscitivo.

En el proceso de conocimiento de la realidad (o de adaptación al medio), el sujeto pone en juego mecanismos de asimilación (de elementos exteriores) y de acomodación (producido

por los elementos asimilados): incorpora la realidad, transformándola, para así integrar estructuras nuevas que impulsan un reajuste consciente de las estructuras anteriores. Esta nueva acomodación de estructuras anteriores y nuevas le presenta la realidad. Como resultado, se crean continuamente estructuras cognitivas nuevas a partir de las ya existentes (Inhelder *et al*, 1975).

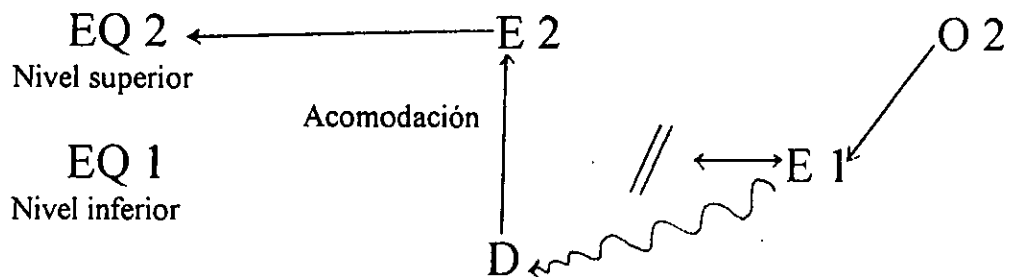
Es decir, Piaget considera que para que se produzca un progreso en el conocimiento ha de existir un conflicto cognitivo consciente a partir del cual el sujeto modifique sus esquemas, es decir, aprenda. (14)

Como indica Piaget (1975), las estructuras cognitivas tienden a estar en equilibrio, pero no están en un estado de equilibrio único y permanente ya que se encuentran con perturbaciones, conflictos o contradicciones que les hacen pasar a un estado de desequilibrio. Cuando la perturbación, conflicto o contradicción es superada se produce un reequilibrio maximizador o, dicho de otra forma, un nuevo estado de equilibrio superior al estado de equilibrio previo al conflicto. Así, el estado de equilibrio al que tienden las estructuras es dinámico, considerando que se producen gran cantidad de perturbaciones. Todo este **proceso de equilibrio-desequilibrio-reequilibrio de orden superior recibe el nombre de *equilibración***. Puede entonces definirse la equilibración como un conjunto de reacciones que dan respuesta a las perturbaciones exteriores. Estas reacciones producen estados de equilibrio de nivel superior (Piaget, 1970).

Veamos con más detalle el proceso de equilibración. Dado un estado de equilibrio inicial del sujeto (EQ1), con una estructura cognitiva (E1), es posible incorporar información del medio (O1) que sea interpretada por la estructura de conocimiento existente (E1). Estamos, entonces, en un proceso de asimilación.



Sin embargo, cuando aparece nueva información del medio (O2) que produce un conflicto o una contradicción y que no puede ser interpretada en términos de la estructura previa del sujeto, se llega a un estado de desequilibrio (D) que es necesario resolver. La vuelta al equilibrio (EQ2) se busca mediante una modificación en las estructuras cognitivas (acomodación), produciendo una estructura de tipo E2 que permite la asimilación del objeto (O2). Si la vuelta al equilibrio se consigue, este segundo estado de equilibrio (EQ2) es de nivel superior al anterior, entre otras cosas, porque permite la interpretación e incorporación (asimilación) de O1 y O2 en E2 (Rodríguez Moneo: 42, 43).



Así, para explicar el paso de una estructura más elemental a otra más compleja, se añade un factor nuevo a los ya invocados por la psicología de la inteligencia (maduración, experiencia, transmisión social). **Este nuevo factor, denominado *equilibración* (Piaget, 1967), da al sujeto un papel activo en la producción del conocimiento, le permite reaccionar y compensar las perturbaciones producidas entre la asimilación de nuevos acontecimientos y sus estructuras mentales.** Cuando las propiedades de un objeto o un evento presentan obstáculos para ser asimiladas a las estructuras cognoscitivas ya construidas por el sujeto, se producen perturbaciones en éstas, mismas que rompen el equilibrio antes existente. Para compensar dichas perturbaciones, restablecer el equilibrio, son necesarios mecanismos de *autorregulación* que permiten al sujeto transformar sus estructuras mentales de forma que la nueva experiencia pueda ser integrada. De esta manera, el desarrollo cognoscitivo se concibe como la sucesión de estados de equilibrio, que tienen cierta probabilidad secuencial. Cada nivel es determinado como el más probable cuando se ha logrado el anterior. Esto implica la intervención de mecanismos de desequilibrio en cada nivel y de reequilibración en los nuevos niveles que se van alcanzando.

De esta manera, la actividad estructurante del sujeto es fundamental para el avance de la adquisición de conocimientos. Él no aprende por la acumulación de la información que proviene del exterior (por ejemplo la que le transmite el maestro), pues ésta no adquiere sentido si no es interpretada dentro de un sistema de pensamiento (*sistema epistémico*) que determina el lugar que debe ocupar y la forma como será utilizada dentro del sistema (León Trueba, 20).

"Enfocado desde otro ángulo, el alumno da un significado a lo que percibe, en función de lo que ya conoce (su sistema de significación). El mismo fenómeno será interpretado en forma totalmente distinta si el sistema de significación es diferente. Cuando se destruye un concepto estructurante se cambia el sistema de significación, permitiendo incorporar cosas que antes no se tomaban en cuenta o a las cuales se daba otro significado" (Gagliardi, 1986).

De esta manera, lo que es "un dato" para un adulto puede estar muy lejos de serlo para un niño; lo que es una evidencia para un físico puede no serlo para un estudiante o persona no especializada en esa ciencia (Piaget, 1972; García, R. 1982).

Algunos autores llevan al extremo el sentido de la "acomodación": "Con Piaget se llega a la paradoja del aprendizaje, pues si se aprende por reestructuración, debe suponerse que lo que se aprende ya estaba presente antes del aprendizaje y por lo tanto no hay aprendizaje (Izquierdo, 1992). Creo que ésta es una explicación demasiado radical de lo que significa la acomodación, el que los nuevos conocimientos "surjan" de los previos, no debe ser interpretado en el sentido de que "ya estaban presentes y por lo tanto no hay aprendizaje", sino que los conocimientos previos constituyen la base o el cimiento a partir de los cuales se pueden edificar nuevos mediante la integración activa de nuevas estructuras desde el exterior.

II.2 CRÍTICA AL MODELO CONSTRUCTIVISTA DE PIAGET

Como vimos anteriormente, uno de los autores que se opuso con más fuerza a los planteamientos empiristas y asociacionistas fue Piaget. Tanto a nivel epistemológico como psicológico, Piaget defiende una concepción constructivista de la adquisición del conocimiento que se caracteriza por lo siguiente:

- Entre sujeto y objeto de conocimiento existe una relación dinámica y no estática. El sujeto es activo frente a lo real e interpreta la información proveniente del entorno.
- Para construir el conocimiento, no basta con ser activo frente al entorno. El proceso de construcción es un proceso de reestructuración y reconstrucción, en el cual todo conocimiento nuevo se genera a partir de otros previos. Lo nuevo se construye siempre a partir de lo adquirido y lo trasciende.
- El sujeto es quien construye su propio conocimiento. Sin una actividad mental constructiva propia e individual, que obedece a necesidades internas vinculadas al desarrollo evolutivo, el conocimiento no se produce.

De acuerdo a lo anterior, es evidente que muchos de los principios asumidos hoy por el constructivismo estaban ya presentes en la teoría piagetiana. La teoría piagetiana es el cimiento del constructivismo; sin las aportaciones de Piaget no habría podido evolucionar el constructivismo tal como se conoce hoy. Al igual que toda teoría científica, la de Piaget habría de ser profundizada, precisada, ampliada y "superada". Por ello, a la luz de subsecuentes investigaciones, el constructivismo se ha desarrollado atacando las importantes limitaciones del modelo piagetiano y se propone proseguir en este camino planteándose objetivos concretos para ser aplicados de manera directa a la práctica docente.

Las limitaciones del modelo piagetiano se pueden ubicar en tres aspectos:

1. Las etapas de desarrollo de pensamiento son demasiado esquemáticas.
2. El factor biológico o interno priva sobre el ambiental o externo (contexto).
3. No hay referencia de la relación que debe existir entre el cómo se aprende y lo que se aprende (contenidos).

II.2.1 Las etapas de desarrollo de pensamiento son demasiado esquemáticas

La teoría de Piaget continúa siendo un marco válido para la psicología de la educación y es indiscutible su uso como referencia. Menos riguroso y confiable es la determinación de los periodos de desarrollo del conocimiento asignados por Piaget (Lawson, 1985), así como la idea de que todas las personas sin trastornos mentales son capaces de superar esos periodos del desarrollo intelectual. Pozo (1989) añade que el pensamiento formal viene a ser algo ideal, en cuanto que difícilmente queda liberado de influencias semánticas (de los contenidos). En la teoría de Piaget la importancia de esas limitaciones (desarrollo biológico y preponderancia de lo interno sobre el contexto) impedirían llevar a cabo procesos para el entendimiento de los conceptos y razonamientos científicos. Lovell (1961) fue el primero en cuestionar las afirmaciones de Piaget e Inhelder (1972) acerca del periodo formal, contenidas en su obra "De la lógica del niño a la lógica del adolescente".

Más tarde, el programa "*Concepts in Secondary Science Programme*", del Centre for Science Education del Chelsea College de Londres (Shayer 1981), estudió la edad de obtención de las operaciones formales en las ciencias; su conclusión fue que a los 14 años (edad a la que se debería haber alcanzado las operaciones formales completamente) tan sólo 20 % de los alumnos se iniciaba en éstas.

Los estudios posteriores realizados sobre las etapas señaladas por Piaget han mostrado que éstas en la realidad no están delimitadas de manera tan precisa, que los límites de las edades pueden variar, puesto que frecuentemente se encuentran individuos que rompen el esquema propuesto. Existen muchos casos de alumnos de nivel universitario (o de 25 años) que no han alcanzado la etapa de operaciones formales. Lo anterior es particularmente significativo para el caso de la química (Herron, 1975).

Esquemáticamente, un joven que se encuentra en la etapa de operaciones formales tiene la habilidad para entender el razonamiento más allá de lo real hasta lo posible, mientras que uno que no alcanza esta etapa no puede hacerlo, ya que no tiene "los conocimientos para ello" (Radford, 1990). "*En una edad en la que se transita entre una etapa y la otra o que, seguramente se está en la de operaciones concretas, la pregunta obligada es ¿qué puede entender un joven adolescente sobre la teoría atómica?*" (J.A. Chamizo, 1995)(4).

Algunos autores piensan que al dar demasiada importancia a la maduración biológica o psicológica (más que a la experiencia social), es decir a los estadios de desarrollo del pensamiento, el modelo resulta ser demasiado esquemático y puede transformarse en una "camisa de fuerza" que limite los objetivos, los contenidos y los métodos de la enseñanza.

"El problema es que en el modelo Piagetiano hay límites biológicos para el aprendizaje, dependencia de los aspectos madurativos del individuo. Desde el modelo estricto de Piaget, yéndonos a los extremos, tendríamos que esperar que el alumno madurara o creciera para que pudiera aprender ciertas cuestiones, el profesor tendría que adecuarse al desarrollo evolutivo del alumno esperando pasivamente hasta que éste pudiera desarrollar estructuras diferentes de conocimiento y sin hacer nada por promover este desarrollo". (Rodríguez Mo-
neo, 1996).

II.2.2 El factor biológico o interno priva sobre el ambiental o externo (contexto)

Es cuestionable si el peso de los factores internos, según la aplicación estricta de las teorías piagetianas, es mayor o no que el de los factores externos proporcionados por el profesor y el ambiente. *"La aplicación rigurosa del método científico por Piaget implica una sensible dosis de racionalismo. El racionalismo parte de las ideas siguientes (Kamii, 1987): los conocimientos son innatos y se manifiestan por maduración; no se necesita la experiencia, todo está ya dentro del ser humano; la razón es más poderosa que la experiencia, etcétera"* (35).

Para Piaget el proceso de construcción del conocimiento es un proceso fundamentalmente **interno e individual**, basado en el proceso de equilibración, que la influencia del medio sólo puede favorecer o dificultar. El diálogo se establece entre sujeto y objeto, y la mediación social no constituye un factor determinante, ya que la construcción de estructuras intelectuales progresivamente más potentes obedece, en último término, a una necesidad interna de la mente (13).

Esto tiene importantes repercusiones para la enseñanza, pues despoja la actividad del maestro y de la educación en general de todo su contenido. Es decir, **el modelo estricto de Piaget subestima el hecho de que la enseñanza (que involucra aspectos tanto ambientales como sociales) podría modificar, incluso sustancialmente, las edades establecidas por él para las diferentes operaciones mentales.**

Si el modelo piagetiano atribuye un origen primordialmente biológico al conocimiento y, por tanto, el ambiente físico y social son secundarios, cuando se intenta dar respuesta a las incoherencias entre la teoría y la realidad producidas por la rigidez de las etapas de desarrollo marcadas por Piaget, se tiene que acudir forzosamente a esos dos últimos factores.

De esta manera, la limitación del modelo piagetiano no son los estadios de desarrollo en sí, sino la falta de balance que existe entre estos y los aspectos externos: físico y social.

II.2.3 No hay referencia de la relación que debe existir entre el cómo se aprende y lo que se aprende (contenidos).

La teoría piagetiana se ha ocupado fundamentalmente de lo relacionado a la construcción de estructuras mentales y ha prestado una escasa o nula atención a los contenidos específicos. Las situaciones particulares, los contenidos concretos utilizados para investigar las estructuras, procesos y principios del funcionamiento cognitivo, son casi siempre un recurso metodológico, y estos rara vez devienen objeto de estudio en sí mismos (13).

De hecho, en relación con la generalidad del cambio de las estructuras de conocimiento, Piaget (1975) revisa su teoría aceptando el escaso margen de generalización del pensamiento formal y llega a considerar que el pensamiento formal puede desarrollarse en uno o varios dominios determinados y no necesariamente en todos (Rodríguez Moneo: 42, 43).

La teoría de cambios generales en la estructura de conocimiento también ha sido criticada por otros autores. Carey (1985), por ejemplo, ha planteado una concepción alternativa en

la que se contempla que el sujeto va cambiando sus estructuras de conocimiento en ámbitos o dominios específicos y dichos cambios afectarán a otros dominios colindantes (Rodríguez Mo-
neo: 42, 43).

En concreto, el papel de desequilibrio o conflicto, tal y como está descrito en la teoría piagetiana, ha sido adoptado por muchos investigadores que no comparten la perspectiva de cambios generales en la estructura de conocimiento del sujeto. Pero muchos de los llamados estudios sobre el cambio conceptual, que abogan por la especificidad del cambio en las estructuras de conocimiento, han adoptado el conflicto como motor del cambio. Así, el proceso de equilibración formulado por Piaget parece haber sobrevivido más que otros conceptos piagetianos. Si bien, también hay que indicar que el papel otorgado al conflicto en ocasiones ha sido puesto en cuestión, dado que una situación de desequilibrio o conflicto no siempre desemboca en el deseado cambio estructural (Caravita y Hallden, 1994; Vosniadou, 1994) (Rodríguez Mo-
neo: 42, 43).

De esta manera, el desarrollo posterior del constructivismo, se apoya firmemente en el Piaget funcional, que explica cómo se construye el conocimiento y critica al Piaget estructural, que explica el origen del conocimiento desde una base primordialmente biológica y confiere a la estructura del conocimiento un desarrollo general, único. Es decir, las estructuras cognitivas son idénticas en todos los campos del conocimiento y no habría la posibilidad de desarrollos a diferentes niveles en áreas específicas (42).

Por contra, la idea de que los procesos de aprendizaje están vinculados a dominios y contenidos específicos ha sido dominante en los últimos años en la investigación psicológica y didáctica. Algunos trabajos realizados desde el marco mismo de la investigación piagetiana (Ferreiro y Teberosky 1979; Vergnaud, 1981; Gómez Granell, 1985, etc.); la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel; los numerosos estudios sobre las ideas previas o las concepciones alternativas de los alumnos; etcétera, coinciden en señalar que, sin que ello implique que no se construyen capacidades de índole general, el conocimiento se adquiere de forma específica en diferentes dominios (lenguaje, matemáticas, química, etc.), que presentan características diferenciadas. Lo que el sujeto construye son significados, representaciones mentales relativas a esos contenidos (13).

Así, las limitaciones antes mencionadas, han conducido a que las propuestas pedagógicas basadas en la teoría "pura" de Piaget presenten a menudo algunos graves inconvenientes caracterizados frecuentemente por la poca atención prestada a los contenidos (qué es lo que se enseña, por qué y para qué), a la interacción social, como consecuencia, a la instrucción y, en especial, al aprendizaje en el aula.

II.3 OTROS ANTECEDENTES DEL CONSTRUCTIVISMO

II.3.1 El aprendizaje asimilativo

Probablemente, el autor más citado y acreditado en la psicología cognitiva referida a las ciencias experimentales sea Ausubel (1983), quien aporta la teoría del llamado "aprendizaje significativo".

Contrariamente a la teoría de Piaget, la de Ausubel, extensamente divulgada, se centra en los aprendizajes específicos. Según este autor existen dos modelos extremos de aprendizaje y todos los aprendizajes reales serán casos intermedios de estos dos:

Un *aprendizaje significativo*, que se produce cuando elementos exteriores se relacionan de manera no arbitraria, sino substancial e intencionada, con parte de la estructura cognitiva de quien aprende y, el *aprendizaje memorístico*, en el cual esta relación con conocimientos previos no existe. Se considera que el aprendizaje memorístico es importante en determinados momentos, pero a medida que se acumulan los conocimientos se requiere establecer relaciones significativas entre ellos para reestructurarlos (44). Esta teoría considera que el conocimiento es estático y acumulativo, en cambio Piaget habla de desarrollo como algo más que la suma de aprendizajes, lo considera un proceso para obtener el conocimiento.

El aprendizaje significativo implica la selección de esquemas de conocimiento previos pertinentes, aplicación a la nueva situación, su revisión, la modificación para proceder a la reestructuración lógica, el establecimiento de nuevas relaciones y una evaluación de la adecuación de lo nuevo conocido con lo preexistente en la estructura cognitiva.

En definitiva, se trata de una construcción de nuevos significados y de modo funcional, para que se utilice lo aprendido en situaciones que conduzcan a nuevos aprendizajes. La posibilidad de aprender se encuentra siempre en relación directa tanto de la cantidad y calidad de los aprendizajes previos, como con las conexiones que se establecen entre ellos. La memoria que se requiere ha de ser comprensiva, para que lo que se recuerde esté integrado en la red de significados. (35)

El aprendizaje de estructuras complejas, como las que requiere la química, debe ser significativo; precisa que el material a aprender esté organizado en forma lógica; que corresponda a las bases de la disciplina, y que la estructura cognitiva del estudiante presente ideas inclusoras (conceptos estructurantes) que permitan que el nuevo material se relacione con conocimientos previos. Esto indica que los conocimientos se reciben, pero el aprendizaje significativo es fruto de una estructura individual.

En la teoría de Ausubel, las ideas preconcebidas del alumno, aprovechadas para construir el nuevo conocimiento, pueden presentar continuidad o bien ser contradictorias. En este caso, el nuevo conocimiento será sólo memorizado, pero no será significativo.

Las ideas preconcebidas o preconceptos pueden ser ideas incorrectas basadas en errores de observación o rigor lógico de los razonamientos, pero también pueden ser paradigmas individuales, elaborados por el alumno para interpretar su propia experiencia y por lo tanto visiones útiles del mundo, que deben ser respetadas mientras sean válidas como teorías, mientras no constituyan una visión que se oponga al conocimiento científico.

Es una teoría útil para organizar aprendizajes y forma parte de la ciencia *normal*.

Cuando se considera el conocimiento estructurado sin el correspondiente conocimiento del proceso seguido se llega al dogmatismo, ya que el saber qué pero no saber cómo impide la verificación de una afirmación, es cuando se puede concluir que las teorías de Ausubel y Piaget deben considerarse más como complementarias que como excluyentes (14).

II.3.2 El enfoque socializante

En 1962 se presentó al público inglés la obra de Vygotski, escrita en los años veinte, así como otros avances de la psicología soviética que influenciaron fuertemente el pensamiento inglés (Coll, 1988). En la obra de Vygotski se encuentra un fuerte cuestionamiento sobre las teorías de la época, las considera incapaces de proporcionar una explicación global de los procesos psicológicos y se muestra convencido de que ni la psicología de la introspección, ni la psicología constructivista pueden explicar los procesos mentales de tipo superior, como son la resolución de problemas o el pensamiento productivo.

Propone "la conciencia" como objeto de estudio de la psicología, para señalar un camino que permita explicar de forma unitaria desde los procesos sensoriales elementales hasta los procesos superiores y la idea de que los sistemas de signos y en particular, el lenguaje, son herramientas intelectuales de origen cultural que permiten al hombre modificar su conciencia.

Plantea, también, considerar los procesos mentales de tipo superior como un conocimiento de origen cultural e histórico acumulado por la humanidad y transmitido a las nuevas generaciones mediante el proceso de socialización y la enseñanza formal; la tesis de internalización progresiva del conocimiento a través de la acción y de la actividad; el método genético-experimental, que consiste en estudiar los procesos psíquicos desde la perspectiva de su origen y de su desarrollo (14).

Vygotski sostiene que se aprende por instrucción y por desarrollo; esto supone que, si el alumno se esfuerza, puede mejorar su red de significados y que el desarrollo no coincide con el aprendizaje, sino que sigue al aprendizaje (35).

Se debe señalar la importancia que asigna a la influencia escolar y a la interacción con el adulto (Llorens, 1991) introduciendo el concepto de "zona de desarrollo potencial" que corresponde a aquellas adquisiciones o habilidades accesibles al alumno a través de la interacción con otro compañero más aventajado. Éste podría ser un concepto de elevado poder explicativo cuando se trata de relacionar la diversidad, complejidad y dependencia del contexto que se halla en los esquemas conceptuales de los alumnos.

Todos estos elementos y muchos más del pensamiento de Vygotski constituyen, en realidad, una aplicación psicológicamente importante del materialismo histórico y dialéctico (14).

II.4 HACIA DÓNDE SE DIRIGE EL CONSTRUCTIVISMO

Como hemos visto, en el constructivismo convergen principalmente las teorías de Piaget, Ausubel y Vygotski, así como las de generación de esquemas (procesamiento de la información), pero también se ha visto enriquecido por aportaciones de autores más recientes (Coll, Driver, Pozo, etcétera).

El desarrollo acelerado que está teniendo esta teoría y su aplicación al estudio del aprendizaje y de la enseñanza es tan extenso que requiere ya trabajos que ordenen, sistematicen

y sintetizen las investigaciones que se han hecho en diversos campos. De manera muy general, estos estudios pueden ser clasificados en cuatro grupos principales, dependiendo del enfoque que han tomado. Estas son las investigaciones sobre:

- 1.- Las concepciones alternativas o preconcepciones de los sujetos, principalmente de niños y jóvenes, en diferentes campos de la ciencias.
- 2.- Los mecanismos del cambio conceptual.
- 3.- La especificidad del cambio conceptual; la relación que guardan los diferentes contenidos de las diversas ciencias con las características particulares de los procesos de enseñanza- aprendizaje.
- 4.- El efecto del contexto en el cambio conceptual.

II.4.1 Las concepciones alternativas o preconcepciones

Las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años indican que, tanto los estudiantes que han aprendido bien las ciencias como los que lo han hecho superficialmente, utilizan teorías para interpretar los fenómenos físicos y químicos y para resolver problemas. Las diferencias entre ambos grupos radican en el tipo de teorías que unos y otros utilizan y que difieren profundamente de las teorías científicas que pretende enseñar el docente. Estas teorías espontáneas de los estudiantes son objeto de muchas investigaciones actualmente para explicar la actividad mental de los estudiantes (14).

En el caso concreto de la investigación realizada en el campo de la didáctica o de la psicología de la instrucción, la aceptación del principio básico constructivista de que todo conocimiento nuevo se construye a partir de otro anterior, ha dado como resultado que hoy se posea una abundante información sobre las teorías, ideas o concepciones de los alumnos acerca de los diferentes contenidos escolares, así como sobre las representaciones de los sujetos en los diferentes dominios del conocimiento.

La idea fundamental que subyace en la mayoría de estos trabajos, con independencia de que hayan sido realizados en el marco de la investigación didáctica o la instrucción, es que el conocimiento de las ideas y las representaciones de los alumnos sobre contenidos que son objeto de aprendizaje escolar, es sumamente importante para mejorar la enseñanza de dichos contenidos y la práctica educativa en general (13).

Conocer cuál es la estructuración conceptual de los estudiantes se convierte en una de las tareas más importantes del docente, y forma parte de la planeación de la enseñanza (14) (ver el capítulo sobre ideas previas).

Estos trabajos han contribuido a poner de relieve la importancia del contenido en los procesos de aprendizaje y han aportado abundante información sobre las concepciones e ideas de los alumnos. Pero esto no es suficiente para conseguir uno de los objetivos más importantes de todo proceso de enseñanza y aprendizaje, es decir, saber cómo hacer evolucionar esas concepciones para que se ajusten progresivamente a las ideas y concepciones del conocimiento científico que intentamos enseñar. Sabemos mucho acerca de las ideas de los alumnos, pero muy poco acerca de cómo cambiarlas (13).

II.4.2 Los mecanismos del cambio conceptual

Existe una serie de trabajos en los que se ha dedicado especial atención a los procesos que dan lugar al cambio conceptual. En estos trabajos se profundiza en el cambio conceptual complejo y profundo de la estructura del conocimiento, es decir, en el cambio teórico, en la acomodación. Por ejemplo, Posner et al. (1982) y Strike y Posner (1992) consideran que para comprender la naturaleza del cambio conceptual es imprescindible, por un lado, explicar las condiciones bajo las cuales se produce el cambio conceptual. Por otra parte, es importante identificar qué conceptos gobiernan el cambio conceptual, o lo que es lo mismo, determinar lo que llaman *ecología conceptual*.

Con respecto a las condiciones bajo las cuales se produce el cambio conceptual, estos autores señalan que, en primer lugar, el sujeto debe tener insatisfacción con las concepciones existentes. Antes de que el sujeto modifique su estructura de conocimiento debe haber observado un conjunto de anomalías o contradicciones que se ponen de manifiesto al mantener sus concepciones. Dicho de otro modo, el sujeto debe ser consciente de que la teoría que posee no es válida para entender la realidad y, por tanto, no tiene el valor explicativo que pensaba.

En segundo lugar, ha de existir una concepción que debe ser inteligible para el sujeto. Es decir, el sujeto debe darse cuenta que la realidad puede ser explicada por una nueva concepción distinta a la que él poseía. Esta nueva concepción debe ser entendida. Las analogías juegan un importante papel en la comprensión de nuevas concepciones. Mediante el uso de analogías los sujetos adquieren nuevas concepciones sobre la base del conocimiento que ya poseen.

En tercer lugar, la nueva concepción tiene que aparecer como inicialmente plausible. La plausibilidad se pone de manifiesto, por una parte, en la medida en que la nueva concepción tenga capacidad suficiente para resolver los problemas que han sido generados por las concepciones precedentes. Por otra parte, en la medida en que la nueva concepción sea consistente con otros conocimientos, si una nueva concepción no resuelve los problemas planteados y/o es incompatible con lo que el sujeto conoce, evidentemente, pierde posibilidades para ser adoptada por el sujeto.

En cuarto lugar, la nueva concepción debería sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero. La nueva concepción debería abrir la posibilidad de nuevas soluciones y nuevas áreas de investigación.

En relación con la identificación de la ecología conceptual, los mismos autores consideran que ésta juega un papel decisivo en el cambio conceptual. La ecología conceptual está constituida por las creencias, los conceptos existentes, erróneos y adecuados, que forman parte de la estructura de conocimiento del sujeto. La ecología conceptual tiene una gran influencia en el proceso de cambio conceptual, tanto por la generación de la necesidad de cambio, como por la dirección que tomará éste. La ecología conceptual es determinante en la elección de los nuevos conceptos.

II.4.3 La especificidad del cambio conceptual

Últimamente se ha integrado a los modelos constructivistas la teoría de que los cambios en la estructura del conocimiento no son generales sino específicos.

Cuando se emplea el término "constructivismo" no se refiere tanto a las investigaciones sobre cómo los estudiantes desarrollan su pensamiento en abstracto, sino cómo aprenden determinadas materias y contenidos. En este campo, los psicólogos, los científicos y los profesores trabajan conjuntamente y esta relación ha originado un avance importante en la comprensión de los procesos del aprendizaje (14).

Desde la especificidad de dominio, y no como lo propone la teoría de Piaget, del cambio general de la estructura del conocimiento, el cambio estructural se entiende como un proceso de adquisición de conocimiento en un dominio específico, más que como resultado de un progreso general en las capacidades lógicas del niño (Chi, *et al.*, 1989; Vosniadou y Brewer, 1987). Este punto de vista está muy relacionado con los estudios sobre expertos y novatos que enriquecen también los modelos constructivistas.

Los trabajos de Chi, Glaser y Rees (1982); Chi, Hutchison y Robin, (1989) y Reif y Allen (1992), sobre expertos y novatos y las realizadas sobre las ideas previas o teorías intuitivas han puesto de manifiesto la existencia de importantes diferencias en las estructuras de conocimiento entre estos sujetos, tanto en lo referido al conocimiento declarativo como en lo referido al conocimiento procedimental (Rodríguez Moneo: 42, 43). Estas diferencias, apoyan fuertemente la teoría de que la estructuración del conocimiento es específica. A partir de esta base, se han desarrollado infinidad de trabajos en los que se trata de explicar los cambios específicos en la estructura de conocimiento. Así, el modelo teórico de "constructivismo" adoptado para explicar el aprendizaje científico y generar hipótesis de trabajo deberá estar relacionado con la asignatura a enseñar (Izquierdo, 1993).

II.4.4 El efecto del contexto en el cambio conceptual

Uno de los retos y problemas fundamentales del constructivismo es el de explicar cómo se produce el cambio cognitivo, la adquisición de nuevos conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Una de las razones fundamentales que subyacen en esta dificultad sería el olvido del componente sociocultural y contextual de la construcción del conocimiento. Al igual que hiciera Piaget, la mayor parte de la investigación psicológica y didáctica ha seguido centrada en una perspectiva individual, olvidando el hecho de que cualquier conocimiento se genera en un contexto social y culturalmente organizado, tal y como señaló Vygotski hace ya bastantes años.

Tradicionalmente, tanto en la investigación psicológica como en la práctica pedagógica, se ha considerado que el conocimiento es independiente del contexto en que se adquiere, y que una vez adquirido un determinado conocimiento, éste puede ser aplicado a cualquier situación. Lo que muestran recientes trabajos es que todo conocimiento se construye en estrecha interrelación con los contextos en los que se usa, y que, por lo tanto, no es posible separar los aspectos cognitivos, emocionales y sociales presentes en el contexto en el que se actúa. Como afirman Newman, Griffin y Cole (1991), el cambio cognitivo constituye tanto un proceso social como individual.

Todos estos planteamientos están teniendo claras repercusiones en el replanteamiento del paradigma constructivista(13).

Como señalan J.I. Pozo (1993), Rodríguez Moneo y Carretero (1996), deberíamos de abandonar la idea de que el cambio conceptual consiste en cambiar o sustituir una idea por otra mejor y consistentemente aplicable a cualquier situación. La investigación sobre el cambio cognitivo debería orientarse hacia el estudio de las formas en que las personas construyen, usan o activan sus conocimientos en función del contexto. Posiblemente, como afirma Wertsch (1991), en un mismo sujeto coexisten distintas formas de actividad mental, de forma que manifiesta unas u otras en función del contexto. De esta manera, la perspectiva conceptual implica la idea de que los procesos de cambio cognitivo deben ser estudiados en el contexto en que se producen (Resnick, 1989). Es obvio decir que la escuela constituye un contexto específico en el que los procesos de enseñanza y aprendizaje se producen de una determinada manera y obedecen a metas específicas.

Desde una concepción constructivista que aboga por la importancia del contexto, el **estudio de la actividad constructiva de los alumnos consistiría en estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el contexto del aula analizando la interrelación entre los alumnos, el profesor y los contenidos.** Es necesario analizar no sólo la actividad constructiva de los alumnos (ideas previas sobre el contenido, predisposición o motivación para el aprendizaje del mismo, etc.), sino también los mecanismos de influencia o de ayuda pedagógica (Coll *et al.*, 1992; Gómez-Granell y Moreno, 1992) que les permiten construir y actualizar sus conocimientos.

Este enfoque permite una mayor aproximación e integración entre teoría y práctica. **No se trata de explicar los procesos cognitivos subyacentes a la adquisición de ciertos contenidos, y aplicar éstos al aula, sino de explicar el proceso constructivo en el lugar en el que se produce.** Se cree que ello puede contribuir de forma esencial a una mejor explicación de las formas de adquisición y construcción del conocimiento en la escuela y en las aulas (Gómez-Granell y Coll) (13).

Desde el punto de vista teórico, el "constructivismo" no está claramente definido, ya que para tener valor heurístico de modelo debería no sólo esquematizar la forma en que se desenvuelve el proceso cognitivo, sino también definir sus límites de validez y las condiciones en que puede ser aplicado. Por ahora, el constructivismo no permite hacer predicciones ni inferir las reglas del desarrollo de los procesos cognitivos. No ha construido hipótesis que permitan definir las variables significativas que intervienen en el proceso mismo. Todos estos aspectos y también otros más de aplicación práctica son, o deberán ser, objeto de ulteriores estudios por parte de todos los que de alguna manera estamos relacionados con la educación.

CAPÍTULO III

LA IMPORTANCIA DE LAS PRECONCEPCIONES EN EL APRENDIZAJE

Las personas tienen concepciones que les sirven para interpretar los distintos ámbitos de la realidad. Dichas concepciones han sido objeto de interés en la psicología desde hace tiempo (Hall y Browne, 1903) y aún hoy continúan recibiendo gran atención. Como profesores, hemos encontrado en el aula que diferentes alumnos tienen distintas interpretaciones de un mismo fenómeno y que frecuentemente éstas pueden ser contradictorias entre sí. Aún más, un solo alumno puede dar diferente explicación a un único hecho y estas explicaciones pueden ser contradictorias entre sí sin que el alumno pueda darse cuenta de ello.

La investigación sobre el aprendizaje de las ciencias ha mostrado que no sólo los niños, sino también los graduados de la escuela secundaria, los estudiantes de bachillerato y de licenciatura, y aún los adultos, tienen ideas erróneas sobre algunos conceptos científicos. Estas deficiencias pueden ser vistas como algo natural, resultado del carácter individual del conocimiento; de que cada individuo posee el suyo propio, de que ha desarrollado éste en unos campos y no en otros, lo que se deriva a su vez de la edad del sujeto, de la instrucción que ha recibido, de su profesión, de sus intereses, etcétera. Esas deficiencias también pueden ser vistas como resultado de defectos en el proceso de enseñanza, es decir, son conceptos erróneos que no deberían existir puesto que debieron ser eliminados durante el paso del individuo por las aulas. Cualquiera que sea la razón, podemos encontrar conceptos erróneos sobre los fenómenos casi invariablemente entre nuestros alumnos y por ello debemos tomarlos en cuenta para lograr un cambio conceptual adecuado, para hacer más efectiva nuestra práctica docente evitando que entorpezcan el proceso de construcción del conocimiento.

Dependiendo de diferentes perspectivas esas ideas previas que los alumnos tienen para explicarse el mundo han sido llamadas:

- Ciencia de los niños
- Concepciones alternativas
- Concepciones erróneas
- Concepciones espontáneas
- Conocimiento fragmentado
- Conocimiento informal
- Conocimientos previos
- Ideas previas

Misconceptions *
 Modelos explicativos iniciales
 Preconcepciones
 Preconceptos
 Teorías caseras
 Teorías ingenuas
 Teorías intuitivas, etcétera.

Rodríguez Moneo (1998) dice que los investigadores suelen estar de acuerdo con la existencia de algunas características comunes a todas las concepciones alternativas: son construcciones personales, implícitas, resistentes al cambio, etcétera. Sin embargo, se produce una falta de definición, por no decir que hay desacuerdo, en algo que es de gran importancia, esto es, el tipo de conocimiento implicado en las concepciones alternativas de los sujetos. Esta falta de definición viene motivada por dos razones. Por un lado, porque dado el carácter descriptivo de la mayoría de los estudios sobre concepciones alternativas, muchos investigadores no tratan estos asuntos. Por otra parte, porque en los estudios que profundizan en estos temas, hay una gran disparidad de opiniones. Así, en ocasiones, por ejemplo, se considera que las concepciones alternativas son teorías (Carey, 1985 a; Chinn y Brewer, 1993; Clement, 1983; McCloskey, 1983; Rodrigo, *et al.*, 1993), otras veces se habla de miniteorías (Claxton, citado en Duit, 1987), en algunos casos se piensa que son estructuras conceptuales erróneas (Chi, 1992; Klausmeier, 1990), en otros se cree que son conocimientos fragmentados (Disessa, 1983, 1993; Reif y Allen, 1992; Solomon, 1983). La falta de definición mencionada no existiría si, por una parte, los estudios sobre las concepciones alternativas no sólo describiesen las concepciones de los sujetos, sino que también profundizaran en el conocimiento que implican. Y si los pocos investigadores que ahondan en estas cuestiones buscasen el acuerdo en el ámbito de conocimiento en el que trabajan más que la originalidad (59).

III.1 CÓMO SE PRODUCEN LAS PRECONCEPCIONES

Desde el punto de vista constructivista, los conceptos o las explicaciones que un individuo tiene para un fenómeno dado, son un índice de su nivel de pericia relacionado con dicho fenómeno. Es decir, es un índice de la experiencia que tiene para interpretar al fenómeno, que depende a su vez del número de veces que el sujeto se ha enfrentado a dicho fenómeno y los resultados que ha obtenido de su interpretación. No son predominantemente un resultado del estadio biológico del sujeto (como puede derivarse del punto de vista puramente piagetiano).

Las concepciones alternativas no están en los sujetos desde su nacimiento y tampoco son adquiridas de forma pasiva como una copia exacta de la realidad (59). El conocimiento que cada individuo posee no le ha sido dado de manera genética (al menos la mayor parte del conocimiento), es decir, el sujeto no nace con un "paquete" de conocimiento completo y estático que manejará toda su vida, por el contrario, el conocimiento es el resultado de un proceso social constante en el que cada persona desempeña una labor activa o de construcción de su propio conocimiento. Son construcciones personales que surgen de la interacción de los

* Frecuentemente se usa la palabra en inglés, aún cuando existen numerosas acepciones en Español; incluso se ha llegado a utilizar el término híbrido "*misconcepciones*".

individuos con su entorno, con el fin de dar sentido a éste (Ausubel, *et al.*, 1978; Bettencourt, 1993; Good, *et al.*; Piaget, 1970; Taylor, 1993; Von Glasersfeld, 1984). De esta manera, el conocimiento se da de una forma progresiva. Los sujetos construyen concepciones que van evolucionando a partir de su aplicación sucesiva a distintos fenómenos (Duit, 1990 y Piaget, 1975). Pero, al mismo tiempo, los sujetos reinterpretan y reconstruyen la realidad cuando aplican sus estructuras cognitivas y, en este sentido, la cambian o la inventan al interpretarla (Bettencourt, 1993, y Saunders, 1992). Puede decirse entonces, que los sujetos construyen activamente sus estructuras cognitivas en la medida que las van enriqueciendo y adecuando en función de la realidad que interpretan y, también construyen activamente el entorno en la medida en que lo conciben a través del "filtro" de sus estructuras de conocimiento (Rodríguez Moneo, 1998).

Desde niños, al no poseer el conocimiento científico sobre un fenómeno, tenemos que recurrir a la elaboración de nuestros propios modelos o teorías que nos permitan explicar el mundo y resolver los problemas a los que nos enfrentamos cada día.

La calidad de estas interpretaciones, depende de diferentes factores: de la forma en que las logramos percibir, de las conexiones que podemos establecer entre el nuevo concepto y los que ya poseemos, de los transmisores de la información (documentos, personas expertas o inexpertas como maestros, amigos, TV, etcétera.) En muchas ocasiones se pueden captar del medio interferencias o mensajes erróneos que dan lugar a la construcción de conceptos incompletos, superficiales o erróneos.

Así, la percepción y la comprensión de los fenómenos de cada día depende, en primera instancia, del marco conceptual que una persona posee (conocimientos previos) (64). Cuando los individuos, desde sus etapas más tempranas, entran en contacto con los fenómenos de la vida diaria, esos fenómenos se vuelven familiares para ellos y son la base del desarrollo de un marco conceptual basado en el sentido común propio o transmitido.

Sin embargo, en muchas ocasiones, este marco empírico está formado de conceptos contradictorios con los válidos desde el punto de vista científico, que pueden dificultar la labor de los profesores en la enseñanza de las ciencias.

Además, muchos de los errores conceptuales que los alumnos tienen, no sólo provienen de muchos conocimientos adquiridos empíricamente, sino que a éstos se vienen a añadir los que son producto de una mala práctica didáctica. Conocimientos adquiridos en los cursos o niveles anteriores pueden entrar en conflicto con el nuevo conocimiento que el alumno pretende construir debido a que no hay correspondencia y continuidad entre ellos. Estos conocimientos erróneos o mal adquiridos pueden tener muchas causas; una de ellas, por ejemplo, es la forma en que las ciencias han sido enseñadas, es decir bajo un sistema basado en la transmisión verbal del conocimiento y aprendizaje por memorización, en el que el conocimiento se da sin involucrar al estudiante en el trabajo práctico, sin que una real conexión sea hecha con los fenómenos y situaciones cotidianos.(43) Otra de ellas consiste en el mal manejo por parte de los profesores (y aún de los libros de texto) de los conceptos que presentan a los alumnos. (Driver)

La necesidad de coherencia en la explicación de los fenómenos y los criterios para dicha coherencia, tal y como los perciben los estudiantes, no son los mismos del científico: el alumno no dispone de un modelo que incluya el conjunto de fenómenos que el científico considera equivalentes. Por otra parte, el estudiante no siempre siente la necesidad de una perspectiva

coherente, puesto que sus interpretaciones y predicciones "espontáneas" acerca de los hechos naturales funcionan "perfectamente" en la práctica.

Un ejemplo muy claro de lo anterior es el dado por Stavridou *et al* (64). En un estudio realizado en Grecia, encontraron que alumnos que habían llevado clases de ciencias naturales en la secundaria, tuvieron mucha dificultad en dar el nombre de dos o tres fenómenos físicos. "*Los fenómenos físicos que mencionaron fueron: lluvia, tormenta, atracción magnética, floración, nacimiento y crecimiento, fotosíntesis, noche y día, etcétera. Obviamente hubo problemas debido al significado atribuido al término "físico", el cual en griego moderno básicamente significa "natural" (physis significa naturaleza). La misma palabra es usada en Química con un significado científico que es completamente diferente al común. Está claro que los estudiantes tenían en mente el significado común y no el científico de la palabra "físico"; su marco conceptual igualaba el concepto físico con natural y por ello los confundían. Así, el lenguaje cotidiano muchas veces representa un factor que obstaculiza la comprensión de los alumnos sobre diferentes fenómenos.*

III.1.1 Piaget y el movimiento de las Concepciones Alternativas

Piaget, que ha sido considerado como el pionero del constructivismo (Von Glasersfeld, 1990), ha contribuido enormemente al estudio de las concepciones de los sujetos en distintos dominios del conocimiento (Inhelder y Piaget, 1955; Piaget, 1926, 1927; Piaget y García, 1971; Piaget e Inhelder, 1941). Como hemos visto anteriormente, desde la perspectiva piagetiana se aborda la existencia y evolución de las concepciones como un índice del desarrollo intelectual de naturaleza general, o lo que es lo mismo, como una manifestación del nivel evolutivo en el que se encuentran los sujetos. Los estadios evolutivos descritos por Piaget (Piaget, 1956, 1968, 1970a; Piaget e Inhelder, 1966) reflejan las capacidades intelectuales generales que determinarán las interpretaciones de los sujetos sobre los distintos ámbitos de la realidad. En consecuencia, las concepciones de los sujetos son un reflejo de su momento evolutivo (59).

La teoría de Piaget ha sido aplicada a la enseñanza de las ciencias y, aunque su mayor impacto se produjo durante los años sesenta, todavía sigue teniendo una considerable influencia en la educación (Kitchener, 1992). Es el caso de los neo-piagetianos que han elaborado nuevas teorías sobre el desarrollo intelectual conservando los elementos más consistentes de la teoría de Piaget, y eliminando los más débiles (García Madruga y Lacasa, 1997)), para pasar a describir las implicaciones educativas de sus nuevas perspectivas (p. ej.: Demetriou, *et al.*, 1992; Lacasa y García Madruga, 1997) (59).

Desde las aplicaciones piagetianas a la educación se considera al desarrollo evolutivo un factor fundamental para conocer las concepciones espontáneas que poseen los alumnos, así como para conocer sus predisposiciones a aprender nuevas nociones científicas. Como señalan Case (1985) y Driver (1986), y de modo muy resumido, la principal aplicación piagetiana a la educación consiste en adecuar los programas de enseñanza a las capacidades evolutivas de los alumnos (Harlen, 1993; Shayer y Adey, 1981). Si bien estas aplicaciones a la educación ponen mucho énfasis en los estadios evolutivos (Pope y Gilbert, 1983), sin embargo, la noción de estadio evolutivo, o la vertiente estructural de Piaget, ha sido uno de los aspectos más criticados de su teoría, incluso dentro de sus seguidores (Demetriou, *et al.*, 1992) (59).

Gilbert y Swift (1985) consideran que las críticas a Piaget han contribuido a la disminución del interés por su teoría y han favorecido la emergencia de una nueva teoría que permite considerar la existencia de las concepciones de los sujetos y su papel en el proceso de aprendizaje desde otra perspectiva.

Los trabajos que se desarrollaron dentro de esta nueva perspectiva teórica se enmarcan en lo que ha venido en llamarse el *Movimiento de Concepciones Alternativas* (Gilbert y Swift, 1985). Este movimiento surge a partir de los años sesenta, junto con el desarrollo de los trabajos sobre expertos y novatos en dominios específicos. A partir de este momento aumenta el interés por la investigación de las concepciones que construyen los sujetos. Sin embargo, éstas no se abordan ya como una manifestación de los estudios piagetianos, sino como una consecuencia del nivel de pericia en dominios específicos, siendo la experiencia y el aprendizaje futuro los que las modificarán (Cleminson, 1990; Driver, 1986, 1989; Gilbert y Watts, 1983; Wandersee, *et al.*, 1994) (Rodríguez Moneo, 1998).

El Movimiento de Concepciones Alternativas ha tenido una gran acogida entre los educadores y los psicólogos de la instrucción, y parece que es ésta una de las razones que permiten explicar su vertiginoso progreso en los últimos años (Millar, 1989). Como es bien sabido y de forma muy general, los alumnos acuden a las clases de ciencias, por ejemplo, con algunas concepciones sobre los contenidos que van a aprender y estas concepciones deben ser consideradas en la instrucción ya que son esenciales para el posterior proceso de aprendizaje (Ausubel, *et al.*, 1978; Confrey y Doerr, 1996; Hand y Treagust, 1991; Nussbaum y Novick, 1982; Strike y Postner, 1992). Sobre la aplicación del Movimiento de las Concepciones Alternativas a la educación existe un gran número de trabajos a partir de los cuales es posible afirmar que dicho movimiento ha favorecido la aparición de una perspectiva sobre el aprendizaje y la enseñanza (Driver, 1989 a y b; Driver y Scott, 1996; Duit y Confrey, 1996).

Resumiendo, como señalan Gilbert (1986) y Pozo y Carretero (1992), puede decirse que la diferencia básica entre el modelo de Piaget y el Movimiento de Concepciones Alternativas estriba en que, desde el primero, se considera que el aprendizaje está determinado por los estadios evolutivos y es independiente del dominio (Piaget, 1968), mientras que, desde el segundo, se entiende que el aprendizaje está influido por la pericia y es dependiente del dominio del conocimiento.

A pesar de estas diferencias, es posible considerar a ambas aproximaciones compatibles en algunos aspectos:

a) Las dos se sitúan en un marco constructivista del proceso de adquisición del conocimiento (Carretero, *et al.*, 1992; Pozo y Carretero, 1992).

b) Algunos piagetianos han cuestionado el componente estructural (de los estadios) de la teoría de Piaget y han valorado el componente funcional de la misma (Lawson, 1994). También, fuera de los ámbitos piagetianos y dentro de los trabajos sobre cambio conceptual, el Piaget funcional (que explica específicamente lo relativo a la equilibración) ha sido muy tomado en cuenta (Strike y Posner, 1992).

c) Piaget ha aportado al Movimiento de Concepciones Alternativas una gran cantidad de datos sobre las concepciones de los sujetos en ciencias (Carey, 1986), así como una metodología para la evaluación de las mismas (Lythcott y Duschl, 1990) (Rodríguez Moneo, 1998).

El Movimiento de las Concepciones Alternativas recoge muchos elementos de la teoría de Piaget. Por tanto, es posible considerar a la teoría de Piaget y al Movimiento de las Concepciones Alternativas, no como teorías irreconciliables, sino como teorías que se acoplan en algunos aspectos (Gilbert, 1986) y que son susceptibles de ser combinadas en el estudio de las concepciones de los sujetos (Eckstein y Shemesh, 1993) (59). No obstante, la mayor parte de la investigación sobre las concepciones de los sujetos se localiza en torno al Movimiento de las Concepciones Alternativas, dentro del cual se han identificado distintos enfoques, dos de los cuales se describen a continuación.

III.1.2 Enfoques centrados en el conocimiento científico y en el conocimiento empírico

Driver y Easley (1978) contemplan la existencia de dos enfoques diferentes en el estudio de las concepciones de los sujetos. Por un lado, puede detectarse un **enfoque centrado en el conocimiento científico que toma como referencia los modelos científicamente aceptados**. Desde esta perspectiva -también llamada perspectiva de la ciencia- las concepciones de los sujetos son analizadas incidiendo básicamente en la adecuación o inadecuación que presentan con respecto a las explicaciones científicas (59).

Desde este enfoque, podemos ubicar, inicialmente, dos grandes grupos de factores como causantes de *concepciones erróneas* en los individuos: marcos conceptuales insatisfactorios, desde el punto de vista científico, elaborados mediante el sentido común y los construidos a través de una mala práctica didáctica (43).

Por otro lado, existe un enfoque que se centra en el conocimiento de los sujetos o empírico. A diferencia del caso anterior, la atención se focaliza en la naturaleza de las concepciones de las personas; es decir, en su génesis, sus rasgos, su funcionamiento y su desarrollo. Desde esta perspectiva -también denominada perspectiva del sujeto- no se incide tanto en la desviación de las concepciones con respecto a los modelos científicamente aceptados, sino que se atiende a la naturaleza misma de las concepciones.

Las dos aproximaciones al estudio de las concepciones -centradas en el conocimiento científico y centradas en el conocimiento del sujeto- pueden ser contempladas como un reflejo del desarrollo del Movimiento de las Concepciones Alternativas (Pfundt y Duit, 1994). Al principio, a comienzos de los años setenta, la atención mayoritaria giraba en torno a la adecuación de las concepciones en relación al conocimiento científico, descuidándose un tanto la naturaleza de las mismas. La principal preocupación se centraba en la corrección o eliminación de las concepciones erróneas del sujeto. Posteriormente, la atención se focalizó de forma más generalizada en la naturaleza de las concepciones, de modo que interesaba más explicar sus aspectos positivos, esto es, el sentido de su génesis, su funcionalidad en la vida diaria, su desarrollo, etcétera.

Actualmente, la adopción de un enfoque u otro no es tan drástica y definitiva, simplemente supone incidir más en uno u otro rasgo de las concepciones. Asumir un enfoque centrado en el conocimiento científico no supone la falta de consideración de la naturaleza misma de las concepciones de los sujetos. De igual modo, adoptar un enfoque centrado en el conocimiento del sujeto no lleva consigo olvidar la falta de adecuación de las concepciones con respecto al conocimiento científico -por ejemplo, la consideración de las concepciones desde los modelos experienciales o situados del cambio conceptual-. Ambos enfoques -conocimiento

científico y del sujeto- tienen muchos aspectos que se superponen y no deben ser considerados como incompatibles, sino como complementarios y mutuamente enriquecedores (Rodríguez Moneo, 1998).

III.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PRECONCEPCIONES (Driver)

En los estudios que se han realizado sobre las ideas de los jóvenes o preconcepciones, se han puesto de manifiesto diversas características o rasgos generales que éstas presentan, como las que describe Driver a partir de sus investigaciones con un gran número de fenómenos principalmente físicos. Aunque estos aspectos generales son útiles y deben ser tomados en cuenta por los profesores y los encargados de planificación de los programas escolares, cuando se trata de planear y enseñar temas concretos es importante disponer de información específica acerca del pensamiento de los educandos respecto a fenómenos en cuestión.

a) Las preconcepciones son universales

Los trabajos de investigadores y profesores que se dedican a determinar las preconcepciones en estudiantes aumentan cada vez más añadiendo información en este campo. Estos estudios se dirigen a mostrar que muchas de las preconcepciones que se han detectado, se repiten a lo largo de estudios hechos en diferentes años, y aún décadas, y que no varían substancialmente dependiendo de la nacionalidad de los estudiantes. Por ejemplo, los estudios realizados por Piaget e Inhelder en la década de los setentas muestran la misma preconcepción encontrada entre jóvenes neozelandeses, ingleses y suecos (en diferentes estudios desarrollados en cada país) en la década de los 80, sobre la disolución de azúcar o sal en agua que consiste en pensar que los sólidos "desaparecían" en el agua. Las mismas preconcepciones se obtuvieron en este trabajo de tesis con estudiantes mexicanos.

De esto se desprende que no es necesario que cada maestro se aboque a determinar las preconcepciones de sus alumnos en cada tema que vaya a iniciar sino que, por el contrario, puede echar mano de los resultados de estudios que ya se han llevado a cabo e investigar otras preconcepciones sobre diferentes fenómenos que aún no hayan sido objeto de estudio para incrementar el conocimiento universal de éstas. Sin embargo, hay que darles mayor importancia a esas preconcepciones que parecen presentarse en el conjunto de la población, es decir que están profundamente arraigadas y que reaparecen a pesar de que han sido confrontadas en la práctica educativa.

b) Las preconcepciones son adaptativas o funcionales

Son útiles para explicar el mundo, funcionan. La actividad mental humana requiere tener explicaciones sobre todo lo que nos rodea, cuando una explicación no ha sido dada de antemano, que es lo que ocurre en los estadios más tempranos de la vida, el niño construye sus propias explicaciones, que le sirven para relacionarse con el mundo y sentirse aceptado por él, o adaptado a él. De otra manera, si el niño no construyera esas explicaciones de lo que le rodea, el mundo sería percibido por él como impredecible, como una suma de fenómenos caóticos que lo amenazan constante e inesperadamente (tal como se sentían los hombres primitivos ante los fenómenos de la naturaleza).

c) Las preconcepciones tienden a ser estables

Como las preconcepciones son funcionales, los individuos las repasan y fortalecen; en muchos casos el medio ambiente colabora también para el fortalecimiento de estas ideas previas (la familia, los amigos, la TV, incluso los libros de texto, etcétera).

Con frecuencia podemos apreciar que incluso después de enseñar una cuestión, los estudiantes no modifican sus ideas erróneas a pesar de los intentos del profesor para remplazarlas mediante pruebas en contra de las mismas: los alumnos pueden ignorar las pruebas en contra o interpretarlas de acuerdo con sus ideas antecedentes. Aunque las nociones infantiles o juveniles o no científicas tienen la tendencia a permanecer estables, éstas no siempre son un modelo completamente coherente del fenómeno presentado, al menos desde el punto de vista científico. Es decir, las interpretaciones y concepciones de los alumnos, no por ser contradictorias, son menos estables. La estabilidad de las preconcepciones se deriva primordialmente de su funcionalidad. Mientras ésta cumpla con las necesidades del individuo no hay por qué cambiarlas.

Muy a menudo, en el alumno conviven las preconcepciones y las explicaciones científicas aunque sean contradictorias. Utiliza las preconcepciones en la vida cotidiana y las científicas para responder el examen. En muchos casos aprenden vocabulario carente de significado real, por ello, el profesor debe ser capaz de dar un contexto al nuevo conocimiento; lo que se aprende en la clase debe salir a la cotidianidad, debe ser útil para el alumno, aplicándolo a la realidad, de esta manera, será más probable que el alumno reemplace su preconcepción por la idea científica que "también" funciona en la práctica diaria.

d) Las preconcepciones son resultado de un pensamiento dirigido por la percepción

Existe una tendencia en los alumnos a basar inicialmente su razonamiento en las características observables de una situación problemática. Por ejemplo, sólo consideran que existe luz cuando es lo suficientemente intensa como para producir efectos perceptibles, como una zona iluminada en una superficie, en vez de pensar en una entidad que atraviesa el espacio. Del mismo modo, el azúcar "desaparece" cuando se disuelve, en vez de permanecer aunque en forma de partículas excesivamente pequeñas como para poder ser vistas.

Al enseñar ciencias conducimos a nuestros alumnos a "ver" los fenómenos y las situaciones experimentales de una forma especial, a ponerse las "gafas conceptuales" del científico. Esto implica que los alumnos construyan modelos mentales para las entidades que no son directamente percibidas, como la luz, la corriente eléctrica, las partículas de la materia. El proceso de modelado que aquí se requiere es complejo: exige que los alumnos construyan o utilicen determinadas entidades, que pueden ser conjuntos de objetos o sistemas, que las describan de manera exacta utilizando determinados parámetros (por ejemplo: masa, volumen, temperatura, carga) y que tengan en cuenta los procesos de interacción entre los parámetros, describiendo las relaciones que haya entre ellos (empleando conceptos como fuerzas, calor, corriente eléctrica). La construcción de estos modelos complejos exige considerable esfuerzo por parte del aprendiz y es probable que pase algún tiempo antes de que estas formas de ver el mundo se conviertan en parte estable y útil del "armazón" conceptual del joven.

e) Las preconcepciones son el resultado de un enfoque limitado

En muchos casos, los jóvenes toman en consideración únicamente aspectos limitados de situaciones físicas particulares, centrando la atención sobre los elementos sobresalientes de determinadas características especiales. Por ejemplo, la cuestión relativa a la combustión de fósforo en un recipiente cerrado dirigió la atención de los alumnos hacia determinadas características que cambian durante la combustión: la combustión misma del fósforo, el "humo" que salía, el "humo" que se disolvía. Al predecir la masa del sistema, los alumnos tendían a centrarse en una de estas características manifiestamente cambiantes, en vez de considerar la interacción entre los contenidos del recipiente en cuanto sistema cerrado.

La propensión de los jóvenes a interpretar los fenómenos en relación con sus propiedades o cualidades absolutas adscritas a los objetos, en vez de hacerlo con respecto a la interacción de los elementos de un sistema, aparece asociada a esta tendencia a centrarse en aspectos limitados de una situación dada. Por ejemplo, algunos niños eligen un recipiente de hierro para conservar frío el hielo durante el mayor tiempo posible a causa de las propiedades específicas del hierro (p. ej.: es un sólido frío por naturaleza): no se mostraban proclives a pensar en el problema en términos de interacciones entre hielo, el recipiente y el aire ambiental. De igual modo, al explicar la acción de un popote o de una jeringa, muchos alumnos consideraban únicamente lo que ocurría en el interior, atribuyendo el movimiento del líquido a la fuerza de "succión" en vez de tener en cuenta que el flujo del líquido era una consecuencia de las diferencias de presión entre el interior y el exterior del popote o de la jeringa. Desde una perspectiva científica, el proceso de combustión implica la interacción de las sustancias combustibles y del oxígeno; sin embargo, los niños tienden a considerar que la posibilidad de que una sustancia arda constituye exclusivamente una propiedad de la misma.

f) Las preconcepciones son resultado de un enfoque centrado en el cambio, y no considera los estados constantes

La tendencia en los niños, caracterizada por situar el centro de atención en el cambio, a focalizarse en las secuencias de hechos o en las modificaciones habidas en las situaciones en el transcurso del tiempo, en vez de hacerlo en los estados constantes (que puede considerarse como un tipo de enfoque limitado), indica que tienden a centrarse en los estados de transición de un sistema más que en los de equilibrio. Por ejemplo, al razonar sobre el comportamiento de los fluidos, los niños tienden a considerar que la presión actúa únicamente en las situaciones de desequilibrio, dejando de lado las presiones presentes durante las situaciones de equilibrio. Se da una situación parecida en el dominio de la mecánica, cuando los niños reconocen la acción de una fuerza si perciben algún movimiento; les cuesta más reconocerla cuando los sistemas en cuestión están en equilibrio estático.

Quizá podamos comprender mejor esta tendencia a tener en cuenta los cambios, en vez de los estados de equilibrio con respecto a lo que los jóvenes creen necesario explicar, lo que pone de manifiesto un aspecto importante del razonamiento causal infantil: el cambio exige una explicación, lo cual requiere la postulación de un mecanismo sencillo que relacione los diferentes estados que presenta un sistema en el curso del tiempo; las situaciones de equilibrio, por otra parte, dado que no presentan modificaciones en el transcurso del tiempo, no requieren explicación, puesto que las "las cosas son así".

g) Las preconcepciones son resultado de un razonamiento causal lineal

Cuando los jóvenes explican los cambios, su razonamiento tiende a seguir una secuencia causal lineal. Postulan una causa que produce una cadena de efectos. Esta tendencia a pensar explicaciones en relación con las direcciones preferidas de las cadenas de hechos, indica que los alumnos pueden encontrar problemas a la hora de tener en cuenta la simetría de las interacciones entre sistemas. Por ejemplo, al considerar un recipiente que se calienta, creen que el proceso se desarrolla en una dirección, partiendo de la fuente suministradora de calor hasta un receptor; sin embargo, desde un punto de vista científico, la situación es simétrica, con dos sistemas en interacción, uno de los cuales gana energía mientras el otro la pierde.

Otra consecuencia de esta tendencia de pensamiento secuencial y de adopción de una dirección preferida consiste en que el proceso, considerado reversible por el científico, no es estimado necesariamente así por los alumnos. Se ha visto, por ejemplo, que estos se dan cuenta del efecto del incremento de la presión en una masa de gas encerrada, pero les resulta difícil anticipar el efecto de la reducción de presión.

h) Las preconcepciones son resultado de conceptos indiferenciados

Algunas de las ideas de los jóvenes tienen una amplitud de connotación distinta y considerablemente mayor que las de los científicos. Por ejemplo, el "aire" suele presentar significados notablemente más amplios para los jóvenes que para los científicos, incluyendo la noción de mediador general en las situaciones que conllevan la acción a distancia, como las fuerzas debidas a los campos gravitatorios o magnéticos, o como medio necesario para la transmisión del "calor".

Como las nociones sostenidas por los jóvenes suelen incluir mayor cantidad de aspectos y ser más globales que las de los científicos, aquéllos tienden a pasar, en ciertas circunstancias, de un significado a otro de forma no necesariamente consciente. Por ejemplo, las palabras conductor o aislante pueden ser empleadas tanto en el sentido de "calentar más o menos rápidamente" como en el de "mantener el calor o el frío". Se trata de nociones claramente diferenciadas desde el punto de vista científico, no obstante, los alumnos no ven la necesidad de efectuar tales distinciones cuando interpretan los hechos.

i) Las preconcepciones dependen del contexto

A menudo los jóvenes, contrariamente al caso anterior, emplean ideas distintas para interpretar situaciones que el científico explicaría del mismo modo. Así, un niño escogía un recipiente de aluminio para conservar caliente la sopa porque "las cafeteras conservan bien el calor y el aluminio conserva bien el calor". Sin embargo, cuando se le pidió que escogiese un recipiente en el que el agua se mantuviera caliente durante un corto período, escogió uno de acero porque "es un conductor...el calor del agua se irá hacia las paredes...y desde allí se irá hacia afuera".

Tomando en cuenta esta dependencia del contexto, nos tenemos que plantear la necesidad de tener un mecanismo para diferenciar las ideas surgidas del pensamiento de un sujeto o de un grupo y las ideas que se producen como resultado de una presión social introducida durante una situación como lo son la entrevista o "examen".

j) Las preconcepciones se relacionan con la historia de la ciencia

En ciertas áreas es tentador trazar paralelismos entre las ideas de los jóvenes y el progreso de éstas en el seno de las ciencias mismas. Efectivamente, se pone de manifiesto la notable semejanza entre algunas ideas sostenidas por los jóvenes y ciertas teorías científicas vigentes en el pasado. Por ejemplo se ha tenido la descripción del calor como una sustancia, a semejanza de la teoría del calórico; las descripciones que los niños hacen de la visión como fenómeno que procede desde los ojos a los objetos, nos recuerda el "fuego visual" de la escuela pitagórica; la explicación del movimiento como una fuerza inherente al objeto, como en la teoría del ímpetu, que afirmaba que el movimiento implica una causa y que ésta puede localizarse en el mismo cuerpo en movimiento. Recientemente, se encontró que los modelos de representación, elaborados por estudiantes del bachillerato, de fenómenos en los que se involucra el concepto de presión, coinciden parcialmente con los modelos construidos por científicos en distintas épocas. ("El desarrollo histórico del concepto de presión y las ideas de los estudiantes", trabajo presentado por la Maestra en Ciencias Leticia Gallegos Cázares en el XVII Congreso Nacional de Educación Química, Oaxaca, 1998).

No sería conveniente, sin embargo, llevar demasiado lejos el paralelismo entre la historia de la ciencia y las ideas de los jóvenes. En primer lugar, a menudo sólo aparecen algunas características comunes entre la idea empleada por los alumnos y su contrapartida histórica. Cuando los jóvenes describen la visión como un movimiento que arranca desde los ojos, no tienen las connotaciones sustantivas del "fuego visual" de las antiguas teorías. En segundo lugar, cuando las teorías en cuestión fueron manejadas por los científicos del pasado, formaban parte de sistemas conceptuales coherentes, mientras que las ideas utilizadas por los niños suelen serlo mucho menos. Las nociones que poseen sobre la fuerza y el movimiento, por ejemplo, carecen de la amplitud y coherencia interna de la teoría pregalileana de los ímpetus (la cual, a diferencia del pensamiento de la mayoría de los niños, comprendía patentemente ideas relativistas).

Sin embargo, si tomamos en cuenta el paralelismo de las preconcepciones y las ideas que se tuvieron en algún punto de la historia sobre un fenómeno, podemos tener las herramientas para combatir las ideas erróneas del mismo modo que los científicos las combatieron en su tiempo.

III.3 CÓMO SE RELACIONAN LAS PRECONCEPCIONES CON EL PROCESO DE APRENDIZAJE

Desde el punto de vista constructivista, lo que el alumno construya en su mente sobre un fenómeno, depende de las ideas previas en relación con dicho fenómeno. Así, *"en el proceso de aprendizaje, lo más importante son las ideas previas"* (Ausubel). Y por ello antes de plantearnos el camino que deberemos seguir para guiar el aprendizaje de los alumnos, es necesario conocer lo que tienen en sus cabezas sobre el tema que vamos a manejar.

El modelo introducido por los científicos cognitivos se ajusta bastante bien a lo que conocemos de la interacción entre las distintas ideas del niño y la forma de evolución que experimentan con la enseñanza. Este modelo se basa en la hipótesis de que la información se almacena en la memoria de diferentes formas y de que todo lo que decimos y hacemos depende de los elementos o grupos de elementos de esta información almacenada, que han sido

denominados "esquemas". (Aquí el término "esquema" no tiene el sentido que le atribuye Piaget sino más bien el derivado de los estudios sobre la memoria y el proceso de información) Un esquema puede referirse al conocimiento del sujeto acerca de un fenómeno específico (por ejemplo la sensación de frío suscitada por un objeto metálico), o a una estructura de razonamiento más compleja (por ejemplo, la asociación de una variable con otra que lleva a que algunos niños prevean que "cuanto más brille la bombilla, mayor será la sombra"). Por tanto, el término "esquema" denota las diversas cosas almacenadas e interrelacionadas en la memoria. Asimismo, estos esquemas influyen sobre la forma de comportarse y de actuar de una persona con el ambiente, y a su vez, puede ser influida mediante retroalimentación (*feedback*) por ese mismo ambiente.

Un ejemplo de esquema es la noción que un sujeto tiene sobre lo que es una escuela de bachillerato. En la teoría científica hay algunos "esquemas" muy elaborados que representan el conocimiento correspondiente a un campo concreto como mecánica, luz o reacciones químicas. Estos "esquemas" "comunes" y científicos integrados en estructuras, se componen, de manera similar, de elementos y de relaciones entre ellos. Sin embargo, difieren en que algunos elementos de una teoría científica no corresponden a percepciones directas.

Estos modelos de la organización de esquemas integrados en estructuras pueden ser utilizados para describir el aprendizaje o la adquisición de una nueva porción de conocimientos. En primer lugar, explicaremos una nueva porción de conocimientos considerando una analogía con la agrupación de los estudiantes de una clase. Estos se relacionan entre sí y forman grupos para actividades distintas, como deportes, teatro o ciencias. Estos grupos no son estáticos, sino que se modifican cuando cambian las amistades, los intereses; algunos estudiantes puede que no se relacionen con los otros y permanezcan aislados. Pensemos en lo que sucede al incorporarse un nuevo alumno. Cuando llega, pueden darse varias posibilidades: puede no relacionarse con ninguno de los alumnos, permaneciendo aislado; puede unirse a uno o varios grupos ya existentes, o su presencia puede provocar la reorganización general de los grupos de amigos. El mismo estudiante se integrará de forma distinta según la clase lo acoja. Así el nuevo conocimiento que se incorpora, depende de la estructura (cantidad y conexiones) de los conocimientos previos.

La analogía con el aprendizaje es clara: el modo de asimilación de un nuevo elemento de información depende tanto de la naturaleza de dicha información como de la estructura de los "esquemas" del aprendiz. Por tanto, la misma experiencia facilitada a los estudiantes en sus clases de ciencias puede ser, de hecho es, asimilada de manera muy distinta por cada sujeto.

Estas imágenes de la organización de esquemas y de la adquisición de otros nuevos puede dar cuenta de la existencia de estas ideas personales, contradictorias y estables. Cada uno de nosotros tiene una organización característica de esquemas. La información adquirida está ligada a otra información y, aunque la nueva sea idéntica para varias personas, hay pocas probabilidades de que el enlace establecido entre esta información adquirida y la ya almacenada sea el mismo para dos personas distintas (ver figura 3.1).

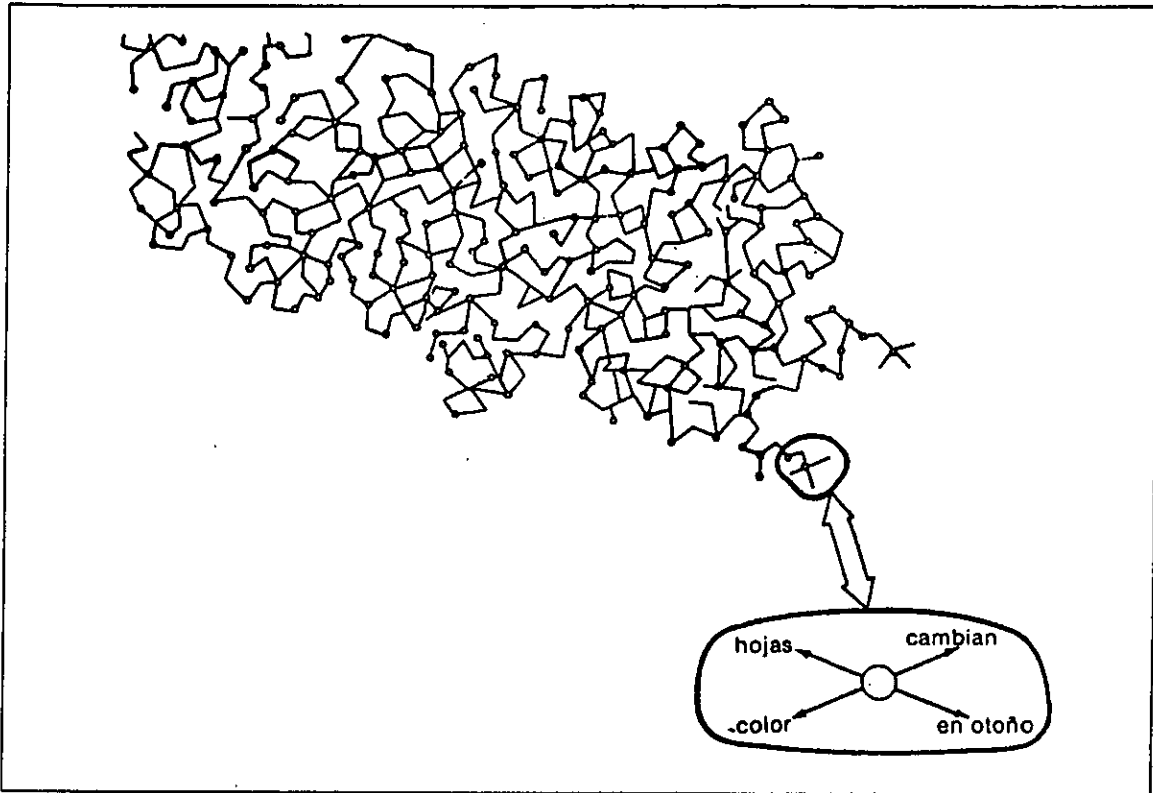


Figura 3.1 La red proposicional. Cada proposición, representada mediante una estructura con nodos y eslabones, está unida a otras proposiciones a través de ideas comunes. Así, la totalidad del conocimiento declarativo está interrelacionado en una enorme red de proposiciones.

Cuando un estudiante manifiesta diversos conceptos contradictorios, se ponen en juego diferentes esquemas; estas ideas pueden ser estables todas ellas en tanto que los esquemas las mantengan integradas en estructuras, de manera que el cambio de una de ellas requiere la modificación de una estructura y no meramente de un elemento de la misma.

Al aprender ciencias, un alumno puede darse cuenta de que un hecho se opone a sus expectativas, de que no se ajusta a sus esquemas. Sin embargo, la simple comprobación de esta discrepancia no implica necesariamente la reestructuración de las ideas del estudiante; esa reestructuración requiere tiempo y circunstancias favorables. Para ayudar a los niños a llevar a cabo esta reestructuración de su pensamiento acerca de los fenómenos naturales, la enseñanza de las ciencias puede desarrollar un importante papel para proporcionar a los alumnos una amplia muestra de experiencias relacionadas con determinadas ideas clave.

III.3.1 Cómo aprovechar las preconcepciones de los alumnos

Una de las estrategias, si bien no es la única, que permite adaptar mejor la enseñanza a los estudiantes consiste en tener en cuenta sus ideas previas. Esta adaptación puede darse de diversos modos:

a) La elección de los conceptos que se enseñarán

En ciertos esquemas de enseñanza utilizados con alumnos de secundaria algunos conceptos se consideran obvios y se dan por sabidos al planificar el curso. Sin embargo, el estudio de las ideas de los niños sugiere que, incluso nociones aparentemente tan sencillas como la conservación de materia o la naturaleza intensiva de la temperatura, no pueden ser captados por muchos estudiantes de secundaria. La incomprensión de estas ideas fundamentales puede, en tal caso, llevar a posteriores y más serios problemas de aprendizaje.

b) La elección de experiencias de aprendizaje

Si conocemos las ideas de los estudiantes, podemos atacarlas de modo directo mediante experiencias que entren en conflicto con sus expectativas, de manera que les obliguen a reconsiderarlas. No obstante, no es suficiente, para promover tal cambio, ponerlas en tela de juicio; hay que presentar otras alternativas, que han de ser consideradas por los estudiantes no sólo como necesarias, sino como razonables y plausibles. El conocimiento de las ideas de los jóvenes nos permite escoger actividades de aprendizaje que puedan ser interpretadas más fácilmente por los estudiantes en el sentido que pretendemos. Tenemos un ejemplo en el caso de la reflexión de la luz por los objetos. La mayoría de niños de 13 y 14 años reconocen que un espejo tiene la propiedad de reflejar la luz, pero piensan que los otros objetos no lo hacen. En apoyo a esta idea, manifiestan que con un objeto no podemos iluminar un objeto o lanzar ráfagas hacia alguien. El profesor puede proponer experiencias semejantes para convencerles de que la luz es reflejada por los objetos corrientes. A mediodía, en verano, un trozo de papel blanco deslumbra cuando recibe la luz del sol. En una habitación oscura, podemos percibir con facilidad un objeto ligeramente coloreado cuando lo iluminamos mediante la luz reflejada por una hoja de papel blanco. Por otra parte, vemos también que el conocimiento de las concepciones de los niños nos permite rechazar algunos experimentos clásicos de la enseñanza que no son interpretados por el niño en el sentido deseado, o que representan sólo una porción mínima poco representativa respecto a la amplitud del concepto presentado.

c) La planificación de los programas

Convencionalmente, la planificación del *programa* de una asignatura de ciencias arranca del análisis conceptual de los temas implicados. Las posibles secuencias de enseñanza se preparan mediante el análisis de las ideas básicas, desde un punto de vista científico, y construyendo el programa desde ese lugar de partida. Los estudios realizados sobre las preconcepciones indican que nuestros esquemas de ciencias pueden dar por supuesto que nuestros alumnos han elaborado ya determinadas ideas básicas y quizá no sea así. Ideas como que la luz viaja a través del espacio o que la materia se conserva se dan por supuestas con frecuencia en nuestros esquemas de enseñanza, aunque es difícil que hayan sido elaboradas de manera adecuada por los alumnos que asisten a las clases.

Todo esto indica que, en la planificación del *programa*, no sólo es preciso considerar la estructura del tema, sino también tener en cuenta las ideas de los alumnos, lo que puede obligar a revisar los pretendidos puntos de partida de nuestra enseñanza: las ideas que podemos suponer traen los alumnos.

El conocimiento de éstas es también muy importante para programar las tareas específicas de la enseñanza. Cuando sabemos los tipos de preconcepciones que prevalecen, podemos proponer actividades que contradigan o amplíen el marco de aplicación de las mismas.

El Movimiento de Concepciones Alternativas ha tenido una gran acogida entre los educadores, pero, a pesar de algunos intentos dirigidos a establecer un mayor nexo de unión entre la investigación básica y la práctica del aula (Millar, 1989), no se ha sabido transmitir suficientemente los avances del estudio de las concepciones alternativas a los docentes, con el fin de que puedan llevar a cabo un mayor número de aplicaciones en el contexto educativo (Wandersee, *et al.*, 1994). Todos estos problemas tendrán que ser resueltos en trabajos posteriores. Los trabajos únicamente descriptivos sobre las concepciones alternativas son de alguna forma, el pasado. Las nuevas investigaciones profundizan en las explicaciones de la estabilidad y el cambio, es decir, en la comprensión del proceso del cambio conceptual (Rodríguez Moneo, 1998), y en la puesta en práctica de este conocimiento para mejorar la actividad educativa.

CAPÍTULO IV

EL CONSTRUCTIVISMO EN EL AULA

Cuando un profesor dice que el método que usa funciona perfectamente y que no es necesario buscar otras alternativas, la primera impresión que se tiene es que estas aseveraciones son extremadamente subjetivas y que ese profesor no está abierto a las posibilidades de mejora. La enseñanza de las ciencias no es fácil por sí misma, además, los alumnos son diferentes; se han detectado gran variedad de estilos de aprendizaje y de intereses que aumentan la dificultad de la enseñanza, a lo que hay que añadir el número creciente de estudiantes en un aula y sus necesidades frente a un mundo cada vez más tecnificado, sin contar los diversos tipos de problemas que enfrentan, etcétera.

Hofacker (1975) en su trabajo realizado para la UNESCO acerca de la enseñanza de la Química, indicó que cualquier mejora en la comprensión de los alumnos debe tener en cuenta los principios de la psicología educativa (Pomé y González, 1990).

Al hablar de "constructivismo" no se habla únicamente de las investigaciones sobre cómo los estudiantes desarrollan su pensamiento en abstracto, sino cómo aprenden determinadas asignaturas y sus contenidos. En este campo, los psicólogos, los científicos y los profesores trabajan conjuntamente y esta relación ha originado un avance importante en la comprensión de los procesos del aprendizaje. Por ello, frente a las dificultades que encara la enseñanza en general, y la enseñanza de las ciencias en particular, que nadie puede poner en duda, la teoría constructivista del conocimiento permite reformular el problema sobre bases más sólidas y orientar la investigación y la práctica pedagógica para lograr resultados de mejora concretos en el aula.

IV.1 OBJETIVOS DE LA ENSEÑANZA

Los alumnos que aprenden ciencias se encuentran sometidos a una serie de situaciones conflictivas que han de resolver (Chinn y Brewer, 1993). Cuentan con un conocimiento informal -fruto de un intento personal y espontáneo de dar sentido al mundo- y con un conocimiento formal -resultado de la instrucción- (Pines y West, 1986). En algunos casos la relación entre estos tipos de conocimiento no es conflictiva y ambos pueden coordinarse fácilmente de forma coherente; a veces se produce este hecho porque apenas existe conocimiento informal, o casi no hay conocimiento formal. No obstante, en la mayoría de los casos, la relación entre estos tipos de conocimiento es conflictiva.

Dado que las preconcepciones de los estudiantes no concuerdan con las concepciones científicas, el objetivo de la educación consiste en lograr el cambio conceptual en los alumnos (Chinn y Brewer, 1993); darles la oportunidad de "aprender entendiendo", o mejor dicho, darles la oportunidad de involucrarse activa y conscientemente en un proceso, paso a paso, de reorganización de sus estructuras de conocimiento. "La educación de la Química debe contribuir para que el alumno reorganice su dominio conceptual y cree nuevas categorías conceptuales con bases científicas que le permitan aprehender al mundo de una forma más objetiva"(Bodner, 1991).

Si el profesor desea que sus alumnos aprendan realmente aquellas explicaciones científicas correctas, es recomendable que lleve a cabo un proceso de enseñanza basado en el proceso de cambio conceptual.

Una teoría adecuada del cambio conceptual permitirá entender mejor el proceso de aprendizaje y puede tener claras implicaciones para la instrucción (Vosniadou, 1994a). Un profesor que sabe cuáles son los procesos implicados en el cambio conceptual organizará su enseñanza de modo que podrá favorecer el aprendizaje de sus alumnos. No hay que olvidar que las ideas que tiene cualquier profesor acerca de cómo aprenden sus alumnos serán decisivas en la metodología de enseñanza que vaya a desarrollar (Clark y Peterson 1986) (Rodríguez Moneo, 1996).

IV.2 MODELOS DEL CAMBIO CONCEPTUAL

Los modelos del cambio conceptual son una alternativa a la propuesta de desarrollo cognitivo descrita por Piaget (Hatano, 1994). Desde estos modelos, el desarrollo intelectual se concibe como un progreso en la estructura de conocimiento debido al aprendizaje en dominios específicos, más que como resultado de un progreso en las capacidades lógicas del niño, aplicables a todos los dominios (Vosniadou y Brewer, 1987). De hecho, en los últimos años se ha producido un desplazamiento de las concepciones más globalistas, como la piagetiana, por las concepciones más específicas de dominio como las propuestas por los modelos del cambio conceptual, para dar cuenta del desarrollo cognitivo (Vosniadou, 1994c).

Para llevar a la práctica el paradigma constructivista se han generado diversos modelos instruccionales, que corresponden a diversos modelos explicativos del cambio conceptual. Estos modelos, a pesar de estar basados fundamentalmente en el constructivismo, presentan algunas diferencias que se manifiestan principalmente en los mecanismos que proponen para lograr el cambio conceptual.

Los modelos del cambio conceptual pueden ser clasificados atendiendo a varios criterios (Rodríguez Moneo y Carretero, 1996):

a) Dependiendo de la idea que se tenga sobre la organización de las concepciones alternativas de los sujetos. Los mecanismos del cambio conceptual pueden ser distintos en función de cómo se conciba la organización inicial de las concepciones (Strike y Postner, 1992). En los casos en que se considera que están más estructuradas (Carey, 1986a, Tiberhien, 1994 y Vosniadou, 1994), quizá sea recomendable el uso de la contradicción, y no así en aquellos casos en los que las concepciones están débilmente organizadas (Disessa, 1988 y Reif y Allen, 1992).

b) En función del mecanismo del cambio conceptual. El cambio puede atribuirse al papel desempeñado por el conflicto (Chinn y Brewer, 1993; Hashweh, 1986; Posner, *et al.*, 1982), por las reelaboraciones (Karmiloff-Smith, 1992), por las analogías (Brown, 1994; Treagust, *et al.*, 1996; Vosniadou, 1994c), por la metacognición (White y Gunstone, 1989; Reif y Larkin, 1991; Spelke, 1991) o por la aplicación a distintos contextos (Disessa, 1993a, Hallden, 1991; Linder, 1993). Obviamente, el cambio conceptual es descrito de forma diferente en función del mecanismo responsable al que se le conceda mayor importancia.

c) Distinguiendo los estudios que se centran en los estados o en el proceso. A veces los trabajos sobre el cambio conceptual se centran más en los estados y son más descriptivos (Vosniadou y Brewer, 1992) y, sin embargo, en otras ocasiones focalizan más la atención en el proceso de cambio y son más explicativos (Hashweh, 1986) (Rodríguez Moneo, 1998).

Existen otras clasificaciones más recientes como la aportada por Rodríguez Moneo (1998) que está incluida en un estudio muy extenso y profundo sobre el cambio conceptual.

IV.3 FASES DE LOS MODELOS INSTRUCCIONALES DEL CAMBIO COGNITIVO

Para lograr el cambio conceptual, los modelos instruccionales constructivistas del cambio conceptual basados en el conflicto (Nussbaum y Novick, 1982; Driver, 1989c; Driver y Scott, 1996) tratan de identificar, cuestionar y debilitar las preconcepciones de los estudiantes. Pines y West (1986), por ejemplo, proponen tres periodos básicos: conciencia, desequilibrio y reformulación para promover el cambio conceptual. Las fases de las distintas estrategias instruccionales reflejan, esencialmente, estos tres periodos básicos (Rodríguez Moneo, 1998); sin embargo, los modelos propuestos por cada autor varían en el número de fases o pasos que proponen, dependiendo de si hacen o no explícitos procesos más particulares contenidos en los tres generales antes descritos. Es muy importante emplear el conflicto de forma adecuada, sin embargo, esto no implica seguir rígidamente las distintas estrategias instruccionales dadas por cada autor, aunque sí sería recomendable responder a los tres periodos básicos que han de ajustarse a las condiciones de enseñanza, esto es, a las características de las disciplinas que se enseña, las características de los alumnos, etcétera.

IV.3.1 Fase de partida: existencia e importancia de las preconcepciones

El niño, aún cuando es muy pequeño, tiene ideas sobre las cosas y fenómenos que le rodean. Al iniciar el proceso de aprendizaje los alumnos, y más aún los jóvenes, poseen ideas previas (ideas explicativas propias o nociones previamente adquiridas) relacionadas con aquello que se estudia en la clase; en el caso de las ciencias experimentales, por ejemplo, ya tienen explicaciones para los fenómenos físicos y químicos.

Sus mentes no son hojas en blanco o tablas rasas capaces de recibir la enseñanza de modo neutro, sino por el contrario, un libro con ideas que desempeñan un papel propio en las experiencias de aprendizaje; que influyen sobre lo que se aprende de formas diversas (León, 1986; Nuñez, 1983).

Muchos autores, como Ausubel, Piaget, y Wallon, incluyeron esta noción como elemento integrante de sus teorías. Lo que los niños son capaces de aprender depende, al menos en parte, de "lo que tienen en la cabeza", así como del contexto de aprendizaje en el que se encuentren (Driver). La importancia que estas ideas tienen ha llevado a algunos autores a definir las como el factor más importante que influye en el proceso de aprendizaje (Ausubel, *et al.*, 1978; Driver, 1986).

Es necesario para el docente, aceptar que existen las ideas de los alumnos sobre diferentes objetos y fenómenos de la ciencia; aceptar que son coherentes y estables, fruto no del azar sino de un sistema de interpretación de la realidad distinto al sistema que posee el profesor. Aceptar también la dificultad para modificarlas a través de la enseñanza tradicional.

IV.3.2 Fase de exploración o de exposición de las preconcepciones

El diagnóstico de la calidad de los conceptos previos necesarios para la comprensión de un nuevo concepto en cada alumno, es el mejor modo de conseguir una planificación sistemática y rigurosa de las situaciones de aprendizaje (Pomé y González, 1990). A esta planificación contribuye también el conocimiento de los conceptos previos obstaculizantes, es decir aquéllos que se contraponen al conocimiento científico que se pretende alcanzar. Por ello, al inicio del aprendizaje de un tema determinado, es conveniente que el profesor conozca las ideas previas de los alumnos: la forma en que los alumnos se plantean el tema, el lenguaje que usan, los razonamientos que aplican, también sus actitudes hacia el aprendizaje propio, etcétera (Gómez y Sanmartí, 1996).

La labor del docente en esta etapa consiste en:

a) despertar el interés de los alumnos sobre el tema de estudio a través de una serie de demostraciones que el profesor lleva a cabo. En la estrategia instruccional de Driver (1989c; Driver y Scott, 1996) esta fase es llamada de orientación (Rodríguez Moneo, 1998).

b) motivar a los alumnos a expresarse sobre la base de situaciones problemáticas en las que se pongan en juego razonamientos estratégicos para propiciar que verbalicen sus diferentes interpretaciones, enfoques, que describan y expliquen un amplio rango de fenómenos relacionados con el tema y permitir que todas las opiniones que se manifiesten sean acogidas en el grupo.

Las preguntas contextualizadas y abiertas, así como las experiencias de cátedra en la enseñanza de las ciencias experimentales, pueden ser buenas actividades de motivación y exploración, siempre que vayan acompañadas de discusiones en pequeños grupos y/o en la totalidad del grupo (Gómez y Sanmartí, 1996).

Las ocasiones para que los alumnos pongan de manifiesto sus propias ideas pueden ser elegidas según las necesidades del maestro y según las posibilidades de tiempo (al iniciar el curso, al iniciar un tema, al iniciar una clase, etcétera). Para conocer las ideas de los alumnos el maestro puede usar distintos métodos y tiene que poner su creatividad en juego: puede trabajar con todo el grupo o con pequeños grupos; puede lanzar preguntas, conversar, aplicar cuestionarios escritos, pedir que representen lo que piensan sobre algún fenómeno, que dibujen o que utilicen otro medio de expresión (Driver, 1986).

Driver califica a una subfase de su estrategia instruccional como de clarificación e intercambio de ideas. Las actividades que aquí se realizan incluyen una serie de discusiones entre los alumnos y el profesor que garantizan las aclaraciones pertinentes y el intercambio de opiniones, sobre la base de la exposición previa de los estudiantes. También se pueden desarrollar juegos de simulación de científico o detective, desde los que es posible apreciar las ideas de los alumnos acerca de la naturaleza de las teorías científicas y la manera de proceder de la ciencia (Rodríguez Moneo, 1998).

Desde esta primera fase de actuación del profesor podemos ver la importancia de la buena comunicación que se tiene que desarrollar entre los participantes del proceso enseñanza-aprendizaje. *"...Un problema para mí fundamental en el proceso educativo es la interacción comunicativa entre profesor y alumno. Creo que el riesgo de la discontinuidad en la comunicación entre el profesor y el alumno siempre está presente y muchos son los factores que pueden influir. Se habla de "patología de la comunicación" y si existe ésta, el proceso educativo no se realiza"* (Borsese, 1996).

En la estrategia instruccional de Chinn y Brewer (1993), se recomienda no sólo detectar las preconcepciones de los alumnos sino averiguar también la fuente de atrincheramiento de éstas. Estos autores se basan en un ejemplo del trabajo de Vosniadou (1992), desde el que se describe la existencia en los sujetos de una concepción alternativa de la Tierra como una esfera hueca cuyos habitantes viven en un plano horizontal en el interior de la misma. Esta concepción de la Tierra es persistente y tiene su fuente de atrincheramiento en la idea de los estudiantes de que las cosas caen hacia abajo. Los alumnos intentan coordinar esta concepción con la información que reciben acerca de la concepción científica de la Tierra esférica. El intento de coordinación da como resultado la creación de la concepción alternativa de la Tierra descrita. Sólo a partir de un conocimiento de gravedad, los estudiantes podrán adoptar la concepción científica de la Tierra esférica y comprender que es posible que las personas vivan en el hemisferio sur sin caerse (Rodríguez Moneo, 1998).

Para favorecer el proceso de cambio conceptual en los alumnos que parten con unas ideas previas erróneas no es suficiente con hacerlas explícitas, sin embargo, es un paso esencial (Gómez y Sanmartí, 1996). Existen una gran cantidad de trabajos experimentales que ponen de manifiesto que los modelos instruccionales que parten de las preconcepciones de los estudiantes y que presentan reto a las mismas, generan mejores resultados que aquéllos que no las consideran y por lo tanto no las cuestionan (Duit, 1994). La exposición oral de las ideas de los alumnos se debe promover, independientemente de que el profesor haga uso de cuestionarios escritos para conocer las preconcepciones, puesto que la verbalización en el contexto social del aula tiene además otros objetivos y ventajas.

IV.3.3 Fase de toma de conciencia inicial

Diversos estudios han indicado la importancia de la metacognición en los modelos instruccionales y en el proceso del cambio conceptual (Baird y White, 1996; Hennessey, 1993; Vosniadou, 1991b,c,d). Los resultados de los últimos estudios permiten afirmar que la inducción a la metacognición potencia el proceso de cambio conceptual (Wittrock, 1994,

Hewson, 1996) y proporciona grandes beneficios desde el punto de vista motivacional (Paris y Winograd, 1990; Zimmerman y Martínez-Pons, 1992). Cuando los profesores hacen explícitas las preconcepciones de los estudiantes y les hacen conscientes a éstos de las mismas, (Hewson, 1996), además, cuando ayudan a sus alumnos a reflexionar sobre las actividades que llevan a cabo, están potenciando la metacognición y favoreciendo el cambio conceptual; finalmente, cuando los docentes piensan sobre sus métodos de enseñanza, contribuyen a que éstos mejoren y se puede favorecer, con ello, el proceso de cambio conceptual (Northfield, *et al.*, 1996) (Rodríguez Moneo, 1998).

Por medio de la exposición oral de sus ideas y la discusión sobre ellas, los alumnos se encuentran enfrentados a una variedad de explicaciones semejantes y/o diferentes a la que cada uno posee. De esta manera inician un proceso de cuestionamiento, comparación y reflexión sobre lo que cada uno y sus compañeros saben.

Es importante que los alumnos sean conscientes de aquello que saben, de sus explicaciones y también que reconozcan que existen otros puntos de vista diferentes a los suyos y las dificultades que se les presentan para convencer a alguno de sus condiscípulos. Es una fase de suma importancia para poder planear las siguientes actividades (Sanmartí, 1993). En las prácticas constructivistas de actuación en el aula, favorecedoras de la actividad constructiva y reconstructiva del que aprende, éste debe tomar conciencia y responsabilidad de su aprendizaje, negociarlo con los demás y autorregularlo.

Es importante también que el maestro reflexione sobre dos características de las ideas previas: son funcionales para el alumno y son resistentes al cambio. Estas dos características están estrechamente ligadas entre sí. Los alumnos poseen preconcepciones que pudiendo ser erróneas e incoherentes desde el punto de vista científico, no lo son desde el punto de vista personal. Dichas ideas son adecuadas para ellos porque les permiten explicar la realidad y, justamente por eso, son enormemente resistentes al cambio (Rodríguez Moneo, 1996).

Los alumnos, por ejemplo, creen que el azúcar deja de existir al disolverse en el agua (Driver, *et al.* 1985), y que las cosas flotan porque pesan poco (Carretero, 1984; Smith, *et al.*, 1985). Estas ideas son incoherentes e incorrectas desde el punto de vista científico, pero son correctas y coherentes desde la perspectiva del alumno. El alumno las ha construido sobre lo que ve y le han sido de gran utilidad durante mucho tiempo para explicar la realidad. Aún hoy le son útiles, ¿por qué razón va a tener que cambiarlas cuando se lo diga el profesor?. ¿Por qué va a tener que despreciar unas explicaciones que aún le sirven para dar cuenta de la realidad? (Rodríguez Moneo, 1996).

El siguiente punto para el profesor será entonces determinar las relaciones necesarias entre lo que se va a enseñar y lo que ya sabe el alumno (Driver, Gómez y Sanmartí, 1996). O dicho de otro modo, se selecciona el contenido que se va a enseñar tomando en cuenta no sólo el conocimiento científico, sino también las ideas de los estudiantes y sus necesidades conceptuales (Stavridou, 1992).

IV.3.4 Fase de desequilibrio o de creación de conflicto conceptual

Los alumnos no suelen elaborar una idea que explica o describe adecuadamente todas las instancias presentadas en la subfase anterior. Si el profesor quiere que sus alumnos cambien las ideas previas erróneas, deberá desarrollar una metodología mediante la cual sus alumnos puedan ver que las ideas que poseen y que creen tan potentes, explicativas y válidas, en realidad no lo son tanto (Rodríguez Moneo, 1996). Para ello debe proveerle de material, de tal forma que quede estimulado para reconsiderar o modificar tales puntos de vista no científicos y pueda encontrar sentido para establecer nuevas relaciones (Driver). No se crea insatisfacción en el alumno simplemente diciéndole que su conocimiento previo es incorrecto, hay que demostrárselo. Es necesario evidenciar que el conocimiento previo no es válido porque, dado que es tan resistente, si no se demuestra su invalidez, difícilmente se modificará (Rodríguez Moneo, 1996).

El aprendizaje activo de significados supone una secuencia de situaciones de equilibrio y de desequilibrio o de conflicto cognitivo. El conflicto conceptual se genera a partir de la presentación de hechos discrepantes que las preconcepciones del alumno no puedan explicar, de esta forma, el alumno cuestionará la concepción que posee produciéndose en este caso el desequilibrio. La observación de un hecho inesperado puede estimular a que los alumnos piensen sobre esa situación. El conflicto conceptual así provocado puede llevar a que el alumno se encuentre insatisfecho con sus ideas y sienta la necesidad de modificarlas.

El profesor puede introducir el conflicto de múltiples formas como, por ejemplo, a través de predicciones solicitadas a los alumnos y que no coinciden con los resultados experimentales que posteriormente se proporcionan, a través de la manifestación de desacuerdo entre las ideas del profesor y las ideas de los alumnos, o a través de la discrepancia entre las ideas de los estudiantes (Duit, 1994; Duit y Confrey, 1996).

Por ejemplo, si un alumno tiene la idea de que el peso de los objetos es el único factor que influye en la flotación de los mismos, el profesor puede poner un ejemplo de dos objetos que, pesando lo mismo, tengan comportamientos diferentes en el agua: uno flota y otro no. De esta manera, hace que el alumno se cuestione su concepción inicial y se crea el primer conflicto (Deval, 1994).

No obstante, los hechos discrepantes en sí mismos tienen un efecto limitado. Como señala Nussbaum, a menos que los alumnos ya sean conscientes de los elementos de sus concepciones preexistentes de las que se derivan sus expectativas acerca de las situaciones concretas, pueden considerar incluso el nuevo hecho como no discrepante. Asimismo, aunque en un joven se desarrolle un conflicto conceptual, esto no significa que de inmediato construya un esquema de conceptos alternativo. Aún más, parece ser que no todos los conflictos conducen a una reestructuración de la pre-teoría (Driver).

El alumno debe ser protagonista de su propio aprendizaje y esto debe manifestarse necesariamente, también aquí, en su toma de conciencia de la existencia de un conflicto cognitivo. Si bien esta es una condición necesaria, no es una condición suficiente y quedan por determinar cuáles son los procesos que intervienen en la solución del conflicto, para que éste genere comprensión (Driver, 1986).

IV.3.5 Reformulación, resolución del conflicto o cambio conceptual

El cambio conceptual no sólo es el cambio teórico, sino que las transformaciones de la estructura de conocimiento que no implican cambios en la teoría del alumno también son cambio conceptual. Sin embargo, cuando se habla del proceso del cambio conceptual y de sus aplicaciones para la instrucción, se centra más la atención en el cambio conceptual más complejo y profundo, en el cambio teórico, acomodación, revisión, etcétera.

Para el "constructivismo" aprender ciencias es "reconstruir los conocimientos, partiendo de las propias ideas de cada persona, expandiéndolas o cambiándolas según los casos". Los contenidos conceptuales cobran importancia, ya que se consideran complementarios de los procesos o destrezas del trabajo científico.

No es suficiente con cuestionar las ideas erróneas del alumno, no es suficiente con crear un conflicto. Para que se produzca un cambio teórico debe existir una concepción científica que sea una alternativa a la concepción errónea del sujeto. La concepción científica que el profesor facilita al alumno debe ser comprendida por éste, el cambio conceptual nunca se producirá desde una situación en la cual un fenómeno tiene sentido hacia otra que no lo tenga.

La concepción científica debe ser inicialmente inteligible y plausible. El profesor debe trabajar para posibilitar la resolución del conflicto entre dos concepciones: entre la concepción errónea del alumno y la concepción científica que éste le propone. Para favorecer la plausibilidad, el docente también debe demostrar al estudiante que la concepción científica que le propone resuelve los problemas que la concepción previa del alumno planteaba. La nueva teoría se formará por reestructuración de la teoría previa y deberá superarla en cuanto a las posibilidades que ofrece de establecer nuevas y mejores relaciones entre las ideas. El problema es establecer una relación entre aprendizajes que, de alguna manera, se van acumulando y la reestructuración que finalmente se producirá (Driver, 1986).

Por ejemplo, no es suficiente con que el profesor presente una explicación del tipo: "la densidad de los objetos es lo que determina la flotación de los mismos". Debe hacer que esta concepción se comprenda a partir de ejercicios en los que se entienda la relación masa-volumen. Además, debe relacionar esta nueva idea con la noción de peso con la que vino el alumno a clase, resolviendo el conflicto entre las concepciones. Por último debe demostrar al alumno cómo la nueva concepción explica el fenómeno de dos objetos que, pesando lo mismo tienen comportamiento diferente en el agua (Deval, 1994).

Los progresos en la comprensión de los mecanismos del desarrollo y del aprendizaje nos permiten saber que el alumno tiene que ser protagonista de la construcción de sus conocimientos. Es necesario todo un proceso que implica la puesta en juego de los conocimientos previos del estudiante, el cuestionamiento de éstos y **la posibilidad de reorganizarlos para pasar a un nivel de comprensión mayor. Por lo tanto, la actividad estructurante del sujeto es fundamental en el aprendizaje.**

Lo más importante en la escuela es que el alumno aprenda a vencer las limitaciones que tiene para explicarse y controlar los fenómenos que se presentan en el mundo real, que tome conciencia de que éste es tan difícil de asir por su amplitud y complejidad. Por ello, es esencial que trate de construir modelos para explicar el funcionamiento de las cosas, y que los ponga a prueba, descubriendo sus limitaciones, y dejando abierta la posibilidad de que sean substituidos

por otros. Naturalmente, esto no tiene que hacerlo solo, sino cooperando con sus compañeros y con la ayuda del maestro, de los libros y de otros recursos didácticos (Rodríguez Moneo, 1996).

IV.3.5.1 Estimulación para la acomodación cognitiva

Desde esta fase se describen las ayudas que deben proporcionarse a los estudiantes en la búsqueda de soluciones al conflicto creado y en estimulación para la elaboración de la concepción científica que se pretende que aprendan. Los tipos de ayuda sugeridos son diversos y dependen del punto de vista que toma cada modelo instruccional. Sin embargo, puesto que los presentados aquí parten de un punto de vista constructivista, no se contraponen y pueden ser combinados a lo largo de nuestra práctica docente dependiendo de las necesidades y posibilidades. Entre ellos se encuentran:

- a) Planteamiento socrático de preguntas
- b) Integración de nuevos puntos de vista
- c) Uso de analogías
- d) Aportar el mayor número de ejemplos
- e) Referir los fenómenos a la vida cotidiana
- f) Confrontación directa con los fenómenos
- g) Promover el proceso de generalización
- h) Potenciar compromisos epistemológicos adecuados
- i) Potenciar la metacognición

a) Planteamiento socrático de preguntas

Cuando las ideas de los alumnos son incoherentes y sin relación unas con otras, el planteamiento socrático de preguntas puede ayudarles a descubrir la posible falta de coherencia de su propio pensamiento y a reconstruir sus ideas de forma más adecuada. Las discusiones en pequeños grupos con los compañeros pueden proporcionar ocasiones para explorar las propias ideas, contribuyendo al mismo propósito expuesto (Driver, 1986).

b) Integración de nuevos puntos de vista

La creación de esquemas conceptuales alternativos puede promoverse en las clases por los mismos alumnos a través de su análisis en pequeños grupos, la "lluvia" de ideas en clase y mediante la introducción de conceptos nuevos, a cargo del profesor o a través de los materiales educativos. Independientemente de la forma mediante la que se introduzcan las nuevas ideas, los alumnos aún han de darles sentido para ellos mismos: el hecho de que se diga algo a alguien no significa que lo entienda en el sentido que se pretende (Driver).

Se busca provocar la evolución del pensamiento del alumno a partir de la introducción de nuevos puntos de vista por parte del docente y los alumnos y su confrontación. Se trata de que mediante las confrontaciones vayan integrando los conceptos y procedimientos como actualmente se utilizan en la ciencia (Sanmartí, 1993).

c) Uso de analogías

En los últimos años se ha extendido el uso de las analogías en la educación como mecanismo viable para generar el cambio conceptual. Entre las ventajas de su utilización cabe destacar:

- la visualización y comprensión de conceptos abstractos y no abstractos por parte de los estudiantes;

- la referencia al mundo real de los estudiantes, vinculando lo cotidiano y lo académico;

- el incremento de la motivación de los alumnos. Es necesario en este modelo insistir en los atributos que se proyectan entre el análogo y el objeto real de estudio, así como de las limitaciones que existen en la analogía empleada (Rodríguez Moneo, 1998).

El hecho de reconocer una forma o una estructura evita el esfuerzo de un nuevo proceso constructivo para explicar lo que ocurre con un determinado fenómeno, cuando por asociación y analogía se puede encontrar la explicación ya estructurada en otro proceso o fenómeno.

Para formalizar se intenta encontrar una imagen mental o una estrategia operativa o matemática que pueden ser figuras geométricas, características comunes de una serie, proporcionalidades, etcétera. Los modelos empleados por los alumnos no van a coincidir con los de la ciencia actual porque provienen de sus experiencias personales. La labor del docente es encontrar las analogías apropiadas, los modelos mentales o facilitar el empleo de otras reglas del juego para cambiar la estrategia del pensamiento que ha sido empleada. Tiene que considerarse también que existen muchos modelos para explicar un solo hecho y que el modelo que predomine será el más sencillo.

En este tipo de actividades es tentador para el docente proporcionar el conocimiento estructurado, como lo hacen los libros de texto; lo interesante es que sea el alumno quien lo haga y modifique su propio modelo.

d) Aportar el mayor número de ejemplos

En ocasiones, un simple ejemplo no es suficiente para convencer realmente a los estudiantes de la conveniencia de abandonar una teoría y adoptar otra; por ello, se señala la necesidad de recurrir a diversas fuentes de datos, pero siempre que la teoría previa lo exija. Es importante ayudar a los estudiantes a construir un bagaje de conocimientos suficiente, tanto de dominio específico como más genérico, que les permita evaluar las teorías que se les presentan (Chinn y Brewer, 1993).

e) Referir los fenómenos a la vida cotidiana

El profesor debe procurar presentar los temas relacionados con la vida cotidiana que, por un lado, implican más a los estudiantes y por otro, les permiten justificar o explicar mejor su razonamiento.

Los datos anómalos que han creado conflicto son más creíbles si se observan desde experiencias de la vida cotidiana. En el trabajo de Brown (1994) puede apreciarse cómo el uso de analogías procedentes de la vida cotidiana supone una fuente fidedigna de datos anómalos. Los alumnos pueden pensar que una mesa no hace una fuerza hacia arriba para soportar un libro, sin embargo, la analogía del muelle permite introducir datos anómalos sobre esta creencia. También, para evitar la ambigüedad de los datos anómalos, se debe recurrir a datos perceptualmente evidentes u obvios. Por ejemplo, el modelo instruccional que propone White (1995) para la enseñanza de la física enfatiza el trabajo de los alumnos con objetos reales o perceptualmente asequibles. Se trata de un modelo que tiene una secuencia "abajo-arriba":

partiendo de los objetos físicos de la realidad, los alumnos llegan a explicaciones teóricas abstractas. El modelo "abajo-arriba" contrasta con el modelo tradicional, cuya secuencia "arriba-abajo" parte de representaciones algebraicas abstractas que normalmente resultan mucho más ambiguas para los estudiantes (Rodríguez Moneo, 1998).

f) Confrontación directa con los fenómenos

Esta estrategia se realiza a través de la interpretación de simples observaciones o a través de la experimentación. El educador debe proponer actividades de aprendizaje creativo que animen mejor el aprendizaje, confrontando la teoría con la práctica y viceversa; actividades en las cuales se encuentran y demuestran las leyes de la naturaleza y la sociedad de tal manera que se transformen en realidad concreta (Barraza, 1994). Para dar a los estudiantes la oportunidad de construir el conocimiento científico operacional, un camino prometedor es involucrarlos en trabajo práctico diseñado apropiadamente combinando experimentos de laboratorio y el estudio de situaciones de la vida diaria (Papadimitiou, 1993).

Se considera la participación de los estudiantes en diferentes actividades prácticas, como un factor crucial en el proceso de aprendizaje, porque estamos convencidos que el conocimiento no surge únicamente de los libros, sino principalmente de una interacción dirigida de los estudiantes con una variedad de materiales y fenómenos, lo que es orientado hacia un objetivo cognitivo y no sólo hacia el científico,

- Durante esta clase de trabajo práctico, se involucra a los estudiantes en tareas intelectuales múltiples y no limitadas; comparando, clasificando, prediciendo, interpretando, representando, etcétera (Stavridou, 1992).

Para empezar, se debe considerar la experimentación como uno de los pilares de la ciencia. Esto no debe ser subestimado, y no podemos continuar enseñando cursos científicos en una forma exclusivamente verbal como corrientemente se ha hecho. La clase de "gis y pizarrón" debe ser abolida... y con esto queremos borrar la falsa imagen de la ciencia que los estudiantes tienen. Mientras este método se mantenga, no podemos decir que estamos suministrando una instrucción moderna en física, química o biología (Barraza, 1994).

Las actividades experimentales permiten la confrontación entre las ideas de los estudiantes y la realidad, por lo que implican la actividad estructurante del alumno. Esto siempre y cuando no se trate de "recetas"; experimentos de laboratorio, en los que para facilitar una mayor rapidez de ejecución y un menor riesgo, se indican con detalle las manipulaciones por efectuar, sin exigirle al alumno el razonamiento oportuno ni ninguna comprensión de la actividad que está realizando. Ese tipo de trabajo implica una incomprensión de los principios metodológicos substanciales subyacentes que intervienen en el aprendizaje significativo (Pomé y González, 1990). Por el contrario, el diseño del experimento debe estar enfocado a responder a las preguntas planteadas por los estudiantes y a ayudar a resolver los conflictos que han quedado planteados.

La función del docente, en esta parte, consiste en ayudar al alumno a centrar la observación en determinados aspectos, posibilitando en primer lugar, que el alumno reconozca que es importante distinguir las variables que intervienen en el fenómeno y reconocer las que puedan ser significativas; y en segundo lugar establecer analogías, confrontar hechos o

modelos, ayudarlo a reconocer y asociar fenómenos y explicaciones ya analizados en otros momentos y en otros contextos (Gómez y Sanmartí, 1996).

"... lo que nos parece más adecuado es que los alumnos aprendan a trabajar como científicos, o simplemente como seres racionales, sobre algunos temas. Es mucho más importante enseñar a formularse preguntas, a buscar explicaciones, a ponerlas a prueba, a experimentar, a buscar los datos necesarios, etcétera, que enseñar la ciencia como un cuerpo de conocimientos terminado respecto al que la única tarea que cabe hacer es reproducir sus enunciados. Aprender a trabajar como científicos es mucho más lento que memorizar textos, y por ello, la enseñanza de las disciplinas debería reducirse en extensión drásticamente" (Deval, 1994).

Algunos modelos de enseñanza propuestos, puntualizan la necesidad del aprendizaje por descubrimiento, en el entendido que es de esta única manera que los estudiantes logran construir su propio conocimiento. Sin embargo, este punto de vista plantea varios inconvenientes y no toma en cuenta el hecho de que los alumnos pueden integrar conocimientos significativos sin la necesidad imperiosa de descubrirlos por ellos mismos, sino que este proceso puede darse por la intervención didáctica presentando hechos "acabados" pero de tal manera que son comprendidos o integrados en la red de estructuras de conocimiento de los alumnos.

Chinn y Brewer (1993) consideran que los alumnos desarrollan con más facilidad el cambio conceptual cuando se les presenta la nueva teoría que se desea que adopten. Por ello, muestran evidencia empírica acerca de los inconvenientes de un aprendizaje por descubrimiento extremo, que pueda dar lugar a una concepción incorrecta de la nueva teoría científica y se inclinan en favor de un aprendizaje más receptivo, o en todo caso, de un aprendizaje por descubrimiento mucho más guiado. Si se produce un aprendizaje por recepción, naturalmente no es necesario que sea el profesor quien proporciona la teoría científica, ésta puede ser facilitada a través de los textos, de la computadora o de otros medios (Rodríguez Moneo, 1998).

g) Promover el proceso de generalización

Es necesario practicar el empleo de las ideas en un conjunto de situaciones diferentes. El problema de la generalización es importante y hace falta proporcionar al alumno oportunidades para estimular su empleo. En especial, es preciso considerar cuidadosamente el papel desempeñado por el experimento en la enseñanza de las ciencias. Para un científico, los resultados de un experimento proporcionan información general sobre una clase de fenómenos; los objetos concretos y los aparatos utilizados se consideran "representativos" de un conjunto de situaciones. Los jóvenes, por otra parte, pueden no tomar las características especiales de un montaje experimental dado en términos tan generales y, consiguientemente, lo que aprendan de un experimento puede restringirse al contexto concreto en el que se ha desarrollado. Así pues, es importante también proporcionar oportunidades a los alumnos para que comprueben el ámbito y los límites de aplicación de los resultados experimentales. De este modo, acrecentarán su confianza en las nuevas ideas, considerándolas útiles.

h) Potenciar compromisos epistemológicos adecuados

Las concepciones de los estudiantes sobre la ciencia tienen enormes repercusiones en el aprendizaje. Por este motivo, es importante elaborar algún tipo de intervención instruccional que permita transformar dichas concepciones, de tal forma que las nuevas ideas estimulen el

proceso de cambio conceptual. Desde estos modelos se concede a profesores y alumnos un papel mucho más activo, consciente y responsable, así como más semejante al papel desarrollado por los científicos (Rodríguez Moneo, 1998).

Se favorece el cambio conceptual cuando los alumnos tienen creencias epistemológicas en las que se pone de manifiesto, entre otras cosas, una concepción de la ciencia como algo que se aplica a la vida cotidiana (Chinn y Brewer, 1993), que necesita de una consistencia entre las teorías y los datos. Como un proceso de debate y de cambio teórico, más que como un cuerpo estático de conocimiento por ello se presentan elementos de la evolución histórica del conocimiento científico y no sólo en su estado final (Sanmartí). Todas estas creencias pueden ser enseñadas a partir de un proceso de "culturización" que permitirá a los alumnos desarrollar estrategias de razonamiento científico. Dicho proceso de culturización tiene lugar con la incorporación de los estudiantes en una comunidad que discute el papel de los datos anómalos, debate teorías y evalúa la relación entre la teoría y la evidencia (Rodríguez Moneo, 1998).

IV.3.6 Evaluación

Tras el desarrollo de las estrategias de cambio conceptual, el profesor no debe asumir que los alumnos aprendieron. Por otra parte, muchas veces, la forma en que evaluamos el aprendizaje del alumno no nos permite saber si el alumno sólo "posee" el conocimiento (por ejemplo como resultado de la memorización) o si lo comprende; es decir, no hay que confundir "conocer con entender" (Bodner, 1991).

Es importante encontrar los significados y conceptos que haya generado el que aprende, ya que a partir de sus conocimientos, de sus actitudes, habilidades y experiencias se van a determinar los modos en que él mismo genere nuevas significaciones y conceptos que le sean de utilidad personal, debido a que quien aprende construye activamente significados (Gómez y Sanmartí, 1996).

Con frecuencia es difícil evaluar la eficacia de la enseñanza en relación con la promoción del cambio conceptual a corto plazo. Efectivamente, podemos necesitar repensar nuestros puntos de vista sobre la enseñanza con el fin de prepararnos a adoptar objetivos a largo plazo en relación con el aprendizaje conceptual de nuestros alumnos. Los jóvenes no adoptan ideas nuevas o modifican las que tenían de manera radical durante el período de tiempo dedicado normalmente a una clase ni, incluso, a un conjunto de clases. No obstante, se les puede estimular a que empleen ideas de tipo científico en un marco progresivamente más amplio de situaciones durante un extenso período de tiempo.

La evaluación debe ser efectuada desde el punto de vista del profesor pero es necesario que sea también una evaluación del propio alumno.

El alumno debe comparar sus nuevos conocimientos con el inicial, a fin de que reconozca su progreso y valore las ventajas de la nueva posición. Para facilitar este proceso existen instrumentos de mucha utilidad, como son la elaboración de mapas conceptuales y en general, cualquier instrumento de resumen o síntesis construido por el mismo alumno. Se trata de que el alumno reconozca lo que ya sabe y lo que sigue ignorando.

IV.3.6.1 Fase de aplicación

La evaluación del proceso de aprendizaje constructivista, debe basarse en la capacidad de aplicación de los nuevos conocimientos del alumno a la resolución de problemas cuando éstos se presenten en diferente contexto o con diferentes variables.

Cuando un aprendizaje es significativo el alumno puede aplicar sus conceptos reestructurados a nuevas situaciones. La dificultad que enfrenta el docente es la poca o nula facilidad que tiene el alumno para aplicar los conocimientos a manipulaciones o experiencias concretas porque no está acostumbrado a relacionar el nuevo aprendizaje con diferentes contextos en el mundo real o cotidiano más allá de los límites del salón de clases. Sin embargo, la búsqueda de los puntos de referencia en la estructura cognitiva de los alumnos que faciliten esta transferencia es uno de los campos más importantes de la investigación didáctica y un reto para encontrar la respuesta al problema que presenta la gran cantidad de contenidos que se pretende que los alumnos aprendan en el tiempo de permanencia en las aulas (Sanmartí, 1993).

IV.4 EL CAMBIO CONCEPTUAL COMO UN PROCESO A LARGO PLAZO

Los cambios conceptuales no se llevan a cabo rápidamente y a veces no son totales, A veces, la comprensión se da fuera del aula o algunos días después.

Los cambios conceptuales constituyen un proceso lento y a largo plazo. Hay ejemplos de aprendizaje sin cambio conceptual. En algunos casos, el resultado de la enseñanza parece ser la incorporación del vocabulario científico a las concepciones antecedentes de los alumnos. Por ejemplo, se han visto estudiantes que utilizaban la palabra "presión", transmitida mediante la enseñanza, pero implicando la noción de "succión". De igual manera, los educandos añadían a su vocabulario las palabras "conductor" y "aislante" sin modificar substancialmente sus ideas relativas a la transferencia del calor.

Hemos observado, asimismo, casos en que las nuevas ideas eran modificadas por los alumnos para adaptarlas a sus formas de pensar. Al estudiar el papel del oxígeno en la combustión, aceptaban rápidamente que el oxígeno era necesario para que ésta se produjera, pero, en vez de desarrollar las ideas referidas a la combustión química, tendían a considerar que el oxígeno desaparecía al consumirse.

En otros casos, los jóvenes comienzan a utilizar un determinado concepto en un número limitado de situaciones. Sin embargo, la integración y el uso coherente de los nuevos conceptos constituye un proceso a plazo mucho más largo. Cuando las nuevas ideas entran en conflicto con los puntos de vista de los alumnos, también pueden ser un obstáculo para el aprendizaje. Para integrar estos conceptos nuevos, los chicos quizá tengan que modificar la organización de sus ideas de modo radical, lo que supone una auténtica "revolución" de su pensamiento. Incluso cuando esto ocurre, las ideas nuevas y las antiguas pueden coexistir. Este tipo de aprendizaje, que no se produce frecuentemente, requiere que los jóvenes acumulen nueva información sobre la base de la reorganización de sus concepciones.

"...las ideas erróneas que construyen son como las ideas previas, muy resistentes (a la instrucción) al cambio, tanto que una fracción significativa (hasta el 40 %) mantiene esos errores aún después de, por ejemplo, 900 horas de enseñanza en las aulas y el laboratorio" (Bodner, 1991).

IV.5 OTROS ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA DURANTE EL PROCESO DE APRENDIZAJE

a) Generar el ambiente propicio

El clima de clase tiene que ser de tal forma que los alumnos y el profesor puedan manifestar sus opiniones respetando las ideas de otros. Además, los alumnos y el profesor tienen que desear y saber que el objetivo de la discusión es alcanzar un significado compartido, por lo que es bueno crear un clima que favorezca la negociación (Hewson, 1996).

También se crea un ambiente de aprendizaje que favorezca el trabajo colectivo y las interacciones entre los alumnos y anime el desarrollo de habilidades como la comunicación, la confrontación con las ideas y las creencias de otros, etcétera.

Es importante establecer un diálogo real y verdadero entre el maestro y los estudiantes y entre los propios estudiantes. El maestro debe servir como un guía y compañero que, por ejemplo, contribuya al desarrollo de personalidad libre, capaz y responsable del estudiante. El maestro, como los estudiantes, debe asumir una actitud dispuesta al aprendizaje. Para este fin, el educador no debe situarse sobre los estudiantes, sino a su lado, para preparar actividades de aprendizaje creativo que lo promuevan (Barraza, 1994).

b) Evitar, como maestro, ser fuente de nuevas ideas erróneas

Es lamentable constatar que algunas ideas erróneas son frecuentemente propiciadas por el instructor durante el propio proceso de enseñanza (Bodner, 1991).

- Si los alumnos han de dar sentido a las cosas por sí mismos deben estar activamente implicados en la reflexión sobre su propio pensamiento. Uno de los factores que socava este proceso es el síndrome de la "respuesta correcta".

A menudo y en muchas clases, alumnos y profesores conspiran juntos inconscientemente para destruir la comprensión científica de los jóvenes; ambas partes adoptan la perspectiva de que se intenta lograr la "respuesta correcta", y los estudiantes utilizarán diversas claves irrelevantes de las preguntas rutinarias del docente, del vocabulario de las hojas de trabajo y de las preguntas de los libros de texto para obtener ese objetivo. Hay que estimular por tanto, a los alumnos a que tengan en cuenta el conjunto de posibles interpretaciones de los hechos y traten de evaluarlas por sí mismos (Driver).

- El lenguaje que usamos puede ser causa de nuevas ideas erróneas. Usamos términos como "capacidad calorífica" o frases como "el calor fluye" que fueron comprensibles en el contexto de la teoría aceptada al momento en que fueron propuestas, a pesar de que esa teoría ya no es aceptada. El lenguaje con frecuencia permanece constante o estático, mientras la ciencia evoluciona, mientras el significado de los términos cambia hasta que son engañosos.

- Es necesario cuidar la forma en que simplificamos las ideas para que sean aprendidas desde el primer momento. Las explicaciones rápidas y superficiales que ayudan a los alumnos a entender algún fenómeno que esperamos que sea aprendido desde ese momento, son con frecuencia recordadas en lugar de la "más correcta" y más explícita cuando se enfrentan a temas tratados con mayor profundidad.

- No decimos a los alumnos de manera explícita los puntos que son obvios para el instructor o decimos cosas que aquellos no entienden.

- No enfatizamos, ni siquiera describimos explícitamente, los límites de las suposiciones.

¿Cuántos de nosotros, por ejemplo, hacemos experimentos de calorimetría en los cuales pedimos a los alumnos suponer que el calor desprendido en una reacción química es igual al calor absorbido por el agua en el cual se lleva a cabo la reacción o por el baño de agua que rodea la reacción? Es posible que este experimento refuerce la idea de que el calor "se conserva", que el calor no puede ser creado o destruido. (Bodner, 1991)

c) Propiciar el trabajo en equipo

Debido a que la interacción directa y constante entre el maestro y cada alumno no siempre es posible, una de las técnicas apropiadas para alcanzar los objetivos de enseñanza es trabajar en equipos. También los constructivistas sugieren la utilización complementaria de sistemas de trabajo individual y en grupos de componentes variables, para favorecer la autonomía del alumno. Los estudiantes trabajan en grupos pequeños de dos a cuatro personas, guiados por hojas de trabajo diseñadas para ellos, mientras colaboran con sus condiscípulos y con nosotros cuando tienen dificultades o preguntas (Stavridou, 1992).

El mérito de técnica educacional en equipos ha sido demostrado a través de la práctica y reside en que:

- Sirve como una "apertura" para la formación de conducta social y conlleva los beneficios de la comunicación y la cooperación entre individuos.
- Debido a que se obtiene un arreglo social de interacción, se produce una mejora en la calidad y eficacia del ambiente cognitivo.
- La pasividad del estudiante se elimina. Ellos dejan de ser "objetos" que reciben el conocimiento y se transforman en individuos que investigan, analizan, y discuten. En otras palabras, se transforman en sujetos conscientes de su propia formación.

En estudios experimentales, se ha encontrado generalmente que "Mientras más responsabilidad se le delega a los estudiantes, sus reacciones han sido mejores y más maduras; sin embargo, esto debe ser hecho en un ambiente homogéneo y consecuente para todos, principalmente para el maestro". Si no, los estudiantes confunden la libertad con el libertinaje y la responsabilidad de nuevo cae sobre el maestro y unos pocos alumnos, y como consecuencia, la situación se manifiesta en una forma irresponsable y anárquica.

Para que el trabajo en equipos funcione, desarrollando su creatividad y capacidades críticas, la enseñanza debe ser reflexiva, es decir, "centrada en el problema". La comprensión de un problema como una situación que demanda ser conocida, y como un fenómeno social o natural del cual se deben descubrir sus características internas y sus conexiones con otros fenómenos, pero también que es capaz de involucrar realmente al estudiante en su solución. Dicho de otra manera, se debe plantear a los estudiantes una situación problemática de algo "desconocido" de manera que se encuentren ellos mismos con una pregunta que no puedan contestar inmediatamente (es decir, crear una necesidad). El problema debe presionar lo suficiente para hacer que los estudiantes quieran estudiarlo verdaderamente, pero no agobiarlos al punto que prefieran abandonarlo (Barraza, 1994).

d) Personalizar la enseñanza

Es importante una intervención diferenciada en los alumnos, que requiere la adaptación de la ayuda pedagógica a sus capacidades. Por ejemplo, un mismo experimento se puede realizar con guiones distintos, o seleccionando para cada alumno preguntas de diferente grado de dificultad.

e) Echar mano de recursos didácticos

Para hacer progresos en las clases de ciencias, es necesario usar material que ilustre, más claramente que las simples palabras, los principios científicos o tecnológicos por demostrarse. Los salones de clases no deben ser sitios aislados de la realidad, al contrario, deben ser lugares donde los hechos, los ejemplos y la información recibida del mundo industrial, comercial, productivo y científico puedan ser discutidos de manera que beneficien a los jóvenes que serán el futuro del mundo. Es necesario enfatizar *aprendizaje* más que enseñanza, *formación* más que información. Debemos suministrar el conocimiento básico que será el punto de partida para los estudiantes hacia su propio desarrollo personal en el cual ellos, como sujetos de la naturaleza, puedan aprender a conocerla, a amarla y a conocerse a ellos mismos, para usarla para encontrar una mejor forma de vida (Barraza, 1994).

f) Promover el compromiso con la sociedad y con la naturaleza

"Es necesario enseñar a los estudiantes a amar la naturaleza, a usarla como debe ser usada, a disfrutarla; es necesario sembrar en ellos la inquietud de que a través del conocimiento pueden tomar ventaja de él y a través de la investigación pueden penetrar en su estructura. Por esas razones, son necesarios algunos cambios en la manera de enseñar ciencias, y deben estar basados en una actitud y mentalidad diferente" (Barraza, 1994).

"...los buenos maestros...transforman conductas e inducen valores humanos. Así, los buenos maestros son los que dejan huella después de que olvidamos lo innecesario, son aquellos que nos plantearon alguna vez la pregunta ¿para qué vivir? y nos ayudaron individualmente a esbozar una respuesta parecida a para servir a los demás. " (Andoni Garriz, 1996).

IV.6 PERSPECTIVAS

Las sugerencias ofrecidas para promover el cambio conceptual en las clases son únicamente provisionales en el estado actual de nuestros conocimientos, pues están basadas en una pequeña cantidad de estudios exploratorios. Esperamos que en los próximos años se desarrolle el trabajo cooperativo entre profesores e investigadores, que nos permita poner en práctica lo que ya conocemos acerca de las ideas de los jóvenes, con el fin de encontrar formas adecuadas para que las clases se conviertan en lugares en los que el aprendizaje de las ciencias adquiera mayor significado y sea más interesante, en donde los conceptos de los alumnos sean valorados y se estimule su desarrollo (Driver).

Gracias a las aportaciones y avances que presenta, este modelo sirve de referencia a la investigación y a múltiples proyectos en el campo de la enseñanza de las ciencias, pero está lejos de ser un modelo acabado y definitivo.

En cuanto a su aplicación, este modelo proporciona indicaciones, sugerencias y, sobre todo, iniciativas al modelo escolar para lograr un aprendizaje eficaz. Ha cuestionado el papel del lenguaje en la enseñanza y la dificultad de efectuar una construcción individual del conocimiento, a partir de operaciones cognitivas, en un medio real a diferencia del medio artificial que propone la escuela.

El "constructivismo" no define *a priori* el objetivo a alcanzar mediante la actividad cognitiva y se contrapone al sistema escolar actual, que trata de que se aprendan temas determinados y saberes bien definidos en un tiempo dado.

Los planes de estudio y la escuela tenderán a actualizarse (Arcá, 1993) para poder acomodarse al ritmo de los alumnos que están absortos en la construcción de sí mismos y en la construcción de los conocimientos que perciben por sí mismos y que no coinciden con los que les está proponiendo la escuela.

No es posible que las innovaciones metodológicas y didácticas puedan desarrollarse en un contexto inadecuado, con metas rígidamente dirigidas a objetivos diferentes de la construcción personal del conocimiento y con una didáctica que corresponde, por ejemplo, a un modelo de transmisión-recepción o bien a un modelo conductista.

El cambio requerirá un esfuerzo suplementario en la formación de docentes, en la organización de espacios, tiempos y programas para cambiar la estandarización cultural que propone la mayoría de los sistemas escolares (Gómez y Sanmartí, 1996).

IV.7 CONSIDERACIONES FINALES

Si se enseña de este modo, las viejas concepciones erróneas tendrán más posibilidades de ser descartadas y será más probable que los alumnos aprendan las concepciones científicas que se les proporciona en clase. Esta es una manera de aprender en la que las nuevas explicaciones se ponen al servicio de la resolución de problemas.

Esta forma de enseñar contribuye a cambiar la estructura declarativa y procedimental del alumno. Éste aprende resolviendo problemas que se plantean. El conocimiento declarativo no tiene sentido si no se pone al servicio del conocimiento procedimental. No tiene sentido enseñar al alumno nuevas concepciones que no le sirven para explicar la realidad y resolver problemas (Rodríguez Moneo, 1996).

Enseñar ciencias es mediar en este proceso de aprendizaje, tanto en lo que respecta a la planificación y a la organización de actividades relevantes, como a la dirección del trabajo individual y en equipo y a la intervención en determinadas fases de la secuencia. Las actividades a realizar pueden variar según las reacciones de los estudiantes (Gómez y Sanmartí, 1996).

Por ser trabajadores, la mayoría de los maestros estamos sometidos también a los problemas derivados de la crisis económica: muchas horas de clase por semana, muchos grupos con muchos alumnos, bajos salarios, problemas familiares, mala salud, etcétera. El hecho de constatar esto, no significa que no hagamos nada por cambiar esta situación. Muchos de nosotros tomaremos la elección de cambiar de profesión, pero para aquellos que hemos elegido permanecer en la docencia, es necesario que atacemos el problema desde otro ángulo que no sea el descargar nuestra inconformidad contra los estudiantes, no desquitar nuestro malestar en las aulas. Definitivamente, nuestros alumnos no tienen por qué recibir el impacto negativo de nuestra situación. En esta actividad, como en muchas otras, no podemos jugar con los seres

humanos que tenemos a nuestro cargo. Por ello, es necesario que todo maestro esté convencido, ante todo, de la responsabilidad que requiere su trabajo y del esfuerzo "extra" que tiene que realizar para "nadar contra la corriente" y sortear los obstáculos que le impone la situación actual en su práctica docente.

No quiero decir que debemos permanecer pasivos y conformarnos o adaptarnos a la situación. No estoy de acuerdo con los maestros que piensan que no se puede hacer nada mientras la situación no cambie de forma radical. Por el contrario, hay que empezar a pensar y actuar de manera diferente si realmente queremos un cambio profundo. Recordemos que somos modelos para los alumnos y nuestras palabras, que tienen que llevar ese espíritu rebelde y transformador, no tendrán impacto en ellos si no somos ejemplo de dedicación e innovación en nuestra práctica profesional.

Nuestras ideas, basadas en la necesidad inaplazable de un cambio, no deben estar en contradicción con nuestra actividad. Si hemos hecho la elección de la docencia, allí también se tiene que reflejar la lucha que queremos llevar contra las estructuras que impiden el desarrollo de la humanidad.

SEGUNDA PARTE

LOS CONCEPTOS: *DISOLUCIÓN, DILUCIÓN, DISOCIACIÓN Y IONIZACIÓN*

*"Soluciones llenan los océanos,
soluciones corren por nuestras venas".*
Svante Arrhenius

CAPÍTULO V

LOS LIBROS COMO PROBABLES FUENTES DE ERRORES CONCEPTUALES EN EL TEMA DE DISOLUCIONES

Aunque sea difícil de creer, los libros pueden ser también causa de errores conceptuales en los alumnos. El lenguaje escrito tiene más poder que el hablado. Mucha gente piensa que lo que está impreso, siempre es lo correcto. Sin embargo, se puede constatar que también los conceptos publicados en los libros de ciencias y las ilustraciones que se emplean para representarlos, pueden estar equivocados; muchas veces por errores en la traducción, redacción o precisión, pero también algunas veces por equivocaciones en los conceptos introducidos por el propio autor que no maneja adecuadamente el conocimiento que quiere exponer.

Cuando nosotros, como químicos, leemos un libro de Química solemos prestarle muy poca atención a la información que ya conocemos, de tal manera que sólo nos damos cuenta de la existencia de errores cuando son muy notables. Aquéllos que acostumbramos identificar en los libros para los niveles medio superior y superior generalmente no son sobre los propios conceptos científicos, sino que se trata de errores de traducción, de mecanografía, de redacción, etcétera. A pesar de que este tipo de equivocaciones puede cambiar el sentido de lo que se lee, no le damos importancia porque sabemos lo que el autor quiso decir, esto es, leemos lo que tendría que estar escrito. No es lo mismo para un estudiante que tiene poco conocimiento de Química, como lo son los alumnos de secundaria e incluso de bachillerato. Cuando estos estudiantes leen un libro de cualquier ciencia en la que son "novatos", generalmente tienen que hacer un gran esfuerzo para tratar de entender el conocimiento que está impreso en el libro. Cada término es importante en el conjunto y también su colocación en el todo. Esto que parece superficial, tiene un peso muy significativo en la enseñanza.

Al leer libros de química para secundaria, a nosotros como maestros nos podría parecer que lo que se dice en ellos es muy claro y correcto. Sin embargo, al analizarlos cuidadosamente y tratar de ponernos en el lugar de quienes tienen que aprender de ellos, podemos encontrar en algunos libros otra posible razón del porqué se les hace difícil entenderlos o del porqué rechazan la lectura de temas de Química.

Todos los textos elaborados para los niveles medio y medio superior, se constituyen como auxiliares del maestro, que a través de toda una serie de actividades dirigirá la educación química de sus alumnos y contribuirá para la educación general de estos. Sin embargo, algunos de estos libros, no pueden ser comprendidos por los alumnos porque sus autores no toman en cuenta los conocimientos previos que tienen los lectores a quienes van dirigidos o utilizan

terminología o vocabulario poco apropiados. De tal manera, que el libro, de ser un auxiliar para el maestro, se transforma en un trabajo suplementario para éste, puesto que tiene que "traducir" cada párrafo a sus alumnos; o se transforma en un elemento de confusión y frustración para el alumno cuando el maestro no está dispuesto o no puede (generalmente por falta de tiempo) jugar ese papel de traductor.

Así pues, en los textos de ciencias para estos niveles, cobra mayor importancia el tipo de lenguaje y terminología que se utiliza e incluso la forma de redacción, todo lo cual puede influir en el que se le facilite o dificulte la comprensión de la lectura a los alumnos. También los conceptos mal expresados e incluso equivocados, son un factor más para mantener y reforzar los errores conceptuales que presentan los estudiantes.

V.1 CÓMO HA SIDO TRATADO EL TEMA SOBRE DISOLUCIONES EN LOS LIBROS PARA NIVELES MEDIO Y MEDIO SUPERIOR

Los temas que se tocan sobre disoluciones según el plan vigente (Modernización educativa 1992-1994) para las escuelas pertenecientes o incorporadas a la Secretaría de Educación Pública, de la educación secundaria, son: en el primer curso llamado "Introducción a la Física y Química": diferencias entre mezclas y compuestos o características de las mezclas; clasificación de mezclas: homogéneas y heterogéneas; métodos de separación de mezclas.

En el segundo curso llamado "Química": mezclas homogéneas y heterogéneas; métodos de separación de mezclas; caracterización de las disoluciones; disoluciones sólidas, líquidas y gaseosas, ejemplos cotidianos; disoluciones acuosas y su concentración; solubilidad, efecto de la temperatura y la presión en la solubilidad de sólidos y gases, porcentaje en masa y en volumen.

En el tercer curso que también es totalmente de Química: agua, disoluciones y reacciones químicas; disoluciones acuosas, concentración molar; teoría de la disociación electrolítica de Arrhenius; electrolitos y conductividad por iones; iones en acción.

Aparentemente parece poco lo que se ve en la secundaria respecto a disoluciones, pero la verdad es que el tema involucra un gran número de conceptos y no resulta tan fácil integrarlos todos, aún menos si consideramos el poco tiempo que tenemos para cubrir todo el programa.

Los libros para bachillerato, a pesar de que sus contenidos no están determinados de manera única por una sola instancia superior (universidad, secretaría, etcétera), presentan en general información muy homogénea sobre disoluciones, casi todos tocan los mismos aspectos y sólo hay heterogeneidad en el uso de algunos términos y en el hecho de que algunos se extiendan o profundicen más sobre aspectos muy particulares. Hay que hacer notar que, por ejemplo, el tema de "Mezclas" es abordado de manera muy general o rápida (a manera de recordatorio) en estos libros y en algunos ni siquiera hay un apartado con esta información, es decir, se da por hecho que el alumno ya la tiene.

La forma de presentación de los contenidos en los textos para nivel medio superior también es similar en todos. El lenguaje que utilizan supone que los lectores manejan un amplio espectro de términos químicos y consideran un grado de desarrollo intelectual en el cual no existiría gran diferencia entre los alumnos de nivel medio superior y los de los primeros grados del nivel superior. Sus contenidos generalmente están dirigidos para estudiantes en estos dos

niveles. Tienen un grado de abstracción tal que muchas veces no se dan ejemplos o sólo uno o dos.

De manera personal, a través de mi práctica docente, creo que la misma dificultad que presentan los alumnos de secundaria frente a la lectura de algunos libros de Química, se presenta con los estudiantes de preparatoria al leer estos textos "apropiados para su nivel".

En los libros para secundaria, es más notoria la diferencia en las formas de presentación. Existe una gama que va desde aquellas formas que son como un resumen de un libro de nivel medio superior, hasta aquellas que reflejan el esfuerzo de ponerse al nivel del lenguaje y del "grado de maduración" del alumno. También en algunos libros de secundaria se nota la influencia de las teorías del aprendizaje en la forma de presentar la información.

El análisis que se hace a continuación de los contenidos de los libros toma en cuenta cómo son presentados los conceptos que se relacionan con el tema de esta tesis (disolución, etcétera). Según el enfoque de Ausubel (1978):

"Los conceptos son clasificaciones arbitrarias de objetos, acontecimientos o símbolos que comparten características comunes. Cada área de conocimientos categoriza los referentes del dominio sobre el cual actúa en función de sus propias necesidades de indagación".

Desde este punto de vista, surge la siguiente pregunta: ¿es recomendable usar o no definiciones en los libros de Química para secundaria?, o mejor, ¿cómo se deben emplear las definiciones en estos libros?

Hay que tener mucho cuidado con el manejo de las definiciones. Una definición es una síntesis precisa de un concepto, es decir, abarca en pocas palabras todos los aspectos más importantes de éste. Hemos encontrado frecuentemente que cuando se omite una de las características del concepto que se está definiendo éste pierde su esencia; se hace impreciso. La elaboración de una definición es un trabajo que requiere un amplio dominio del tema y además un amplio conocimiento del público a quien va dirigido; es decir es muy importante considerar el lenguaje que maneja el lector para hacer comprensible una definición. El uso de las definiciones en los libros, especialmente para nivel secundaria, debería ser como inicio o fin de una explicación amplia del concepto y acompañada de varios ejemplos. Si no se cumplen estos requisitos, las definiciones pueden resultar incomprensibles para el lector.

En algunos libros analizados (6,7,14,15,16,17,29,30) hay una tendencia a presentar cada concepto en forma de definiciones cortas, es decir, a presentar los conceptos a partir de una explicación muy general que suele resultar muy abstracta, puesto que no se ejemplifica suficientemente. Esto puede parecer una ventaja si queremos que el alumno memorice el concepto, por ejemplo para escribirlo "tal cual" en el examen. Sin embargo, éste no debería ser el objetivo de un maestro, sino que el alumno comprenda el concepto, es decir logre integrarlo a su estructura cognitiva.

"Conocer un concepto es ser capaz de seleccionar aquellos rasgos de un objeto o acontecimiento que, desde la perspectiva de un campo de conocimiento, definen un conjunto de entidades. Saber un concepto además, implica no sólo un conocimiento descriptivo de sus atributos, sino también el dominio de ciertos procesos mentales que nos permiten identificar, reconocer o clasificar algo" (Ausubel, 1978).

Revisemos la definición que se presenta a un alumno de primer grado de secundaria: *"...una mezcla se forma uniendo o juntando un cierto número de ingredientes que no se combinan químicamente entre sí y que no se regulan por las leyes de combinación que rigen a los compuestos, las cuales veremos más adelante en forma general... Así las mezclas pueden formarse combinando cantidades indeterminadas de uno y otros ingredientes. Por este motivo, las mezclas no pueden representarse por medio de fórmulas debido a que no tienen composiciones fijas. Cada uno de los componentes de una mezcla mantiene sus propiedades originales. Las propiedades de una mezcla son un promedio de las propiedades de las sustancias que la componen. Las mezclas pueden dividirse en heterogéneas y homogéneas"* (14).

¡Y todo esto sin dar ni un solo ejemplo de los puntos que se exponen!. Aunque el autor logró tratar el tema "mezclas" en menos de página y media, ¿podrá nuestro alumno de secundaria entender su contenido? Pienso que no.

Frecuentemente, como en la explicación anterior, encontramos en los libros para secundaria definiciones que incluyen conocimientos que aún no se han presentado a los alumnos. Una definición que incluye conceptos que el alumno no ha revisado no tendrá ningún sentido para él.

Así estos libros que generalmente presentan mucha información de forma concentrada, frecuentemente tienen que hacer uso de términos nuevos o de vocabulario "difícil" para el alumno de secundaria y, la mayoría de las veces, no se detienen a explicar cada término usado por primera vez o a recordar el significado del concepto. Otra característica que presentan estos libros es que se detienen muy poco en los ejemplos y muchas veces no los hay.

Cabe señalar que entre estos libros encontramos un autor (6,7) que presenta (con raras excepciones) la misma información que la que manejan los libros para preparatoria, y algunas veces hasta más, es decir, trata de manera muy profunda temas muy específicos. Por ejemplo, presenta una clasificación de coloides (dispersiones coloidales, soluciones macromoleculares y coloides de asociación) describiendo las propiedades de cada tipo de ellos. Creemos que esta manera de presentar el conocimiento dando demasiada información a los alumnos, sin saber si son capaces de asimilarla y si les va a ser útil, no es adecuada.

Los libros de este tipo requieren la presencia del maestro como traductor. Los alumnos tienen la información más importante escrita, es decir un resumen, y entonces el papel de los profesores es dirigir a los alumnos para que desglosen la información, ayudar a los alumnos a interpretar y a extender la información con base en explicaciones y ejemplos.

Encontramos dos autores (8,19) que desprenden la información (a veces dada en forma de definiciones) a partir de un experimento sencillo; es decir, primero piden al alumno que realice el experimento y de allí, a través de cuestionarios, se desprenden las conclusiones que corresponden al contenido del tema. Sin embargo, hay diferencias en el método seguido por cada autor.

Uno de ellos (8) no presenta los experimentos estructurados de tal manera que den lugar a la reflexión que se busca. Por ejemplo, en los experimentos señalados de formación y separación de mezclas, se indica el procedimiento para hacerlas y separarlas, y se pide al alumno solamente: *"anota las propiedades de las sustancias y lo que ocurre en cada operación"*. Generalmente, los estudiantes realizan el experimento siguiendo las instrucciones

mecánicamente; no observan realmente, no saben qué observar, no se hacen preguntas, no saben qué anotar y no saben para qué hicieron el experimento. La mayor parte de los conocimientos que pudieron adquirir son pasados por alto, y el experimento sirvió casi sólo para mantenerlos ocupados durante 50 minutos. Aprendieron tal vez que hicieron mezclas pero no sabrán extrapolar sus observaciones (Ver formato del experimento en la siguiente página).

Este experimento se ha elaborado sin dirigir su observación: a la proporción de las sustancias que pueden formar la mezcla; al hecho de que cada sustancia conserva sus propiedades; a que los procedimientos que está desarrollando son físicos; a que no existen (en estos casos) cambios de energía aparentes, todos ellos aspectos que el autor señala en las conclusiones que él desprende de esas actividades.

Estos libros requieren, por principio, que el profesor complemente las actividades que están sugeridas en ellos, pero esta vez dirigiendo la atención de los alumnos a las cuestiones significativas de las cuales se van a desprender las conclusiones o contenido del tema. Una pregunta de este tipo sería: ¿Qué cantidades puedes utilizar de agua y de sal para formar la mezcla?

El otro autor sí presenta los cuestionarios, de tal manera que el alumno relacione sus observaciones con los conocimientos que el libro presenta como conclusiones.

Esta manera de presentar la información tiene la ventaja de que el estudiante entiende más fácilmente lo que se le quiere transmitir en forma escrita, pero se dificulta la generalización si no se dan suficientes ejemplos, como ocurre generalmente, puesto que estas actividades (el experimento y la resolución del cuestionario) requieren más tiempo que sólo la lectura de la información.

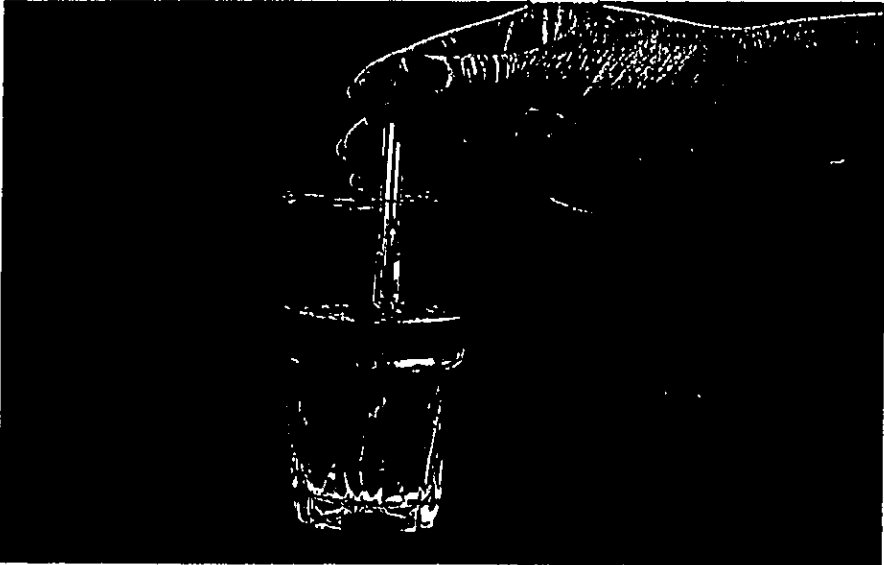
Estos libros necesitan que el profesor encuentre la forma de que los alumnos generalicen el conocimiento, es decir, de ayudarlos para que a partir de sus observaciones y conclusiones sobre un fenómeno que se caracteriza por ciertas condiciones, sean capaces de "manipularlas" mentalmente para aplicarlas correctamente a condiciones diferentes.

Por último, pocos libros parten de ejemplos sencillos (de la vida cotidiana) pero tratados ampliamente y de forma amena, de tal manera que faciliten la comprensión por parte del alumno y promuevan su interés. Estos textos se complementan con actividades que se relacionan casi de forma inmediata con la lectura que se está teniendo. Es decir, hay correlación estrecha entre lo que se lee y los experimentos propuestos.

Para el uso de estos libros no es necesario un "traductor", el alumno puede entender el contenido del libro por sí mismo y realizar trabajos sobre ese contenido: resúmenes, síntesis, tablas, ampliar ejemplos, etcétera. Sin embargo, este tipo de presentación requiere, como el que parte de un experimento, que el profesor ayude a los alumnos en el esfuerzo de generalización.

Otro aspecto que se debe considerar en la presentación de un concepto por el libro, es lo que se quiere destacar de ese concepto; si según los objetivos es necesario abordar sólo algunas o todas sus partes. Por ejemplo, al proponer el estudio de mezclas, por el nombre del bloque en el curso I "Nociones básicas de energía y su interacción con la materia", se esperaría que el objetivo fuera que el alumno pudiera diferenciar cuándo se trata de un fenómeno físico y cuándo se trata de un fenómeno químico, al reconocer entre otras características, los cambios de energía que ocurren en la formación de una mezcla o de un compuesto. Sin embargo, "El

Ilustración V.1 Formato de un experimento en el que no se da al alumno la oportunidad de reflexionar sobre lo que está haciendo (Ref. 8 página 162).

<p>Vierte un poco de agua en el vaso y anota sus propiedades (figura 7.32a).</p>	<p>Anota las propiedades del aceite . (figura 7.32b)</p>	<p>La figura 7.32-c indica cómo se encuentran el aceite y el agua. Te habrás fijado que no se mezclan: el aceite permanece arriba.</p>
<p>Estado físico</p>	<p>Estado físico</p>	
<p>Color</p>	<p>Color</p>	
<p>Olor</p>	<p>Olor</p>	
<p>¿Cómo separamos el aceite del agua? Utiliza el gotero y colócalo exactamente sobre la superficie oprime la vejiga del gotero y observa qué ocurrió (figura 7.33).</p>		
		
<p>Figura 7.33. Separación de la mezcla agua-aceite.</p>		

Otra mezcla que conoces es el aire. Éste es una mezcla gaseosa constituida principalmente por: nitrógeno (N), oxígeno (O₂), argón (Ar), dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua, que es variable, según el clima.

Es importante que recuerdes lo siguiente respecto a las mezclas:

- Las sustancias que las forman tienen una proporción variable; no se requieren proporciones fijas para prepararlas ("un poco" de limadura de fierro, "un poco" de aceite, etc.).
- Cada sustancia que interviene conserva sus propiedades.
- Se pueden emplear procedimientos físicos, como el magnetismo, la evaporación, etc., para separar las sustancias originales.
- Como la energía que interviene en la formación de las mezclas no altera a ninguna sustancia, éstas son fenómenos físicos.

libro para el maestro" editado por la propia SEP (10) es muy general cuando hace su propuesta didáctica en este tema:

"A lo largo del curso se llevarán a cabo varias experiencias en las que los alumnos podrán identificar la manera en que se transforma la materia. Si se producen sustancias nuevas, habrán sucedido fenómenos químicos; si no, éstos se clasificarán como fenómenos físicos".

En cuanto a mezclas y compuestos dice: *"La inmensa mayoría de la materia que nos rodea está formada por diferentes mezclas, cuyos componentes, ya sean elementos o compuestos, adquieren en conjunto propiedades diferentes a las que tienen si se encuentran aislados..."* Como vemos reduce "la manera en que se transforma la materia" a la observación del producto final (mezcla o compuesto) y no considera realmente el análisis de la intervención de la energía en esos procesos. Sobre las mezclas, puntualiza las nuevas propiedades que adquiere, olvidando las que permanecen. Esta forma parcelada de observar los fenómenos que queremos que los alumnos entiendan es lo que debemos tratar de cambiar en ellos (ver características de las preconcepciones en los jóvenes, en esta tesis, pág. 37). Por el contrario, algunas explicaciones dan más información de la que se requiere y se hacen muy confusas; trate de determinar qué es lo principal de la siguiente explicación de un libro para tercero de secundaria:

"En 1884, Svante Arrhenius aclaró satisfactoriamente el fenómeno del paso de la corriente eléctrica a través de algunas sustancias químicas (teoría de disociación electrolítica). En la actualidad, esta teoría ha tenido modificaciones, se admite la presencia de iones en gran número de compuestos sólidos, sin embargo la disolución acuosa sólo provoca su disociación, no su ionización. De acuerdo con la teoría de atracción interiónica, postulada por Debye y Hückel en 1923, los electrólitos fuertes en solución están disociados totalmente, ya que al diluirlos sólo aumenta el grado aparente de disociación, pues al aumentar las distancias entre los iones disminuye la atracción entre iones de carga contraria, como resultado de ello hay menos interferencia con la salida iónica y aumenta la conductividad eléctrica"(16). Lo que queremos destacar aquí, es la necesidad de fijar objetivos claros del aprendizaje y determinar la forma más adecuada de lograrlos sin llenar al alumno de información superflua.

V.2 IMPORTANCIA DEL USO DE EJEMPLOS Y TÉRMINOS CLAROS

Junto a la importancia de la forma en que está presentado el contenido de los libros está también la del uso de ejemplos y términos claros. Sin el uso de estos, nuevamente los conceptos presentados en el libro pueden hacerse incomprensibles. El libro al que pertenece la siguiente cita da una explicación muy amplia, clara y exacta de lo que son el aire, las disoluciones y las aleaciones, excelentes ejemplos de mezclas en los tres estados de agregación.

"El ejemplo más cotidiano de mezcla lo constituye el aire. En efecto, el aire es una mezcla de diversos gases, entre los que sobresalen el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%). De hecho, estos dos gases constituyen el 99% del aire. Además el aire contiene pequeñas cantidades de vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, neón, kriptón, xenón y otros gases. La composición del aire puede experimentar variaciones por distintos motivos. Por ejemplo, la erupción de volcanes e incendios naturales introducen sustancias extrañas, tales como

partículas de carbón, monóxido de carbono y bióxido de azufre"(31). La definición continúa conectándose con la contaminación del aire.

Esta forma de abordar el tema, a partir de ejemplos exhaustivos (numerosos y precisos), supone muchísimo trabajo adicional de investigación, reflexión y redacción; pero el trabajo se ve recompensado por la mejor comprensión por parte de los alumnos, que pueden tomar ejemplos de su entorno para irles dando explicaciones cada vez más científicas.

Muchos autores subestiman la importancia de los ejemplos en la enseñanza de un concepto. Como lo vimos en el capítulo anterior (pág. 55), si buscamos que los alumnos "construyan" su edificio de conocimiento, es necesario que los induzcamos a que, por ejemplo, el concepto aire, se conecte (por dar sólo unos ejemplos) con el concepto gas, con el concepto contaminación, con el concepto mezcla, oxígeno, respiración, etcétera, de una forma adecuada, o sea significativamente. Por ello, el uso de ejemplos claros, sencillos, exactos y numerosos, con contraejemplos, es una herramienta que no debemos dejar en segundo plano.

Si se da un ejemplo de mezcla como el siguiente: "*La sal común elaborada por evaporación del agua de mar es una mezcla compuesta, principalmente, por cloruro de sodio (78 %), cloruro de magnesio (9.4 %), sulfato de magnesio (6.6 %), sulfato de calcio (3.4 %), cloruro de potasio (2.1 %) y algunas otras sales en menores proporciones...*" (31), algunos maestros pensarán que "es muy largo para algo tan simple". Y lo es si esperamos que el alumno lo memorice. Si por el contrario, queremos que el alumno vaya haciendo esas "conexiones" es una valiosa ayuda.

A lo largo de la explicación "mezcla", se hace necesario el uso de términos como: unir, juntar, dispersar, mezclar, revolver, combinar, etcétera. Aunque estos términos se usan cotidianamente como sinónimos, desde el punto de vista de la enseñanza de la química debemos hacer un esfuerzo por usar los términos más apropiados. Por ejemplo, veamos el siguiente enunciado: "*Algunas veces, cuando las sustancias se combinan, conservan sus propiedades, y pueden ser separadas con relativa facilidad; en estos casos, la combinación se llama mezcla*" (29). En química generalmente se usa el término combinar o combinación con un significado implícito de un proceso químico. El uso de términos con un significado especial para cada ciencia (terminología), además que atribuye al concepto características particulares, facilita la comunicación por lo que el uso "químico" de los términos debe ser explicado al alumno desde la primera vez que se emplean.

Otro ejemplo del mal empleo de términos es el siguiente: "*Mediante procedimientos adecuados, los componentes de una mezcla pueden separarse; dicho de otra manera, las mezclas pueden descomponerse en sus elementos constituyentes*"(29). Esta definición se presenta después de haber explicado el concepto "elemento" en temas anteriores, por lo que el uso de este término hará a los alumnos pensar en la descomposición química de los compuestos.

También debe evitarse emplear en una explicación el término que se está presentando u otro relacionado con ese (tautología). "*Otra forma simple de producir cambios en las propiedades de un material consiste en mezclarlo con otro diferente. Se obtiene así, una mezcla*" (31).

V.3 ANÁLISIS SOBRE LOS CONCEPTOS QUE SE PRESENTAN EN LOS LIBROS

El reconocimiento de la existencia de errores conceptuales en los libros es un punto de partida para que, como maestros, nos esforcemos en evitar que éstos constituyan fuente de errores conceptuales en nuestros alumnos.

Este análisis no es exhaustivo, no toca todos los puntos relacionados con el tema "Disoluciones" sino sólo los básicos y más estrechamente relacionados con el tema de esta tesis; de igual manera el análisis cubre un número relativamente reducido de libros, pues sólo pretende ejemplificar la frecuencia y los tipos de errores que se encuentran impresos en éstos. Para el análisis se han consultado 33 libros (23 para secundaria y 10 para bachillerato) que no han sido seleccionados con algún criterio especial más que con el de estar al fácil alcance de la autora. Los libros para el nivel de la escuela secundaria son los que las editoriales me han obsequiado para promocionarlos o son los que se encontraron en la Biblioteca de la Delegación Alvaro Obregón. Los libros para el nivel medio superior son los que poseo para consulta y los que se encontraron en la biblioteca de la escuela en la que actualmente laboro (Centro de Estudios Londres).

Con la idea de facilitar la lectura de esta parte, **al principio de cada punto analizado se presenta un ejemplo de la explicación considerada como correcta, resaltada con negritas; la parte errónea de una explicación se subrayará.** Al final de este capítulo se presenta una tabla en la que se resumen los tipos de errores encontrados en los libros analizados.

Por su estrecha relación con el concepto "disolución", se analizará también el concepto "mezcla". Algunos libros para preparatoria no tocan este tema. (13,18,22) Los que sí lo hacen, es de manera muy general. Los autores probablemente suponen que este tema ya está comprendido por los alumnos que cursan el nivel medio superior.

Pensamos que lo esencial que define una mezcla es:

- El número de componentes que la forman
- La forma en la que están unidos los componentes
- Su composición variable

a) El número de componentes que pueden formar una mezcla

Una mezcla puede estar formada por 2 ó más componentes.

Muy pocos libros no son precisos: "...una mezcla se forma uniendo o juntando un cierto número de ingredientes"(14). Un libro (4) llama mezcla heterogénea de un sólo componente y dos fases, al hielo en agua. Sobre esto otro libro de secundaria anota: "*Es importante hacer notar que en una mezcla los componentes deben ser de naturaleza distinta, independientemente del estado de agregación. Por tanto, un vaso conteniendo agua, hielo y vapor no constituye una mezcla... En este caso sólo puede hablarse de un sistema trifásico de un componente*" (6).

No se deben emplear los términos "ingrediente" (14,55), "sustancia" (31), "material" (4), "fase", "cuerpo" o "elemento" como sinónimos de "componente" que es el término más adecuado para nombrar a los constituyentes de una mezcla.

b) El tipo de componentes que pueden formar una mezcla

Los componentes de las mezclas pueden ser: cuerpos, sustancias, compuestos o elementos, y todas las posibles variaciones que resultan entre ellos: dos elementos, un elemento con algunos cuerpos, uno o varios tipos de compuestos, etcétera.

Definiciones muy restrictivas en cuanto a los componentes que pueden formar una mezcla son las siguientes: "*Mezcla es la unión de dos o más sustancias puras...*" (24,32), "*...de elementos o compuestos*" (12,29), "*...de sustancias*" (30).

c) El empleo del concepto "fase"

"La basura es una mezcla de materiales. Pensemos en un "modelo de fases". Decimos que una fase se caracteriza por tener superficies que la delimitan, es decir, tiene límites muy claros que la distinguen de otra fase. Así cada sólido es una fase. En la basura, cada botella, cada trozo de material, cada muñeco roto es una fase sólida. Sin embargo, cuando varias fases son de la misma naturaleza se consideran como una sola. Todas las botellas serían una sola fase (4).

...Al agregar alcohol al agua, o viceversa, no se pueden distinguir los dos líquidos, pues se mezclan en todas proporciones. Existe una sola fase. Esta es una mezcla líquida homogénea... Cuando se pone un trozo de hielo en agua se tiene un solo componente: el agua, en dos fases, una sólida y una líquida." (4)

El concepto "fase" se encontró sólo en algunos de los textos de secundaria. En uno de ellos (30) y en otro para nivel medio superior (21) está mal empleado pues lo hacen sinónimo de "componente": "*Las mezclas forman lo que se denomina un sistema y cada sustancia que la constituye se denomina fase*" (30).

Otros libros de secundaria (6,7) y uno para nivel medio superior (18) utilizan este término como sinónimo de "estado de agregación": "*Por fase se entiende el estado de agregación de la materia. Desde este criterio, ambos términos son sinónimos... Las mezclas son sistemas mono, di o trifásicos de 2 o más componentes... Si este es monofásico, es decir, sólo presenta un estado de agregación, se clasifica como homogéneo"*(6). Desde este punto de vista, si tenemos un sistema de sal con carbón sería homogéneo porque se presenta sólo el estado sólido, lo cual es incorrecto.

d) La conservación de las propiedades químicas de los componentes

Los componentes de la mezcla se pueden recuperar por medio de procesos físicos sencillos, y aquéllos mantendrán sus propiedades originales tras esa separación física. Las propiedades de los componentes, que se mantienen dentro de la mezcla, dependen del nivel de interacciones que se produce entre los componentes. "*En una mezcla heterogénea las sustancias individuales permanecen esencialmente iguales a como eran antes de mezclarse. Esto no ocurre en una solución... donde una de las sustancias a menudo cambia de forma*" (25). El mercurio de una amalgama no se mantiene líquido, o los cristales de una sal no permanecen como tales en una disolución.

Hay que recordar que los alumnos tienden a poner más atención a los cambios aparentes, que a lo que permanece sin alterarse en un fenómeno. (Ver características de las preconcepciones), por ello es importante hacer énfasis también en lo que no cambia.

Las explicaciones que encontramos en algunos libros son incompletas: "Cada uno de los componentes de una mezcla mantiene sus propiedades originales" (1,8,14,30,31); sí, pero, ¿en qué momento o qué propiedades?. Tenemos que evitar introducir la idea según la cual: antes y mientras están mezclados los componentes tienen las mismas propiedades lo cual no siempre es cierto: "cada uno de los componentes puede identificarse por sus propiedades originales".(29) ¿Podremos identificar los cristales de azúcar en la mezcla de agua azucarada?, ¿podremos determinar la densidad del agua en una mezcla de ésta con cualquier otro componente?.

e) La mezcla presenta diferentes propiedades a las de sus componentes

La mezcla, como tal, tiene diferentes propiedades físicas a las propiedades físicas de los componentes que le dieron origen. "*Otra forma de producir cambios en las propiedades de un material consiste en mezclarlo con otro diferente.*"(31). Por ejemplo: Si mezclamos sal con agua, la mezcla podrá conducir la corriente eléctrica a diferencia de la baja conductividad del agua sola y la sumamente baja de la sal sólida.

Hay que tener cuidado con nociones inexactas del tipo: "Las propiedades de una mezcla son un promedio de las propiedades de las sustancias que la componen" (14,15). Tenemos un ejemplo que relativiza la aseveración anterior: "*...el bronce, es una aleación de cobre y estaño, cuya dureza es superior a los metales que lo originan*". (30)

f) La formación de mezclas es un fenómeno físico

En las mezclas nunca hay formación de sustancias o moléculas de diferente tipo a las que se tenían originalmente. Por lo tanto, cuando hacemos una mezcla estamos ante un fenómeno físico.

Esta formulación no está explícita en varios de los libros analizados (18,24,33). El tema mezclas, de hecho, se debería emplear para reforzar el concepto "fenómeno físico". Hay que promover que los alumnos realicen el mayor número de "conexiones" entre los diferentes conceptos que forman su estructura del conocimiento. Es clave importante del conocimiento significativo.

g) Manifestaciones de energía durante la formación de mezclas

En general, la energía que interviene en la formación de una mezcla es de mucha menor magnitud que la que se manifiesta frecuentemente en los procesos químicos.

Este aspecto, a pesar de que el programa de la SEP incluye el tema mezclas en "Interacción entre materia y energía", sólo es abordado de manera explícita por dos autores (8,29): "*Como la energía que interviene en la formación de las mezclas no altera a ninguna sustancia, éstas son fenómenos físicos.*" (8) No hay que dejar la idea de que en la formación de mezclas no interviene la energía pues dificultará posteriormente la comprensión de la disolución a nivel de partícula. (Note que la última definición dada presenta errores de redacción: no se sabe si la palabra éstas se refiere a las mezclas o a las sustancias y además, está confundiendo el sustantivo mezcla con el verbo. Un mejor enunciado quedaría de la siguiente forma: "**Como la energía que interviene en la formación de las mezclas no altera químicamente a ningún componente, éstas son producto de fenómenos físicos**").

h) Sobre las fuerzas que unen a los componentes de una mezcla

En una mezcla, las partículas de los componentes se mantienen unidas por fuerzas sumamente débiles.

Este punto está señalado como una de las claves en el concepto "mezcla" puesto que puede ser un auxiliar para comprender la diferencia entre una mezcla y un compuesto. Es muy importante señalar a los alumnos que hay interacciones entre las partículas de los componentes de una mezcla, que las fuerzas que las unen se rompen fácilmente; y es importante señalarlo para avanzar en la comprensión por parte del alumno sobre la discontinuidad de la materia.

Sólo un libro maneja el término, pero sin haber presentado antes el concepto "fuerzas de cohesión": *"En una mezcla, las partículas de los componentes se mantienen unidas por las fuerzas de cohesión"* (30).

i) Los estados de agregación que pueden presentar las mezclas

"Las mezclas se pueden encontrar en cualquiera de los tres estados de agregación de la materia... Los componentes de la mezcla también se pueden encontrar en cualquiera de los estados físicos" (30).

Tres de 7 libros no lo mencionan, y otros tres no lo hacen de manera explícita.

j) La composición variable de las mezclas

"Una mezcla se caracteriza por tener composición variable" (4), *"... es decir, la proporción en que se unen sus componentes no está perfectamente definida"* (29) Podríamos decir mejor: **la proporción en la que se unen sus componentes puede variar infinitamente**; puede prepararse un número infinito de mezclas diferentes, de agua con azúcar por ejemplo, si se utilizan diferentes proporciones de estas sustancias.

Se sugiere el uso de "composición variable" para hablar de las mezclas en contraposición a "composición constante" en los compuestos. El término composición "indefinida" o "indeterminada" sugiere que no se puede cuantificar la composición de una disolución.

Algunos libros no dan ejemplos sobre la proporcionalidad de los componentes (14,29). El "Libro para el maestro" (3) no menciona esta característica de las mezclas. En otros libros hay errores, que aunque pueden ser de redacción o terminología, introducen conceptos equivocados y que nos dan un ejemplo de la necesidad del uso del concepto "proporción", que Pozo (24) señala como uno de los más difíciles de entender por los adolescentes: *"y pueden formarse con distintas cantidades de uno y otro ingrediente, ya que no tienen composiciones fijas, es decir, puede prepararse un número infinito de mezclas diferentes; de agua con sal, por ejemplo, si se utilizan diferentes cantidades de estas sustancias."* (15) Esta afirmación, aparentemente correcta, no toma en cuenta la relación que debe existir entre uno y otro u otros componentes. **La composición de una mezcla no depende de las cantidades sino de la proporción entre los componentes.** Una mezcla de 10 gramos de agua con 10 gramos de sal, tiene la misma composición que una de 20 de agua con 20 de sal, las cantidades son diferentes pero es la misma relación o proporción 1:1.

k) Clasificación de mezclas

Para diferenciar entre una mezcla homogénea y heterogénea es muy útil el concepto fase: "*Las sustancias forman mezclas de dos tipos: homogéneas, cuando sólo hay una fase, y heterogéneas, cuando se forman dos o más fases*". (30) Esta afirmación, que es correcta, es sin embargo entendible sólo si se explica claramente lo que es una fase.

Sólo un libro (4) expone ejemplos de diferentes mezclas, explicando en cada caso por qué es homogénea o heterogénea, tomando como base la distinción de la o las fases. "...Cada granito de arena tiene su propia superficie que lo separa del agua. Por lo tanto es una mezcla heterogénea", o "...Había allí, en el refresco sólo una fase líquida".

Los libros que no emplean el concepto "fase", presentan definiciones imprecisas: "*Si en una mezcla se pueden distinguir, a simple vista, las sustancias que la forman, se dice que es heterogénea*" (29). Lo que se tiene que distinguir a simple vista es la existencia de 2 o más componentes.

En la clasificación de mezclas y dispersiones se observó que hay diferencias (más que en otros aspectos) en los criterios para colocarlas en las diferentes categorías. Por ejemplo, hay autores que consideran que todas las mezclas homogéneas son disoluciones o que los coloides son dispersiones heterogéneas. Otro ejemplo en diferencias de criterio e imprecisiones son las siguientes citas: "*La leche tiene apariencia homogénea, pero en realidad es una mezcla heterogénea a la que también se le conoce como suspensión*"(15). "*La leche es una mezcla homogénea, una emulsión en la que la caseína actúa como estabilizador*"(4). En ambas hay que precisar las condiciones de la observación.

También hay errores en los cuadros donde las mezclas están mal clasificadas (ver cuadros V.1 en la siguiente página).

l) Mezclas heterogéneas

Dos autores (6,14) utilizan el término "mecánica" como sinónimo de heterogénea: "*Pueden llamarse mezclas mecánicas y siempre tienen cuando menos dos partes o fases fácilmente identificables, y dos o más sustancias que se mezclan en cualquier proporción*" (14).

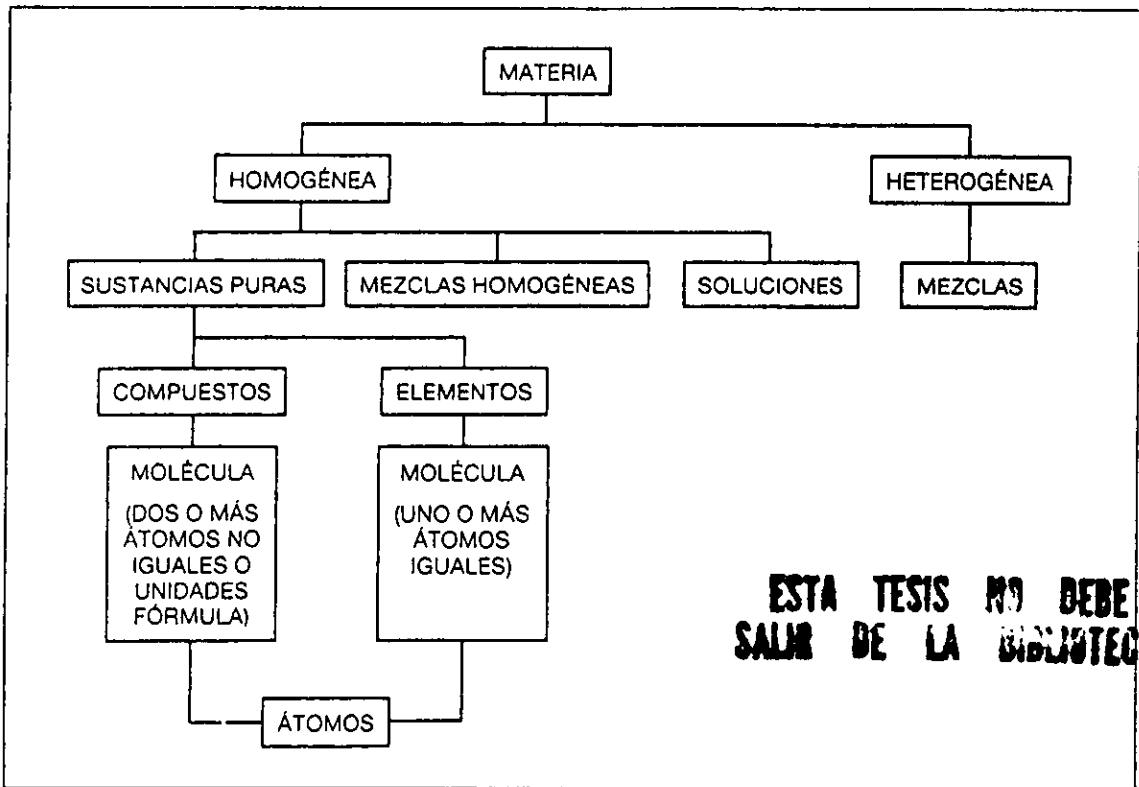
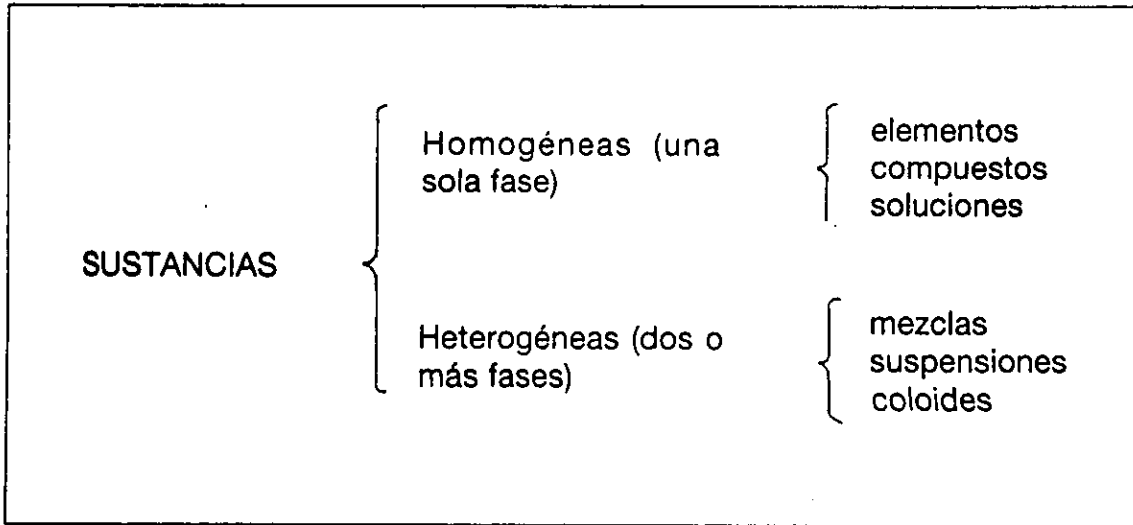
Una definición confusa es la siguiente, pues tiene que incluir la definición de un término para definir otro: "*Una mezcla heterogénea puede definirse como aquella que se compone de dos o más fases. Una fase es la parte homogénea de una mezcla, separada de otro componente*" (15).

La siguiente definición es imprecisa, porque da a entender que todas las mezclas heterogéneas tienden a separarse, : "*En el caso de las mezclas heterogéneas, las fuerzas de cohesión entre las partículas de los diferentes componentes son muy débiles, por lo que tienden a separarse*" (30).

ll) Mezclas homogéneas

"*Cuando se mezcla agua y sal, no se distingue separación de fases debido a que los componentes se han integrado íntimamente y se encuentran uniformemente distribuidos; a esto se le llama mezcla homogénea*" (30). "*Si tomamos muestras iguales de la aleación, cada muestra tiene los mismos componentes y en la misma cantidad, sin importar de qué parte se tomen las muestras...es una mezcla homogénea por tener la misma composición en toda su extensión*"(4).

Cuadros V.1 Los cuadros muestran clasificaciones incorrectas de las sustancias y la materia puesto que el primero coloca el concepto general *mezcla* al mismo nivel que *suspensiones* y *coloides*, que son a su vez otros tipos de mezcla; según este cuadro, las mezclas y coloides sólo son heterogéneos. El segundo cuadro coloca al concepto *soluciones* al mismo nivel que otros conceptos más generales. Debido a estas malas clasificaciones, las disoluciones no son consideradas mezclas (Ref. 15, págs. 123 y 169).



Las siguiente es una definición imprecisa por la redacción: "Una mezcla es homogénea si no se ven las sustancias que la forman"(29).

Algunos autores (5,12,15,19) igualan mezclas homogéneas a soluciones: "Mezclas homogéneas, también llamadas soluciones. Son sustancias que tienen propiedades y composición constante en todas sus partes" (15). Recordemos que puede haber otro tipo de mezclas homogéneas que no son soluciones, como los coloides, si estamos tomando como marco de referencia la observación a simple vista. Los términos "sustancia" y "composición constante" están mal empleados; la "composición constante" corresponde a los compuestos.

La siguiente definición también es incorrecta porque utiliza el concepto "sistema" como sinónimo de "fase": "no se distinguen las propiedades de cada uno de los componentes, y por esta razón se dice que constituyen un sistema" (9).

El libro del maestro (10) propone como ejemplos de mezclas homogéneas: los jugos de frutas, el café, la leche, el aire, las tintas. Los cuatro primeros ejemplos no son muy adecuados, habría que especificar en qué circunstancias.

Otro ejemplo que puede dar lugar a confusión es: "hidrógeno combinado con oxígeno"(29).

m) El concepto "disolución"

El término correcto que debemos emplear es disolución, del verbo disolver y no "solución" como se usa más generalmente; este término proviene de la traducción incorrecta del término "solution". (Al analizar los contenidos en los libros, se respeta el término que cada autor emplea cuando se presentan citas).

"Una disolución es una mezcla homogénea que está formada, cuando menos, por dos componentes: uno que se encuentra en mayor proporción que el otro, al que llamamos disolvente y uno, o más, que se encuentran en menor proporción, que se conocen como solutos" (4).

"Es sabido que si colocamos azúcar a una taza de agua y revolvemos, el azúcar desaparece y todo el líquido adquiere el típico sabor dulce. Se trata de un ejemplo de disolución: el azúcar se ha disuelto en el agua. El líquido obtenido es una solución de azúcar en agua. Las moléculas de azúcar se han disgregado, una a una, de la estructura que formaban en el trozo original y se han mezclado con las moléculas de agua. Esta solución, es por lo tanto, otro tipo de mezcla" (31). Ésta es una forma adecuada de introducir el tema, un ejemplo de la vida cotidiana explicado claramente, sin embargo, es necesario evitar que el alumno piense que las sustancias en una disolución desaparecen.

Observemos también que en la cita, se emplean indiferentemente los dos términos: disolución y solución, tal vez porque al primero le asigna un significado de verbo ("el azúcar se ha disuelto") y al segundo de sustantivo ("el líquido obtenido es una solución). En dos libros (1,33)se explica este uso: "Los términos disolución y solución se usan indistintamente pero disolución se refiere al hecho de que una sustancia se disuelve y solución a lo que resulta del cambio" (1). Nosotros no estamos de acuerdo con esta diferenciación.

La propuesta que hace "El libro para el maestro" (10) de la SEP, contiene el error de nombrar a los coloides y a las suspensiones como "tipos de soluciones": "A través de la observación se pueden describir las características de, por ejemplo, una solución de agua con sal, clara de huevo y agua con cal o yeso y es posible diferenciar los tres tipos de soluciones".

La siguiente definición es incompleta, por lo tanto errónea: "Una disolución es una mezcla de varias sustancias" (23) Las siguientes también son definiciones erróneas: "...una

solución es una mezcla homogénea compuesta de dos o más fases" (21). "Las soluciones o disoluciones son mezclas líquidas homogéneas" (28,29). Esta definición excluye las disoluciones en estado gaseoso y sólido. El diccionario terminológico de química (3) que consultamos, incurre en el mismo error, por lo que más adelante tiene que definir "solución sólida". Este tipo de error es llevado también a las suspensiones y coloides: "Las mezclas que se forman con líquido y sólido pueden ser soluciones o disoluciones, coloides o suspensiones" (29).

La siguiente definición identifica a las mezclas homogéneas en general con las disoluciones: "Mezclas homogéneas, también llamadas soluciones. Son sustancias que tienen propiedades y composición constante en todas sus partes" (15).

La siguiente definición es muy ambigua: "Cuando las partículas de los componentes de una mezcla tienen afinidad entre sí, se forma una solución" (32).

En la siguiente explicación hay que tener cuidado con el uso que se le da al concepto "enlace": "En una solución las partículas están enlazadas a las moléculas del solvente, de tal forma que se hallan dispersas homogéneamente" (25).

Es importante también hacer notar lo siguiente (sólo un libro lo hace) puesto que los estudiantes tienden a identificar algunos fenómenos químicos como físicos: "No siempre que se desbarata una sustancia en otra se está llevando a cabo una disolución. Por ejemplo, cuando el agua de lluvia destruye la herrería de tu casa o de los edificios públicos; cuando el agua clorada ataca la tubería del baño de la escuela o cuando deshaces un alambre de cobre en ácido nítrico. ¿Qué ocurre en estos casos? ¿Qué pasa cuando el agua de lluvia entra en contacto con el aire?" (4).

El diccionario terminológico da el nombre "**Solución química**" a "Aquella que en el proceso de la disolución se producen reacciones químicas con el disolvente, alterando la naturaleza del soluto, que no puede ser recuperado simplemente por evaporación." (3) Sin embargo no conocemos si realmente esta nomenclatura está generalizada entre los químicos, de cualquier forma, es una fuente de error porque trata de conciliar dos términos que expresan fenómeno físico y químico respectivamente.

n) Ejemplos de disoluciones

"En las células de los organismos casi todas las sustancias se encuentran formando soluciones o coloides. Las sales minerales y los azúcares están disueltos en el agua formando soluciones y las proteínas forman coloides" (29).

"Este curioso metal (el mercurio) tiene la propiedad de disolver a otros metales. La solución que se forma recibe el nombre de amalgama. Las amalgamas pueden ser líquidas o sólidas, dependiendo de las cantidades utilizadas de cada elemento... Los odontólogos suelen utilizar amalgamas que contiene cobre o plata y estaño" (31).

"El libro para el maestro" (10) señala como errores conceptuales frecuentes: "Pensar que la mezcla de gases propano-butano (que se utiliza como combustible) y la gasolina son compuestos químicos en lugar de mezclas", y que "El oxígeno disuelto en el agua (el que respiran los peces) es el mismo que el de la molécula del agua".

Un ejemplo incorrecto es: Leche con azúcar y leche con café, dadas para que los alumnos determinen el soluto y "solvente" (29) y otras que pueden causar confusión son dos dadas por "El libro para el maestro": "los jugos de frutas y los fluidos de nuestro cuerpo". (10)

Otro libro contesta sobre la mala aplicación de este ejemplo: "*En el jugo de naranja se puede observar la pulpa y el líquido transparente*" (32). Recordemos que se pueden obtener por centrifugación las células de la sangre y el sedimento de la orina.

Usos incorrectos del término "disolución" son los siguientes: "*En un vaso de precipitados con 50 mL de agua agrega una pizca del carbón vegetal pulverizado y trata de disolverlo. Observa la solución y registra sus características*"; "*Agrega 30 g de almidón en el agua (200 mL) y agita la mezcla para tratar de disolver totalmente el almidón. Registra la temperatura de la solución*" (11,12). En ninguno de los casos se forman disoluciones sino suspensiones. La cita de Svante Arrhenius "Soluciones llenan los océanos, soluciones corren por nuestras venas", tomada para la presentación de la segunda parte de esta tesis (pág. 65) también puede inducir a pensar erróneamente que la sangre es una disolución en lugar de una suspensión.

ñ) Componentes de una disolución: disolvente y soluto o solutos

"Distinguir el soluto y el disolvente puede ser ciertamente confuso en sustancias que se disuelven entre sí como el agua y el alcohol; si se disuelve poco alcohol en agua, entonces el alcohol es el soluto y el agua es el disolvente. Por el contrario, en una solución de alcohol con un poco de agua, ésta es el soluto y el alcohol el disolvente. Sin embargo, cuando se mezclan igual cantidad de alcohol y agua, entonces los dos componentes pueden considerarse como soluto o disolvente. En general, el componente que se encuentra en menor cantidad se considera el soluto y el que se encuentra en mayor proporción es el solvente. No obstante, en la práctica, estas designaciones pueden intercambiarse a conveniencia" (15).

Esta explicación aunque es amplia, es clara sólo si se acompaña de la observación de la formación de las diferentes disoluciones, la última oración le quita todo el sentido a la explicación. Observe también que el autor emplea los términos solvente y disolvente indistintamente. Otros autores sólo utilizan el término inadecuado en sus exposiciones: "*El componente más abundante se llama solvente y el componente menos abundante se llama soluto...*" (29). El término adecuado es "disolvente".

Un solo autor no especifica los nombres de los componentes y emplea, por el contrario, términos de un nivel más general, que pueden crear confusiones: "*En una solución, a la sustancia que se encuentra en mayor proporción se le llama fase dispersora y la que está en menor cantidad fase dispersa*" (7). Este autor, utiliza los términos "solvente y soluto" únicamente para las disoluciones líquidas: "*Soluciones de fase líquida: en este tipo de solución a la fase dispersora se le denomina solvente o disolvente y a la fase dispersa, soluto*" (7). Es recomendable no recurrir a tautologías: "*disolvente, la sustancia que disuelve*" (29) sino emplear otros términos siempre y cuando estén entendidos por el alumno.

Varias definiciones (1,21,28,30), en libros de secundaria y de preparatoria, introducen la idea que una disolución está formada por dos fases, lo que entra en contradicción con el hecho de que una disolución sea homogénea: "*Una disolución se compone de dos fases que se designan como soluto y disolvente o solvente*" (1); en esas definiciones hay una confusión en la que "fase" se toma como sinónimo de "componente"; es conveniente que se evite esta igualación de términos para no producir confusión en el alumno; en todo caso, explicar que existen dos fases antes de formar la disolución, pero es sólo una cuando la disolución ya está

formada. Otro libro introduce los términos "binaria" y "terciaria" para indicar el número de componentes en la disolución (18).

o) Características de una disolución

Si los alumnos han entendido adecuadamente las características generales de las mezclas y de las mezclas homogéneas, ya tenemos un buen camino recorrido. Las características específicas de las disoluciones se limitarían al tamaño de la partícula que determina: su comportamiento ante el reposo ("estabilidad"), término sólo empleado en pocos libros de secundaria, ante filtros y ante el paso de un haz de luz a través de ella. Es de mucha utilidad presentar estas características comparándolas con las de los coloides y las suspensiones. Algunos autores mencionan también el color: "*Una disolución puede ser colorida o incolora*" (4). Es necesario señalar que los alumnos confunden los términos transparente e incoloro.

La siguiente enumeración de las características de una disolución sería correcta de no ser por el mal uso del término "fase": "*Las partículas de la fase dispersa tienen el menor tamaño de las tres clases de mezclas. (Disoluciones, coloides y suspensiones). Se observa una sola fase, es decir, son homogéneas. Si se deja en reposo durante algún tiempo, las fases no se separan, no se observa sedimentación, es decir, las partículas no se depositan en el fondo del recipiente. Son transparentes. Las fases no se pueden separar por filtración*" (30). Observe nuevamente la contradicción que se presenta respecto a las fases, primero dice que tiene una sola y luego dice que tiene dos (fase dispersante y dispersa). Cambiando los términos equivocados la definición correcta quedaría así: "**En las disoluciones las partículas del soluto tienen el menor tamaño de las tres clases de dispersiones (disoluciones, coloides y suspensiones). Se observa una sola fase, es decir, son homogéneas. Si se dejan en reposo durante algún tiempo, los componentes no se separan, no hay sedimentación, es decir, no hay partículas que se depositen en el fondo del recipiente. Los componentes tampoco se pueden separar por filtración**".

p) Tamaño de las partículas del soluto en las disoluciones

Sólo dos autores para secundaria explican el tamaño de las partículas: "*...tienen un tamaño molecular o iónico que fluctúa en 0.1 a 1 nm. (10 a la menos 10 a 10 a la menos 9 m)*" (7).

Los libros para nivel medio superior señalan una medida de **0.5 Angstrom a 2.0 A°**, "**diámetros de los iones y las moléculas ordinarias**", para las partículas de solutos de las disoluciones; las partículas dispersas coloidalmente tienen un diámetro promedio de 10 a 10,000 A°, que corresponden a grupos de varios centenares a unos miles de esas "partículas ordinarias"; y las partículas en una suspensión tienen un diámetro mucho mayor a 10,000 A° (22).

En general, los libros no son muy específicos al hablar del tamaño de las partículas en estas dispersiones, a pesar de que ya han tratado el tema de "unidades de medida": "*Si una disolución se observa al microscopio no se pueden distinguir los componentes que la forman.*"(4) Otro libro introduce los términos soluciones "verdaderas" y "falsas" para nombrar a las disoluciones y a las suspensiones respectivamente; es una nomenclatura inadecuada: "*Otra forma de clasificar las soluciones es atendiendo al tamaño de las partículas del soluto. 1.- Cuando el tamaño de las partículas de soluto es tan pequeño como el de un átomo, se forma una solución verdadera... En una solución verdadera las moléculas se dispersan totalmente*

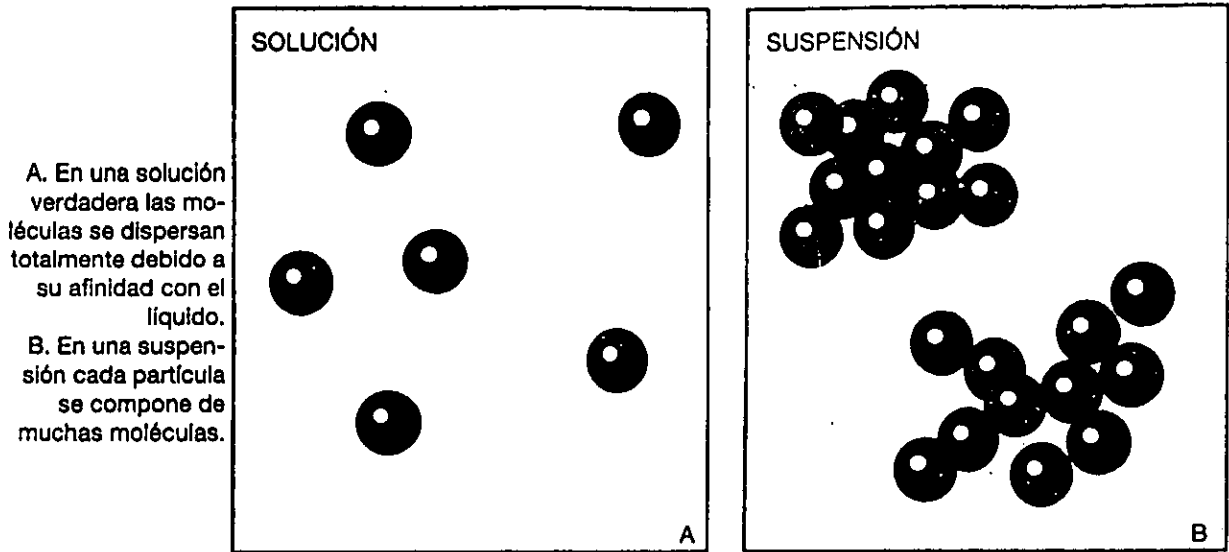
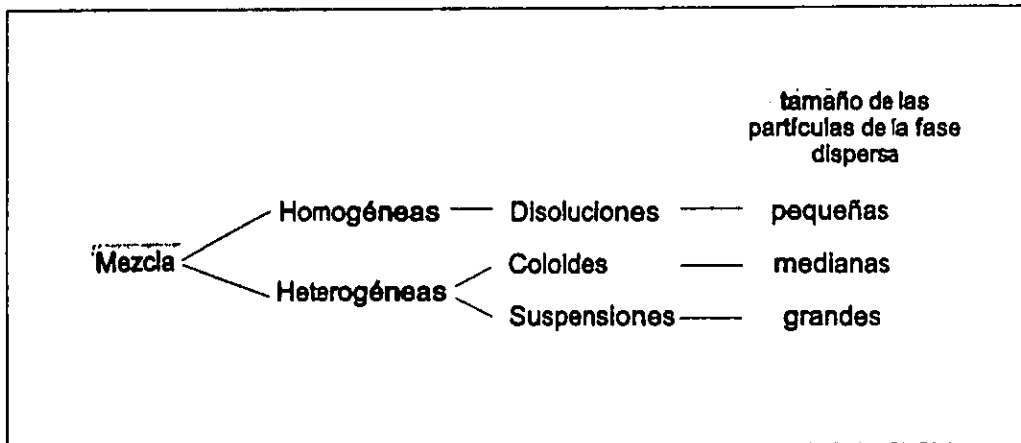


Ilustración V.2 Esta ilustración es imprecisa porque muestra a las partículas de una suspensión formadas por agrupaciones de sólo 11 moléculas cuando en realidad son de miles de moléculas (15, pág. 136).



Cuadro V.2 Este cuadro es también impreciso porque señala como tamaño de las partículas: pequeñas, medianas y grandes. También tiene clasificados a los coloides como mezcla heterogénea sin dar a referencia si es a simple vista o a nivel de microscopio (Ref. 30, pág. 45).

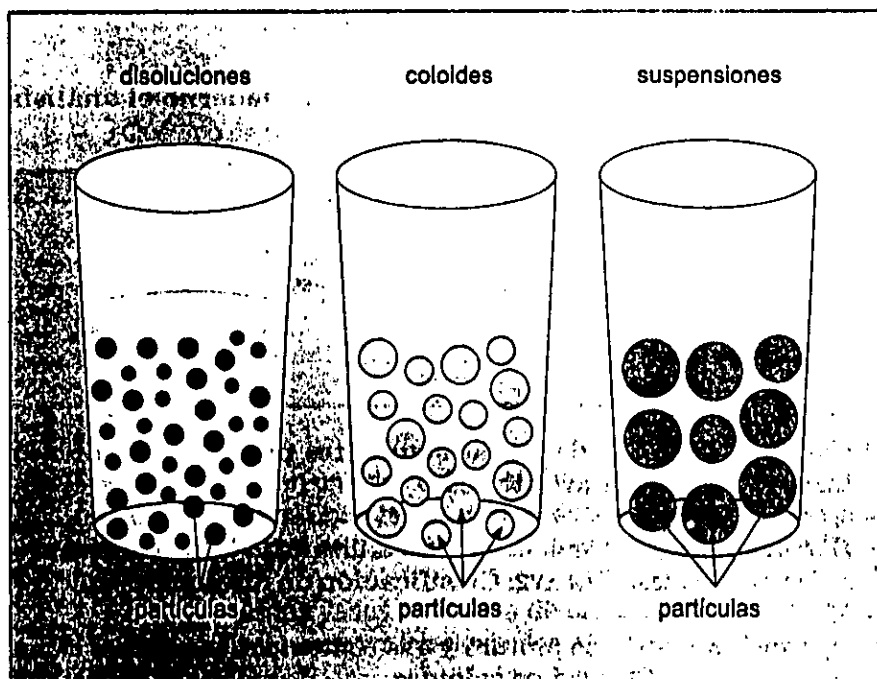


Fig. 2.23. Si comparamos el tamaño de las partículas de las disoluciones, coloides y suspensiones, se ve que las de suspensiones son mayores.

Ilustración V.3 El dibujo da la idea que podemos observar el tamaño de las partículas en un vaso y compararlas a simple vista; además las proporciones no son las correctas (Ref.30, pág. 49).

debido a su afinidad con el líquido. 2.- Cuando el tamaño de las partículas del soluto es tan grande que se pueden ver con un microscopio ordinario, el tipo de mezcla se llama suspensión y se considera una solución falsa... En una suspensión cada partícula se compone de muchas moléculas. 3.- Cuando el tamaño de las partículas de soluto es intermedio entre la solución y la suspensión y permanecen dispersas en todo el medio disolvente, la mezcla se llama coloide. Las partículas coloidales son tan pequeñas que no pueden observarse en el microscopio ordinario, sin embargo, estas mezclas se consideran heterogéneas siendo el medio o disolvente una de las fases y la sustancia dispersora (sic) o soluto una fase distinta" (15). Note que utiliza los términos "soluto" y "disolvente" aún cuando no se trata de una disolución; el decir que las partículas de una suspensión están formadas de muchas moléculas es ambiguo y además, la definición de coloide es imprecisa porque lo considera una mezcla heterogénea sin haber definido su marco de referencia. En este punto hay que señalar la importancia de definir el marco de referencia que empleamos al hacer una definición. Hay que señalar si la observación se hace "a simple vista" o a nivel ultramicroscópico. Por ejemplo, un coloide es homogéneo a simple vista y puede ser heterogéneo observado a través del microscopio.

La siguiente cita contiene errores graves al tratar de explicar el fenómeno de Tyndall: "La luz sí se manifiesta en los coloides, ya que el tamaño de las partículas, más pequeñas que en el caso de una disolución, permite que la luz se difunda"(9).

Otros libros son muy ambiguos: "El tamaño de las partículas de las soluciones es muy pequeño" (29) (ver ilustración V.2 y cuadro V.2); y otros más introducen errores muy notables a través de las ilustraciones (ver arriba ilustración V.3).

Un libro de secundaria (30) propone una actividad (que tal vez no fue probada) para la preparación de dispersiones de azufre en agua, en alcohol y en alcohol diluido con agua. El autor piensa que el azufre es soluble en alcohol por lo cual obtendría una disolución y que si se agrega una poca de agua, se formaría un coloide.

q) Estabilidad de las disoluciones

"El soluto se distribuye uniformemente en toda la disolución y no se asienta aunque transcurra mucho tiempo" (4).

Sólo otro autor para secundaria explica la estabilidad de las disoluciones y lo hace en términos moleculares que pueden ser difíciles de entender por el alumno: *"...la estabilidad de las soluciones y las cualidades de homogeneidad se explican en términos de la teoría cinético molecular, la cual señala que las partículas (moléculas o iones) de soluto y solvente muestran un movimiento constante y al azar, que es la suficiente energía para evitar la disgregación de los componentes del sistema por el efecto de la gravedad" (6,7).*

r) Métodos de separación de las disoluciones

Los métodos de separación de disoluciones están determinados por el tamaño de sus partículas: *"Una de las características de las disoluciones es que sus componentes, al igual que los de cualquier mezcla, se pueden separar por métodos físicos, es decir, sin necesidad de llevar a cabo reacción química alguna. Así, el o los solutos pueden separarse del disolvente mediante la evaporación, la cristalización, etcétera., pero no por métodos mecánicos. Es importante notar que los solutos no se pueden aislar ni por filtración ni por centrifugación" (4).*

En general, los métodos que se señalan para la separación de los componentes de una disolución están enfocados a ejemplificar separaciones de disoluciones líquidas: la evaporación, destilación, la destilación fraccionada, la cromatografía. La ósmosis es tratada sólo en pocos libros de secundaria y la diálisis sólo en uno (1).

Un error es incluir la sublimación (15) sin especificar la disolución que se puede separar por este método. Un libro de prácticas (11), también incluye "sublimación" bajo la práctica llamada "Destilación simple" y propone separar una mezcla de sal y yodo y otra de azúcar y yodo en un aparato adaptado para destilación; también da definiciones imprecisas de lo que es evaporación y destilación: *"Evaporación es el procedimiento mediante el cual uno de los componentes con diferente punto de ebullición de los demás, se evapora por aumento de la temperatura. Funciona adecuadamente para mezclas líquidas... Destilación es el procedimiento que consiste en evaporar los componentes y luego condensarlos en un recipiente aparte" (11).*

s) Estado de agregación de las disoluciones

"Las soluciones más comunes son aquellas en que el disolvente es un líquido, pero también existen soluciones cuyo disolvente es sólido o gaseoso. Existen nueve posibles combinaciones que dan origen a una solución de acuerdo con el estado de agregación (sólido, líquido o gaseosos) de los disolventes y de los solutos" (15). "Todas las mezclas de gases son homogéneas y constituyen una solución" (14).

Errores en la redacción introducen errores conceptuales: "Las soluciones sólidas son aquellas en las que un sólido se halla disperso en la totalidad de otro" (14). Esta definición excluye a las disoluciones sólidas formadas por algún componente que no es sólido, por ejemplo las amalgamas.

Estado del sistema	Solución		Ejemplo
	disolvente	soluto	
sólido	sólido sólido sólido	sólido líquido gas	aleaciones (bronce) amalgama (oro-mercurio) bolsa de naftalina (aire-naftaleno)
líquido	líquido líquido líquido	sólido líquido gas	agua salada (agua-sal) vinagre (ácido acético-agua) bebida (agua-dióxido de carbono) gaseosa
gaseoso	gas gas gas	sólido líquido gas	gas ligero (paladio-hidrógeno) humedad (aire-agua) aire (nitrógeno, oxígeno y otros gases)

Cuadro V.3 Este cuadro muestra las 9 posibles variaciones que se pueden hacer entre el soluto y el disolvente en los diferentes estados de agregación. Existe, sin embargo, el error de considerar el llamado "gas ligero" como gas, cuando realmente es un sólido en el que el disolvente es el paladio (Ref. 15 pág.131).

t) Explicación a nivel partícula del fenómeno de disolución

Los libros para nivel medio superior, por lo general, explican ampliamente el proceso y utilizan dibujos para apoyar la explicación. La explicación a nivel de partícula de lo que es la disolución, para tercero de secundaria, sólo es dada por tres autores (6,7,15,23), pero sin desarrollar un modelo molecular completo; sólo dos emplean representaciones gráficas por lo que los alumnos se tendrán que imaginar todo lo que se les trata de explicar por escrito, con lo cual cada uno puede hacerse una idea diferente: "Cuando se forma una solución de alcohol en agua, las fuerzas de atracción de las moléculas de alcohol entre sí, son superadas por la fuerza con que se atraen las moléculas del alcohol y del agua, del mismo modo, la atracción de moléculas agua-agua es menor a la fuerza de atracción alcohol-agua. Por otro lado, en el caso de la mezcla de aceite y agua, la atracción aceite y agua es muy débil y comparada con las atracciones aceite-aceite, agua-agua. Así pues, podemos afirmar que una disolución se favorece cuando las atracciones soluto-soluto y disolvente-disolvente son relativamente pequeñas y las atracciones soluto-disolvente son relativamente grandes. Las moléculas de los gases (las del aire, por ejemplo) se encuentran muy separadas, de manera que las fuerzas

de atracción son muy débiles. Esto permite que los gases se mezclen entre sí en cualquier proporción"(15). ¡Esta explicación se hace sin un solo dibujo!

La segunda explicación (que está redactada en los mismos términos en que se presenta en los libros a nivel medio superior), está llena de términos desconocidos para el alumno; lo más seguro es que ambas sean incomprensibles para él. "Al agregar el soluto al solvente, se establecen interacciones electrostáticas entre los polos parciales de las moléculas de agua y del cloruro de sodio, lo que provoca la disociación iónica del cloruro de sodio, es decir, la separación de iones Na⁺ (cationes) y Cl⁻ (aniones) los cuales al dispersarse en el agua se hidratan, o sea quedan rodeados por moléculas de agua... En este caso (disolución de azúcar), no ocurre ionización de manera que al dispersarse el soluto se origina la hidratación de moléculas"(7).

u) Concentración de las disoluciones

"La relación entre la cantidad de soluto presente en una cierta cantidad de disolución se conoce como concentración. Por ejemplo, la concentración mínima de oxígeno disuelta en el agua que es necesaria para mantener la vida acuática es 0.004 g de oxígeno por cada 1000 g de disolución"(23).

Pocos libros (4,7,9,23,32) para secundaria definen la concentración en términos de una relación o proporción, la mayoría lo hace en términos de cantidades de soluto, lo que es inadecuado: "La cantidad de soluto que contiene una disolución es variable; por ejemplo, en una taza de café se puede agregar una, dos o tres cucharadas de azúcar; la cantidad de azúcar del café se denomina concentración" (30); "Por la cantidad de soluto que contienen, las soluciones pueden ser diluidas, concentradas o saturadas. Diluidas, cuando el soluto se encuentra en pequeñas cantidades. Concentradas, si el soluto está en grandes cantidades"(9,29).

En un capítulo anterior de esta tesis hablamos de que una de las dificultades generales con las que se enfrentan los alumnos es la de la comprensión de la proporcionalidad. Este es un buen momento para que la asimilen.

Algunos autores (17,21,30) usan todavía el concepto "peso" en lugar de "masa": "es el peso de soluto contenido en cien unidades en peso de disolución" (30); un autor, a pesar de conocer el error, sigue usando esta terminología: "Aunque es sabido que masa y peso no son lo mismo, por costumbre se llama porcentaje en peso" (17).

El término cuantitativo no puede aplicarse a "soluciones", como un autor (6) lo hace, contraponiendo a "soluciones empíricas" las "soluciones cuantitativas".

v) Solubilidad

La solubilidad es tratada en algunos libros en términos cualitativos y en otros en cuantitativos; en términos cualitativos tenemos que: "...es la propiedad que tienen las sustancias de poder formar una mezcla homogénea con un disolvente" (19,30). "Por ejemplo, el aceite forma un sistema homogéneo con la gasolina, es decir, es soluble en gasolina, y forma un sistema heterogéneo con el agua, o sea, es insoluble en agua"(30). Sólo un libro de secundaria especifica que hay grados de solubilidad "en sentido relativo": "Muy soluble, moderadamente soluble y poco soluble" (7). Este libro también presenta una relación de solubilidad/tiempo que se "conceptúa como facilidad". No hay otro autor que lo trate así.

Cuantitativamente: "**Llamamos solubilidad de una sustancia a la cantidad en gramos que se necesita de ésta para saturar 100 g de disolvente a una temperatura dada (1) ... y a presión determinadas**" (11).

En términos cuantitativos también se le ha llamado "límite", "grado" (32), "coeficiente" (1) de solubilidad: "**En algunas soluciones existe un límite en la solubilidad de una sustancia en otra, incluso si se pulveriza el soluto y se agita la mezcla. Por ejemplo, a 20 °C no se disuelven más de 36 g de cloruro de sodio en 100 mL de agua**" (15).

Algunos autores describen la solubilidad en términos absolutos de "valor finito o valor infinito": "**Existen algunos casos, como en las disoluciones de agua con alcohol etílico, en que nunca se llega a la saturación y, por esto, la solubilidad del alcohol en el agua es infinita**" (17).

La siguiente explicación es imprecisa porque no toma en cuenta casos como el anterior: "**la cantidad de una sustancia que puede disolverse en otra depende de las condiciones, pero tiene un valor finito. No se puede disolver cualquier cantidad de un soluto en cualquier cantidad de un disolvente**" (4).

A la siguiente explicación le falta precisión para citar las diferencias entre iónico y covalente: "**Una frase que se utiliza con frecuencia es: lo semejante disuelve a lo semejante. Por tanto, los compuestos iónicos (polares) por lo general son solubles en disolventes polares y los compuestos covalentes (no polares o polares débiles) por lo general son solubles en disolventes que no son polares**" (28).

Un error de concepto es: "**Se llama solubilidad a la proporción de una sustancia que se dispersa en otra**" (32). El concepto dispersión no implica necesariamente disolución.

El libro para el maestro (10) no especifica el estado de agregación que permite el uso del término "miscible": "**Cuando la disolución es completa entre dos sustancias se dice que son miscibles; en caso de que la disolución no sea posible se dice que son inmiscibles**". Hay que aclarar que este concepto se emplea para líquidos (9) y gases: "**Cuando 2 líquidos se mezclan y forman una disolución se dice que son miscibles**".(7) Con respecto a los gases, **todos los gases son completamente miscibles entre sí** (13).

w) Saturación

"**Si una disolución contiene la mayor cantidad de soluto que puede disolver, se dice que está saturada. La cantidad máxima de soluto que se puede disolver en un disolvente dado depende de la temperatura y de la presión a que esté sometido**" (30), "**Más allá de cierto límite de saturación, la sal ya no se disuelve en el agua y cae al fondo**" (15).

Un error introducido al explicar este fenómeno, es identificar la sedimentación con la precipitación: "**existe un límite después del cual ya no se disuelve más azúcar; el exceso se va a depositar en el fondo del recipiente, es decir, se precipita**" (30).

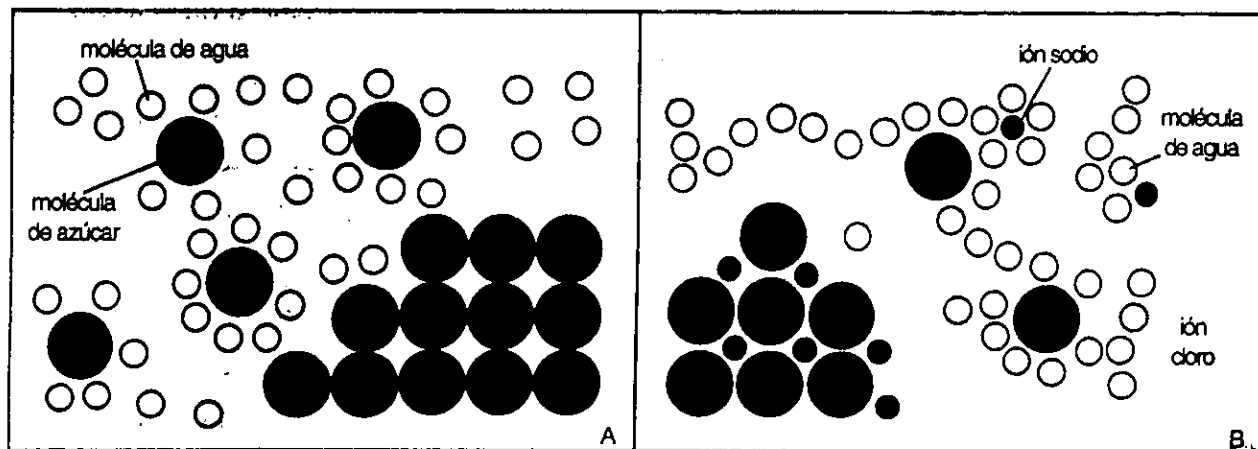
Este error en el uso del término "precipitación", también está presente en algunos libros para bachillerato (21,22,28): "**Si se enfría una solución saturada de un sólido, cuya solubilidad es menor a bajas temperaturas, la velocidad de formación de cristales excede normalmente a la de disolución de estos. El soluto disuelto se precipita hasta que las velocidades de las acciones opuestas vuelven a equilibrarse**" (22).

x) El agua como disolvente

"El agua disuelve tantas sustancias que casi nunca se encuentra pura en la Naturaleza y, por lo general, es una disolución que contiene una gran variedad de solutos. El hecho de que el agua sea un disolvente muy eficaz se debe a que sus moléculas son polares" (23). En el libro de la cita anterior, ya se había explicado adecuadamente el significado de molécula polar del agua.

Por el contrario la siguiente, aunque es una explicación correcta, no toma en cuenta si los alumnos comprenden términos como "naturaleza dipolar" o "cargas parciales": "Una característica del agua es su gran efectividad como disolvente. Esto se debe a la naturaleza dipolar de sus moléculas. Las cargas parciales de la molécula de agua (d^- y d^+) interactúan fuertemente con otras moléculas; logran romper sus enlaces y las disuelven" (17). Observe que utiliza el término "enlace" inadecuadamente.

Un libro dice lo siguiente del agua como disolvente: "El mejor disolvente de las sustancias inorgánicas o minerales es el agua; ningún líquido disuelve tantas como ella.



- A. Proceso de disolución del azúcar.
- B. Proceso de disolución del cloruro de sodio.

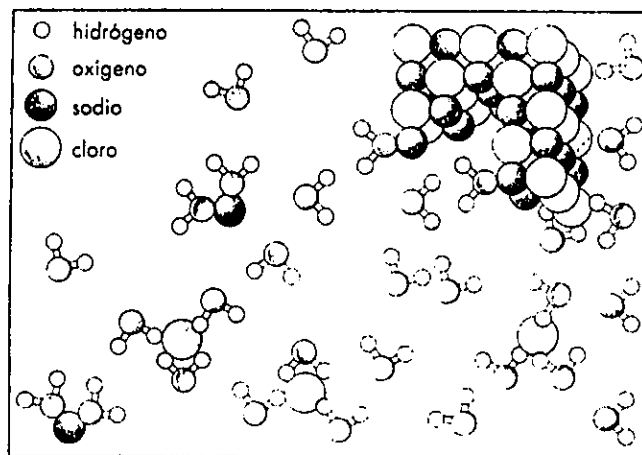


Fig. 1.21. Disolución de cloruro de sodio (NaCl) en agua.

Ilustraciones V.4 a,b,c Representaciones de disolución. Note que en las representaciones de los iones no está señalada la carga eléctrica e incluso no se da el nombre adecuado a los iones del cloro (cloruro); en la ilustración inferior ni siquiera se señala que el sodio y el cloro están en forma de iones. (Ref. 15, pág. 134 y ref. 23, pág. 30).

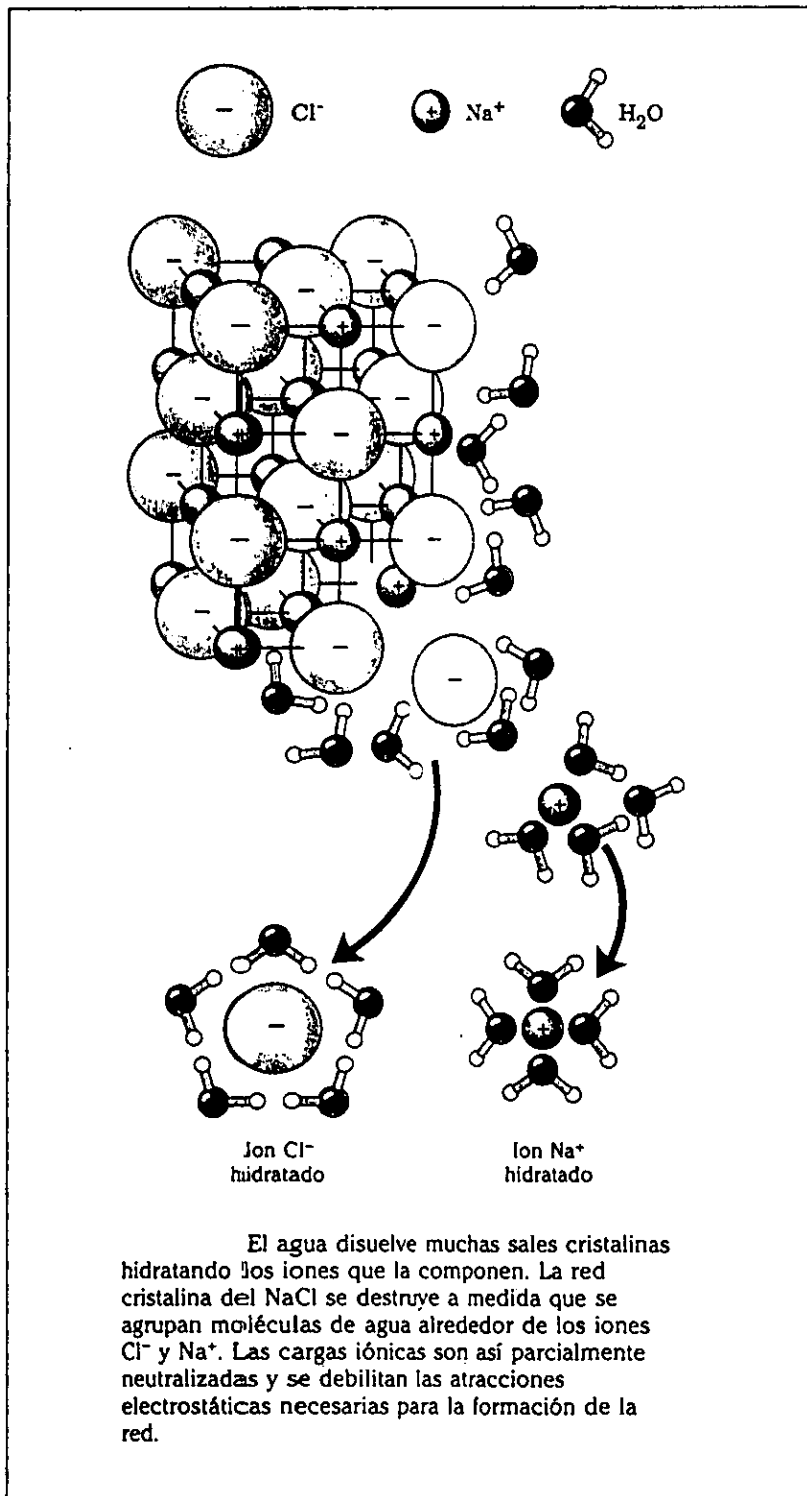


Ilustración V.6 Lehninger, Albert; Nelson, David; Cox, Michael. *Principios de Bioquímica*. Segunda edición. Ediciones Omega. Barcelona. 1993. Pág. 85.

También disuelve sustancias orgánicas como el alcohol, la glicerina o el azúcar. Desde el punto de vista químico, el agua es una sustancia extraordinariamente activa"(16). Otros libros destacan su **estabilidad** (13,33). En la cita anterior no se considera que el término "activa", se asocia generalmente con la capacidad de una sustancia de reaccionar químicamente.

y) Hidratación y solvatación

El "Libro para el maestro" (10) sugiere: "*El análisis teórico y la investigación de lo que sucede entre el disolvente y el soluto a nivel de partículas mínimas*"; sin embargo, la mayoría de los libros de secundaria analizados no presentan un modelo de partículas para exponer todo esto; cuando lo hacen están suponiendo que el alumno comprende muchos términos nuevos en las explicaciones escritas: "*Cuando se forma una disolución, las moléculas del solvente envuelven las de los solutos e impiden que vuelvan a unirse. Este proceso se llama solvatación y, cuando el agua es el disolvente, hidratación. Por ejemplo, si se disuelve cloruro de sodio en agua, aparecen dos especies con carga, llamadas iones: el catión Na^+ y el anión Cl^- . El ion positivo es rodeado por unas cinco moléculas de agua, mientras que el negativo solamente tiene una molécula de agua. Por esta razón se afirma que el número de hidratación del Na^+ es 5, mientras que el del Cl^- es 1... Cuando la sacarosa se disuelve en agua, no forma iones; pero el dipolo del agua actúa sobre los enlaces de las moléculas de sacarosa y logra hidratarlas hasta que se produce la disolución... Debido a que cada molécula de soluto debe ser solvatada por una o más moléculas de agua, resulta lógico que la cantidad de soluto que puede disolverse sea limitada*" (17). ¡Todo esto pretende ser explicado sin ilustración!. Note además el mal empleo del concepto "enlace" que se usa como sinónimo de fuerza intermolecular y el término "aparecen" que sugiere un acto de magia. Los iones ya existían en el sólido, sólo se produce la separación de éstos (disociación). Sobre los números de hidratación de los iones sodio y cloruro, no hay datos consistentes, cada autor que representa la hidratación de los iones lo hace con diferente número de moléculas de agua. (ver las ilustraciones V.4, V.5 y V.6 y la VI.5 de la página 149).

Un libro para secundaria que tiene una buena explicación del fenómeno y una adecuada representación gráfica (23), sin embargo no es preciso en la definición de "solvatación", que confunde con la de "hidratación": "*Como cada ion se rodea de una capa de moléculas de agua, se dice que se solvata.*"

z) Electrólitos y no electrólitos

No hay un acuerdo general sobre la naturaleza de los electrólitos^{*}; unos libros dicen que se les puede dar este nombre sólo a los solutos, si trata de una disolución (7,13,16,18,28); "*Compuestos capaces de disociación iónica en solución acuosa, fundidos, y de ionizarse en contacto con agua, permitiendo así el paso de corriente eléctrica*" (7); otros (15,17) dicen que este nombre lo reciben las disoluciones: "*Cuando un compuesto iónico se disuelve en agua, los átomos se hidratan y quedan como iones estables. Esta es una de las maneras como se forman las llamadas soluciones electrolíticas o simplemente electrólitos*" (17); otros (23) dan este nombre tanto a los solutos como a las disoluciones en sí.

^{*} Algunos autores acentúan la palabra (15,16,23); otros no lo hacen (13,22).

Este tema es tratado en el tercer curso de secundaria. Un libro de segundo también lo hace: *"La sal de mesa (cloruro de sodio) y el azúcar de caña, dos compuestos que tienen cierto parecido entre sí, son solubles en agua; sin embargo, sus soluciones tienen propiedades diferentes. Cuando se disuelve azúcar en agua las moléculas completas de azúcar quedan rodeadas por grupos de moléculas de agua; es decir, se realiza el fenómeno llamado dispersión, el cual impide la conducción de corriente eléctrica. En cambio, cuando se disuelve sal de mesa en agua, las moléculas de sal no quedan completas sino que se rompen o disocian en las partes que las constituyen. Este hecho le da la propiedad de conducir la corriente eléctrica. De acuerdo con este fenómeno las soluciones se clasifican en electrólitos (conducen la corriente eléctrica) y no electrólitos (no conducen la corriente eléctrica)"* (15).

La explicación anterior es incompleta porque no dice en qué se "rompen o disocian las partes". Los alumnos podrían pensar que en átomos. En el dibujo que se presenta, está el nombre ion, pero no indica su carga. Es importante señalar aquí la existencia de cargas eléctricas en esas "partes". También reduce el término "dispersión" a las sustancias no electrolíticas. De hecho, también los iones se hallan dispersos.

La siguiente es una definición incompleta de lo que es un electrolito: *"Una sustancia que forma una solución acuosa que conduce la electricidad"* (18). Una definición incorrecta es: *"A la conducción eléctrica a través de un electrolito en solución o fundido, se le llama electrólisis"* (7). Electrólisis es la descomposición de una sustancia por medio de la corriente eléctrica. A la conducción eléctrica a través de un electrolito se le llama conducción iónica.

ab) Disociación y ionización

"Con frecuencia se emplean de forma errónea, como sinónimos, los términos "disociación iónica" e "ionización", para describir los procesos que ocurren entre el agua y los compuestos iónicos. En el fenómeno de disociación iónica, los iones sólo se separan del cristal al entrar en contacto con el agua (disolvente). Esto significa que ya existían como cationes y aniones en el sólido, y lo único que ocurre es que se dispersan en el solvente al incrementarse su movilidad. En el proceso de ionización se producen iones por reacción de un compuesto con el agua (disolvente). Por ejemplo en el HCl gaseoso no existen iones, pero en contacto con agua se forma un catión (iones) hidronio H_3O^+ o H^+ y un anión (iones) cloruro Cl^- " (7).

En general, los libros para nivel medio superior hacen la distinción entre estos dos fenómenos aunque uno nos dice que no es muy importante hacer esta diferenciación: *"Las soluciones acuosas de los iones se hacen casi siempre en dos formas, disolviendo un sólido iónico en agua, o bien permitiendo que ciertos elementos o compuestos covalentes reaccionen con agua o con soluciones acuosas de otros compuestos. El primer procedimiento, la separación, solvatación y difusión de iones ya existentes, se conoce como disociación. La formación o síntesis de los iones, por medio de reacciones químicas, se denomina a veces ionización. La distinción entre estos términos no es muy importante y a menudo se usará indistintamente"* (22).

Algunos libros para nivel medio superior (25) no utilizan el término disociación.

La mayoría de los libros para secundaria no hacen diferencia entre estos dos fenómenos, algunos los confunden: *"Ionización: separación de los iones de algunos compuestos"*(33); aquí se está dando la definición de disociación. Otros más, para secundaria y preparatoria mezclan los dos conceptos: *"La ionización es la disociación de una sustancia en dos o más partículas*

cargadas eléctricamente llamadas iones" (16); "Por ejemplo , si el ácido acético (CH_3COOH) se disuelve en agua, forma iones positivos (H^+) y iones negativos (CH_3COO^-). Pero sólo se disocia un 4%. Por cada mol de ácido acético, hay entonces únicamente 0.04 moles de iones negativos"; "Los electrolitos débiles son sustancias que se disocian en agua pero reaccionan con ella en un rango muy pequeño produciendo pocos iones"(28); si existe reacción al formarse los iones se trata de ionización y no de disociación.

"Arrhenius afirmó que cuando un electrólito es disuelto en agua, sus moléculas se separan o disocian en partículas con carga eléctrica...si se prepara una disolución 1 M de ácido clorhídrico (HCl) y otra 1 M de ácido acético (CH_3COOH ; el del vinagre), la primera conducirá mejor la corriente eléctrica. Ambas moléculas se disocian en agua formando un catión H^+ y un anión (Cl^- o CH_3COOH^- , respectivamente)" (23).

V.3.30 Dilución

Es añadir disolvente a una disolución previamente formada para disminuir su concentración.

No es tratado por los libros de secundaria y tampoco por algunos de nivel medio superior.

CONCLUSIONES.

Frecuentemente los libros de secundaria contienen errores que pueden ser fuente o reforzadores de concepciones erróneas en los estudiantes.

Es importante alertar a los docentes sobre este hecho, para que diseñen las estrategias de enseñanza pertinentes para evitar la construcción de errores conceptuales o en su caso, promover el cambio conceptual.

Los autores, traductores, diseñadores gráficos, correctores de estilo y las editoriales deben conocer este problema y tener cuidado para evitar que sus obras sean fuentes o reforzadores de errores conceptuales.

Tabla V.1 ERRORES PRESENTES EN LOS LIBROS

Explicación de:	Error en el concepto	Error por imprecisión	Error por redacción	Terminología inadecuada	Error por omisión
1.- Número de componentes en una mezcla	4,	14		4,14,15,31	13,18,22,
2.- Tipo de componentes en una mezcla		24,29,30,32,			13,18,22
3.- Empleo del concepto "Fase"	6,7,18,21,30	15,		6,7,18,21,30	*13,18,22
4.- Propiedades de los componentes		1,8,14,15,29,30,31			13,18,22
5.- La mezcla presenta diferentes propiedades	14,15				*18,
6.- La mezcla es un fenómeno físico					18,24
7.- Energía en la formación de mezclas					*18,24
8.- Fuerzas que unen a los componentes		30,		30,	*18,24
9.- Estados de agregación de las mezclas					18,
10.- Composición variable de las mezclas	15,	14,29	15,	15,	3,14,18,29
11.- Clasificación de mezclas	15,	14,15	29,		18,
12.- Mezcla heterogénea	6,9,	30,14	30,15	6,14,	18,24
13.- Mezcla homogénea	15,19,29	10,	15,19,29	5,9,12,15,29	18,24
14.- Concepto "Disolución"	3,15,21,28,29	15,21,23,25,31,32		1,3,33,	18,24
15.- Ejemplos de disolución	10,11,29		14,		
16.- Disolvente y soluto	7,29,	7,15,29,		1,21,28,29,30	
17.- Características de una disolución				30,	
18.- Tamaño de la partícula en la disolución	9,15,30	4,15,29,30			*
19.- Estados de agregación de las disoluciones		14,		6,7,	
20.- Métodos de separación de la disoluciones	11,15,				
21.- Explicación del fenómeno disolución		6,7,15	14	7,	*
22.- Concentración de las disoluciones	29,30			6,9,17,21,30	
23.- Solubilidad	32,	4,10,28		32,	
24.- Saturación	21,22,28,30				
25.- El agua como disolvente	17,			17,	
26.- Hidratación y solvatación				17,	
27.- Electrofito y no electrofito		7,15,18			
28.- Disociación y ionización				16,33,	25,
29.- Dilución					sec.,22,28,

Tabla V.1 En esta tabla están resumidos y clasificados los errores encontrados en los libros de texto consultados. Los números corresponden a las referencias de los libros en que se presentan los errores, según la bibliografía de este capítulo (ver al final de la tesis). El asterisco significa que más del 50% de los libros no tiene la información y las siglas "sec" en el último cuadro, significa que en todos los libros de secundaria fue omitido el tema.

APÉNDICE A

EL LENGUAJE IMPRESO EN ETIQUETAS DE PRODUCTOS DE USO COMÚN COMO POSIBLE FUENTE DE ERRORES CONCEPTUALES

Vimos en el capítulo V que la información impresa tiene una influencia decisiva en la formación de los conceptos de los lectores. De igual manera, la terminología empleada en el lenguaje escrito contribuye a la adopción por parte del lector de dicha terminología para el uso cotidiano. El mal empleo de los conceptos en el material escrito puede, por tanto, ser fuente de concepciones erróneas desde el punto de vista científico y dificultar el aprendizaje de los significados correctos.

Para aproximarnos al uso cotidiano de los términos *disolución* y *dilución*, y sus derivados y para apreciar su cercanía con los términos científicos, se investigó el uso de dichos términos en las instrucciones impresas para preparar productos de uso común.

A.1 EL USO DEL CONCEPTO *DISOLUCIÓN* Y SUS DERIVADOS

Se investigó el uso del concepto *disolución* y sus derivados en las instrucciones para preparar: gelatinas, flanes, leche en polvo, chocolate en barra y en polvo, atoles, consomé y agua de sabores.

El uso del término *disolver* para describir la preparación de gelatinas es incorrecto porque no todos los ingredientes que contiene el preparado en polvo forman una disolución. La grenetina, el agar-agar y la carreagina forman un coloide.

Las seis marcas investigadas emplearon el término *disolver*. "Revuelva, mueva, (agite) hasta disolver (que se disuelva)".

El uso del término *disolver* para la preparación de flanes, gelatinas de leche o pudines también es incorrecto, en tanto que algunos ingredientes forman coloides y otros suspensiones.

Siete de nueve marcas investigadas emplearon el término *disolver*: "Disuelva en leche", "mueva hasta disolver"; sólo dos marcas emplearon el concepto correcto *mezcla*: "ponga la mezcla en el fuego revolviendo", "agite la mezcla".

El uso del término *disolución* para calificar la mezcla de leche en polvo con agua también es incorrecto porque se forman una suspensión y una emulsión.

De cinco marcas, una empleó el verbo *disolver*: "se disuelve en agua fría o caliente"; una empleó el verbo *mezclar* como sinónimo de *agitar*: "mezcle varios segundos"; las otras tres emplearon los términos: *añadir*, *agregar*, *revolver* y *agitar*.

El uso del verbo *disolver* para designar la preparación de la mezcla de chocolate en barra o en polvo con leche también es incorrecto porque se forman una suspensión y una emulsión.

Las dos marcas de chocolate en barra emplean correctamente el verbo mezclar "Mezcle la barra de chocolate con la leche".

De ocho marcas de chocolate en polvo, tres usaron incorrectamente el verbo disolver: "Disuelva en leche", dos marcas emplearon correctamente el verbo mezclar, y el resto empleó el verbo revolver.

De igual manera, no es correcto, desde el punto de vista científico, decir que la harina de maíz o arroz para preparar atole se disuelve en el agua o la leche porque se forma una suspensión.

Las dos marcas investigadas presentan la instrucción incorrecta "Disuelva".

Las primeras marcas de polvos para preparar bebidas de sabores contenían únicamente sustancias solubles; actualmente están incorporando sustancias para simular la apariencia de los jugos de frutas, lo que da como resultado no la formación de disoluciones sino de suspensiones. Las marcas o sabores investigados fueron escogidos por presentar esta característica, la de formar una suspensión.

De 7 marcas, 6 emplearon incorrectamente el verbo *disolver*: "Agite hasta disolver"; la marca restante sólo empleó la expresión: "Agregue y agite".

Los preparados de caldo de pollo, res o camarón contienen sustancias solubles pero también productos insolubles, por lo que forman un sistema en el que coexisten una disolución y una suspensión. Las ocho marcas investigadas dan la instrucción incorrecta: "Disuelva".

A.2 USO DEL CONCEPTO *DILUCIÓN*:

En limpiadores líquidos, 8 marcas de 12 emplean correctamente los términos diluido, y diluya. Las marcas restantes sólo dan la instrucción de cómo hacer la dilución usando las instrucciones *ponga y vierta*.

En blanqueadores, se emplea correctamente el término en 4 de 6 marcas, las restantes usaron los términos mezclar, agregar, preparar

En esmaltes y pinturas vinílicas líquidas sólo una de 6 marcas emplea el término *dilución*. Las restantes emplearon los verbos: *adelgazar, mezclar, incorporar*.

En las instrucciones de jarabes para preparar bebidas de sabor una, de tres marcas empleó correctamente el término *diluir*. Las otras dos marcas emplearon los verbos *agitar, agregar* y mezclar.

A.3 CONCLUSIONES

Cuando se emplea el concepto *dilución*, se hace correctamente aunque su uso es muy limitado. En aproximadamente el 50% de las instrucciones que emplean este concepto, se usan también otros para evitar que sea mal interpretado.

El concepto *disolver* no se emplea con su significado científico en la mayor parte de las instrucciones de productos de uso cotidiano. El significado que se le asigna es el de *mezclar* "Disuelva dos cucharadas (del chocolate en polvo) en un vaso de leche" o dispersar homogéneamente: "Agite hasta disolver".

CAPÍTULO VI

DETERMINACIÓN DE LAS PRECONCEPCIONES EN LOS ALUMNOS SOBRE LOS CONCEPTOS: DISOLUCIÓN, DILUCIÓN, DISOCIACIÓN Y IONIZACIÓN

Se ha observado que muchos alumnos del bachillerato y aún de los primeros grados de la licenciatura de química, confunden durante las prácticas de laboratorio los conceptos disolver y diluir, a pesar de que responden "adecuadamente" a preguntas sobre estos en los exámenes de teoría. Esta situación pone en cuestión la relación que debería existir entre la teoría y la práctica indicándonos que el alumno no es capaz de trasladar el conocimiento aprendido en el aula a cuestiones prácticas u operativas. Es decir, que los conocimientos que ha adquirido para aprobar el examen no están lo suficientemente contruidos o integrados en sus estructuras de conocimiento, de tal manera que sólo se activan para responder la pregunta del examen y no en otro contexto.

Los alumnos pudieron haber dado la definición de disolución de manera precisa y haber resuelto problemas sobre diluciones, pero en el laboratorio no pueden identificar la operación que en un momento dado, están efectuando y haber calificado la disolución de glucosa como dilución o la dilución de una disolución de ácido clorhídrico como una operación de disolución.

Una de las fuentes de la confusión de estos conceptos puede ser el limitado uso que se le da al termino diluir en la vida cotidiana. Por lo general cuando la preparación de un producto comercial requiere una dilución se emplea el concepto más general de "mezclar" o "añadir". Probablemente los fabricantes de productos no incluyen el término diluir porque la gente no lo entendería. Incluso los libros de texto tienen un limitado uso de este término. En los de nivel secundaria no he encontrado un texto que lo use, y los libros de bachillerato y licenciatura lo emplean sólo en algunas excepciones, cuando no están tratando en concreto el tema de las diluciones.

La confusión entre estos dos términos deja ver que no hay una adecuada comprensión de los fenómenos que implican; desde éste punto de vista, el aprendizaje adecuado de los conceptos disolver y diluir necesita como base la comprensión clara de lo que es una disolución, que es un concepto en el que los errores están extendidos y son de diferente naturaleza.

VI.1 ANTECEDENTES

VI.1.1 Interpretación sobre el proceso de disolución

Existen varias investigaciones que se han realizado sobre las interpretaciones que los estudiantes hacen del fenómeno de disolución. De ellas parece deducirse que, en gran medida, sus explicaciones están basadas en la percepción que tienen del fenómeno, en aquello que han observado en su vida cotidiana, en los cambios de aspecto y de las propiedades macroscópicas de las sustancias.

Las primeras nociones de los niños sobre el proceso de disolución, tal como indicaron Piaget e Inhelder, están basadas en la percepción. Así por ejemplo, en investigaciones realizadas con niños neozelandeses de 13 años (Driver, 1985) se encontró que, al mostrarles una cucharada de azúcar que se disuelve en el agua, dan explicaciones del fenómeno en las que aparece la palabra "fundir", utilizada algunas veces como sinónimo de disolver. Ellos observan que en el proceso de disolución la sustancia está pasando de sólido a líquido. En otros casos, explican que el azúcar se queda en el fondo del recipiente aunque no se vea (Serrano y Blanco, 1988).

Algunos, al observar que cambian las propiedades macroscópicas del azúcar, llegan incluso a rechazar que el azúcar siga allí. Dan explicaciones del tipo: "...el azúcar se ha combinado con el agua para formar esta sustancia..." (edad: 12 años).

Desde el punto de vista de la conservación, Piaget e Inhelder establecieron que en las disoluciones se adquiere en primer lugar la noción de conservación de la sustancia, después la de masa y peso y, por último, la noción de conservación del volumen.

En investigaciones realizadas sobre las ideas de conservación de la materia (Driver, 1985), se ha encontrado que gran cantidad de estudiantes, al explicar la disolución del azúcar en agua, predicen que la masa de la solución será menor que la suma de las masas de agua y azúcar. Las explicaciones dadas por los alumnos sobre este fenómeno son clasificadas por Driver en tres grupos:

1.- **El azúcar desaparece al disolverse.** A los estudiantes influidos por la percepción, se les hace muy difícil apreciar que la transformación que tiene lugar al disolver el azúcar es reversible y por tanto, no asimilan la idea de que sigue existiendo el azúcar.

"Cuando el azúcar se disuelve en el agua, el azúcar no tiene masa...".

2.- **Confusión de masa y volumen.** Establecen una relación entre la masa de la disolución y el aumento del nivel del agua.

"El azúcar ocupa el espacio que queda entre las moléculas de agua..., por tanto la masa no cambia".

Esta confusión sigue manteniéndose incluso en algunos alumnos que utilizan interpretaciones en términos de partículas.

3.- **El azúcar está todavía presente en la solución pero es más ligero.** Consideran que el azúcar al disolverse no tiene masa, o bien que los líquidos son más ligeros que los sólidos.

"Como el azúcar se ha disuelto, no queda peso de azúcar".

"El azúcar se descompondrá y formará un líquido con el agua, por lo que pesará menos".

Un problema relacionado en parte con la conservación es el detectado en algunos estudios sobre la comprensión del proceso de disolución. Se ha encontrado que los estudiantes tienen dificultades con el concepto de diluir o concentrar una disolución (Gabel y Samuel, 1986), no comprenden qué ocurre cuando en una disolución dada se varía la cantidad de una de las sustancias participantes manteniendo constante la de la otra. Este problema, por otra parte, estaría relacionado con la cuantificación (en concreto con el cálculo proporcional) pues, aunque una de las sustancias conserva su cantidad absoluta, varía la proporción dentro del sistema.

En gran parte, las dificultades descritas, podrían explicarse con base en las nociones de los alumnos sobre la continuidad y discontinuidad de la materia. Prácticamente no utilizan de forma espontánea la idea de partícula en sus explicaciones. Por ello, algunos autores (Gabel, Samuel y Hunn 1987) proponen que se utilicen estrategias de enseñanza en las que se describa la disolución por medio de diagramas de partículas. Proponen, por ejemplo, que se utilicen esquemas en los que se muestre cómo se mezclan las partículas de soluto con las de disolvente (Pzo *et al.*, 1991).

VI.1.1 Relaciones cuantitativas en las disoluciones

Al estudiar las dificultades que aparecen a la hora de resolver problemas de disoluciones debemos tener en cuenta, en primer lugar, las dificultades conceptuales. Los alumnos necesitan comprender previamente los fenómenos que tienen lugar en una disolución y las ideas y conceptos relacionados con ellos (soluto, disolvente, concentración, etcétera).

Uno de los errores que aparece frecuentemente en la resolución de problemas de disoluciones y que, también, podemos considerar como una dificultad conceptual, es la utilización incorrecta del concepto de concentración, a la hora de establecer las relaciones cuantitativas entre soluto y disolvente, por desconocimiento o aplicación errónea de las relaciones que han de utilizarse (Frazer y Servant, 1987; Duncan y Juhnston, 1973).

En las disoluciones, al igual que en la mayoría de los cálculos que se realizan en Química, hay que tener en cuenta la necesidad de utilizar el cálculo proporcional. Nos encontramos con que la concentración de una disolución es función de dos variables, directamente proporcional a una, la cantidad de sustancia, e inversamente proporcional a la otra, el volumen de la disolución. Esta doble dependencia va a ser, a la hora de evaluar las concentraciones, una de las responsables de los errores y dificultades que aparecen en la resolución de problemas de disoluciones. Así resultan más fáciles de resolver los problemas en los que cambia una sola variable, sobre todo cuando lo que cambia es el soluto (directamente proporcional a la concentración). Los problemas se hacen más difíciles cuando lo que cambia son las dos variables (Serrano y Blanco, 1988).

Esta doble dependencia podría ser también, en parte, la responsable de las grandes dificultades que, según describen varios autores (Gabel y Samuel, 1986; Gabel, Samuel y Hunn, 1987), para los estudiantes plantean aquellos problemas en los que hay una variación de las cantidades relativas de soluto o disolvente, aquellos en los que se concentra o diluye una

disolución. Aunque, por otra parte, no debemos olvidarnos del papel fundamental que en la comprensión de estos procesos tiene la noción de conservación.

Se observa que, a la hora de comparar y evaluar concentraciones, se fijan más en una sola de las variables que en el valor numérico de esa concentración. Se fijan únicamente en la cantidad de sustancia o sólo en el volumen, tal como puede observarse en los resultados de un cuestionario aplicado por Duncan y Johnstone (1973).

Los problemas con proporciones en las que se emplean números grandes resultan más complejos para los alumnos que aquéllos en los que se utilizan números sencillos. Así, se ha observado que siempre que se modifique una sola variable, manejan bien, de forma cualitativa (color de una disolución), las proporciones simples 1:2 y 2:1. Por ejemplo, son capaces de comparar con éxito las concentraciones de dos o más disoluciones coloreadas (Serrano y Blanco, 1988).

A la hora de realizar cálculos proporcionales, resultan más sencillos de resolver los problemas en los que hay que utilizar una relación proporcional directa que aquéllos en los que aparece una proporcionalidad inversa. En esta línea se ha encontrado que, en la resolución de problemas de disoluciones, aparece entre los alumnos una cierta tendencia a establecer una relación proporcional directa entre la concentración y el volumen (Anamuah-Mensah, 1986). Se encuentran respuestas en las que indican que al aumentar la cantidad de disolvente aumenta la concentración ya que aumenta el volumen de la disolución o, al revés, cuando disminuye el volumen de disolución disminuye la concentración (Pozo *et al.*, 1991).

VI.2 OBJETIVO

Determinar las preconcepciones (concepciones incompletas e incorrectas, desde el punto de vista científico) que sobre los conceptos disolución, dilución, disociación y ionización tienen alumnos de nivel medio y medio superior.

VI.3 METODOLOGÍA

Se diseñaron 8 cuestionarios escritos con 57 preguntas abiertas y de opción múltiple para determinar las preconcepciones sobre conocimientos básicos relacionados con los conceptos mencionados.

Se aplicaron los cuestionarios a los estudiantes durante sus horas normales de clase de teoría y laboratorio de Física y/o Química. Los alumnos contaron con 50 minutos para resolverlos, aunque están calculados para resolverse en menos tiempo.

VI.3.1 Sujeto

Los estudiantes pertenecen a 2 grupos de 2° grado y 2 grupos de 3er grado de una secundaria pública y a 2 grupos de 5° grado de una preparatoria particular, con edades entre 14 y 18 años; que han realizado 1,2, y 3 cursos de Química respectivamente. Los grupos fueron elegidos solamente por la conveniencia de sus horarios de clase. La variación en el número de alumnos encuestados en cada cuestionario se debe a las fluctuaciones en su asistencia a clases.

Todo este conjunto de alumnos fue asignado como "grupo testigo" para distinguirlo del grupo de alumnos que participaron en el estudio de la propuesta de enseñanza, llamado "grupo piloto".

Las tablas con los resultados obtenidos para cada una de las preguntas se encuentra en el Apéndice B junto con los resultados obtenidos en el estudio de la propuesta de enseñanza con el propósito de compararlos fácilmente.

VI.3.2 Cuestionarios

Los cuestionarios aplicados son los siguientes y se muestran ejemplos resueltos de cada uno. (El número romano se ha asignado para contabilizar el número total de preguntas).

Cuestionario 1

En este cuestionario se incluyeron preguntas para conocer las ideas que tienen los alumnos sobre los conceptos disolución y disolver.

Contesta las siguientes preguntas:

- I) ¿Qué significa para ti disolver?
- II) ¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las cosas que hay en la cocina de tu casa?
- III) ¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las sustancias y materiales que hay en el laboratorio?

Cuestionario 2

El cuestionario 2, de opción múltiple, está diseñado para investigar lo que los alumnos saben sobre algunas características de la disolución.

Encierra en un círculo la letra que corresponda a la respuesta que consideras es la correcta en cada una de las siguientes preguntas.

- IV) 1.- Una disolución (solución) es:
 - a) El resultado de un cambio físico
 - b) El resultado de un cambio químico
 - c) El resultado de un cambio físico o químico

V) 2.- Una disolución (solución) está formada por:

- a) Una substancia
- b) Dos substancias
- c) Dos o más substancias
- d) Ninguna de las anteriores. Explica:
- e) No sé

VI) .- Una disolución puede ser:

- a) Solamente líquida
- b) Líquida o gaseosa
- c) Líquida o sólida
- d) Sólida o gaseosa
- e) Gaseosa, líquida o sólida
- f) Ninguna de las anteriores. Explica:
- g) No sé

VII) 4.- Una disolución es:

- a) Una mezcla heterogénea
- b) Una mezcla homogénea o heterogénea
- c) Una mezcla homogénea
- d) Ninguna de las anteriores. Explica:
- e) No sé

VIII) 5.- Una disolución tiene:

- a) Una sola fase
- b) Dos fases
- c) Dos o más fases
- d) Ninguna de las anteriores. Explica:
- e) No sé

Cuestionario 3

Este cuestionario fue diseñado para explorar lo que los alumnos conocen sobre una clasificación cualitativa de las disoluciones (disoluciones concentradas y diluidas) y si podían explicar su diferencia.

Contesta las siguientes preguntas.

IX) ¿Qué diferencia existe entre una disolución concentrada y una diluida?

X) Escribe cómo prepararías una disolución concentrada y una diluida empleando las mismas substancias para ambas.

Ejemplar del cuestionario 1 de un alumno de secundaria

Cuestionario número 1

Nombre del alumno: Lima Castro Emmanuel Grupo: 3° B

Contesta las siguientes preguntas:

¿Qué significa para ti disolver?

Es cuando dos sustancias
se mezclan pero no sus átomos

¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las cosas que hay en la cocina de tu casa?

con agua limon azucar
un plato y una cuchara

¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las sustancias y materiales que hay en el laboratorio?

Nitrato y Potasio o
Cloro y Sodio

Ejemplar del cuestionario 1 de un alumno de preparatoria

Cuestionario número 1

Nombre del alumno: González Román Grupo: 502

Contesta las siguientes preguntas:

¿Qué significa para ti disolver?

Combinar 2 sustancias hasta que ya no se distingan ninguna de las dos.

¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las cosas que hay en la cocina de tu casa?

Al preparar café, con azúcar y leche; También cuando se hace agua de sabor.

¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las sustancias y materiales que hay en el laboratorio?

Cuando combinamos agua, o cualquier otra sustancia con otra sustancia diferente.

Ejemplar del cuestionario 2 de un alumno de preparatoria

Cuestionario número 2

Nombre del alumno: García Uribe Hector Grupo: 502

Encierra en un círculo la letra que corresponda a la respuesta que consideras es la correcta en cada una de las siguientes preguntas.

1.- Una disolución (solución) es:

- a) El resultado de un cambio físico
- b) El resultado de un cambio químico
- c) El resultado de un cambio físico o químico

2.- Una disolución (solución) está formada por:

- a) Una sustancia
- b) Dos sustancias
- c) Dos o más sustancias
- d) Ninguna de las anteriores. Explica: _____

e) No sé

3.- Una disolución puede ser:

- a) Solamente líquida
- b) Líquida o gaseosa
- c) Líquida o sólida
- d) Sólida o gaseosa
- e) Gaseosa, líquida o sólida
- f) Ninguna de las anteriores. Explica: _____

g) No sé

4.- Una disolución es:

- a) Una mezcla heterogénea
- b) Una mezcla homogénea o heterogénea
- c) Una mezcla homogénea
- d) Ninguna de las anteriores. Explica: _____

e) No sé

5.- Una disolución tiene:

- a) Una sola fase
- b) Dos fases
- c) Dos o más fases
- d) Ninguna de las anteriores.

Explica: _____

e) No sé

Ejemplar del cuestionario 3 de un alumno de secundaria.

Cuestionario número 3

Nombre del Alumno: Florencia Pérez JaraGrupo: 3^{er} D

Contesta las siguientes preguntas.

¿Qué diferencia existe entre una disolución concentrada y una diluida?

Que la concentrada es mas fuerte y la diluida es menos fuerte

Escribe cómo prepararías una disolución concentrada y una diluida empleando las mismas sustancias para ambas.

Cuando aces agua de limón si le echas poca agua al jugo de limón va a estar muy concentrada al agua si le echas mucha agua ya va estar diluida

Ejemplar del cuestionario 3 de un alumno de preparatoria

Cuestionario número 3

Nombre del Alumno: Martinez Plata Ignacio
Grupo: 352

Contesta las siguientes preguntas.

¿Qué diferencia existe entre una disolución concentrada y una diluida?

en que la concentrada va ver mas cantidad de sustancia que la otra en un sistema
La diluida la cantidad esacta de las dos soluciones en el sistema

Escribe cómo prepararías una disolución concentrada y una diluida empleando las mismas sustancias para ambas.

Agua y sal → en la concentrada poner mas sal que agua seria una solución concentrada en una más diluida la sal necesaria para que sea agua salada

Cuestionario 4

Este cuestionario se diseñó para conocer si los alumnos pueden discriminar los conceptos químicos: mezclar, suspender, disolver, diluir y reaccionar, y para conocer si persiste la idea de que en la disolución desaparece uno de los componentes.

Encierra en un círculo la respuesta que consideres que es la MEJOR en cada una de las siguientes preguntas.

XI) 1.- Después de añadir sal a la sopa, la sal:

- a) Desaparece en el agua de la sopa
- b) Se mezcla con el agua de la sopa
- c) Reacciona con el agua de la sopa
- d) Se disuelve en el agua de la sopa
- e) Se diluye en el agua de la sopa

XII) 2.- Cuando añades un cubo de hielo al refresco, el agua del hielo:

- a) Se mezcla con el refresco
- b) Se disuelve en el refresco
- c) Desaparece en el refresco
- d) Se diluye en el refresco
- e) Reacciona con el refresco

XIII) 3.- Cuando se prepara agua de sabores con el contenido en polvo de un sobre, el polvo:

- a) Se diluye en el agua
- b) Se disuelve en el agua
- c) Reacciona con el agua
- d) Desaparece en el agua

XIV) 4.- Cuando añades enjuague bucal al agua, el enjuague:

- a) Desaparece en el agua
- b) Se disuelve en el agua
- c) Reacciona con el agua
- d) Se diluye en el agua

XV) 5.- Cuando se escapa gas de una estufa, el gas

- a) Desaparece en el aire
- b) Reacciona con el aire
- c) Se disuelve en el aire
- d) Se diluye en el aire

XVI) 6.- Cuando mezclas cloruro de potasio con agua, el cloruro de potasio:

- a) Reacciona con el agua
- b) Se diluye en el agua
- c) Se disuelve en el agua
- d) Se suspende en el agua

XVII) 7.- Cuando mezclas alcohol absoluto con agua, el alcohol:

- a) Se suspende en el agua
- b) Se disuelve en el agua
- c) Se diluye en el agua
- d) Reacciona con el agua

XVIII) 8.- Cuando mezclas alcohol comercial con agua, el alcohol:

- a) Reacciona con el agua
- b) Se diluye en el agua
- c) Se suspende en el agua
- d) Se disuelve en el agua

XIX) 9.- En el lenguaje de la Química, uno de los nombres empleados para el azúcar común es sacarosa. Cuando añades agua a una disolución acuosa de sacarosa:

- a) La disolución se disuelve en el agua
- b) La disolución se diluye en el agua
- c) La sacarosa se disuelve en el agua
- d) La sacarosa se diluye en el agua

XX) 10.- Cuando mezclas ácido clorhídrico concentrado con agua:

- a) El ácido se disuelve en el agua
- b) El ácido se diluye en el agua
- c) La disolución se disuelve en el agua
- d) La disolución se diluye en el agua

Cuestionario 5

El cuestionario 5 se aplicó para conocer la relación de las ideas de los alumnos sobre la disolución con el concepto masa y sus ideas del fenómeno a nivel microscópico.

Se presentó a los alumnos un matraz redondo de fondo plano de 2 litros de capacidad que contenía un litro de agua de la llave. Se añadieron aproximadamente 200 g de azúcar refinada, se agitó con movimiento rotatorio hasta formar el efecto torbellino y hasta que se observara una sola fase y se esperó hasta que cesara el movimiento del agua. Se formuló (oralmente) la primera pregunta a los alumnos y se esperó a que respondieran para seguir con las siguientes hasta completar 5 de la misma manera. Las preguntas fueron:

XXI) 1.- ¿Qué sucedió dentro del matraz? (Se repite la pregunta)

XXII) 2.- ¿Se trata de un fenómeno físico o químico?, ¿Se trata de un fenómeno químico o físico?

XXIII) (En el análisis de resultados se determina la correspondencia entre la respuestas 1 y 2)

XXIV) 3.- ¿Por qué?, ¿Por qué crees que se trata de ese tipo de fenómeno?

XXV) 4.- Si antes del experimento depositamos 1000 g de agua y añadimos 200 g de azúcar ¿cuál es la masa del contenido del matraz (de lo que está dentro del matraz) después del experimento?

Se presentaron escritas en el pizarrón las siguientes opciones:

- Menos de 1000 gramos
- 1000 gramos
- Más de 1000 gramos pero menos de 1200 gramos.
- 1200 gramos
- Más de 1200 gramos.

XXVI) 5.- Se continuó diciendo a los alumnos: "Vamos a suponer que tenemos un microscopio tan potente que nos permite ver las moléculas de lo que tenemos dentro del matraz. Si representamos las moléculas de agua como círculos sin rellenar (se dibujaron en pizarrón) y a las moléculas de azúcar como círculos rellenos o coloreados (se dibujaron en el pizarrón) ¿Cómo veríamos las moléculas de lo que contiene el matraz, después de haber agitado el matraz y esperar a que terminara el movimiento del agua?"

Después de que los alumnos hacen el dibujo se les hace la siguiente pregunta:

XXVII) 6.- ¿Qué sucede al contenido del matraz si se le añade más agua?

XXVIII) 7.- Dibuja cómo se verían las moléculas en este caso.

Cuestionario 6

El cuestionario 6 tuvo por objetivo profundizar en varios aspectos relacionados con la disolución: en el concepto de concentración y dilución pero especialmente en el proceso a nivel microscópico explorando lo referente a cómo se pueden encontrar las partículas de soluto y sus consecuencias en la conductividad eléctrica. Se exploraron los conceptos: molécula, polaridad de las moléculas, ion, solvatación, hidratación y ionización.

XXIX) 1.- La concentración de una disolución expresa:

- a) La cantidad que existe de soluto
- b) La cantidad que existe de disolvente
- c) La cantidad que existe de soluto y disolvente
- d) La proporción que existe entre la cantidad del soluto y del disolvente

XXX) 2.- De los siguientes pares de disoluciones ¿Qué par tiene diferente concentración?

- a) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 10 gramos de soluto en 200 mL de agua
- b) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 2.5 gramos de soluto en 50 mL de agua
- c) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 200 mL de agua
- d) Una de 0 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 0 mL de agua

XXXI) 3.- ¿Cómo es una disolución después de diluirla?

- a) No tiene concentración
- b) Tiene la misma concentración
- c) Tiene menor concentración
- d) Tiene mayor concentración

XXXII) 4.- ¿Cómo se encuentran las partículas de un soluto en una disolución?

- a) separadas en forma de átomos
- b) separadas en forma de electrones y protones
- c) separadas en forma de iones o de moléculas
- d) separadas en forma de agregados de muchas moléculas

XXXIII) 5.- ¿Qué hace el disolvente a las partículas de soluto al formarse una disolución?

- a) Nada
- b) Las rodea
- c) Las separa
- d) Las separa y las rodea

XXXIV) 6.- ¿Cómo son las disoluciones respecto a la conductividad eléctrica?

- a) Ninguna conduce la corriente eléctrica
- b) Sólo la de cloruro de sodio conduce la corriente eléctrica
- c) Algunas conducen la corriente eléctrica y otras no
- d) Todas conducen la corriente eléctrica

XXXV) 7.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que conduce la corriente eléctrica?

- a) En forma de electrones y protones
- b) En forma de iones
- c) En forma de átomos
- d) En forma de moléculas

XXXVI) 8.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que no conduce la corriente eléctrica?

- a) En forma de electrones y protones
- b) En forma de iones
- c) En forma de átomos
- d) En forma de moléculas

XXXVII) 9.- ¿Qué característica de las moléculas del agua les permite interactuar con moléculas de compuestos que presentan densidad de carga o carga eléctrica?

- a) Su forma
- b) El número de átomos que las forman
- c) Su polaridad
- d) Su tamaño

XXXVIII) 10.- ¿A qué tipo de compuestos disuelve el tetracloruro de carbono, que es un compuesto no polar?

- a) Solamente a los compuestos covalentes polares
- b) Solamente a los compuestos covalentes no polares
- c) Solamente a los compuestos iónicos
- d) A los compuestos covalentes polares y a los iónicos

XXXIX) 11.- ¿Cómo se llama al proceso en el cual un compuesto iónico se separa o disocia en iones por el efecto del disolvente?

- a) Atomización
- b) Dilución
- c) Disociación
- d) Ionización

XL) 12.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de agua rodean a las partículas de soluto en una disolución?

- a) Disociación
- b) Hidratación
- c) Reacción química
- d) Solvatación

XLI) 13.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de un disolvente que no es el agua rodean las partículas del soluto?

- a) Disociación
- b) Hidratación
- c) Reacción química
- d) Solvatación

XLII) 14.- ¿Cómo se llama el proceso en que un compuesto reacciona con otro para formar iones?

- a) Disolución
- b) Disociación
- c) Hidratación
- d) Ionización

XLIII) 15.- ¿Qué tipo de fenómeno es la ionización?

- a) Físico
- b) Químico
- c) Físico o químico
- d) Natural

Ejemplar del cuestionario 4 de un alumno de preparatoria.

Cuestionario número 4

Nombre Del alumno: Galicia Camacho Varesca Grupo: 504

Encierra en un círculo la respuesta que consideres que es la MEJOR en cada una de las siguientes preguntas.

1.- Después de añadir sal a la sopa, la sal:

- a) Desaparece en el agua de la sopa
- b) Se mezcla con el agua de la sopa
- c) Reacciona con el agua de la sopa
- d) Se disuelve en el agua de la sopa
- e) Se diluye en el agua de la sopa

2.- Cuando cae aceite para motor en un charco de agua, el aceite:

- a) Reacciona con el agua
- b) Se mezcla con el agua
- c) Se disuelve en el agua
- d) Se diluye en el agua
- e) Desaparece en el agua

3.- Cuando añades un cubo de hielo al refresco, el agua del hielo:

- a) Se mezcla con el refresco
- b) Se disuelve en el refresco
- c) Desaparece en el refresco
- d) Se diluye en el refresco
- e) Reacciona con el refresco

4.- Cuando se prepara agua de sabores con el contenido en polvo de un sobre, el polvo:

- a) Se diluye en el agua
- b) Se disuelve en el agua
- c) Reacciona con el agua
- d) Desaparece en el agua

5.- Cuando añades enjuague bucal al agua, el enjuague:

- a) Desaparece en el agua
- b) Se disuelve en el agua
- c) Reacciona con el agua
- d) Se diluye en el agua

6.- Cuando se agrega aguarrás al barniz, el barniz:

- a) Desaparece en el aguarrás
- b) Se diluye en el aguarrás
- c) Se disuelve en el aguarrás
- d) Reacciona con el aguarrás

(Continuación)

Continuación del cuestionario 4

Nombre del alumno: Galicia Carrera Vanessa Grupo: 301

7.- Cuando se escapa gas de una estufa, el gas

- a) Desaparece en el aire.
- b) Reacciona con el aire
- c) Se disuelve en el aire
- d) Se diluye en el aire

8.- Cuando mezclas cloruro de potasio con agua, el cloruro de potasio:

- a) Reacciona con el agua
- b) Se diluye en el agua
- c) Se disuelve en el agua
- d) Se suspende en el agua

9.- Cuando mezclas alcohol absoluto con agua, el alcohol:

- a) Se suspende en el agua
- b) Se disuelve en el agua
- c) Se diluye en el agua
- d) Reacciona con el agua

10.- Cuando mezclas alcohol comercial con agua, el alcohol:

- a) Reacciona con el agua
- b) Se diluye en el agua
- c) Se suspende en el agua
- e) Se disuelve en el agua

11.- En el lenguaje de la Química, uno de los nombres empleados para el azúcar común es sacarosa. Cuando añades agua a una disolución acuosa de sacarosa:

- a) La disolución se disuelve en el agua
- b) La disolución se diluye en el agua
- c) La sacarosa se disuelve en el agua
- d) La sacarosa se diluye en el agua

12.- Cuando mezclas ácido clorhídrico concentrado con agua:

- a) El ácido se disuelve en el agua
- b) El ácido se diluye en el agua
- c) La disolución se disuelve en el agua
- d) La disolución se diluye en el agua

Ejemplar del cuestionario 5 de un alumno de secundaria.

Carla Quevedo Paul 3º D. edad: 15 T.V.

1º ¿Qué pasa?

• Se disuelve el azúcar en el agua que contiene el matraz.

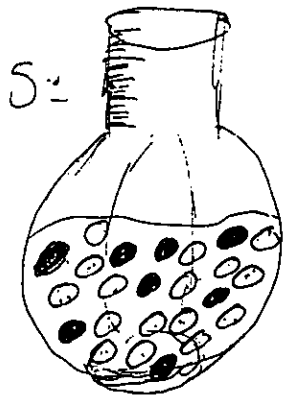
2º ¿Se trata de un fenómeno físico o químico?

• de un fenómeno químico

3º ¿Por qué?

• Pues porque los fenómenos físicos ocurren de otra manera y los químicos son cuando los provocamos nosotros.

4º Tenemos 1000g. H_2O + 200g. azúcar
¿cuánto tenemos de masa al final?
• 1200g.

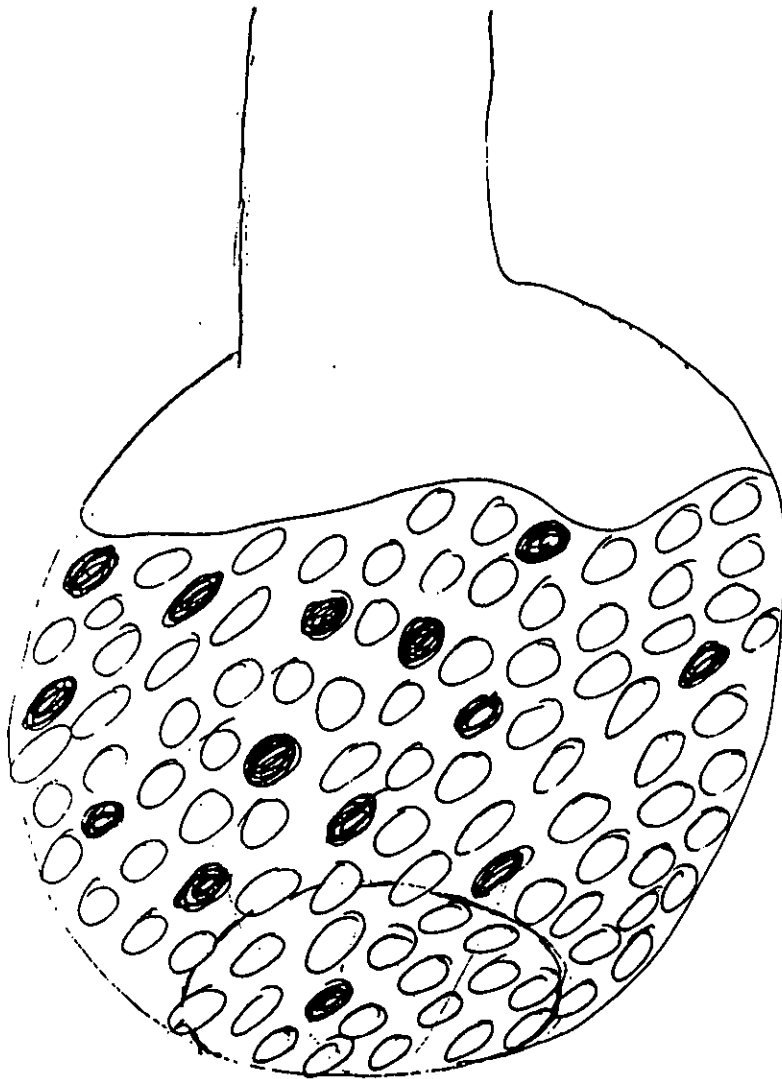


(Continuación del cuestionario 5)

6e. Que sucede si le agregamos más agua a la disolución del azúcar?

- Disminuyen las ^{moleculas} de azúcar en el agua

7e. Vista.



● - azúcar
○ - agua

Ejemplar del cuestionario 6 de un alumno de preparatoria.

Cuestionario número 6

Nombre: SANTAMARÍA S. Jorge Grupo: 503

Encierra en un círculo la letra de la respuesta correcta.

1.- La concentración de una disolución expresa:

- a) La cantidad que existe de soluto
- b) La cantidad que existe de disolvente
- c) La cantidad que existe de soluto y disolvente
- d) La proporción que existe entre la cantidad del soluto y del disolvente

2.- De los siguientes pares de disoluciones ¿Qué par tiene diferente concentración?

- a) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 10 gramos de soluto en 200 mL de agua
- b) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 2.5 gramos de soluto en 50 mL de agua
- c) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 200 mL de agua
- d) Una de 0 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 0 mL de agua

3.- ¿Cómo es una disolución después de diluirla?

- a) No tiene concentración
- b) Tiene la misma concentración
- c) Tiene menor concentración
- d) Tiene mayor concentración

4.- ¿Cómo se encuentran las partículas de un soluto en una disolución?

- a) separadas en forma de átomos
- b) separadas en forma de electrones y protones
- c) separadas en forma de iones o de moléculas
- d) separadas en forma de agregados de muchas moléculas

5.- ¿Qué hace el disolvente a las partículas de soluto al formarse una disolución?

- a) Nada
- b) Las rodea
- c) Las separa
- d) Las separa y las rodea

6.- ¿Cómo son las disoluciones respecto a la conductividad eléctrica?

- a) Ninguna conduce la corriente eléctrica
- b) Sólo la de cloruro de sodio conduce la corriente eléctrica
- c) Algunas conducen la corriente eléctrica y otras no
- d) Todas conducen la corriente eléctrica

7.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que conduce la corriente eléctrica?

- a) En forma de electrones y protones
- b) En forma de iones
- c) En forma de átomos
- d) En forma de moléculas

8.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que no conduce la corriente eléctrica?

- a) En forma de electrones y protones
- b) En forma de iones
- c) En forma de átomos
- d) En forma de moléculas

(Continuación del cuestionario 6)

Cuestionario número 6, segunda parte.

Nombre: SANTAMARTA SILLIS Jorge Grupo: 503

9.- ¿Qué característica de las moléculas del agua les permite interactuar con moléculas de compuestos que presentan densidad de carga o carga eléctrica?

- a) Su forma
- b) El número de átomos que las forman
- c) Su polaridad
- d) Su tamaño

10.- ¿A qué tipo de compuestos disuelve el tetracloruro de carbono, que es un compuesto no polar?

- a) Solamente a los compuestos covalentes polares
- b) Solamente a los compuestos covalentes no polares
- c) Solamente a los compuestos iónicos
- d) A los compuestos covalentes polares y a los iónicos

11.- ¿Cómo se llama al proceso en el cual un compuesto iónico se separa o disocia en iones por el efecto del disolvente?

- a) Atomización
- b) Dilución
- c) Disociación
- d) Ionización

12.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de agua rodean a las partículas de soluto en una disolución?

- a) Disociación
- b) Hidratación
- c) Reacción química
- d) Solvatación

13.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de un disolvente que no es el agua rodea las partículas del soluto?

- a) Disociación
- b) Hidratación
- c) Reacción química
- d) Solvatación

14.- ¿Cómo se llama el proceso en que un compuesto reacciona con otro para formar iones?

- a) Disolución
- b) Disociación
- c) Hidratación
- d) Ionización

15.- ¿Qué tipo de fenómeno es la ionización?

- a) Físico
- b) Químico
- c) Físico o químico
- d) Natural

Questionario 7

El cuestionario 7 consistió de 7 preguntas abiertas para explorar el conocimiento de los conceptos: componente, fase, soluto, disolvente, concentración y dilución.

LXIV) 1.- Si tenemos una disolución de 4 g de sulfato de cobre en 1 litro de agua:

- a) ¿Cuántos componentes tiene?
- b) ¿Cuántas fases tiene?
- c) ¿Cuál es el soluto?
- d) ¿Cuál es el disolvente?
- e) ¿Cuál es la concentración de la disolución?

XLV) 2.- ¿Cuántos gramos de ácido cítrico y cuántos mililitros de agua emplearías en cada disolución para tener dos de diferente concentración?

XLVI) 3.- ¿Qué haces para diluir una disolución?

Questionario 8

El cuestionario 8 se estructuró con preguntas de opción múltiple para explorar conceptos y representaciones relacionados con aspectos microscópicos de la disolución: Disociación, ionización, hidratación, solvatación, electrolito.

Contesta las siguientes preguntas.

XLVII) 1.- ¿Qué disolución conduciría la corriente eléctrica?

- a) Una disolución de azúcar en agua.
- b) Una disolución de alcohol en agua
- c) Una disolución de sal en agua
- d) Una disolución de petróleo en gasolina

XLVIII) 2.- Hidratación es cuando:

- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodean las moléculas de un soluto en una disolución.

XLIX) 3.- Solvatación es cuando:

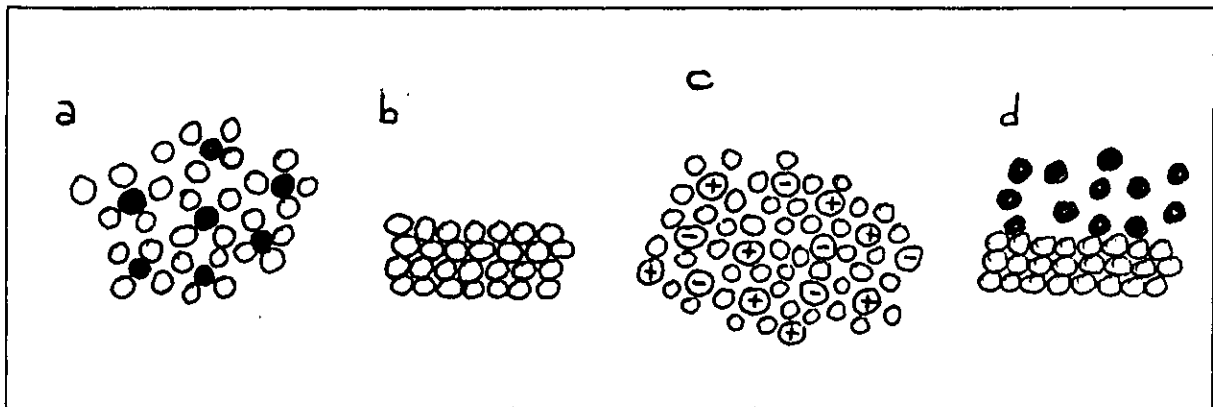
- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodean las moléculas de un soluto en una disolución.

L) 4.-Disociación es cuando:

- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodean las moléculas de un soluto en una disolución.

LI) 5.- Ionización es cuando:

- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodean las moléculas de un soluto en una disolución.



De los dibujos anteriores:

- LII) 6.- ¿Cuál representa un sólo componente? (a,b,c ó d)
- LIII) 7.- ¿Cuál representa una mezcla heterogénea? (a,b,c ó d)
- LIV) 8.- ¿Cuál representa la disolución de un compuesto covalente? (a,b,c ó d)
- LV) 9.- ¿Cuál representa la disolución de un compuesto iónico? (a,b,c ó d)
- LVI) 10.- ¿Cuál representa la disociación? (a,b,c ó d)
- LVII) 11.- ¿Cuál conduciría la corriente eléctrica? (a,b,c ó d)

Ejemplar del cuestionario 7 de un alumno de secundaria.

Cuestionario número 7

Alumno: Daniel Hernandez Roa. Grupo: 2^o "D"

1.- Si tenemos una disolución de 4 g de sulfato de cobre en 1 litro de agua:

a) ¿Cuántos componentes tiene?

2

b) ¿Cuántas fases tiene?

1

c) ¿Cuál es el soluto?

Sulfato de cobre

d) ¿Cuál es el disolvente?

Agua

e) ¿Cuál es la concentración de la disolución?

4 g / litro

2.- ¿Cuántos gramos de ácido cítrico y cuántos mililitros de agua emplearías en cada disolución para tener dos de diferente concentración?

10 gramos de ácido cítrico en 100 mililitros de agua

30 gramos de ácido cítrico en 200 mililitros de agua

3.- ¿Qué haces para diluir una disolución?

Agregar más disolvente

Ejemplar del cuestionario 8 de un alumno de preparatoria.

Cuestionario número 8

Nombre Diana Valeria Ortiz Pineda Grupo: 507

Contesta las siguientes preguntas.

¿Qué disolución conduciría la corriente eléctrica?

- a) Una disolución de azúcar en agua.
- b) Una disolución de alcohol en agua.
- c) Una disolución de sal en agua
- d) Una disolución de petróleo en gasolina.

Hidratación es cuando:

- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución.

Solvatación es cuando:

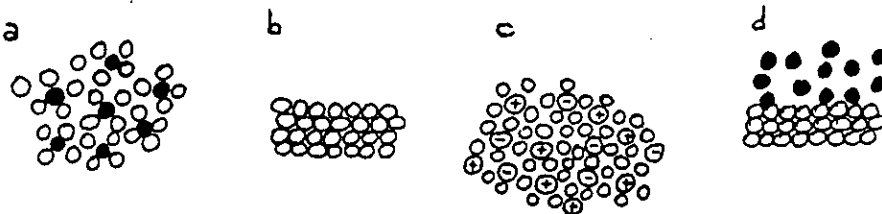
- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución

Disociación es cuando:

- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución.

Ionización es cuando:

- a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química.
- b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución.
- c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución
- d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución.



De los dibujos anteriores:

- 1) ¿Cuál representa un sólo componente? (A,b,c, ó d) c
- 2) ¿Cuál representa una mezcla heterogénea? (A,b,c ó d) d
- 3) ¿Cuál representa la disolución de un compuesto covalente? (a,b,c ó d) b
- 4) ¿Cuál representa la disolución de un compuesto iónico? (,b,c ó d) a
- 5) ¿Cuál representa la disociación? (a,b,c ó d) b
- 6) ¿Cuál conduciría la corriente eléctrica? (a,b,c ó d) a

VI.4 REGISTRO DE RESULTADOS

Se "calificaron" los 8 cuestionarios contestados por el grupo de alumnos *testigo*, los datos se registraron en tablas para cada cuestionario y se determinó el porcentaje de respuestas correctas para cada pregunta. Las tablas finales de resultados se encuentran en el apéndice B.

Ejemplar de una hoja de registro inicial de resultados del cuestionario 4 (aparecen 12 preguntas porque al final se omitieron 2 de ellas por considerarlas repetitivas).

13-15 años.												3° D.		
Cuestionario 4												3° O 13-15 años		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	-d	-a	-a	-b	-b	-d	-b	-c	-d	-c	-a	-b		
2	-b	-a	-b	-b	-c	-b	-a	a	-d	-a	-c	-c		
3	-d	-a	-d	-b	-d	-b	-a	c	-a	-b	c	-a		
4	-d	-a	-c	-a	-d	-b	-b	-c	-d	-e	-a	-d		
5	-d	-a	-a	-c	-c	-d	-a	-d	-a	-b	-c	-b		
6	-d	-b	-e	-b	-d	-b	-b	-b	-a	-a	-c	-c		
7	-b	-a	-b	-b	-d	-d	-b	-d	-b	-e	-c	-b		
8	-b	-a	-b	-b	-b	-d	-b	-c	-a	-b	-c	-b		
9	-d	-a	-b	-c	-d	-d	-c	-c	-b	-b	-c	-d		
10	-d	-a	-a	-b	-c	-b	-b	-c	-d	-e	-a	-b		
11	-d	-a	-e	-b	-b	-d	-a	-c	-c	-e	-a	-a		
12	-b	-a	-b	-b	-d	-a	-c	-d	-a	-e	-b	-c		
13	-b	-a	-a	-b	-a	-c	-a	-a	-b	-e	-b	-c		
14	-b	-a	-a	-b	-b	-e	-b	-c	-d	-e	-c	-d		
15	-d	-a	-b	-b	-d	-c	-c	-d	-b	-e	-c	-b		
16	-c	-a	-e	-b	-b	-d	-b	-b	-c	-e	-d	-c		
17	-c	-a	-c	-b	-b	-d	-a	-a	-a	-b	-b	-c		
18	-d	-a	-a	-a	-a	-d	-d	-c	-b	-a	-c	-b		
19	-d	-a	-b	-b	-b	-b	-b	-a	-a	-c	-c	-b		
20	-d	-a	-b	-a	-b	-d	-b	-b	-d	-e	-c	-b		
21	-d	-a	-a	-	-b	-b	-a	-d	-c	-a	-c	-c		
22	-b	-a	-b	-a	-d	-a	-c	-c	-b	-c	-c	-c		
23	-c	-c	-a	-b	-d	-b	-a	-b	-c	-a	-c	-b		
24	-b	-b	-b	-b	-d	-d	-c	-b	-b	-e	-a	-a		
15	d	a	a	b	b	d	b	c	d	c	a	b		
8	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a		
5	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c		

VI.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las respuestas a los 8 cuestionarios aplicados al grupo de alumnos llamado "*testigo*", se emplearon para ubicar el nivel de conocimiento y las preconcepciones, *concepciones erróneas* y *concepciones incompletas*, que estos estudiantes tienen acerca de los conceptos: disolución, dilución, disociación, ionización. La clasificación para nombrar las preconcepciones o concepciones alternativas de los alumnos, concepciones erróneas o incompletas, se eligió porque busca mostrar las relaciones que guardan éstas con los conocimientos científicos, puesto que este trabajo se realiza desde un punto de vista práctico. La siguiente parte de esta tesis tiene el objetivo de aplicar una propuesta de enseñanza para el cambio conceptual acercando las ideas de los alumnos a dichos conceptos científicos.

A nivel general, los resultados muestran porcentajes muy bajos en las respuestas correctas. Lo que significa que también es **muy bajo el porcentaje de alumnos que tiene conocimientos adecuados sobre estos conceptos**. El promedio de respuestas correctas fue de 33.49% (ver al final de la tabla VI.1, en la página 129); sin embargo, hubo mucha dispersión en los resultados que fluctuaron de 0% -para obtener la concentración de una disolución y explicar cómo diluir una disolución- ; o 2.5% -para obtener el número de fases de una disolución- (ver las preguntas 7.2, 7.5 y 7.7 de la tabla VI.1) hasta 79% -para clasificar un ejemplo de disolución- (ver la pregunta 4.3 de la tabla VI.1). Solamente el 37% de las respuestas registró el mayor porcentaje en las opciones correctas (ver al final de la tercer columna de la tabla VI.1).

VI.5.1 Análisis de resultados por tema

La agrupación de los resultados por tema, proporciona información valiosa sobre las áreas en las que los alumnos reportan mejores y peores resultados dados por el porcentaje alcanzado en las respuestas correctas o concepciones científicas.

Como se observa en la Tabla VI.2 de resultados, los aspectos estudiados pueden ser clasificados en 14 grupos que se encuentran ordenados de acuerdo al nivel de conocimiento que esperamos encontrar entre los alumnos; es decir, desde los aspectos que pensamos tendrán los más altos porcentajes de respuestas correctas, a los que tendrán los más bajos. Este orden depende, a su vez, de los pasos que se siguen generalmente para ir profundizando en el tema de disolución.

- I.- Pondríamos, en primer lugar, la conservación de la masa en una disolución, puesto que es un principio general que los alumnos deben conocer y que implica una operación sencilla de adición.
- II.- En segundo término, nuestras expectativas serían que los alumnos identificaran que la disolución es un fenómeno físico puesto que todos los alumnos encuestados han asistido al menos al primer curso de secundaria en el cual se les imparte este tema (Introducción a la Física y Química en el programa más reciente o Química I).
- III.- En tercer lugar, esperaríamos que los alumnos identificaran a la disolución como una mezcla homogénea, pues también este aspecto es tratado en el primer curso de Química.

Tabla VI.1.- Esta tabla muestra los resultados obtenidos por cuestionario y pregunta en la determinación de las preconcepciones del grupo *testigo*. El primer número en la primer columna corresponde al número de cuestionario; el segundo, al número de pregunta en dicho cuestionario. La segunda columna muestra el número romano asignado a cada pregunta (57 en total). La tercera columna muestra si la opción correcta registró o no el mayor porcentaje como respuesta. La cuarta columna muestra el porcentaje que registró la respuesta correcta.

Tabla VI.1 Determinación de preconcepciones en el grupo *testigo*

Comando y concepto que se estudia	Respuestas correctas		
	Pregunta número	Mayor % Res.Corr.	Estudio testigo
1.1 Explicar disolver	I	no	9.36%
1.2 Explicar preparación de una disolución	II	sí	50.89%
1.3 Explicar preparación de una disolución en el laboratorio	III	no	37.83%
2.1 Elegir qué tipo de fenómeno es la disolución	IV	no	26.06%
2.2 Elegir número de sustancias que forman la disolución	V	sí	69.01%
2.3 Elegir estado de agregación de las disoluciones	VI	sí	35.21%
2.4 Elegir tipo de mezcla que es la disolución	VII	no	32.39%
2.5 Elegir número de fases que presenta una disolución	VIII	no	15.49%
3.1 Explicar la diferencia entre disol. concentrada y diluida	IX	no	8.97%
3.2 Explicar la preparación de disol. concentrada y diluida	X	sí	24.81%
4.1 Clasificar un ejemplo de disolución	XI	sí	50.00%
4.2 Clasificar un ejemplo de disolución	XII	sí	40.00%
4.3 Clasificar un ejemplo de disolución	XIII	sí	79.31%
4.4 Clasificar un ejemplo de dilución	XIV	sí	37.93%
4.5 Clasificar un ejemplo de disolución	XV	sí	33.79%
4.6 Clasificar un ejemplo de disolución	XVI	no	25.52%
4.7 Clasificar un ejemplo de disolución	XVII	no	29.66%
4.8 Clasificar un ejemplo de dilución	XVIII	no	26.90%
4.9 Clasificar un ejemplo de dilución	XIX	no	9.66%
4.10 Clasificar un ejemplo de dilución	XX	no	24.14%
5.1 Nombrar el fenómeno observado de disolución	XXI	sí	69.06%
5.2 Elegir el tipo de fenómeno observado	XXII	no	36.69%
5.3 Correspondencia entre el nombre y tipo de fenómeno	XXIII	no	35.04%
5.4 Argumentar el tipo de fenómeno elegido	XXIV	no	48.10%
5.5 Elegir la masa de la disolución	XXV	sí	51.80%
5.6a Emplearon modelo molecular	XXVI a	sí	77.70%
5.6b Representaron mezcla homogénea	XXVI b	sí	73.38%
5.6c Dibujaron sólo a los dos componentes dados	XXVI c	no	32.37%
5.6d Dibujaron la distribución de las moléculas como líquido	XXVI d	no	32.41%
5.6e No representaron contacto entre moléculas	XXVI e	sí	51.96%
5.6f Las moléculas conservaron su tamaño	XXVI f	sí	75.83%
5.6g Representaciones adecuadas de la disolución	XXVI g	no	5.76%
5.7 Explicar lo sucedido al diluir la disolución	XXVII	no	31.79%
5.8 Representar la disolución diluida a nivel molecular	XXVIII	no	33.02%

(Continuación de la tabla VI.1)

Tabla VI.1 Determinación de preconcepciones en el grupo *testigo*

Comando o concepto que se estudia	Respuestas correctas		
	Pregunta número	Mayor % Res. Corr.	Estudio testigo
6.1 Elegir cómo se expresa la concentración de una disol.	XXIX	no	23.33%
6.2 Elegir dos disoluciones de diferente concentración	XXX	no	10.00%
6.3 Elegir cómo es una disolución después de diluirla	XXXI	no	19.17%
6.4 Elegir cómo se encuentran partículas de soluto en disol.	XXXII	no	21.67%
6.5 Elegir qué hace el disolvente al soluto a nivel microscóp.	XXXIII	no	31.66%
6.6 Elegir cómo son las disol. respecto a la conduc. eléctrica	XXXIV	no	29.17%
6.7 Elegir cómo están las partículas en una disol. electrol.	XXXV	no	19.17%
6.8 Elegir cómo están las part. en una disol. no conductora	XXXVI	no	17.50%
6.9 Elegir caract. molec. agua disolver comp. cov. pol. o ión.	XXXVII	no	9.17%
6.10 Elegir tipo de comp. que disuelve un compuesto polar	XXXVIII	no	21.19%
6.11 Elegir el nombre de la disociación	XXXIX	no	19.17%
6.12 Elegir el nombre de la hidratación	XL	sí	46.67%
6.13 Elegir el nombre de la solvatación	XLI	no	14.17%
6.14 Elegir el nombre de la ionización	XLII	sí	34.17%
6.15 Elegir qué tipo de fenómeno es la ionización	XLIII	sí	44.17%
7.1 Obtener el número de componentes de una disol. dada	XLIVa	sí	52.50%
7.2 Obtener el número de fases de una disolución dada	XLIVb	no	2.50%
7.3 Determinar qué componente es el soluto	XLIVc	no	32.50%
7.4 Determinar qué componente es el disolvente	XLIVd	sí	34.17%
7.5 Obtener la concentración de la disolución	XLIVe	no	0.00%
7.6 Explicar preparación de disol. concentrada y diluida	XLV	no	9.17%
7.7 Explicar cómo diluir una disolución	XLVI	no	0.00%
8.1 Elegir una disolución conductora de la electricidad	XLVII	no	22.88%
8.2 Elegir el significado de hidratación	XLVIII	sí	49.15%
8.3 Elegir el significado de solvatación	XLIX	no	27.12%
8.4 Elegir el significado de disociación	L	no	24.58%
8.5 Elegir el significado de ionización	LI	sí	37.29%
8.6 Elegir la representación molecular de un componente	LII	sí	93.22%
8.7 Elegir la represent. molec. de una mezcla heterogénea	LIII	sí	37.29%
8.8 Elegir la represent. de disolución de comp. covalente	LIV	no	27.97%
8.9 Elegir la represent. molec. de disol. de comp. iónico	LV	no	25.42%
8.10 Elegir la represent. molec. de la disociación	LVI	no	19.49%
8.11 Elegir la represent. molec. de disol. conductora de elec.	LVII	sí	66.10%
	Promedio		
	total	37.31%	33.49%

Tabla VI.2 Subtemas explorados

Tema	%	Lugar
I.- Conservación de la masa	51.80%	2
II.- La disolución es un fenómeno físico	36.47%	6
III.- La disolución es una mezcla homogénea	47.69%	3
IV.- Disolución	42.54%	5
V.- Componentes de una disolución	56.28%	1
VI.- Disoluciones en los tres estados de agregación	35.21%	7
VII.- Las disoluciones presentan una sola fase	9.00%	14
VIII.- Representaciones a nivel microscópico	46.00%	4
IX.- Concentración de una disolución	12.71%	13
X.- Dilución	22.83%	11
XI.- Interacciones entre soluto y disolvente I	31.74%	8
XII.- Interacciones entre soluto y disolvente II	20.94%	12
XIII.- Disoluciones electrolíticas	30.96%	9
XIV.- Disociación y ionización	29.81%	10
Promedio total	33.86%	

Tabla VI.2.- Esta tabla muestra los 14 subtemas en los que pueden clasificarse las 57 preguntas de los cuestionarios. Los subtemas están ordenados, con números romanos, desde el que se esperaba con mejores resultados hasta el que representaría mayor dificultad para los alumnos. La segunda columna muestra el porcentaje de respuestas correctas que alcanzó cada subtema y la tercera columna indica el lugar real que cada subtema tuvo dependiendo de los resultados obtenidos.

- IV.- En seguida se esperaría que los alumnos conocieran lo que es una disolución, diferenciándola de otro tipo de mezclas como coloides o suspensiones.
- V.- Revisaríamos en seguida el conocimiento y uso de los nombres que reciben los componentes en la disolución.
- VI.- Vendría luego la exploración del conocimiento sobre la existencia de disoluciones en los tres estados de la materia.
- VII.- Podríamos situar aquí el conocimiento del concepto fase, aunque hay gran heterogeneidad entre los profesores sobre las ventajas y los inconvenientes de emplear este concepto a nivel secundaria y aún a nivel preparatoria. Hay incluso discrepancia en el significado del término entre autores de libros de texto, principalmente de secundaria. (Ver la discusión sobre este punto en el capítulo V correspondiente al análisis de libros de texto).
- VIII.- La representación a nivel ultramicroscópico requeriría la comprensión de que la disolución es una mezcla homogénea, que es un fenómeno físico y que no hay pérdida de masa por lo que en este punto podríamos esperar que los alumnos representaran la disolución a nivel ultramicroscópico.
- IX.- El significado cualitativo de concentración está muy ligado a la comprensión a nivel ultramicroscópico de la disolución, por lo que lo hemos situado después de ésta.
- X.- El concepto dilución también depende de la comprensión de la representación a nivel ultramicroscópico y de la diferencia entre disolución concentrada y diluida.
- XI.- En seguida se podría analizar el conocimiento sobre los conceptos hidratación y solvatación.

Tabla VI.3 La tabla de la página siguiente muestra los porcentajes de respuestas correctas obtenidos para cada pregunta, éstas han sido agrupadas por subtema, el cual se indica con un número romano en primera columna. El número romano de la segunda columna corresponde al número asignado a cada pregunta. Al final de cada subtema se da el promedio de los porcentajes de las respuestas correctas de todas las preguntas correspondientes al subtema en cuestión.

- XII.- Se podría revisar después el conocimiento de las interacciones entre soluto y disolvente dependientes de las características de las moléculas de los compuestos covalentes polares, no polares y los compuestos iónicos.
- XIII.- Para que haya una clara comprensión de lo que es una disolución electrolítica, los alumnos tendrían que conocer las características de los compuestos iónicos a nivel ultramicroscópico, por lo que este aspecto está situado en penúltimo lugar.
- XIV.- Después de lo anterior se puede investigar si los alumnos conocen la diferencia que existe entre la disociación y la ionización, aunque esta diferenciación generalmente no se hace en secundaria ni en preparatoria.

En el análisis de los resultados por tema, se observó que el orden de los porcentajes de respuestas correctas dadas por los alumnos del grupo *testigo*, no correspondió al esperado según el esquema que se trazó en la tabla VI.2.

En el siguiente análisis, el número romano al inicio del nombre del subtema indica el lugar esperado y al final se indica el obtenido.

I CONSERVACIÓN DE LA MASA (2º lugar)

Aunque sólo bajó un lugar el resultado esperado para la determinación de la masa de una disolución al dar las masas del soluto y disolvente, el porcentaje es pobre si consideramos que el resultado no está determinado por la falta de instrucción en este aspecto, pues se trata de una simple suma de masas. Sólo el 52% de las respuestas fue correcto (1200 g); sin embargo, el 35% de los alumnos eligió entre las opciones "*Más de 1000g pero menos de 1200g*" (5%), el 4% "*Menos de 1000g*" y el 5% "*1000g*".

Este bajo porcentaje nos muestra que algunos alumnos en estos niveles están aún muy influenciados por su percepción inmediata o a nivel macroscópico. La apariencia de que "desaparece" el soluto en la disolución les hizo pensar que es un fenómeno en el que desaparece materia, por lo tanto, la masa.

El que existiera solamente una pregunta sobre este aspecto tan importante, se explica por el hecho que se quisieron corroborar los hallazgos hechos por otros autores en el mismo sentido. Sin embargo, este resultado directo está íntimamente relacionado con las respuestas a otras preguntas en las que expresan que uno de los componentes de la disolución desaparece (como en el caso de las definiciones de disolución) o sus moléculas disminuyen de tamaño, como fue el caso de las representaciones ultramicroscópicas (ver más adelante).

Estudios anteriores encontraron resultados semejantes; Anderson (1984; en Driver, 1989) en un estudio con alumnos ingleses y suecos de 15 años de edad encontró que sólo un tercio de la población predijo que la masa sería igual a la suma de la de sus constituyentes, mientras que

Tabla VI.3 Determinación de preconcepciones. Agrupación de preguntas por tema.

Comando y concepto que se estudia	Respuestas correctas		
	Pregunta número	Mayor % Res.Corr.	Estudio testigo
I.- En una disolución se conserva la masa			
5.5 Elegir la masa de la disolución	XXV	sí	51.80%
II.-La disolución es un fenómeno físico			
2.1 Elegir qué tipo de fenómeno es la disolución	IV	no	26.06%
5.2 Elegir el tipo de fenómeno observado	XXII	no	36.69%
5.3 Correspondencia entre el nombre y tipo de fenómeno	XXIII	no	35.04%
5.4 Argumentar el tipo de fenómeno elegido	XXIV	no	48.10%
		Promedio	36.47%
III.-La disolución es una mezcla homogénea			
2.4 Elegir tipo de mezcla que es la disolución	VII	no	32.39%
5.6b Representaron mezcla homogénea	XXVI b	sí	73.38%
8.7 Elegir la represent. molec. de una mezcla heterogénea	LIII	sí	37.29%
		Promedio	47.69%
IV.- Disolución			
1.1 Explicar disolver	I	no	9.36%
1.2 Explicar preparación de una disolución	II	sí	50.89%
1.3 Explicar preparación de una disolución en el laboratorio	III	no	37.83%
4.1 Clasificar un ejemplo de disolución	XI	sí	50.00%
4.2 Clasificar un ejemplo de disolución	XII	sí	40.00%
4.3 Clasificar un ejemplo de disolución	XIII	sí	79.31%
4.5 Clasificar un ejemplo de disolución	XV	sí	33.79%
4.6 Clasificar un ejemplo de disolución	XVI	no	25.52%
4.7 Clasificar un ejemplo de disolución	XVII	no	29.66%
5.1 Nombrar el fenómeno observado de disolución	XXI	sí	69.06%
		Promedio	42.54%
V.-Componentes de una disolución: soluto y disolvente			
2.2 Elegir número de sustancias que forman la disolución	V	sí	69.01%
7.1 Obtener el número de componentes de una disol. dada	XLIVa	sí	52.50%
7.3 Determinar qué componente es el soluto	XLIVc	no	32.50%
7.4 Determinar qué componente es el disolvente	XLIVd	sí	34.17%
8.6 Elegir la representación molecular de un componente	LII	sí	93.22%
		Promedio	56.28%
VI.-Existen disoluciones en los tres estados de agregación			
2.3 Elegir estado de agregación de las disoluciones	VI	sí	35.21%
VII.-Las disoluciones están constituidas por una sola fase			
2.5 Elegir número de fases que presenta una disolución	VIII	no	15.49%
7.2 Obtener el número de fases de una disolución dada	XLIVb	no	2.50%
		Promedio	9.00%
VIII.-Representaciones a nivel microscópico			
5.6a Emplearon modelo molecular asignado	XXVI a	sí	77.70%
5.6c Dibujaron sólo a los dos componentes dados	XXVI c	no	32.37%
5.6d Dibujaron la distribución de las moléculas como líquido	XXVI d	no	32.41%
5.6e No representaron contacto entre moléculas	XXVI e	sí	51.96%
5.6f Las moléculas conservaron su tamaño	XXVI f	sí	75.83%
5.6g Representaciones correctas de la disolución	XXVI g	no	5.76%
		Promedio	46.00%

Tabla VI.3 Determinación de preconcepciones. Agrupación de preguntas por subtema (Continuación)			
	Respuestas correctas		
	Pregunta número	Mayor% Res. Corr.	Estudio Testigo
IX.- Concentración de una disolución			
3.1 Explicar la diferencia entre disol. concentrada y diluida	IX	no	8.97%
3.2 Explicar la preparación de disol. concentrada y diluida	X	sí	24.81%
6.1 Elegir cómo se expresa la concentración de una disol.	XXIX	no	23.33%
6.2 Elegir dos disoluciones de diferente concentración	XXX	no	10.00%
7.5 Obtener la concentración de la disolución	XLIVe	no	0.00%
7.6 Explicar preparación de disol. concentrada y diluida	XLV	no	9.17%
		Promedio	12.71%
X.- Dilución			
4.10 Clasificar un ejemplo de dilución	XX	no	24.14%
4.4 Clasificar un ejemplo de dilución	XIV	sí	37.93%
4.8 Clasificar un ejemplo de dilución	XVIII	no	26.90%
4.9 Clasificar un ejemplo de dilución	XIX	no	9.66%
5.7 Explicar lo sucedido al diluir la disolución	XXVII	no	31.79%
5.8 Representar la disolución diluida a nivel molecular	XXVIII	no	33.02%
6.3 Elegir cómo es una disolución después de diluirla	XXXI	no	19.17%
7.7 Explicar cómo diluir una disolución	XLVI	no	0.00%
		Promedio	22.83%
XI.- Interacciones entre soluto y disolvente I			
6.12 Elegir el nombre de la hidratación	XL	sí	46.67%
6.13 Elegir el nombre de la solvatación	XLI	no	14.17%
6.4 Elegir cómo se encuentran partículas de soluto en disol.	XXXII	no	21.67%
6.5 Elegir qué hace el disolvente al soluto a nivel microscóp.	XXXIII	no	31.66%
8.2 Elegir el significado de hidratación	XLVIII	sí	49.15%
8.3 Elegir el significado de solvatación	XLIX	no	27.12%
		Promedio	31.74%
XII.- Interacciones entre soluto y disolvente II			
6.10 Elegir tipo de comp. que disuelve un compuesto polar	XXXVIII	no	21.19%
6.9 Elegir caract. molec. agua disolver comp. cov. pol. o ión.	XXXVII	no	9.17%
8.8 Elegir la represent. de disolución de comp. covalente	LIV	no	27.97%
8.9 Elegir la represent. molec. de disol. de comp. iónico	LV	no	25.42%
		Promedio	20.94%
XIII.- Disoluciones electrolíticas			
6.6 Elegir cómo son las disol. respecto a la conduc. eléctrica	XXXIV	no	29.17%
6.7 Elegir cómo están las partículas en una disol. electrol.	XXXV	no	19.17%
6.8 Elegir cómo están las part. en una disol. no conductora	XXXVI	no	17.50%
8.1 Elegir una disolución conductora de la electricidad	XLVII	no	22.88%
8.11 Elegir la represent. molec. de disol. conductora de elec.	LVII	sí	66.10%
		Promedio	30.96%
XIV.- Disociación y ionización			
6.11 Elegir el nombre de la disociación	XXXIX	no	19.17%
6.14 Elegir el nombre de la ionización	XLII	sí	34.17%
6.15 Elegir qué tipo de fenómeno es la ionización	XLIII	sí	44.17%
8.10 Elegir la represent. molec. de la disociación	LVI	no	19.49%
8.4 Elegir el significado de disociación	L	no	24.58%
8.5 Elegir el significado de ionización	LI	sí	37.29%
		Promedio	29.81%
	Promedio		

más de la mitad consideró que sería menor: "porque el azúcar desaparece cuando se disuelve". Por otra parte Prieto, Blanco y Rodríguez (1989), encontraron que dos terceras partes de un grupo de niños españoles de secundaria (11-14 años) también consideraron que la masa sería menor que la suma de las masas iniciales y entre ellos también había quienes consideraban que el azúcar desaparecía de la disolución al mezclarse con el agua. Valdez *et al.* (1998) encontraron que el 7% de 30 alumnos de bachillerato no reconocieron la conservación de la masa y contestaron restando el peso del azúcar en una disolución: "22 gramos porque el azúcar se integra al agua y absorbe el peso".

II.- LA DISOLUCIÓN ES UN FENÓMENO FÍSICO (6° lugar)

Se registró una baja comprensión entre los alumnos de lo que es un fenómeno físico y lo que es un fenómeno químico. Sólo el 37% de las respuestas referentes al tipo de fenómeno que es la disolución, fueron correctas.

Los resultados del cuestionario 2 muestran que los **alumnos no tienen claro el tipo de fenómeno que da lugar a una disolución**; 26% de los alumnos eligieron que es un fenómeno físico, 27% que es químico y 45% que puede ser resultado de ambos tipos de fenómenos.

Igualmente, al seleccionar el nombre de diferentes procesos en el cuestionario 4, algunos alumnos consideraron que ocurre una reacción química en fenómenos que son disolución o dilución. Las ocho preguntas que tenían la opción "reacciona" registraron respuestas en ésta con porcentajes entre 4.83% (cuando se pregunta sobre la sal en la sopa) y 40.69% (cuando se pregunta sobre el cloruro de potasio) con un promedio de 15.86%. El mayor porcentaje se encontró en la pregunta que involucra una sustancia con su nombre químico, lo que nos muestra que los alumnos tal vez relacionan los nombres químicos con reacción química.

Aparentemente, los estudiantes tienden a interpretar un fenómeno como una reacción química cuando involucra sustancias "peligrosas" (gas de la estufa, alcohol) o probablemente desconocidas (cloruro de potasio).

El desconocimiento de lo que es un fenómeno físico y químico, se ratificó claramente en el cuestionario 5; al observar la preparación de una disolución, el 61% de los alumnos lo calificó incorrectamente como *fenómeno químico*. En la determinación de correspondencia de las respuestas *disolución*, *mezcla* y *dilución* con la respuesta fenómeno físico, no se encontró correspondencia en el 65% de los cuestionarios.

Cuando se les pidió que explicaran su elección el **85% de los alumnos que respondieron que se trataba de un fenómeno químico no dieron una respuesta adecuada para describir ese tipo de fenómeno** y el **63% de los alumnos que contestaron que se trataba de un fenómeno físico no explicaron adecuadamente por qué se trataba de ese tipo de fenómeno.**

En el cuestionario 5, no hubo tipo alguno de relación entre las representaciones gráficas (aún entre las correctas) y su calificación como fenómeno físico o químico lo que indica que **los alumnos del estudio inicial no saben qué tipo de fenómeno es la disolución, como consecuencia de no saber diferenciar un fenómeno físico de uno químico.**

* Para obtener el promedio se sumaron los ocho porcentajes obtenidos en la opción *reacciona* de las preguntas que la presentaban (5.52, 4.83, 5.52, 26.9, 23.45, 40.69, 7.59 y 12.41) y se dividió entre 8. (Ver en las tablas de resultados, cuestionario 4, preguntas 1 a 8 - XI a XVIII-).

El 7% de los que respondieron que se trataba de un *fenómeno químico*, explicaron que era químico "porque no lo efectúa el medio ambiente". Asimismo, el 5% de los que respondieron que se trataba de un fenómeno físico explicaron que lo era porque "se da en la Naturaleza".

Estas respuestas coinciden con las de otros estudios en los que se asocia el concepto *fenómeno físico* con *fenómeno natural* (Stavridou *et al.*, 1993).

III.- LA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA HOMOGÉNEA (3^{er} lugar)

La diferenciación entre una mezcla homogénea y heterogénea, tuvo un 48% de promedio de respuestas correctas. La obtención de este porcentaje está relacionada con los cursos de química que los alumnos han tomado. Los resultados mostraron que el conocimiento procedimental de los alumnos en este dominio es mayor que el conocimiento declarativo. En el cuestionario 1, el 17.54% de las respuestas trata de explicar que la mezcla tiene que ser homogénea, pero empleando palabras como: deshacer en, desintegrar en, integrar, diluir y rebajar; mientras que sólo el 5.26% explica explícitamente que la disolución se trata de una mezcla homogénea. En las representaciones ultramicroscópicas de la disolución (cuestionario 5), el 73% de los alumnos dibujó una distribución homogénea de las moléculas; mientras que al calificar el tipo de mezcla que es la disolución (cuestionario 2) y al elegir la representación de una mezcla heterogénea (cuestionario 8) tuvieron sólo 32 y 37% de respuestas correctas. Así pues la idea de que una disolución es homogénea es más frecuente en los alumnos que el conocimiento del término para describirla.

A pesar del alto porcentaje relativo obtenido en estas respuestas, a nivel absoluto los resultados concuerdan con los de Silvia Valdez y colaboradores (1989) en los que concluyeron que **existe poca consistencia de los conocimientos de los alumnos en la identificación de las mezclas** al encontrar que sólo el 39% de los alumnos fue capaz de identificar una mezcla heterogénea y dos homogéneas, en un grupo de 30 estudiantes poblanos de bachillerato, con edades entre 15 y 19 años.

IV.- DISOLUCIÓN (5^o lugar)

El siguiente más alto porcentaje lo ocupa el del concepto de disolución con un 43%. A nivel general podemos decir que los alumnos identifican regularmente cuándo se trata de una disolución y saben regularmente cómo prepararla (conocimiento procedimental) pero difícilmente la pueden definir o explicar (conocimiento declarativo). Esto está también relacionado con lo que perciben a nivel macroscópico o inmediato y su falta de comprensión de lo que es el fenómeno a nivel ultramicroscópico.

En el cuestionario 1, las respuestas consideradas como correctas tendrían que diferenciar lo que es una mezcla en general, u otro tipo de dispersión (coloide o suspensión) de lo que es una disolución, un concepto más particular. Varios alumnos dieron diferentes respuestas muchas veces contradictorias: "*Degradar sustancias, rebajarlas en algunas para volverlas líquidas*"; "*Revolver las sustancias o cosas, combinar mezclar ya sean sustancias o cosas*"; "*desaparecer alguna sustancia mezclándola con agua u otros líquidos*" (sic).

Sólo el 9% fue de respuestas correctas y completas al definir qué es una disolución, estas respuestas fueron explícitamente derivadas de: mezclar sustancias solubles, mezcla de un soluto y un disolvente, formar una solución. Cuando se les pidió explicar cómo preparar soluciones, los porcentajes aumentaron, lo que significa que **el nivel de conocimiento procedimental es mayor que el del conocimiento declarativo**. El 52% de las respuestas sí explicó correctamente la preparación de una disolución en la cocina, mientras que sólo el 38% de las respuestas lo hizo considerando el laboratorio. Aquí podemos observar cómo el contexto en el que se plantean las preguntas puede influir en los resultados.

En el cuestionario 4, el porcentaje promedio de las respuestas que identificaron correctamente una disolución fue de 43%. Los porcentajes fueron desde 26%, en el caso del cloruro de potasio (probablemente sustancia desconocida para los alumnos) en agua, a 79%, en el caso de un polvo para preparar agua de sabor (este último un fenómeno cotidiano).

En el cuestionario 5, al presenciar la disolución de azúcar en agua, el 69% de los alumnos calificó el fenómeno observado involucrando el concepto *disolución*. El 47% explicó el fenómeno en términos de sus observaciones directas o apariencia externa del sistema (cambio de color, sabor o volumen, el azúcar se deshizo). Aquí hay que considerar que esta distinción se hace con respecto a las respuestas que dieron nombre al fenómeno, ninguna respuesta de manera espontánea hace alusión al cambio sufrido a nivel ultramicroscópico al formarse la disolución. Esto concuerda con los "muchos trabajos (Chastrette, 1991) que muestran que los alumnos no usan espontáneamente el modelo de partículas en sus explicaciones si no se les induce a ello" (Caruso, 1998).

En este punto habría sido importante hacer la pregunta *¿Qué le sucede al azúcar?* como en el estudio de Valdez *et al.* (1989), para profundizar más sobre la frecuencia en que los alumnos recurren a explicaciones ultramicroscópicas del fenómeno. En el estudio citado encontraron que *"la mayoría de los estudiantes no recurrieron a explicaciones atomistas; se basaron en la apariencia externa de las mezclas... Algo similar fue reportado por De Posada (1993) en un estudio realizado con alumnos españoles de 15 a 18 años de 2º y 3º de bachillerato...son minoría de alumnos (33%) que hablan de iones cuando se les pregunta de forma espontánea, no dirigida"* (Valdez *et al.*, 1998).

El nivel de precisión para la definición de *disolución* es muy pobre. El 63.74% dio la definición de una mezcla pero no caracterizó a la disolución. Cuando explicaron la preparación, el 30% de las respuestas explicó la preparación de otro tipo de mezcla (coloide, suspensión, etc.) en la cocina y el 10% en el laboratorio.

En el cuestionario 4, las respuestas que identificaron una disolución como mezcla correspondieron al 36% en promedio.

En el cuestionario 5, al observar la preparación de una disolución, el 18% la calificó adecuadamente pero con un nivel mayor de generalización (mezclar, revolver, dispersar).

La idea de que desaparece un componente

En promedio, el 6% de los alumnos piensa que un componente desaparece en la disolución: El 5% lo señala al definir una disolución (cuestionario 1); el 5.6% piensa que una disolución puede estar formada por una sola sustancia lo que puede ser derivado de la idea de

que uno de los componentes desaparece al disolverse. En las 5 preguntas que tenían la opción "desaparece (uno de los componentes)", en el cuestionario 4, ésta opción fue elegida con porcentajes entre 0.69% y 22.76% con un promedio de 7.86%. El mayor porcentaje se encontró en el caso en que se mezclaba gas con el aire; y el menor porcentaje se encontró en el que se mezclaba polvo para preparar una bebida, lo que nos indica que los alumnos respondieron apegados a sus observaciones a nivel macroscópico; el gas no se ve y el color del polvo de sabores sí. Esta idea también fue presentada gráficamente; en el 5% de las representaciones ultramicroscópicas de una disolución, de los alumnos que sí emplearon el modelo, uno de los componentes desapareció (ver en la siguiente página las ilustraciones VI.1).

Resultados similares fueron encontrados en estudios anteriores: el 10% de 30 alumnos de bachillerato, afirmó que "el azúcar desaparece dejando el agua intacta" (Valdez *et al.*, 1998). Esta respuesta fue dada también por algunos estudiantes neozelandeses (Driver, 1989), ingleses (Anderson, 1984) y españoles (Prieto *et al.*, 1989)

El 8% de los alumnos piensa que la disolución es un cambio de estado de agregación (definición en el cuestionario 1); el 3% lo puso como ejemplo en la cocina y el 2% en el laboratorio. En el cuestionario 5, el 5% de los alumnos que respondió que la disolución era un fenómeno físico, explicó que lo era porque se trataba de un cambio de estado.

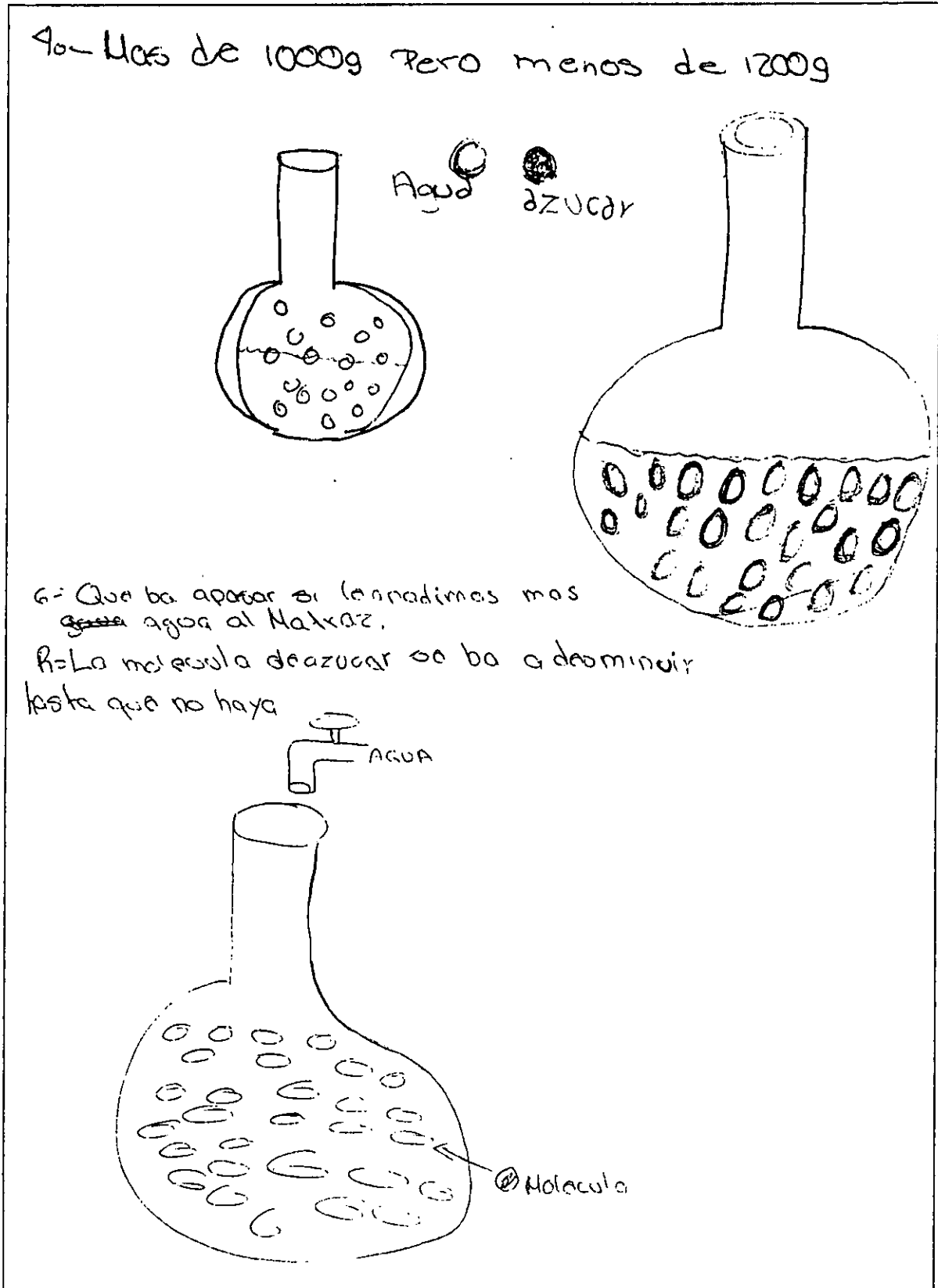
Este hallazgo concuerda con el estudio realizado por Valdez *et al.* (1989) en el cual al preguntarle a un estudiante ¿Qué le sucede a la sal? (en una mezcla de agua, sal y fierro), éste respondió (entre 30, correspondiendo al 3.33%) que la sal cambió de estado sólido a líquido. En sistemas similares, Ebenezer (1996) encuentra la misma idea en estudiantes canadienses del grado 11°.

El 6.43% definió la disolución como una reacción química. Lo que concuerda con los ejemplos que dieron los alumnos; el 2.6% explicó una reacción química en la cocina y el 11% explicó la formación de una disolución dando evidencias de una reacción química cuando la pregunta se refirió al laboratorio. También, al observar la preparación de una disolución, el 2% calificó el fenómeno como una reacción química. El 3% de los alumnos definió la disolución como la formación de un compuesto o de una nueva sustancia.

Resultados semejantes fueron encontrados en estudios anteriores: (Ebenezer, 1996); Prieto, Blanco y Rodríguez (1989) notaron que alumnos españoles de 13 años visualizan claramente al proceso de disolución como una reacción química ("se forma una nueva sustancia"), aún después de la introducción de la distinción entre fenómeno físico y químico. Schollum (1981) reportó que alumnos entre 11 y 18 años incluyeron el proceso de la disolución en la categoría de los cambios químicos. También un estudio llevado a cabo por Stavridou *et al.* (1993), cuando se preguntó por la "adición de sal en la sopa" y la "adición de azúcar al te" el 40% de estudiantes para maestros, que habían tenido clases de ciencias sólo en secundaria, calificaron los fenómenos como cambios químicos. En un estudio más reciente, el 0.7% de 30 estudiantes de bachillerato cree que se forma una nueva sustancia (Valdez *et al.*, 1998).

El 12.28% da respuestas incompletas al pensar que disolver es reducir el tamaño de las partículas de una sustancia, sin que interactúe con otro componente. Usan los términos: descomponer, deshacer, degradar, desintegrar, dividir.

Ilustraciones VI.1 Tres dibujos del estudio testigo que representan la desaparición de las moléculas de uno de los componentes.



En el cuestionario 1, el 12% emplea incorrectamente en sus definiciones los términos "combinar" y "diluir" como sinónimos de disolver. En los cuestionarios 4 y 5, los alumnos no diferenciaron adecuadamente entre disolución y dilución. Al observar la preparación de la disolución, el 3% la calificó como *dilución*.

El 4.09% de los alumnos no es capaz de generalizar y sólo da un ejemplo de lo que para ellos es disolución.

V.- COMPONENTES DE UNA DISOLUCIÓN: SOLUTO Y DISOLVENTE (1^{er} lugar)

El más alto porcentaje (56%) se encontró en el área alrededor de los conceptos: Componente, soluto y disolvente. Este alto porcentaje puede estar ligado a que:

- el concepto *componente* desde el punto de vista químico, tiene la misma significación de *parte de un todo, en este caso de la mezcla*, que el concepto *componente* en un ámbito más general y cotidiano (por ejemplo: "Los componentes de un modular"). El porcentaje de respuestas correctas fue 93% al identificar la representación ultramicroscópica de un componente y de 53% cuando se les pidió nombrar el número de componentes en una disolución.

- el concepto soluto tiene una significación "única" y "macroscópica", es decir, no tiene usos alternativos en el lenguaje cotidiano.

- los conceptos soluto y disolvente han sido enseñados y/o usados frecuentemente ligados al de disolución. No se usan al hablar de la elaboración de una mezcla de otro tipo, por ello los alumnos están relativamente familiarizados con el significado científico de esos términos, su manejo en los cursos escolares, desde el último grado de primaria, o al menos desde el primero de secundaria, los hace familiares al alumno. (No se estudió la posibilidad de que los alumnos den significado de "líquido inflamable" al término disolvente o solvente, como es empleado cotidianamente).

A pesar de que las respuestas sobre estos conceptos dieron el porcentaje más alto, hay que aclarar que cuando los alumnos están dando explicaciones propias generalmente no recurren a ellos aunque los identifican cuando son mencionados (ver los porcentajes dados sobre el concepto *componente*); los alumnos respondieron adecuadamente cuando se les pidió identificar el *soluto* y el *disolvente* de una disolución dada alcanzando porcentajes de 33 y 34% respectivamente en el cuestionario 7, pero sólo el 1.17% empleó los términos soluto y disolvente o solvente al describir qué es una disolución en el cuestionario 1. En el cuestionario 3 podemos ver que a la dificultad de expresar la proporcionalidad entre el disolvente y el soluto, al explicar la diferencia entre una disolución concentrada y diluida, se añade la dificultad de redacción y de nombrar a los componentes de la disolución: "*Concentrada es cuando se tiene más sobre una sustancia o que es muy fuerte. Diluida es cuando los dos elementos o la disolución es muy estable o igual de elementos*"; "*La concentrada tiene más de algo*".

Las respuestas en las que se identifica el concepto *elemento* con el concepto *componente* muestran nuevamente lo encontrado por Holding (1985) y Llórens (1991) (citados en Pozo 1991) y más recientemente por Valdez *et al.* en México, "*en cuanto a que hay un considerable porcentaje de alumnos que identifican como elemento ciertos prototipos*

*influenciados por el lenguaje cotidiano y por la falta de comprensión de otras nociones básicas de Química; algunos de estos prototipos son el agua y la sal" (Valdez et al., 1989) o a mi ver muestran que se emplea la palabra *elemento* no con su significado químico sino general o cotidiano, como significado de "parte de un todo".*

Se puede concluir que el manejo procedimental de estos conceptos por los alumnos no está consolidado.

Sobre el estado físico de los componentes

En el estudio hubo una insistencia en la idea de que uno de los componentes de la disolución es líquido (22% en el cuestionario 1); (*"Concentrada: más sólido que líquido, diluida: más líquido que sólido."* cuestionario 3).

Entre los líquidos, el agua fue la preferida: (*"La concentrada tiene mayor cantidad de una sustancia y menor cantidad de agua"* cuestionario 3); su mención como disolvente alcanzó el 7% en el cuestionario 1, donde se pide definir lo que es una disolución, pero alcanzó el 93% de las respuestas que ejemplificaron correctamente la preparación de una disolución con lo que hay en la cocina (49% del total) y el 95% de las respuestas que la ejemplificaron con lo que hay en un laboratorio (el 36% del total).

En la representación ultramicroscópica puede aparecer un tercer componente

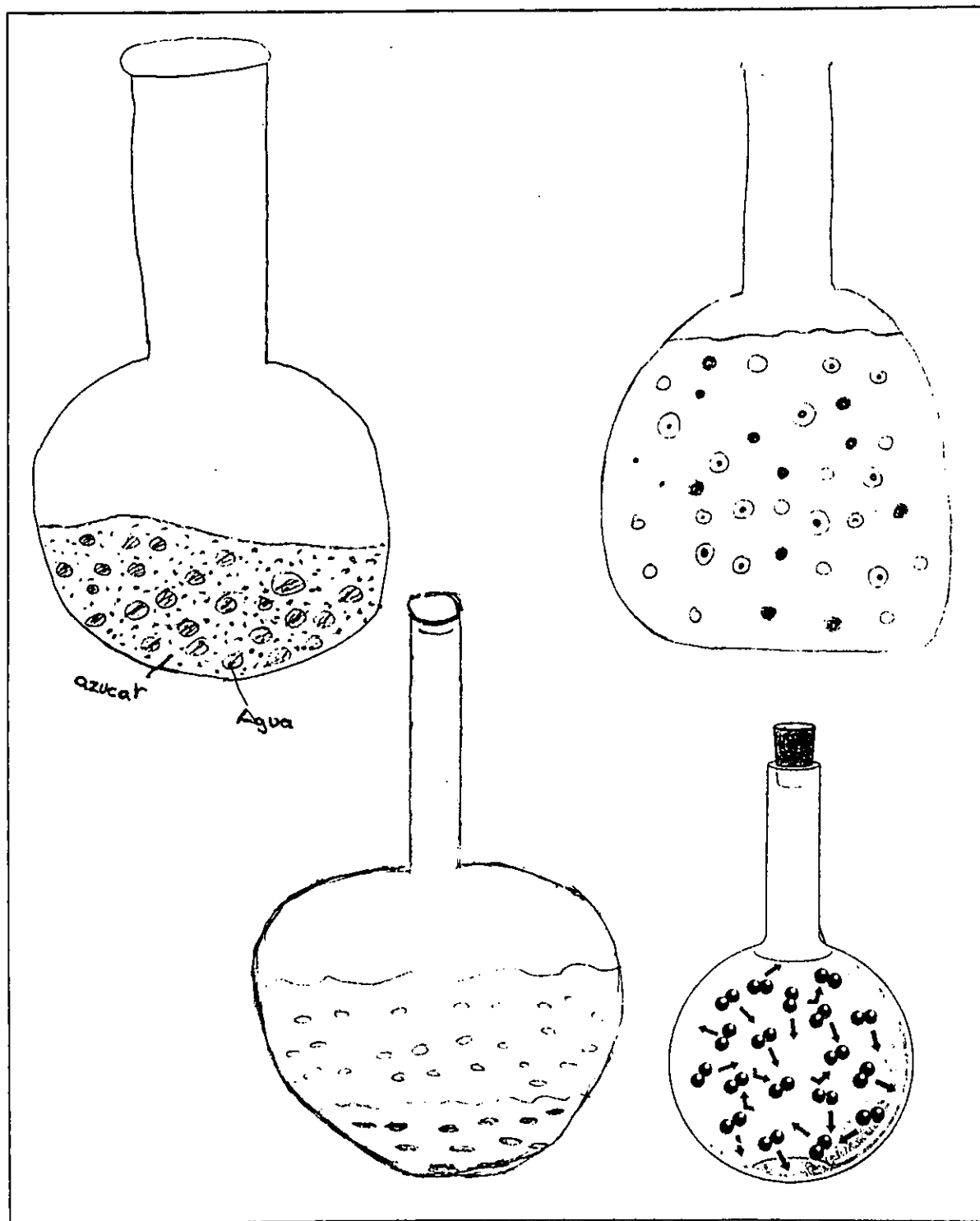
Se debe profundizar en el conocimiento de la idea de los alumnos según la cual entre las moléculas hay "algo" en lo que "flotan" o "nadan". La presencia de una línea o líneas (con las que macroscópicamente se representa el límite o el espacio que ocupa un líquido) en las representaciones ultramicroscópicas puede ser la representación de ese "algo" como un tercer componente o simplemente el resultado de la necesaria abstracción para hacer una representación totalmente ultramicroscópica. Es decir la existencia de esa línea puede ser el resultado de la combinación de ideas macroscópicas con ultramicroscópicas como existen muchas en los libros de texto (ver ilustraciones VI.2).

El 65% de las representaciones de la disolución a nivel ultramicroscópico presentó una línea marcando el límite de la disolución. El 3% dibujó explícitamente un tercer componente (ver ilustraciones VI.2).

VI.- EXISTEN DISOLUCIONES EN LOS TRES ESTADOS DE AGREGACIÓN (7º lugar)

Solamente el 35% de las respuestas fue correcto al elegir, en un cuestionario de opción múltiple, los estados de agregación de las disoluciones. Significa que el uso cotidiano de disolución, con referencia primordialmente a las disoluciones líquidas, y muy probablemente los ejemplos a los que los profesores recurrimos para explicar el concepto, influyen en los alumnos haciéndoles pensar que las disoluciones son solamente líquidas. Así, **los estudiantes no tienen claro los estados de agregación en que se puede encontrar una disolución.**

Ilustraciones VI.2 Ejemplos de dibujos en los que los alumnos representan un tercer y hasta un cuarto componente. En el primer dibujo se pueden distinguir las moléculas de agua, de azúcar y "algo en lo que flotan" representado por la línea y el sombreado. En el segundo dibujo se observan las moléculas de agua, las de azúcar, un tercer tipo de moléculas "combinadas" y un cuarto componente en el que las moléculas "nadan", representado por la línea. En el tercer dibujo se representan dos disolventes inmiscibles y dos solutos. El cuarto dibujo, extraído de un libro de texto de secundaria, también muestra la idea de la existencia de un tercer componente.



VII.- LAS DISOLUCIONES PRESENTAN UNA SOLA FASE (14° lugar)

El más bajo porcentaje (9%) lo registró el relacionado al concepto fase aún y cuando existió una pregunta de opción múltiple y una abierta. Esto significa que los alumnos no conocen el concepto o lo han aprendido con un significado incorrecto como algunas veces es tratado en los libros de texto. (Ver al respecto la discusión sobre el concepto fase en la parte de análisis de libros de texto). Según los resultados del cuestionario 2, de opción múltiple, el 69% de los alumnos piensa, erróneamente, que la disolución tiene 2 o más fases.

VIII.- REPRESENTACIONES A NIVEL ULTRAMICROSCÓPICO (4° lugar)

La representación del fenómeno de disolución a nivel ultramicroscópico tuvo un promedio de porcentajes de respuestas correctas del 46%. En general, los alumnos fueron capaces de utilizar el modelo (78%) y también hubo altos porcentajes en aspectos particulares de las representaciones como los que muestran que no hubo cambio en el tamaño de las moléculas (76%) y que no hay contacto entre las moléculas -las moléculas están separadas para indicar que no hay unión química- (52%). Sin embargo, si tomamos globalmente la representación de la disolución, encontramos que los alumnos tienen muchas confusiones sobre todo respecto al arreglo de las moléculas de disolvente alrededor de las de soluto. Lo que viene a confirmar que no hay un entendimiento claro del fenómeno de la disolución.

Al pedir la representación de la disolución que estaban observando, se dio a los alumnos el modelo que debían usar en el que se representaban las moléculas de agua como círculos claros (sin rellenar) y las moléculas de azúcar como círculos oscuros (coloreados con gis) del mismo tamaño. Esto se hizo porque se ha podido comprobar que los alumnos no usan las explicaciones a nivel ultramicroscópico si no se les induce a hacerlo (Chastrette, 1991) y porque no intentábamos conocer si los alumnos podían hacer representaciones moleculares por ellos mismos sino si podían explicar el fenómeno de la disolución con el modelo asignado.

Como lo discutimos en el punto III, el 73% sí representó una mezcla homogénea empleando el modelo asignado pero el 22% de las 139 representaciones no empleó el modelo asignado o cambió la forma de las moléculas (Ilustraciones VI.3). Es importante destacar que a pesar de darles el modelo a emplear a los alumnos, algunos de ellos no pudieron usarlo. Esta es una muestra de las dificultades que entraña la química por ser una asignatura que involucra conceptos abstractos que, en muchas ocasiones, no son inmediatamente comprendidos por algunos alumnos con los cuales hay que trabajar más.

Sobre el número de componentes representados

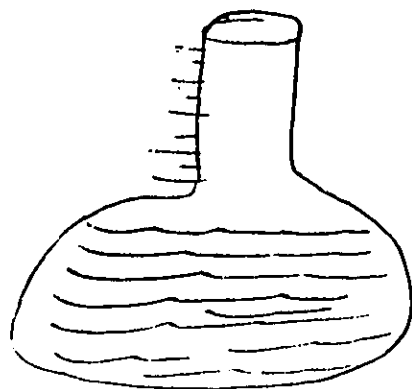
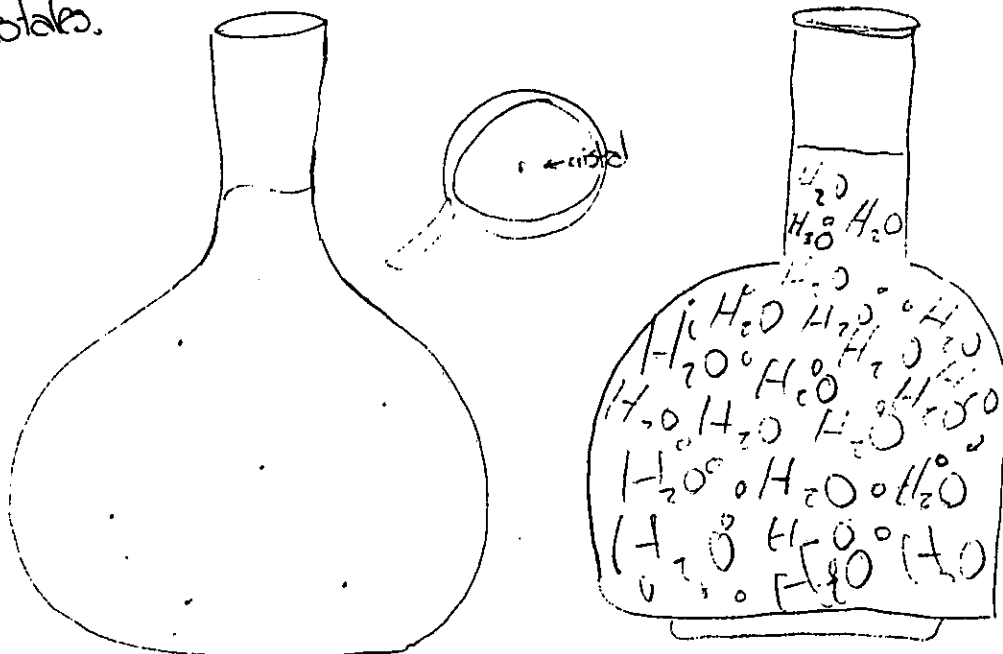
El 32% de los alumnos dibujó sólo los 2 componentes dados; el 68% restante representó el matraz en el que se produjo la disolución añadiendo una línea que marcaba el límite del líquido, con lo que está representando un tercer componente en el que "nadan" o "flotan" las moléculas. Este error pudo ser introducido durante las instrucciones, al pedir a los alumnos que dibujaran el matraz. Los alumnos en este caso se ven en la disyuntiva de representar lo ultramicroscópico mezclado con lo macroscópico, lo cual puede confundirlos. Varios alumnos, evitaron este problema, separando del matraz la observación a nivel ultramicroscópico (Ilustraciones VI.4).

Ilustraciones VI.3 Ejemplos de dibujos en los cuales los alumnos no pudieron emplear el modelo asignado.



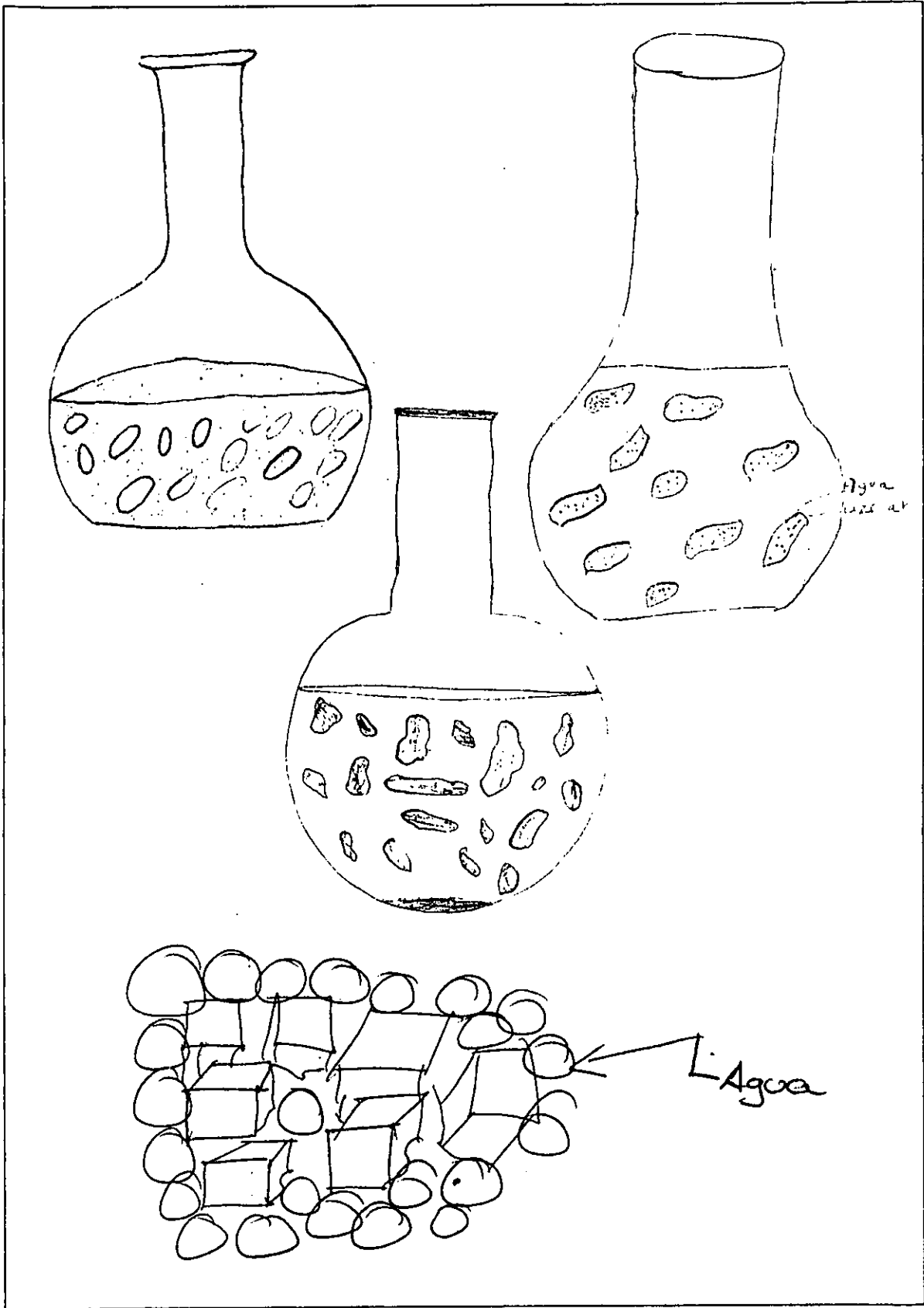
Ilustraciones VI.3 Ejemplos de dibujos en los cuales los alumnos no pudieron emplear el modelo asignado.

Las moléculas están más
distantes y con pequeños
cristales.

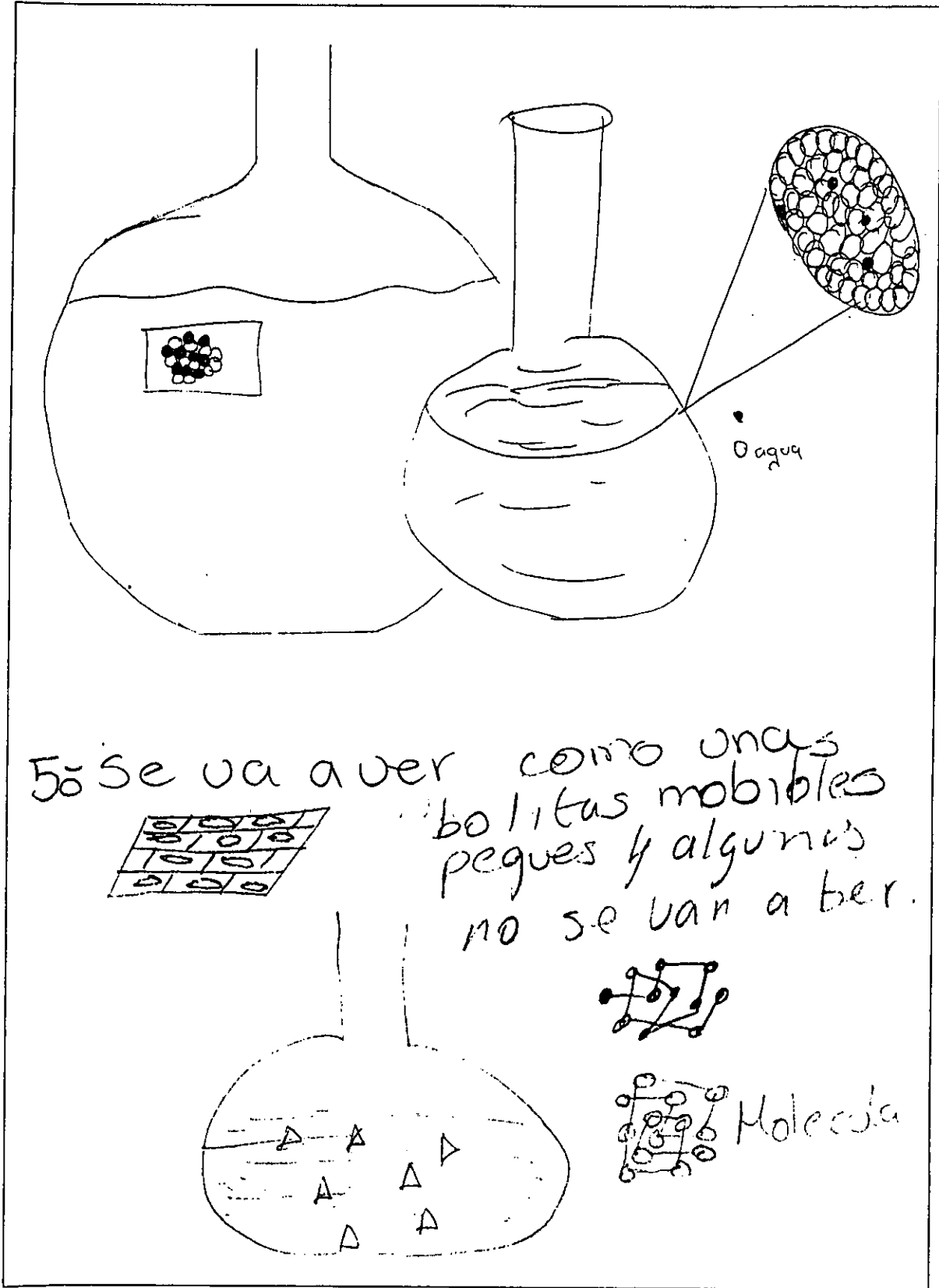


Por tal vez podría ser
que tanto las moléculas
de agua como de azúcar
son de igual manera
(invisible).

Ilustraciones VI.3 Ejemplos de dibujos en los cuales los alumnos no pudieron emplear el modelo asignado.



Ilustraciones VI.4 Ejemplos de dibujos en los que los alumnos evitaron el problema de mezclar la representación ultramicroscópica con la macroscópica.



El 3% de los alumnos, introdujo decididamente un tercer componente representado por líneas además de las moléculas del agua y el azúcar. Es importante profundizar en el estudio de esta idea en los alumnos y determinar si el alto porcentaje obtenido en el caso anterior, donde los alumnos dibujan el límite del líquido, realmente corresponde con la idea de la existencia de un tercer componente (ver ilustraciones VI.2).

Al representar la dilución, algunos alumnos dibujaron las moléculas más separadas entre sí, aumentó la extensión de los espacios vacíos, lo que puede estar expresando la idea de que al mismo tiempo que se introducen más moléculas de agua, se introduce "algo" que se interpone entre las moléculas, lo que puede derivar de una representación "intermedia" que combina elementos del modelo ultramicroscópico con lo que se observa a simple vista, es decir, el alumno dibuja moléculas de agua y agua como fluido. Valdez *et al.* (1998) encontraron esta idea en la explicación que hace un alumno de bachillerato sobre el aumento de la masa "Aumenta, ya que al separarse, las moléculas necesitan más espacio". Es necesario seguir investigando sobre esta idea (ver el punto sobre componentes de una disolución).

Sobre la existencia de contacto o no entre las moléculas

Aunque en algunos libros se representa contacto entre las moléculas de una disolución, en la representación ideal de las moléculas de azúcar y de agua en una disolución, las moléculas no deberían entrar en contacto directo entre sí, puesto que no estamos representando un sólido ni tampoco hay unión química entre el azúcar y el agua, pero la distancia entre estas debería ser mínima. Por la diferencia que encontramos en los libros, quisimos determinar también qué idea tienen los alumnos al respecto (ver las ilustraciones VI.5 y las V.5 y V.6 en las páginas 91 y 92).

(En algunas representaciones los alumnos no ponen cuidado en este aspecto: representan algunas moléculas en contacto y otras no por lo que se tomó en cuenta lo que predominaba). En el 52% de las representaciones las moléculas no tienen contacto entre sí; sin embargo esto está en relación con el hecho de que muchos alumnos (56%) representaron la disolución de azúcar en agua con espacios muy grandes entre las moléculas o grupos de moléculas (desde pares hasta racimos) correspondiendo al gas (ilustraciones VI.6).

Sobre la forma en que se distribuyen las moléculas

El 36% de las representaciones de mezcla homogénea, presenta a las moléculas con contacto directo entre sí con agrupaciones desde 2 hasta el total de las moléculas como se acostumbra representar el estado sólido (12%), (ver las representaciones en la parte de resultados). Ningún alumno representó que varias moléculas del disolvente rodean a cada una de soluto. Las representaciones más cercanas a esto fueron de moléculas individuales regularmente separadas entre sí, distribuidas al azar (como en el segundo dibujo de las ilustraciones VI.6). El 32% de las representaciones de mezcla homogénea presentó espacios adecuados para representar el estado líquido. Sin embargo, el porcentaje corresponde a la tercera parte si consideramos los tres estados de agregación de la materia, por lo que el resultado puede ser casual (ver ilustraciones VI.6.1).

Ilustraciones VI.5 Ejemplos de representaciones encontradas en los libros que muestran que las partículas de disolvente y de soluto no tienen contacto entre sí. La primera ilustración pertenece a un libro de secundaria (Salvador Mosqueira, 1994) y las dos siguientes a libros para nivel medio superior (Seese y Daub, 1989).

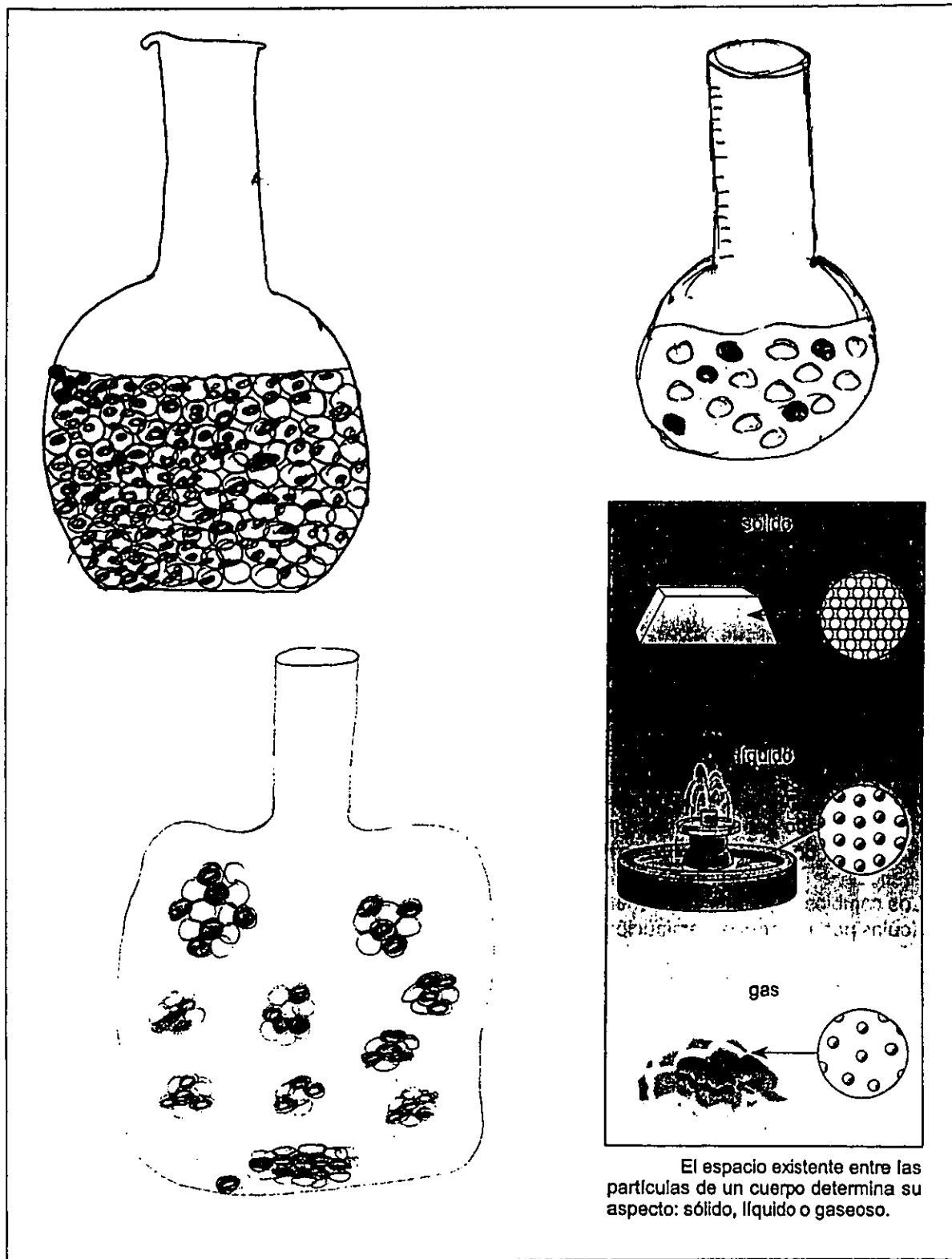
Los disolventes polares, como el agua, se caracterizan porque sus moléculas constituyen pequeños dipolos eléctricos. Cuando un cristal iónico se sumerge en agua líquida los dipolos moleculares se orientan rodeando los iones de la red cristalina. Esta especie de secuestro iónico lleva consigo un debilitamiento de los enlaces y su posterior ruptura, lo que da lugar finalmente a la disolución del cristal.

(a)

(b)

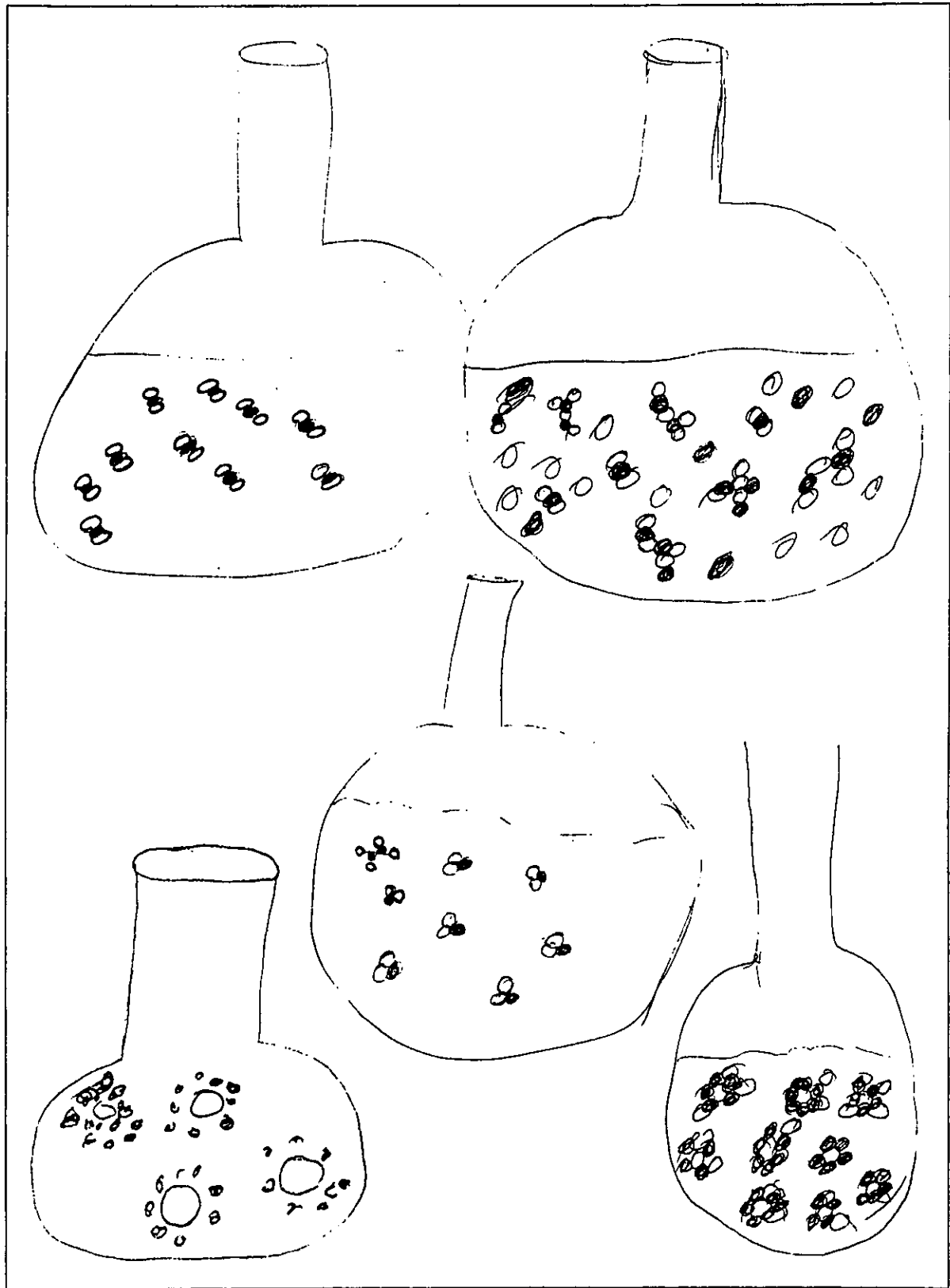
El proceso de disolución: (a) el azúcar se disuelve en agua para formar moléculas de azúcar hidratadas, $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot (H_2O)_n$; (b) el cloruro de sodio se disuelve en agua para formar iones sodio hidratados, $Na^+ \cdot (H_2O)_n$, (los iones sodio positivos atraen a los átomos de oxígeno del agua que son relativamente negativos) e iones cloruro hidratados, $Cl^- \cdot (H_2O)_n$, (los iones cloruro negativos atraen a los átomos de hidrógeno del agua que son parcialmente positivos).

Ilustraciones VI.6 Ejemplos de dibujos hechos por los alumnos y presentados en los libros sobre la distancia que existe entre las moléculas en los tres estados de agregación. Los dibujos representan la disolución de azúcar en agua con distancias entre las moléculas correspondiendo aproximadamente a las distancias en el sólido, el líquido y el gas.



El espacio existente entre las partículas de un cuerpo determina su aspecto: sólido, líquido o gaseoso.

Ilustración VI.6.1 Ejemplos de dibujos hechos por los alumnos en los que se muestran diferentes formas en las que creen están agrupadas las moléculas.



Las representaciones en las que los alumnos tratan de formar parejas (una molécula de agua cerca de una molécula de azúcar), tal vez tratan de expresar que debe haber cierta distribución regular entre ellas o cierta atracción (ilustraciones VI.7).

En el 12% de las representaciones, las moléculas de azúcar y agua se "integran entre sí" lo que puede ser interpretado más cercanamente a unión química. En este tipo de representación la forma de las moléculas sufrió cambios. Estos resultados, en particular, están de acuerdo con estudios anteriores en los que se encontró, que los alumnos atribuyen características macroscópicas a las moléculas como de "dividirse", "ahuecarse", "integrarse o meterse en otra", "mezclarse cambiando de color", "crecer", "achicarse", cambiar de forma, etcétera.

Algunas representaciones están de acuerdo con explicaciones encontradas por Valdez *et al.* (1998) según la cuales "*El agua descompuso su estructura química y absorbe y descompone los átomos de azúcar*" (ver ilustraciones VI.8).

Sobre la conservación del tamaño de las moléculas

El 76% de los dibujos conservó aproximadamente el tamaño y forma de las moléculas de azúcar y agua. Existe una tendencia en muchos alumnos a dibujar las moléculas oscuras (de azúcar) ligeramente más pequeñas (es casi imperceptible), habría que investigar si se debe al propio proceso de dibujo porque las moléculas oscuras llevan más tiempo y trabajo o si está representando la idea de que el tamaño de las moléculas ha disminuido.

En el 19% de los dibujos, la molécula de azúcar sufrió disminución de tamaño decididamente identificable. Esto se corresponde con las observaciones de que desaparece, en el 5% de las representaciones algún tipo de molécula, principalmente la de azúcar (ver ilustraciones VI.9).

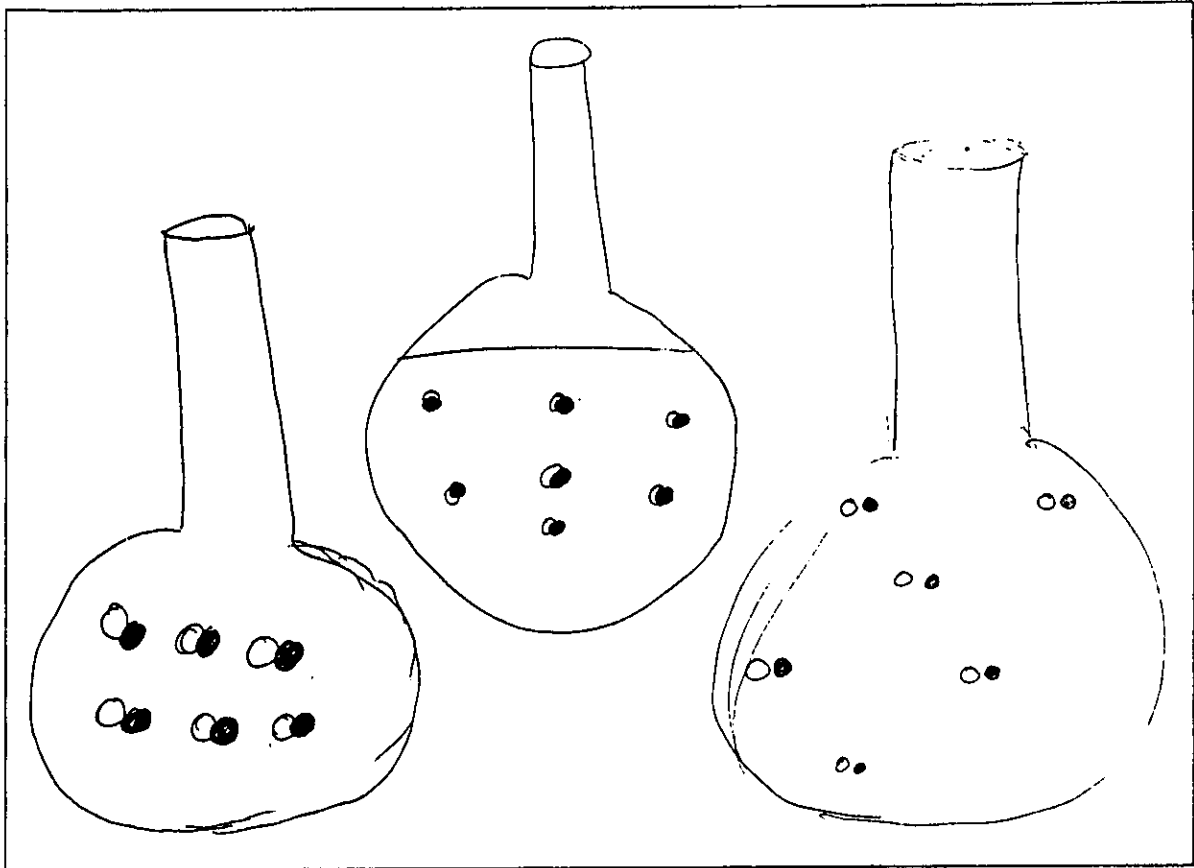
En resumen, **solamente el 6% de las representaciones fueron correctas tomando en cuenta: que no presentaron agrupaciones entre moléculas; es decir no hubo contacto entre ellas, la distancia fue adecuada para la representación del líquido y las moléculas conservaron su forma, tamaño y color.**

IX.- CONCENTRACIÓN DE UNA DISOLUCIÓN (13^{er} lugar)

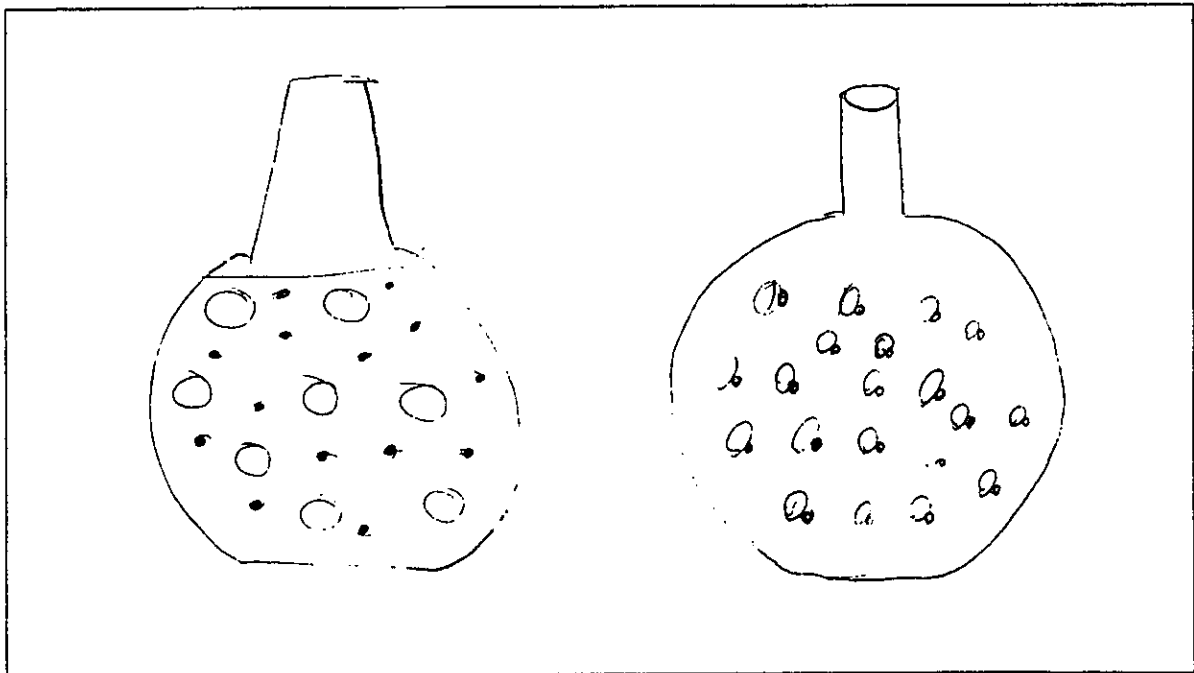
El porcentaje alcanzado por preguntas de opción múltiple y abiertas sobre concentración fue sólo de 13% indicando que **los alumnos están muy deficientes en el conocimiento de este concepto que es uno de los que involucran dos variables y que están clasificados dentro del llamado pensamiento formal.**

Al preguntar qué diferencia existe entre una disolución concentrada y una diluida, en general se encontró mucha dificultad para explicarla correctamente; solamente el 9% de las respuestas es relativamente aceptable. Se requirió cierta interpretación de las respuestas porque la mayoría de los alumnos no pudo expresar la relación entre disolvente y soluto:

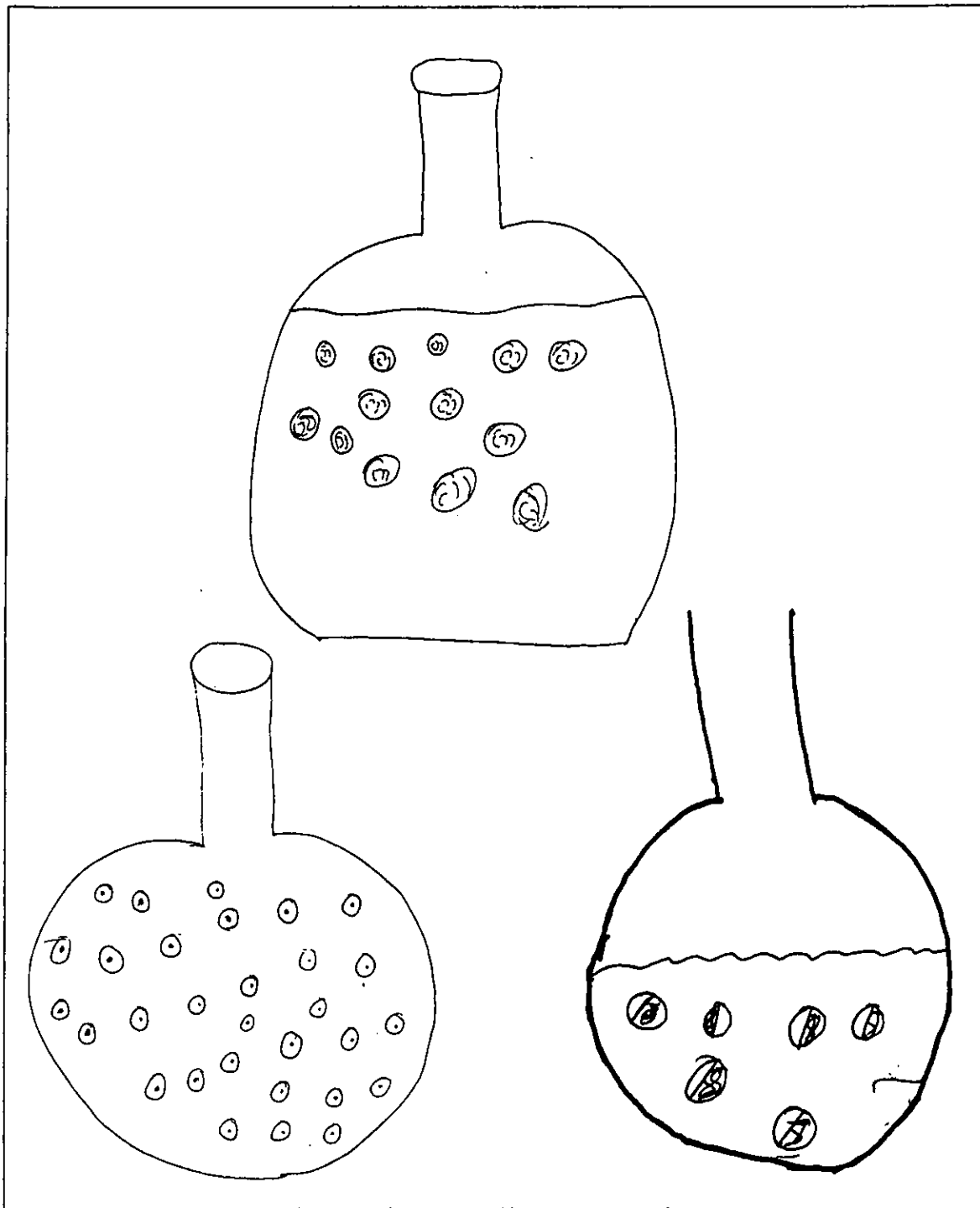
Ilustraciones VI.7 Ejemplos de dibujos en los que los alumnos representan cierta relación entre las moléculas de azúcar y agua, al formar "pares".



Ilustraciones VI.9 Ejemplos de dibujos en los que la molécula de azúcar disminuye de tamaño.



Ilustraciones VI.8 Ejemplos de dibujos en los que la molécula de azúcar "se integra" a la molécula de agua.



"En la disolución concentrada hay mayor cantidad de la sustancia (solute) y menor cantidad de liquido (disolvente), y en la disolución diluida hay menor cantidad de sustancia y mayor cantidad de liquido"

"Una concentrada tiene mayor porcentaje de un compuesto que la diluida"

El 23% de las respuestas al explicar la diferencia, lo hacen en términos de cantidades de un sólo componente: soluto o disolvente, lo que está de acuerdo con las observaciones de Pozo sobre la dificultad que presentan los jóvenes para razonar en términos de cambios que involucren dos variables como la proporción, por lo tanto, algunas respuestas se dan en términos de una cantidad (del soluto, del disolvente o de ambos):

"Concentrada es cuando tiene mucha más materia que la diluida".

"Diluida, se echa menos de una sustancia".

"El liquido tiene que ser mayor cantidad en la diluida para que la pueda diluir y en la concentrada menor cantidad".

Otras respuestas, aunque mencionan a los dos componentes no logran expresar la proporcionalidad entre ellos:

"La concentrada tiene más contenido del elemento disuelto y una diluida existe más diluyente que elemento".

"Que la concentrada es menos disolución pero más sustancias combinadas y la diluida es más disolución con menos sustancia".

"Concentrada que tiene más de un elemento que del otro o sea un 70% un 30%. Diluida, que tiene casi el mismo porcentaje las dos o más soluciones 50% y 50%".

"Concentrada es la que se encuentra al 100% todas sus sustancias".

El resto de las respuestas, 66%, confunde concentración con solubilidad, saturación, homogeneidad o heterogeneidad, transparencia u opacidad, dilución, la intervención de un tercer componente, pureza, estado físico, "fuerza", peligrosidad, tiempo.

En la explicación de la disolución diluida existe, tal vez, la influencia de la enseñanza que ha identificado la solución diluida con una disolución que ha pasado por el proceso de la dilución. Hay muchas respuestas que tratan de explicar ese hecho.

"La diluida ha sido rebajada"

"La concentrada se hace directamente y la diluida tiene otros procesos"

Para los alumnos fue menos difícil ejemplificar la preparación de una disolución concentrada y otra diluida. El 25% de las respuestas sí explicó la diferencia empleando la relación soluto-disolvente. Esto significa que el **conocimiento procedimental está presente en mayor nivel que el declarativo en este aspecto.**

El 24% no pudo ejemplificar la preparación de las disoluciones dando la relación soluto-disolvente.

"Más pintura vegetal que agua y en la diluida forma igual de los elementos para que no sea tan concentrada".

A diferencia de los resultados obtenidos sobre el aspecto cualitativo de la concentración de las disoluciones, en el cuantitativo el porcentaje para las respuestas correctas fue de 0% cuando se les pidió dar la concentración de una disolución al darles cantidades muy sencillas de soluto y disolvente (4 gramos y un litro respectivamente).

X.- DILUCIÓN (11° lugar)

Las preguntas que involucran el concepto dilución tuvieron 23% de respuestas correctas lo que indica que los **jóvenes no conocen en general el significado del término**; algunos lo confunden con disolución.

El 5% de los alumnos utilizó el concepto dilución como sinónimo de disolución al dar la definición de esta última (cuestionario 1). En el cuestionario 5, mientras observan una disolución, el 3% de los alumnos la calificó espontáneamente como *dilución*.

En el cuestionario 4, de opción múltiple, los alumnos no diferenciaron adecuadamente entre disolución y dilución. Aparentemente, **el concepto dilución lo asocian a una mezcla de dos líquidos**. Las preguntas en las que participaban dos líquidos tuvieron porcentajes entre 38 y 24 con un promedio de 31 dando las respuestas "se diluye", aunque de este 31% sólo el 60% de ellas fueron correctas.

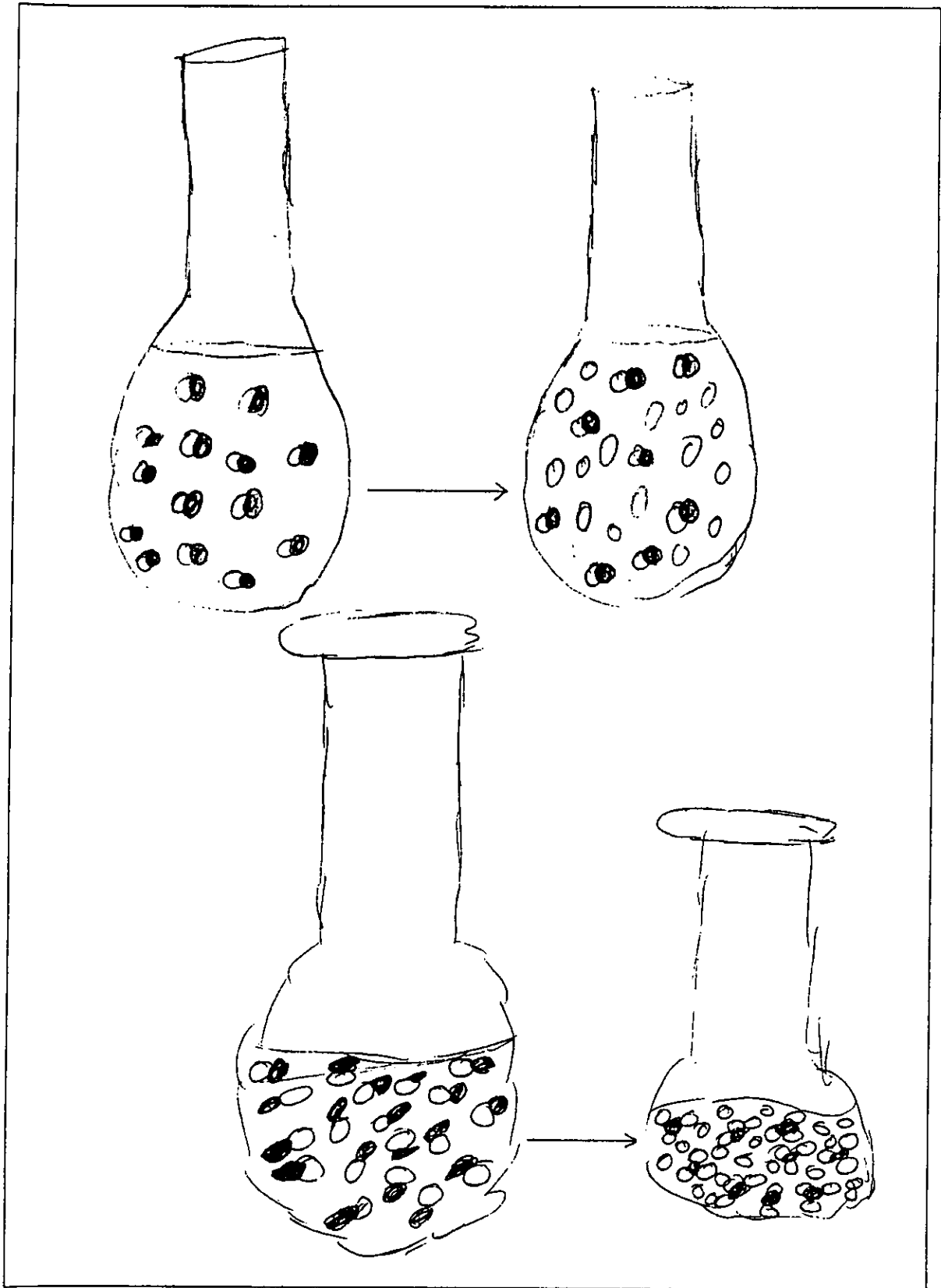
En general los alumnos no pudieron explicar el fenómeno. Cuando se pidió a los alumnos que dijeran qué sucede al contenido del matraz (la disolución) si se le añade más agua, sólo el 32% de respuestas fue adecuado. Este porcentaje incluye las respuestas en que emplearon sus observaciones macroscópicas (14.57%) y/o sus observaciones ultramicroscópicas (17%) porque no se dio ningún marco de referencia. Sin embargo, **sólo un alumno (0.7%) calificó lo que estaba observando con el nombre de dilución**. De la misma manera, cuando se planteó la pregunta abierta "¿Cómo haces para diluir una disolución?", el porcentaje de respuestas correctas fue 0% .

No lograron expresar la diferencia existente antes y después del proceso. El 21% de las respuestas intenta hacer referencia al hecho de que la proporción entre el agua y el azúcar cambió pero no lo expresa adecuadamente puesto que la descripción que hace corresponde también al estado inicial (antes de añadir el agua) : "*Hay más partículas de agua que de azúcar*", "*Hay más solvente que soluto*". Sin embargo, **el 33% de las representaciones a nivel ultramicroscópico mostraron el aumento de la proporción de agua** (ver las ilustraciones VI.10).

El 13% explica que: "Desaparecen moléculas de azúcar". El estudio de esta idea se debe profundizar más para descartar el que los alumnos quieran expresar el hecho de que en "un campo del microscopio en el que están observando" vean menor número de moléculas de soluto tras la disolución o si realmente quieren expresar que el soluto desaparece como se ha encontrado en otras partes de este estudio o en estudios anteriores.

También en el cuestionario 5, al representar ultramicroscópicamente la disolución, en el 16% de las representaciones de los alumnos disminuyó el tamaño de las moléculas o desaparecieron completamente lo que concuerda con su explicación verbal.

Ilustraciones VI.10.- Ejemplos de dibujos que muestran a nivel ultramicroscópico el cambio en la proporción disolvente-soluto después de la dilución.



El 14% de las respuestas indica que los alumnos piensan que el azúcar se puede seguir disolviendo al diluir una disolución (*"El azúcar se disuelve mejor, más o más rápido"*), lo que puede estar estrechamente relacionado con la idea que algunos alumnos tienen de que la molécula de azúcar disminuye de tamaño al disolverse. También este estudio se debe profundizar para descartar el hecho de que los alumnos hayan interpretado la pregunta como "aumentar la cantidad de agua desde el primer paso de la disolución", con lo que los alumnos tratarían de expresar la idea de que la disolución de una cantidad constante de soluto se lleva a cabo más rápidamente en un sistema que tenga mayor cantidad de disolvente que en otro que tenga menos.

En esta parte encontramos nuevamente que el 7% de las respuestas expresa ideas que se relacionan con algún cambio en la naturaleza de las moléculas: *"No se distinguen bien las moléculas de azúcar"*, *"Disminuye la cantidad de azúcar en las moléculas de agua"*, *"Las moléculas de azúcar se separan de las del agua"*, *"Unas moléculas de agua estarían combinadas, otras no"*, *"Las moléculas pierden sus propiedades"*. El 1% indica que las moléculas de agua aumentan de tamaño. También en el 3% de las representaciones a nivel ultramicroscópico, se presentó aumento de tamaño de las moléculas de agua lo que puede representar la idea de que las moléculas de agua "absorben más agua" y crecen.

En el 11% de las representaciones las moléculas cambiaron la forma de agruparse tras la disolución (ver ilustraciones VI.11).

El 8% representó las moléculas después de la dilución con más espacio entre ellas que en sus representaciones iniciales, lo que puede significar que imaginan la entrada de un tercer elemento junto con el disolvente que las separa (ver el apartado sobre componentes en este mismo capítulo).

El 3% de los alumnos piensa que no se produce cambio alguno.

XI.- INTERACCIONES ENTRE SOLUTO Y DISOLVENTE I (8° lugar)

Solamente el 32% de las elecciones fue correcto para nombrar hidratación y solvatación con un rango entre 14 y 49%; aquí el alto porcentaje (49%) lo tuvo "hidratación" palabra que los alumnos relacionan fácilmente con agua.

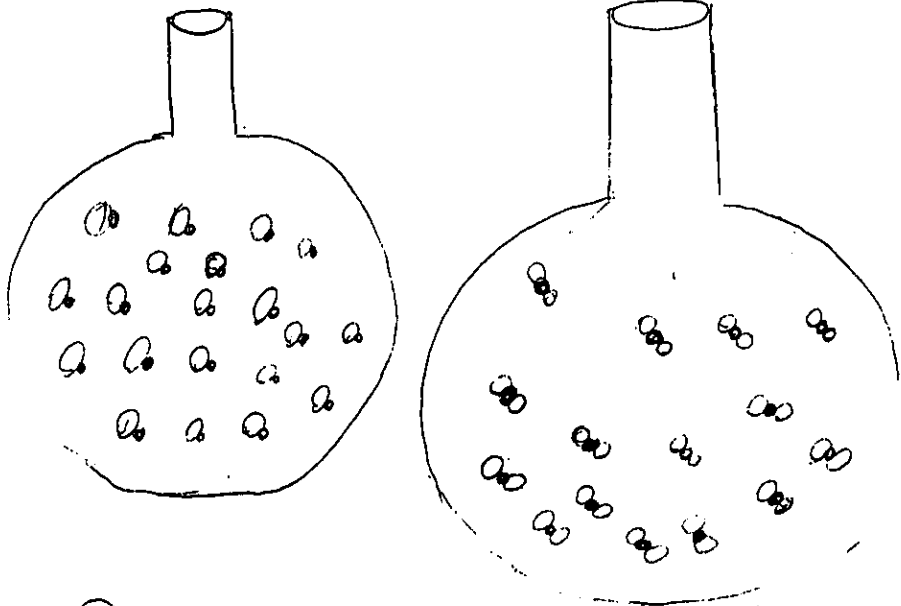
XII.- INTERACCIONES ENTRE SOLUTO Y DISOLVENTE II (12° lugar)

Las respuestas que tienen que ver con un conocimiento más profundo de los compuestos (covalentes, covalentes polares, iónicos) y las propiedades de sus moléculas alcanzaron sólo un 21%, que por tratarse de un resultado derivado de un cuestionario de opción múltiple, implica que el alumno no tiene conocimientos en este aspecto.

XIII.- DISOLUCIONES ELECTROLÍTICAS (9° lugar)

La obtención de porcentajes cercanos a 30 en cuestionarios de opción múltiple puede ser resultado del azar por lo que estos valores pueden ser poco significativos.

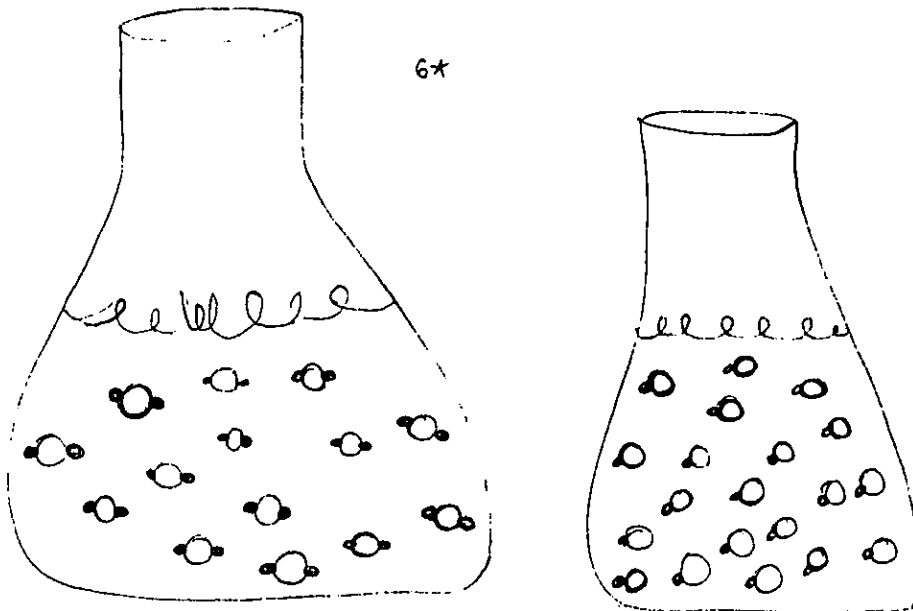
Ilustraciones VI.11 Ejemplos de dibujos que muestran cambios sufridos por las moléculas durante la dilución.



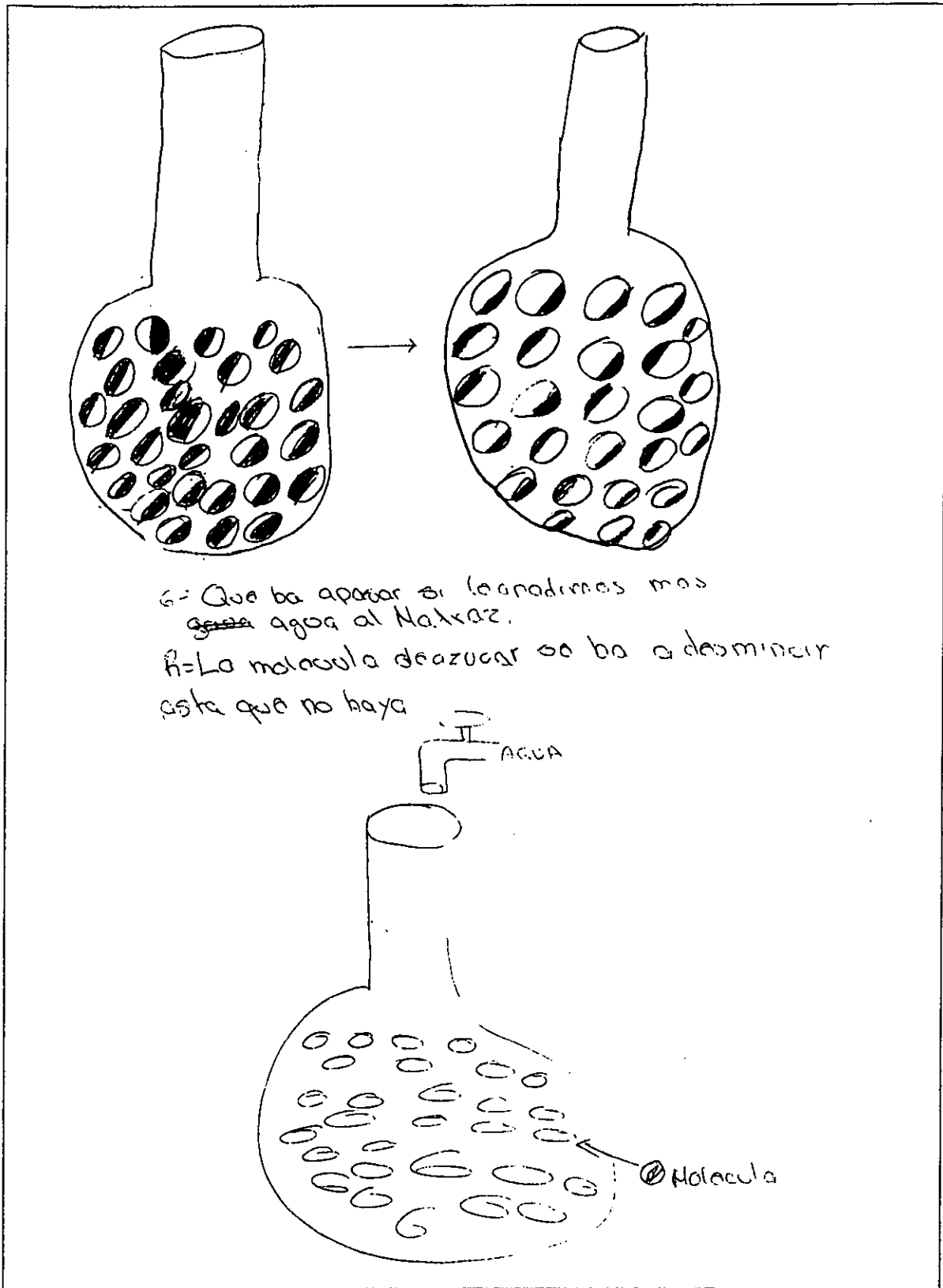
5) Que sucede si le añadimos más agua a una solución a existir más disolvente que soluto

SE SUJEREN AUMENTAR EL ESPACIO ENTRE LAS MOLECULAS
SE SUJEREN SU DENSIDAD HAY MAS ESPACIO ENTRE
CADA UNA DE LAS MOLECULAS

6*



Ilustraciones VI.11 Ejemplos de dibujos que muestran cambios sufridos por las moléculas durante la dilución.



Por ejemplo, se obtuvo un 31% de respuestas correctas en lo referente a las disoluciones electrolíticas (aunque no se manejó el término como tal). Se obtuvieron porcentajes de 20% al identificar la representación ultramicroscópica de la disociación, a 66% en el caso de elegir la representación de una disolución que conduce la corriente eléctrica. Sin embargo es necesario descartar el que los alumnos la consideren conductora por la presencia en ella de "electrones y protones" como contestaron (48%) al elegir cómo se encontraban las partículas en este tipo de disoluciones. El menor porcentaje (17.5%) fue al elegir cómo se encuentran las partículas de soluto en una disolución no conductora.

XIV.- DISOCIACIÓN E IONIZACIÓN (10° lugar)

Otro ejemplo que nos muestra cómo resultados cercanos a 30% de respuestas correctas puede ser resultado del azar, es el hecho de que 30% de los alumnos pudieron diferenciar conceptos que casi no se definen a nivel secundaria, y aún en preparatoria, como son disociación e ionización. El promedio más alto (44%) correspondió a la elección de la definición de ionización que está muy relacionada con el propio nombre. "¿Cómo se llama el proceso en que un compuesto reacciona con otro para formar iones?". En este resultado jugó también el hecho de que en una pregunta se incluyó la respuesta a otra: la frase "ionización es un fenómeno químico" estuvo incluida en una pregunta diferente a la que pedía elegir el tipo de fenómeno que es la ionización.

Valores de 25% en las respuestas correctas no son significativos puesto que la pregunta tenía 4 opciones. Por lo tanto podemos decir que **los alumnos, en general, desconocen estos conceptos aunque pudieron intuir el de ionización.**

Tabla VI.4 En esta tabla se resumen las concepciones erróneas que se detectaron en los alumnos del grupo *testigo* (alumnos que no participaron en las sesiones de enseñanza propuestas por este trabajo). En la tabla se indican los cuestionarios en las que se detectaron y la última columna indica si esos errores conceptuales se han encontrado también en otros estudios.

Tabla VI.4 Concepciones erróneas en el grupo *testigo*

Concepciones erróneas	Cuestionarios						OT
	1	2	3	4	5	6	
I.- Conservación de la masa							
La masa de uno de los componentes disminuye en la disolución					X		X
La masa de la disolución es menor que la suma de las masas de los componentes					X		X
II.- La disolución es un fenómeno físico							
La disolución es un fenómeno químico		X			X		X
La disolución es una reacción química	X		X	X	X		X
La disolución es un fenómeno físico o químico		X			X		
Combinar es lo mismo que mezclar	X						
Combinar es lo mismo que disolver	X						
III.- La disolución es una mezcla homogénea							
Las disoluciones pueden ser homogéneas o heterogéneas		X					X
Las disoluciones son heterogéneas			X				
IV.- Disolución							
Al disolverse una sustancia, ésta desaparece	X						X
En la disolución, desaparece uno de los componentes	X			X	X		X
La disolución es un cambio de estado de agregación	X				X		X
Un coloide, por ejemplo una gelatina, es una disolución	X		X				
Una suspensión o emulsión, como el café con leche es una disolución	X		X				
Disolución es lo mismo que disolvente			X				
Una disolución puede tener cero gramos de soluto o de disolvente						X	
V.- Componentes de una disolución							
Elemento es lo mismo que componente		X					X
Las disoluciones pueden estar formadas por un solo componente		X				X	
En una disolución hay un tercer componente además del soluto y el disolvente					X		
Las moléculas de los componentes "nadan" o "flotan" en "algo"					X		X
VI.- Disoluciones en los tres estados de agregación							
Las disoluciones son solamente líquidas	X	X	X				

Tabla VI.4 En esta tabla se resumen las concepciones erróneas que se detectaron en los alumnos del grupo *testigo* (alumnos que no participaron en las sesiones de enseñanza propuestas por este trabajo). En la tabla se indican los cuestionarios en las que se detectaron y la última columna indica si esos errores conceptuales se han encontrado también en otros estudios (continuación).

Tabla VI.4 Concepciones erróneas en el grupo *testigo* (continuación)

Concepciones erróneas	Cuestionarios								OT
	1	2	3	4	5	6	7	8	
VII.- Las disoluciones presentan una sola fase									
Las disoluciones tienen dos fases		X							
Fase es lo mismo que componente		X					X		
Fase es lo mismo que soluto o cantidad de soluto							X		
VIII.- Representaciones a nivel microscópico									
En una disolución las moléculas de los componentes se "integran"					X				
En la disolución las moléculas cambian de forma, tamaño o color					X				
El tamaño de las moléculas de soluto disminuye en la disolución					X				X
IX.- Concentración de una disolución									
Una disolución concentrada es la que tiene un componente insoluble			X						
Al diluir una disolución ésta no tiene concentración						X			
X.- Dilución									
Diluir es lo mismo que mezclar	X						X		
Diluir es lo mismo que disolver	X		X	X			X		
Diluir es mezclar líquidos			X				X		
Diluir es lo mismo que agitar			X				X		
El soluto puede disolverse más con la dilución					X				
La dilución cambia las propiedades de las moléculas					X				
El tamaño de las moléculas de soluto disminuye con la dilución					X				
El tamaño de las moléculas de soluto sigue disminuyendo en la dilución					X				
El tamaño de las moléculas de agua aumenta en la dilución					X				
Al diluir aumenta el espacio entre las moléculas					X				
Al diluir una disolución no ocurre ningún cambio					X				
					X				
XI.- Interacciones entre soluto y disolvente I									
El soluto se encuentra en forma de electrones y protones en una disolución						X			
XIII.- Disoluciones electrolíticas									
Las disoluciones conducen la corriente eléctrica porque tienen un componente inflamable								X	

Tabla VI.5.- En esta tabla se resumen la concepciones incompletas (concepciones que expresan o definen parcialmente un concepto) detectadas en los alumnos del grupo *testigo*.

Tabla VI.5 Concepciones Incompletas en el grupo *testigo*

Concepciones incompletas	Cuestionarios							OT
	1	2	3	4	5	6	7	
II.- La disolución es un fenómeno físico								
Cuando se usan sustancias químicas, se produce un fenómeno químico				X				X
Cuando se usan sustancias peligrosas o tóxicas, ocurre una reacción química				X	X			X
En los fenómenos químicos se emplea fuego					X			
Existen fenómenos físicos, químicos y naturales						X		X
Los fenómenos físicos son los que se dan en la Naturaleza					X			X
Los fenómenos químicos son los que provoca el hombre					X			X
IV.- Disolución								
Las disoluciones son mezclas	X							
Disolver es lo mismo que mezclar				X				
La disolución es la unión de un sólido con un líquido	X	X						
La disolución es la unión de una sustancia con agua	X	X						
La disolución es una mezcla homogénea	X							
Disolver es reducir el tamaño de las partículas de una sustancia	X							
V.- Componentes de una disolución								
Las disoluciones están formadas sólo por dos componentes		X						
VI.- Disoluciones en los tres estados de agregación								
Las disoluciones son líquidas		X						
VIII.- Representaciones a nivel microscópico								
Las moléculas de los componentes de una disolución tiene contacto entre sí					X			
Las moléculas en una disolución están juntas como en un sólido					X			
Las moléculas en una disolución están separadas como en los gases					X			
IX.- Concentración de una disolución								
Concentración es igual que cantidad de componente o de ambos		X				X	X	
Las disoluciones concentradas tienen más cantidad de materia que las diluidas		X						
Concentrada es: saturada, opaca, sin diluir, pura, sólida, "fuerte", peligrosa, vieja		X						
Diluida es homogénea, concentrada es heterogénea		X						
Diluida es: insaturada, transparente, impura, "debil", no peligrosa, nueva.		X						
La concentrada tiene dos componentes, la diluida tiene tres		X						
La concentrada es en la que no se ha disuelto completamente el soluto		X						
X.- Dilución								
Diluir es añadir agua a la disolución							X	
Diluir es mezclar líquidos miscibles				X				
XI.- Interacciones entre soluto y disolvente I								
El disolvente separa las moléculas de soluto					X			
XIII.- Disoluciones electrolíticas								
Solamente las disoluciones de cloruro de sodio conducen la corriente eléctrica					X			
XIV.- Disociación e ionización								
Un fenómeno como la ionización puede ser a la vez físico y químico					X			

VI.6 RESUMEN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la primera parte de este trabajo, es decir el análisis de los cuestionarios aplicados al grupo de alumnos *testigo*, están de acuerdo, de manera general, con resultados obtenidos en los estudios previos realizados por numerosos investigadores sobre los mismos aspectos.

VI.6.1 La mayoría de los estudiantes tiene confusiones sobre el significado de los conceptos evaluados

Hay conceptos que el alumno debería manejar mejor que otros, debido al énfasis que se les da o a las oportunidades de repaso que se presentan por la forma en que los temas están ordenados o se han estructurado los programas. Por ejemplo, se insiste más en la clasificación de las mezclas en homogéneas y heterogéneas que en el significado del concepto fase. Sin embargo, aún para esos conceptos que se supone se han visto con mayor profundidad y mayor frecuencia, los resultados muestran que el porcentaje de estudiantes que los tiene adecuadamente integrados en sus estructuras de conocimiento es mínimo. Si consideramos que la instrucción se ha dado, esto es muestra del uso de métodos de enseñanza poco efectivos que no logran cambiar las estructuras de conocimiento de los alumnos; o puede ser muestra de una instrucción que no se acerca suficientemente al contenido científico de lo que es enseñado, debido al manejo inadecuado de los conocimientos por parte de los profesores.

VI.6.2 La mayoría de los alumnos está muy influenciada por el uso común o cotidiano de los términos

Muchos términos empleados cotidianamente, como disolución (solución), disolver, elemento y sustancia, también forman parte de la terminología química. Los significados de estos términos comunes, en la mayor parte de los casos, son diferentes al significado que se les da en la ciencia, y particularmente en la Química, por lo que el empleo que les dan los alumnos se aleja en diferentes medidas del significado científico.

La mayor parte de los alumnos tiene sólo una idea muy vaga de lo que es una disolución. En general el concepto de *disolución* en la mayoría de estos alumnos carece de sus características particulares y, por lo tanto, de sus características definitorias; está más cercano al uso cotidiano, no científico; del término, el cual es empleado para señalar una *mezcla líquida*. La insistencia del alumno en usar un líquido, especialmente el agua como disolvente lo señala. El uso del verbo *disolver*, en la vida diaria, en las instrucciones de muchos productos de uso doméstico, incluso algunas veces en las instrucciones de los profesores, tiene un significado que es expresado con frecuencia por los alumnos: "deshacer algo en un líquido".

Cuando un estudiante con esta concepción recibe la instrucción "disuelve", sabe que debe depositar (generalmente) un sólido en un líquido y agitar. Esto es disolver o formar una disolución para el alumno. El proceso se puede detener en este punto o avanzar según las ideas que ha logrado construir el alumno. Algunos estudiantes agitarán la mezcla hasta que observen que el sólido "ha desaparecido" del fondo del recipiente. Muy pocos esperarán que termine el movimiento del líquido para observar si no se vuelve a depositar el sólido.

VI.6.3 Muchos alumnos están muy influenciados por sus observaciones a nivel macroscópico

La falta en los alumnos del conocimiento y utilización de un modelo de la materia, a nivel ultramicroscópico, hace que propongan hipótesis sobre los fenómenos considerando únicamente sus observaciones directas; les impide formular hipótesis adecuadas sobre los cambios que pueden producirse a nivel ultramicroscópico y que podrían explicar sus observaciones.

Esta forma de reflexión, guiada por su observación inmediata les hace pensar que:

- el cambio en las características de la disolución significa que se ha producido un nuevo compuesto;
- las moléculas tienen propiedades que les permiten explicarse los cambios que observan en la disolución y dilución como son: disminuir o aumentar de tamaño, partirse, ahuecarse, meterse una en otra, fundirse o mezclarse las del soluto con las del disolvente;
- el que no vean al soluto significa que éste desaparece, con lo que desaparece materia y masa;
- la disolución es un fenómeno de cambio de estado de agregación, porque el soluto cambia su estado al del disolvente;
- no hay cambios en una disolución después de la dilución.

Esta dificultad antes detectada en muchos trabajos, pone de relieve la necesidad de insistir más sobre la explicación de diferentes tipos de materia y de fenómenos físicos y químicos empleando lo más frecuentemente posible, modelos moleculares y atómicos con los alumnos. Sin embargo, estas explicaciones tienen que estar conectadas a la observación directa de los fenómenos, los alumnos tienen que apreciar la relación de esta observación con su representación a través de modelos de partículas ultramicroscópicas; es decir, derivar el empleo de esos modelos tras la experimentación a través de prácticas o experiencias de cátedra.

Algunos estudiantes no pueden utilizar modelos ultramicroscópicos para representar la disolución, lo que puede significar poco desarrollo en las habilidades de abstracción o falta de práctica en el uso de este tipo de modelos; en ellos sigue persistiendo la idea de la materia como continua. Sin embargo, hay alumnos (aunque pocos) que reconocen incluso la incongruencia de mezclar representaciones ultramicroscópicas con macroscópicas.

Algunos educandos imaginan interacciones entre las moléculas de soluto y de disolvente para explicarse la disolución, éstas tienen que ser precisadas durante la práctica didáctica (por ejemplo la relación numérica entre las moléculas de soluto y disolvente, el tipo de fuerzas que acercan a las moléculas, los espacios que guardan las moléculas entre sí; los movimientos que se producen en las moléculas, etcétera).

Muy pocos alumnos hacen referencia espontáneamente al hecho de que las "moléculas se mueven", aunque no fueron exploradas directamente las ideas de los estudiantes sobre este aspecto (ver ilustración VI.12).

Así, no estamos de acuerdo en generalizar como lo hacen otros autores (Valdez *et al*) que "Para(los estudiantes), la materia es continua y estática". Pues hay un porcentaje de alumnos, aunque bajo, que posee las ideas contrarias.

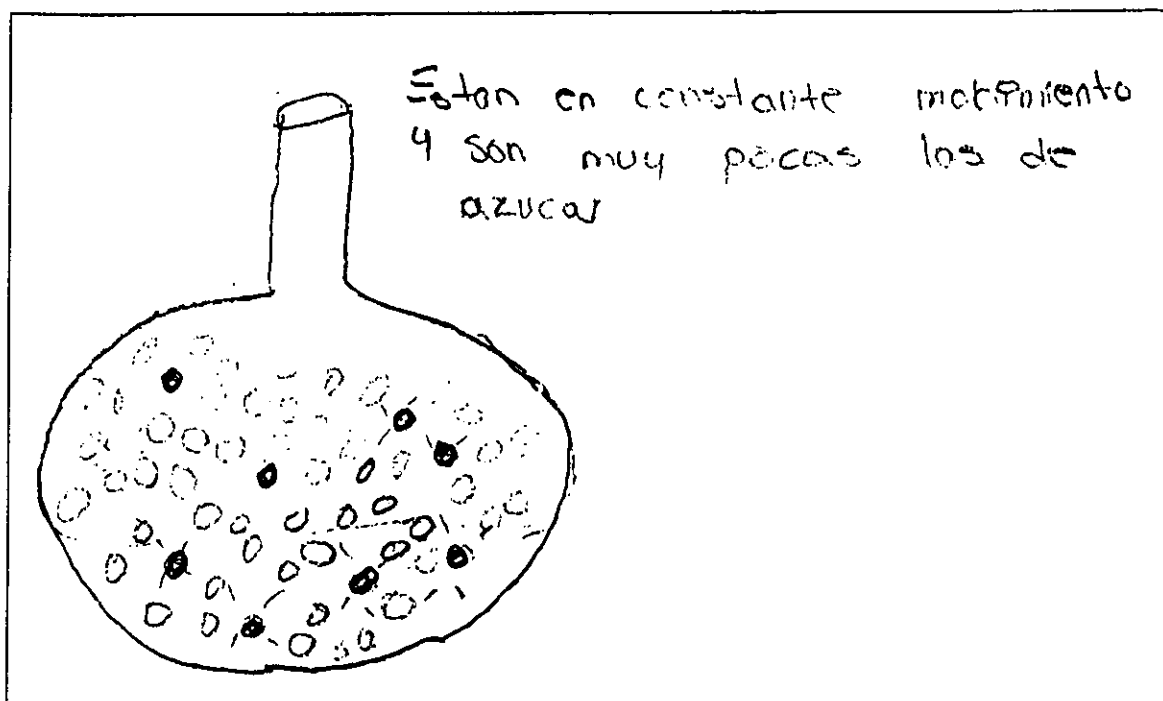


Ilustración VI.12 Dibujo de un alumno que representa moléculas en movimiento.

VI.6.4 A los alumnos les faltan conocimientos que son imprescindibles para avanzar en la comprensión de otros

El orden en que se propone avanzar en la enseñanza, con la secuencia adecuada de cada tema, es muy importante porque puede facilitar o bloquear el proceso de aprendizaje. Es necesario avanzar en las explicaciones, siempre y cuando los alumnos tengan los conocimientos básicos que forman los cimientos de los nuevos o, dicho de otra manera, que permitan la integración de las nuevas estructuras de conocimiento y la reestructuración a niveles superiores.

De igual manera cuenta mucho la experiencia del estudiante, el número de ejemplos que refuerzan y amplían un conocimiento.

Lo anterior se puso de manifiesto con la caracterización de la disolución desde diversos aspectos.

Aproximadamente la tercera parte de los alumnos tiene la idea de que la disolución es una mezcla *homogénea*, pero algunos no utilizan el nombre del concepto porque no lo conocen. El porcentaje de las representaciones, a nivel ultramicroscópico, de una disolución como un sistema homogéneo fue mayor que el porcentaje obtenido para elegir el nombre. (Un grupo de tres alumnas llegó a preguntarme durante la resolución de un cuestionario si "homogéneo quiere decir que se ve como si fuera una sola cosa" para poder aplicar el término a la disolución).

Cuando se pide a los estudiantes explicar la preparación de una disolución, generalmente recurren a los ejemplos sencillos dados por sus maestros y los libros: sal con agua, azúcar con agua, excepcionalmente alcohol con agua. Los educandos que se atreven a dar sus propios ejemplos, o que no recuerdan los ejemplos dados en clase, se enfrentan a tres

problemas: 1) el desconocimiento de las características de las disoluciones, 2) el estrecho número de sustancias que conocen, 3) la falta de conocimiento de las propiedades de estas sustancias. Los alumnos se remiten entonces a la experiencia cotidiana, cometiendo errores al dar sus ejemplos de disolución; polvo de gelatina en agua, café con leche, licuados, pintura con agua, etcétera.

La idea que tienen que encontrar un ejemplo en el que una "sustancia" "desaparezca" en otra, los lleva a dar ejemplos como el de la gelatina, que es un coloide o como la "Sal de uvas" (o bicarbonato con limón) en agua, en el que se efectúa una reacción química.

Así, la ejemplificación de disoluciones, requiere en primer lugar, el conocimiento claro de las características de una disolución, entre las que se incluye, por ejemplo, el aspecto físico (homogénea) pero también cierta experiencia en el manejo de sustancias y materiales, además del conocimiento de sus características (como el tamaño aproximado de sus partículas en disolución) para poder discriminar cuándo una sustancia X es soluble en el disolvente empleado.

Debido a estas carencias, el estudio ha mostrado que muy pocos alumnos logran diferenciar entre una disolución y una suspensión (en donde el sólido no "desaparece" pero sí puede formar una mezcla homogénea al menos momentáneamente) y aún menos, entre una disolución y un coloide (en donde el sólido "se deshace" o "desaparece").

La importancia de los conocimientos básicos se pone también de manifiesto en lo relacionado con el tipo de fenómenos.

Muy pocos alumnos saben que la disolución es un proceso físico porque no se forma una nueva sustancia o porque se pueden recuperar por métodos físicos los componentes originales; son los alumnos que tienen, por ejemplo, presente la práctica en la que hicieron la disolución de sal y luego evaporaron o destilaron para obtener de nuevo el agua y la sal.

Otros pocos estudiantes conocen que la disolución es un fenómeno físico porque se han aprendido de memoria que "todas las mezclas son fenómenos físicos"; sin embargo, como **la gran mayoría, no saben distinguir cuándo se trata de un fenómeno físico y cuándo de uno químico.**

Aunque la mayoría de los educandos no entiende la diferencia entre un proceso físico y uno químico, por lo que no pueden hacer la clasificación del fenómeno de la disolución correctamente, existe un grupo reducido de alumnos que, a pesar de entender esta diferencia, clasifica a la disolución como fenómeno químico porque piensa que al unirse los dos componentes se produce una reacción química. Esta idea viene probablemente de la observación de las nuevas características de la disolución.

También los jóvenes se enfrentan en este aspecto no sólo a la necesidad de conocer las características de cada tipo de fenómeno, sino también, lo más difícil, a la necesidad de tener cierta experiencia en el conocimiento de las sustancias y sus propiedades para poder predecir si un fenómeno es físico o químico. Este es un tema que debe ser tratado con gran amplitud, paciencia y cuidado por su complejidad, cosa que generalmente (por muchas causas) no se hace.

TERCERA PARTE

PROPUESTA DE ENSEÑANZA

"El conocimiento no es jamás copia pasiva de la realidad externa, pálido reflejo de la transmisión social, sino creación continua, asimilación transformadora".

Jean Piaget

CAPÍTULO VII

PROPUESTA DE ENSEÑANZA PARA FAVORECER EL CAMBIO CONCEPTUAL EN LOS ALUMNOS SOBRE LOS CONCEPTOS: DISOLUCIÓN, DILUCIÓN, DISOCIACIÓN Y IONIZACIÓN

VII.1 OBJETIVOS GENERALES

Diseñar, aplicar y evaluar una propuesta de enseñanza, de conocimientos básicos relacionados con los conceptos: disolución, dilución, disociación y ionización, para mejorar el aprendizaje en alumnos de secundaria y bachillerato.

Integrar algunos elementos de la teoría constructivista del conocimiento para eliminar las preconcepciones (concepciones erróneas e incompletas) que los estudiantes tienen sobre esos conceptos y, de esta manera, favorecer el cambio conceptual en los alumnos promoviendo el conocimiento científico.

Considerar, para la elaboración de la propuesta, los aportes de estudios previos realizados desde este mismo enfoque para determinar las preconcepciones que los jóvenes tienen sobre el proceso de la disolución. Integrar los resultados sobre las preconcepciones presentados en el capítulo precedente de este mismo trabajo.

VII.2 METODOLOGÍA

La propuesta experimental de enseñanza consiste en 8 sesiones, de 50 minutos cada una, en las que se realizan: 4 experiencias de cátedra, 2 prácticas, una evaluación final y su revisión con los alumnos; todo lo anterior acompañado de 8 cuestionarios impresos; 7 de seguimiento (para ser contestados durante las experiencias, las prácticas y como tarea en casa) y uno de evaluación. La primera experiencia de cátedra parte del hecho cotidiano de la preparación de una bebida variando sus concentraciones, para introducir conceptos como: mezcla heterogénea y homogénea, disolución, soluto, concentración, etcétera. La segunda consiste en la determinación de lo que cambia y lo que se conserva al formar una disolución. La tercera, permite la explicación de lo que sucede a nivel ultramicroscópico empleando modelos moleculares de fácil elaboración; se dan a conocer términos como disociación, solvatación, hidratación, etcétera. En la cuarta experiencia de cátedra se ejemplifican disoluciones gaseosas y sólidas. La primera práctica tiene el objetivo de que el alumno diferencie cuándo se forma

una disolución, cuándo hay una reacción química y cuándo se forma una mezcla heterogénea. La segunda práctica tiene por objetivo la observación del proceso químico de la ionización, para diferenciarlo de la disociación.

Todo el trabajo se realizó con los alumnos en el contexto normal de enseñanza, es decir en el tiempo y lugar habituales de las clases de teoría y laboratorio de Química, para mostrar la posibilidad de desarrollar este tipo de investigación durante las horas normales de nuestra práctica docente y sin modificar las condiciones regulares de trabajo y aprendizaje del alumno. Durante las experiencias de cátedra y las prácticas se promovió un ambiente de continua comunicación entre todos los participantes, y se trató de que los propios estudiantes llegaran a las conclusiones esperadas animándolos a responder las preguntas planteadas por el profesor o por ellos mismos.

La eficacia de la propuesta se evaluó comparando las respuestas obtenidas en el estudio inicial o *testigo*, con las respuestas que dieron a los mismos ocho cuestionarios los alumnos después de que participaron en las sesiones de enseñanza. Los estudiantes no estudiaron para contestar ninguno de los cuestionarios puesto que fueron aplicados sorpresivamente.

VII.2.1 Descripción de la muestra

Las sesiones de la propuesta fueron aplicadas a alumnos de 14 a 18 años pertenecientes a un grupo de 2° de secundaria pública con 40 estudiantes y a otro de 5° de preparatoria particular con 20 alumnos (en total 60 individuos). Ambos grupos son diferentes a los examinados en el estudio inicial o *testigo*. El llevar a cabo el estudio *testigo* y el estudio de prueba o *piloto* en diferentes grupos de estudiantes fue necesario debido a que el tiempo empleado para registrar, ordenar y analizar los resultados del estudio del grupo *testigo*, obligó a continuar con el seguimiento en el siguiente ciclo escolar. El empleo de dos grupos diferentes se considera pertinente dada la congruencia de los resultados obtenidos con el grupo *testigo* y los estudios revisados, realizados anteriormente por otros autores.

VII.3 EXPERIENCIA DE CÁTEDRA 1

DISOLUCIÓN I: *PREPARACIÓN DE UNA BEBIDA CASERA*

VII.3.1 Objetivos

- a) Ejemplificar la preparación de una disolución.
- b) Determinar algunas de las características de una disolución.
- c) Presentar, aclarar o recordar los conceptos: disolución, disolvente, soluto, mezcla homogénea, (fase), disolución diluida y concentrada.

VII.3.2 Material

- 4 frascos iguales de plástico transparente de 2000 ó 1500 mL de capacidad con tapón (botellas en las que venden el agua para beber o los refrescos, desprendiéndoles las etiquetas).
- 2 sobres de polvo para preparar bebidas de sabores de uva o fresa (Kool Aid o Fresqui Bon; se debe evitar usar los polvos que imitan jugos de frutas, como el Tang, porque no forman disoluciones sino coloides o suspensiones.)
- 185 g de azúcar.
- 4 hojas de papel bond blanco tamaño carta.
- Agua de la llave o agua para beber (si se permite que los alumnos tomen la bebida al finalizar la experiencia).
- Una probeta de 250, 500 ó 1000 mL, o un recipiente adaptado para medir 500 mL.

VII.3.3 Preparación previa

Se llenan los frascos o los matraces con 1000 mL de agua (los recipientes deberán presentar el mismo nivel de líquido). Se depositan 10, 25, 50 y 100 g de azúcar sobre sendas hojas de papel anotando las cantidades en ellos. Se deposita todo el material sobre la mesa del laboratorio o el escritorio.

VII.3.4 Desarrollo (Tiempo aproximado: 50 minutos):

Antes de iniciar la experiencia, se repartirá a los alumnos el cuestionario correspondiente y se les darán indicaciones para que lo vayan llenando mientras ésta se desarrolla (ver el cuestionario en la pág. 175).

- 1.- Se pide a los alumnos que pongan atención sobre lo que está haciendo el maestro, asegurándose de que identifiquen los ingredientes que se están usando.
- 2.- Si el contenido del sobre es para preparar un litro, se añade aproximadamente la tercera parte del contenido del sobre a uno de los frascos que contienen agua (si se añade todo el contenido o la mitad, queda demasiado oscuro el color) y se agita tapándolo e invirtiéndolo repetidamente. Hay que tener cuidado de que el polvo se haya disuelto totalmente antes de pasar al siguiente punto.
- 3.- Se pregunta a los alumnos qué es lo que se está haciendo y se dirigen las respuestas hasta que acuerden que se está preparando una disolución.

Los alumnos podrán responder por ejemplo:

Se está preparando agua de sabores para tomar

Se está haciendo una mezcla

Se está mezclando el polvo con el agua, etc.

Se tendrá cuidado cuando los alumnos respondan dando ideas sobre reacción química u otras respuestas incorrectas que se tendrán que corregir inmediatamente o, mejor, conducir a los propios alumnos y compañeros para que las corrijan.

Tener especial cuidado si los alumnos responden por ejemplo: "El agua se está combinando con el polvo", pues puede significar que entienden que se está efectuando una reacción química, idea y uso del término *combinar* que tendremos que eliminar.

4.- Se pregunta a los alumnos si recuerdan cómo se llaman los componentes de una disolución; cuando lo hayan hecho o se les haya dicho, se les pide que indiquen cuál es el disolvente y por qué y cuál es el soluto o solutos y por qué.

Se establecerá que cuando los componentes están en diferentes proporciones, el que está en mayor proporción es el disolvente. Cuando están en la misma proporción, es difícil determinar cuál es el disolvente y cuál es el soluto.

En este punto los alumnos podrán contestar las preguntas 1,2 y 3 del cuestionario de seguimiento.

5.- Se pide a los alumnos que señalen las características de la disolución que tienen enfrente. El maestro deberá dirigir la observación de los estudiantes y sus respuestas para que determinen que:

- a) La disolución es una mezcla homogénea
- b) La disolución es producto de un proceso físico

Para enfatizar que la disolución es una mezcla homogénea, se llama la atención de los jóvenes sobre la uniformidad del color de la disolución, sobre su transparencia, sobre la no existencia de partículas visibles flotando, "nadando" o en el fondo del recipiente. Si se estima conveniente, especialmente para alumnos de preparatoria, se puede presentar en este momento el concepto de *fase*, explicando que la disolución es una mezcla homogénea porque sólo se puede identificar una fase en ella. (Porque parece que estuviera formada por una sola sustancia).

Para enfatizar que la disolución que están observando es producto de un proceso o fenómeno físico (es conveniente usar los dos términos para que los reconozcan como sinónimos) se les pregunta a los alumnos cuáles podrían ser evidencias para decir lo contrario, es decir, cuándo podemos pensar, al observarlo, que un fenómeno no es físico, sino químico.

Los alumnos podrán responder:

Cuando se transforma la materia

Cuando cambia de color

Cuando se produce otra sustancia

Cuando se desprende un gas

Cuando se enciende, etcétera.

Debemos dejar claro a los alumnos que tras un cambio químico, ya no tenemos las mismas sustancias que teníamos en un principio, y que hay diferentes maneras de identificar esto por medio de nuestros sentidos, aunque algunas veces resulta muy difícil y se requiere el uso de aparatos o procedimientos más o menos sofisticados o complicados para comprobarlo.

En este punto los alumnos podrán contestar las preguntas 4,5 y 6 del cuestionario de seguimiento.

De aquí, se vuelve a una pregunta como la siguiente: ¿Por qué lo que hice con el polvo de sabor y el agua **no** es un proceso o fenómeno químico?

Los estudiantes tienen que tener claro que las sustancias que estamos empleando no se han combinado o reaccionado entre sí; que tenemos las mismas con las que empezamos. Se pide a los jóvenes que expresen cómo podrían saber que se tienen las mismas sustancias con las que iniciamos el experimento.

6.- Se presenta a los alumnos el trozo de papel conteniendo azúcar marcado con *100g*. Se añade el azúcar a la disolución anterior y se les pide que expresen sus observaciones. Se dirige de nuevo la atención sobre la disolución del azúcar, que ésta es también un soluto, sobre el hecho que se presenta de nuevo una mezcla homogénea (que sigue existiendo una sola fase), y que se ha tratado de un fenómeno físico.

Para que no haya confusión entre el concepto *fase* y *estado de agregación de la materia*, se puede pedir a los estudiantes que piensen en una mezcla de agua y aceite (o mejor aún, que la vean) para definir el número de fases y su estado de agregación.

En este punto los alumnos podrán contestar las preguntas 7,8 y 9 del cuestionario de seguimiento.

En este momento, la experiencia cotidiana servirá para que el alumno diga cómo sabe que el azúcar no se ha transformado en otra sustancia o que no se ha combinado con las que ya existían en la disolución.

7.- Se indica a los alumnos que hay otra característica sumamente importante de las disoluciones; que observen para determinar cuál es.

Se añaden a 2 de los 3 frascos restantes (conteniendo agua sola) diferentes cantidades de polvo de sabor de tal manera que presenten coloraciones menos intensas que la disolución con la que trabajamos al principio (las diferencias entre las coloraciones de los 3 frascos deben apreciarse fácilmente). Se presentan los 3 recipientes coloridos a los alumnos colocándolos en línea ordenados de mayor a menor intensidad de color (concentración).

Deberemos guiar la observación de los alumnos y sus respuestas para que determinen que la diferencia de colores se debe a que añadimos diferente cantidad de polvo a cada recipiente y que, por lo tanto, las proporciones entre el polvo y el agua son diferentes; que cuando el soluto colorea la disolución, la diferencia de color también indica diferencia de concentración.

Los alumnos deberán tener claro cuál disolución es la más concentrada y cuál la menos concentrada (o más diluida) respecto al polvo de sabor.

Deberemos evitar en este punto, dejar en los estudiantes la idea de que solamente la cantidad de uno de los componentes cuenta para determinar la concentración. Debemos enfatizar que es la proporción entre las cantidades de los dos componentes la que determina la concentración de la disolución.

En este punto los jóvenes podrán contestar las preguntas 10 y 11 del cuestionario de seguimiento.

8.- Se presenta a los alumnos las diferentes cantidades de azúcar (50, 25 y 10 g) que se agregarán a cada uno de los 3 recipientes de disolución que no la tienen aún, incluyendo el

recipiente que contiene únicamente agua. La mayor cantidad de azúcar se verterá al recipiente que contiene la disolución colorida más concentrada y así sucesivamente.

Se pide a los estudiantes que expresen sus observaciones. Las observaciones y las respuestas deberán ser guiadas a que el alumno establezca cuál es el recipiente en el que la disolución de azúcar es más concentrada y en cuál está más diluida*.

Se anota en el pizarrón la cantidad de azúcar que se añadió a cada litro de agua, para que queden las proporciones expresadas en g de azúcar / L de agua.

Las anotaciones en el pizarrón serán: 100g de azúcar / 1 litro de agua, 50 g/L, 25 g/L, 10 g/L.

Con los alumnos de nivel preparatoria se pueden determinar las concentraciones de las disoluciones midiendo los volúmenes resultantes y expresando las concentraciones en masa de azúcar / volumen de disolución, por ejemplo en g / L de disolución.

En este punto los jóvenes podrán contestar las preguntas 12 y 13 del cuestionario de seguimiento.

Finalmente se pide a los alumnos que expresen cuál es la característica de las disoluciones que se ha tratado de mostrar al preparar disoluciones de diferente concentración. Los estudiantes deberán determinar (auxiliados por el maestro) que las disoluciones no tienen composición única o definida, sino que se pueden preparar un número infinito de disoluciones usando el mismo soluto y el mismo disolvente, variando las proporciones que existen entre ellos.

Se puede pedir a los jóvenes que den dos o tres ejemplos de cómo preparar disoluciones de diferente concentración a las que tenemos en la mesa.

En este punto los alumnos podrán contestar las preguntas 14, 15 y 16 del cuestionario de seguimiento.

9.- Se pregunta a los alumnos cómo preparar disoluciones con concentraciones menores a las que tenemos a partir de las que ya están preparadas, es decir, cómo hacerlas más diluidas.

Los alumnos tendrán que deducir que se tiene que añadir más disolvente o, en este caso, agua.

10.- Añadir 500 mL de agua a cada una de las disoluciones. Explicar que ese proceso se llama dilución. Pedir a los alumnos que expliquen la diferencia entre disolver y diluir.

11.- Calcular en el pizarrón las nuevas proporciones o concentraciones de las nuevas disoluciones obtenidas que serán expresadas nuevamente en g de azúcar / litro de agua o gramos de azúcar sobre litro de disolución.

En gramos de azúcar / litro de agua serán: $100 \text{ g}/1.5 \text{ L} = 66.66 \text{ g/L}$, 33.33 g/L , 16.66 g/L , 6.66 g/L .

Hacer que los alumnos comparen las cifras previas con las obtenidas después de la dilución, pedirles que verifiquen si ha disminuido la concentración.

12.- Hacer que los alumnos calculen cuántos gramos de azúcar contiene un mililitro de la primera dilución (de la de 66.66 g/L).

A los alumnos de preparatoria se les puede pedir que, como tarea, calculen cómo preparar 100 y 200 mL de una disolución con una concentración igual a 33.33 g/L , a partir de la anterior.

* Se puede aclarar que hay diversas formas de expresar las concentraciones, indicando que se revisarán posteriormente.

En este punto los alumnos podrán contestar las preguntas 17, 18,19 y 20 del cuestionario de seguimiento.

13.- Se hace la recapitulación de lo observado y se anota en el pizarrón.

Las disoluciones:

- Son mezclas homogéneas (están constituidas por una sola fase).
- Están formadas por dos o más componentes llamados disolvente y soluto o solutos.
- El proceso por el cual se forman es físico.
- Se caracterizan porque no tienen una composición única o definida, es decir podemos preparar un número infinito de disoluciones empleando los mismos componentes, en proporciones diferentes.
- Pueden prepararse concentradas o diluidas, dependiendo de la proporción que guarden sus componentes.

La dilución:

- nos permite obtener una disolución de menor concentración a partir de una anteriormente preparada.

14.- Se pide a los alumnos contestar, como tarea y en equipos de 2 ó 3 alumnos, el cuestionario correspondiente a esta experiencia.

Las tareas se plantean con el objetivo de reforzar los conocimientos presentados durante la experiencia, para ser verificados por el profesor y los propios alumnos y para prepararlos para la siguiente experiencia de cátedra o práctica.

Las respuestas que den los alumnos servirán para corregir los errores que hayan surgido o quedado durante la sesión.

VII.3.5 Cuestionario para la experiencia de cátedra I

DISOLUCIONES: *PREPARACIÓN DE UNA BEBIDA CASERA*

Contesta las siguientes preguntas mientras se vaya desarrollando la experiencia de cátedra.

- 1.- En términos químicos, ¿qué está haciendo el maestro?
- 2.- ¿Cómo se llaman los componentes de una disolución?
- 3.- En la disolución que se preparó, ¿cuál es el disolvente y cuál es el soluto?
- 4.- Escribe tres características de las disoluciones.
- 5.- ¿Por qué una disolución es el producto de un proceso físico?
- 6.- Al observar un fenómeno, ¿qué evidencias te podrían hacer pensar que se trata de un fenómeno químico?
- 7.- En la experiencia, ¿qué sucedió con el azúcar?
- 8.- ¿Cómo sabes que no se transformó químicamente el azúcar?
- 9.- ¿Qué nombre recibe el azúcar en la disolución?
- 10.- ¿A qué se debe la diferencia de intensidades de color en los 3 recipientes que se presentaron?

- 11.- ¿Qué determina la concentración de una disolución?
 - 12.- ¿Cómo haces para que disoluciones de azúcar en agua tengan diferente concentración?
 - 13.- Expresa las concentraciones de las disoluciones de azúcar preparadas en la clase.
 - 14.- ¿Qué característica presentan las disoluciones con respecto a su composición?
 - 15.- Da un ejemplo de cómo preparar una disolución de diferente concentración a las que tenemos.
 - 16.- ¿Cuántas disoluciones de diferente concentración crees que se puedan preparar empleando el mismo disolvente y soluto?
 - 17.- ¿Cómo puedes hacer para diluir una disolución?
 - 18.- ¿Cómo es la concentración de una disolución después de que ha sido diluida?
 - 19.- Expresa las nuevas concentraciones de las disoluciones de azúcar después de diluirlas.
 - 20.- ¿Cuál es la diferencia entre disolver y diluir?
- Resume lo aprendido:

VII.3.6 Tarea

"DISOLUCIONES I"

(Para realizarse en equipos de 2 ó 3 alumnos)

- 1.- Investiga los nombres comerciales y las sustancias que contienen los sobres que se emplearon para preparar agua de sabor. Según los datos obtenidos anota:
 - a) Número de componentes que se encontraban en la primera disolución que se preparó antes de añadir el azúcar:
 - b) Nombre de los componentes que formaban dicha disolución:
 - c) Nombre de los componentes que correspondían a los solutos:
 - d) Nombre del componente que actuaba como disolvente:
- 2.- Escribe tres ejemplos de disoluciones y anota en cada caso: número de componentes, nombre de soluto o solutos y disolvente.
- 3.- ¿Cómo prepararías 5 disoluciones diferentes empleando ácido cítrico y agua?
- 4.- Explica: a) ¿cómo obtendrías dos litros de una disolución de agua salada conteniendo 10 g de sal / litro a partir de un litro de una disolución que contiene 20 g de sal / litro?
b) ¿Cómo prepararías un litro de disolución de agua salada conteniendo 5 g de sal / litro a partir de una disolución que contiene 20 g de sal / litro?
- 5.- RETO: Explica cómo podrías diferenciar un litro de agua de un litro de una disolución de agua con sal si las dos son incoloras y no puedes probarlas.

Ilustración VII.1 Ejemplar de un cuestionario de seguimiento para la experiencia de cátedra I, llenado por un alumno de secundaria.

CUESTIONARIO PARA LA EXPERIENCIA DE CÁTEDRA I

DISOLUCIONES I PREPARACIÓN DE UNA BEBIDA CASERA

Nombre del alumno: Hernández Ramos Luz Yvettalia Grupo: 2^a C

Contesta las siguientes preguntas mientras se vaya desarrollando la experiencia de cátedra.

1.- En términos químicos, ¿qué está haciendo el maestro?

está haciendo una mezcla homogénea o disolución

2.- ¿Cómo se llaman los componentes de una disolución?

Disolvente y soluto

3.- En la disolución que se preparó, ¿cuál es el disolvente y cuál es el soluto?

El disolvente es el agua
El soluto es el polvo

4.- Escribe tres características de las disoluciones.

1^o Es transparente

2^o está formada de un soluto y un disolvente

3^o (esta compuesta) es un proceso físico

5.- ¿Por qué una disolución es el producto de un proceso físico?

Porque que no se transformo la materia y le podemos separar por procesos físicos

6.- Al observar un fenómeno, ¿qué evidencias te podrían hacer pensar que se trata de un fenómeno químico?

1^o Que cambio de color 1^o Producción de gas de energía o de olor

2^o Cambio de sabor

3^o Cambia la masa de la materia

7.- En la experiencia, ¿Qué sucedió con el azúcar?

El azúcar se disolvió

8.- ¿Cómo sabes que no se transformó químicamente el azúcar?

Que no cambia el sabor de la azúcar

9.- ¿Qué nombre recibe el azúcar en la disolución?

soluto

10.- ¿A qué se debe la diferencia de intensidades de color en los 3 recipientes que se presentaron?

A la cantidad de soluto

Ilustración VII.1 Ejemplar de un cuestionario de seguimiento para la experiencia de cátedra I, llenado por un alumno de secundaria (continuación).

11.- ¿Qué determina la concentración de una disolución?

La relación del soluto en el disolvente

12.- ¿Cómo haces para que disoluciones de azúcar en agua tengan diferente concentración?

variando las relaciones del soluto entre el disolvente

13.- Expresa las concentraciones de las disoluciones de azúcar preparadas en la clase.

$\frac{100 \text{ g}}{1000 \text{ ml}} = 0.1$ 0.5 g/ml 0.025 0.01 vante

14.- ¿Qué característica presentan las disoluciones con respecto a su composición?

su composición es variable

15.- Da un ejemplo de cómo preparar una disolución de diferente concentración a las que tenemos.

R: 2 l. de agua con (8 / 1 litro) 200 gramos

16.- ¿Cuántas disoluciones de diferente concentración crees que se puedan preparar empleando el mismo disolvente y soluto?

infinidad de ejemplos

17.- ¿Cómo puedes hacer para diluir una disolución?

Agregándole agua

18.- ¿Cómo es la concentración de una disolución después de que ha sido diluida?

menor la concentración

19.- Expresa las nuevas concentraciones de las disoluciones de azúcar después de diluirlas.

0.066 g/ml 0.166 g/ml
0.33 g/ml

20.- ¿Cuál es la diferencia entre disolver y diluir?

Disolver es hacer una mezcla homogénea

Diluir es hacer menor la concentración

Resume lo aprendido:

- 1º Una disolución es una mezcla homogénea
- 2º Esta formada por un disolvente y un soluto
- 3º Puede variar su concentración
- 4º Se forma por un proceso físico
- 5º Se puede separar sus componentes
- 6º La dilución es no otra para disminuir la concentración

Ilustración VII.2 Ejemplar de la tarea de la experiencia de cátedra 1, realizada por un alumno de preparatoria.

TAREA: "DISOLUCIONES I"
 (Para realizarse en equipos de 2 ó 3 alumnos) Grupo: 553

Nombre de los integrantes del equipo: Laura Rodriguez
Fabrica Henteria P.

Contesta las siguientes preguntas.

1.- Investiga las sustancias que contienen los sobres que se emplearon para preparar agua. Según los datos obtenidos anota:

a) Número de componentes que se encontraban en la primera disolución que se preparó antes de añadir el azúcar: 8

b) Nombre de los componentes que formaban dicha disolución:
Agua, Kool-Aid (azúcar, ácido cítrico, sabor artificial, colorante artificial, ácido ascórbico, fosfato tricalcico y dióxido de silicio).

c) Nombre de los componentes que correspondían a los solutos:
Azúcar, Kool-Aid (azúcar, ácido cítrico, sabor artificial, colorante artificial, ácido ascórbico, fosfato tricalcico y dióxido de silicio)

d) Nombre del componente que actuaba como disolvente:
Agua

2.- Escribe tres ejemplos de disoluciones y anota en cada caso: número de componentes, nombre de soluto o solutos y disolvente.

# Componentes	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
soluto	<u>cafe, azúcar</u>	<u>sal (NaCl)</u>	<u>Dióxido de carbono CO₂</u>
disolvente	<u>leche</u>	<u>AGUA</u>	<u>Agua H₂O</u>

3.- ¿Cómo prepararías 5 disoluciones diferentes empleando ácido cítrico y agua?
con cantidades distintas

4 - Explica: a) ¿cómo obtendrás dos litros de una disolución de agua salada conteniendo 10 g de sal / litro a partir de un litro de una disolución que contiene 20 g de sal / litro? añadiendo 1 l de agua
 b) ¿Cómo obtendrás un litro de disolución de agua salada conteniendo 5 g de sal / litro a partir de una disolución que contiene 20 g de sal / litro? quitando 15g de sal

5.- RETO: Explica cómo podrías diferenciar un litro de agua de un litro de una disolución de agua con sal si las dos son incoloras y no puedes probarlas.
por el volumen

VII.4 EXPERIENCIA DE CÁTEDRA 2

EL SOLUTO NO DESAPARECE

VII.4.1 Objetivos

- a) Ampliar el conocimiento sobre las características de las disoluciones.
- b) Verificar la conservación de la masa al preparar una disolución.
- c) Determinar el cambio en la densidad.

VII.4.2 Material

Una balanza granataria de un platillo con dos o, preferentemente, tres barras (de las más usadas con capacidad para determinar masas hasta de 2.6 Kg aproximadamente).

Una probeta de un litro de capacidad o recipiente adaptado para medir un litro y una probeta de 100 o 50 mL.

2 Frascos de plástico de 2000 o 1500 mL de capacidad.

120 gramos de sal común.

Agua de la llave.

Disolución de nitrato de plata, para determinar cloruros.

50 mL de agua destilada.

Marcador indeleble al agua.

Probador de conductividad.

Vasos de precipitados para usarlos con el probador de conductividad.

Una Charola

VII.4.3 Preparación previa

(Tiempo aproximado 15 minutos).

- a) Se determinan las masas de los frascos y se anotan en cada uno de ellos.
- b) Se colocan los 2 frascos con un litro de agua cada uno y 100 g de sal, en un papel, sobre la mesa de laboratorio o el escritorio del maestro. El resto del material se tendrá al alcance, pero fuera de la vista de los alumnos.

VII.4.4 Desarrollo

(Tiempo aproximado: 40 minutos).

Se distribuyen los cuestionarios para que los alumnos los vayan contestando mientras se desarrolla la experiencia (ver el cuestionario en la pág. 186).

- 1.- Se presenta el material a los alumnos y se añade toda la sal a uno de los frascos con agua, se agita hasta que ésta se disuelva completamente.

2.- Se pregunta a los alumnos qué sucedió. Los alumnos podrán contestar: *la sal se mezcla con el agua, se disuelve, se hizo una disolución*, etcétera. Tener especial cuidado si algún alumno contesta "*la sal desapareció*"; si es así, dirigir la experiencia para que los alumnos demuestren si desapareció o no desapareció la sal. Si esta respuesta no se presenta, preguntar a los alumnos cómo demostrarían, sin probarla, que se trata de una disolución de agua con sal y no simplemente agua (ya contestaron esta pregunta en el cuestionario de tarea).

En este punto los alumnos pueden contestar la pregunta 1 del cuestionario de seguimiento.

3.- Los alumnos pueden sugerir la evaporación del agua. Si es así, pedir de tarea que calienten hasta evaporación una disolución de medio vaso de agua con media cucharada de sal empleando como recipiente una lata (de atún, sardina u otra semejante). Los alumnos deberán llevar a la clase la lata con los residuos de la evaporación.

4.- Si los alumnos responden que se puede demostrar con un reactivo, efectuar la prueba de identificación de cloruros en 20 mL de agua destilada y en 20 mL del agua salada. Aprovechar esta demostración para diferenciar una disolución de una reacción química.

Se generaliza esta experiencia diciendo que se puede conocer el contenido de las disoluciones realizando diversos análisis, entre los que se encuentran los basados en reacciones químicas.

5.- Los alumnos también pueden sugerir la determinación de la conductividad de la disolución para demostrar la presencia de la sal. Si es así, llevar a cabo la determinación.

6.- Seguir animando a los alumnos a que propongan otra alternativa. Se guía y espera la respuesta de los alumnos, o se presenta la alternativa y se procede a hacer la demostración de la existencia de una disolución con base en el cambio de densidad.

7.- Se pesan los 2 frascos a la vista de los alumnos y se anotan los pesos en el pizarrón. (El pesarlos previamente nos permite realizar esta operación rápidamente).

8.- Se procede a añadir la sal previamente pesada a uno de los recipientes y se agita la mezcla evitando derrames. Mientras se agitan los frascos se pregunta a los alumnos si se van a observar cambios y cuáles van a ser; en seguida se les pide que propongan la nueva masa.

9.- Se determina la nueva masa. Se compara la masa de un litro de agua sola con la masa de un litro de disolución y se anotan las relaciones m/v en cada caso.

10.- Se determinan las densidades utilizando diferentes volúmenes: 500 mL, 250 mL y 100 mL. Se hace ver a los alumnos que en todos casos la densidad es la misma. Al igual que la concentración, no varía dependiendo de la cantidad de disolución.

En este punto los alumnos pueden contestar las preguntas 2,3,4 y 5 del cuestionario de seguimiento.

11.- Se pregunta a los estudiantes por qué si la sal está en la disolución ya no la vemos. Se dirigen las respuestas hasta establecer que los cristales de sal se han disgregado hasta partículas de tamaño ultramicroscópico.

VII.5 EXPERIENCIA DE CÁTEDRA 3

DISOCIACIÓN, HIDRATACIÓN, SOLVATACIÓN

VII.5.1 Objetivos

- a) Explicar el fenómeno de la disolución empleando el modelo de partícula.
- b) Presentar los conceptos: disociación, hidratación, solvatación.

VII.5.2 Material

Modelos de partícula representando agua, azúcar, azufre y los iones sodio y cloruro (pueden ser previamente elaborados por los alumnos).

100 mL de disolución de cloruro de sodio (puede ser la que se empleó en la primera parte).

Aparato para determinar la conductividad.

Tubos de ensayo o vasos de precipitados para emplear con el aparato de conductividad.

2 Vasos de precipitados de 1 litro de capacidad o frascos de boca ancha.

1 cucharada de azufre en polvo.

100 mL de disulfuro de carbono.

¡Cuidado! El disulfuro es un disolvente altamente tóxico e inflamable. Advertir a los alumnos sobre los cuidados que se deben tener al usarlo: evitar su contacto con la piel, y no aspirarlo prolongadamente, mantener tapado el recipiente que lo contenga y manejarlo lejos del fuego y en la campana de extracción si existe en el laboratorio. Guardar el disulfuro utilizado para otras demostraciones (como la de separación de mezclas).

VII.5.3 Desarrollo

(Tiempo aproximado: 40 minutos):

1.- Se explica el proceso de la disolución del cloruro de sodio empleando los modelos de partículas. Se señala por qué se dice que éste es un compuesto iónico, es decir, un compuesto formado por iones y las cargas eléctricas que presentan. Se explica también que por este hecho el agua, que es polar, facilita la separación de los iones que forman el cristal de sal, quedando éstos distribuidos homogéneamente entre las moléculas de agua; que esto se conoce como *disociación*.

Con los modelos moleculares se muestra cómo el agua facilita este proceso y cómo sus moléculas rodean a los iones, es decir cómo se produce la *hidratación* gracias a las atracciones que existen entre las moléculas de agua y los iones cargados eléctricamente. Se explica que estas atracciones vencen las que existen entre los propios iones.

En este punto los alumnos pueden contestar las preguntas 6,7,8 y 9 del cuestionario de seguimiento.

- 2.- Se realiza la determinación de la conductividad de la disolución de cloruro de sodio comparándola con el agua destilada.
- 3.- Se explica que el proceso de disociación ocurre entre todos los compuestos iónicos y el agua, que es polar; que debido a esta característica hay cierta semejanza o afinidad entre estos compuestos.
- 4.- Se procede a determinar si la disolución de azúcar conduce la corriente eléctrica. Se pregunta a los alumnos por qué esta disolución no conduce la corriente eléctrica. Se guían las respuestas para determinar que el azúcar no es un compuesto iónico. (Se puede advertir que en ocasiones sí conduce la corriente eléctrica debido a las sales que la acompañan).
- 5.- Se explica la disolución del azúcar empleando los modelos moleculares. Se puntualiza que el azúcar no se disocia sino que, al disolverse en el agua, se disgrega hasta que sus moléculas quedan en forma aislada por la acción de las moléculas del agua. Se pregunta por qué el agua puede hacer esto con el azúcar. Se dirigen las respuestas a que los alumnos establezcan que el azúcar es "semejante" al agua porque es polar.

En este punto los alumnos pueden contestar la pregunta 10 del cuestionario de seguimiento.

- 6.- Se pide a los alumnos que enumeren las semejanzas y diferencias entre la disolución de sal y la del azúcar. Se dirigen las respuestas para establecer que:
 - Los dos son procesos físicos porque no ha cambiado la naturaleza de las sustancias.
 - En los dos procesos el disolvente es el agua, por lo que las moléculas de agua están hidratando a las partículas de soluto.
 - Que en ambos casos, la hidratación se produce por la existencia de atracciones entre las moléculas del agua y las partículas de los solutos.
 - Que la diferencia es que, en el caso del cloruro de sodio, se presenta la disociación de los iones y en el azúcar no puede ocurrir esto porque no está formada por iones, el azúcar se disgrega hasta su límite o sea hasta la separación de moléculas.

En este punto los alumnos están contestando la pregunta 11 y pueden contestar la pregunta 12 del cuestionario de seguimiento.

- 7.- Se pregunta a los alumnos qué sucedería si se añade al agua un compuesto que no es ni iónico ni polar. Se pide que den ejemplos de tal caso. Se guían las respuestas para determinar que, en este caso, la molécula de agua no sufre atracciones por ninguno de sus polos y permanece "indiferente" ante un soluto no polar. No hay afinidad entre ellos y, por lo tanto, no hay disolución.

- 8.- Se ejemplifica esta situación añadiendo azufre al vaso o frasco conteniendo agua. Se pide a los alumnos que den ejemplos de otras sustancias que no se disuelven en agua y que deduzcan por qué no se disuelven.

- 9.- Se pregunta a los alumnos cómo debería ser un disolvente para que el azufre, (no polar) se pudiera disolver en él. Se guían las respuestas a establecer: "*Lo semejante disuelve a lo semejante*" o "*Lo polar disuelve a lo polar, lo no polar disuelve a lo no polar*".

* Nota incluida por la profesora Pilar Montagut Bosque.

En este punto los alumnos pueden contestar las preguntas 13 y 14 del cuestionario de seguimiento.

10.- Añadir azufre a un recipiente con disulfuro de carbono, agitar, preguntar a los alumnos por qué el azufre sí se disolvió en el disulfuro de carbono. Se les cuestiona si el azufre está "hidratado" por el disulfuro de carbono y por qué lo piensan. Se aclara que las moléculas de disulfuro de carbono también rodean al azufre pero que, en este caso, el proceso se llama solvatación, pues es un disolvente diferente al agua.

En este punto los alumnos pueden contestar la pregunta 15 del cuestionario de seguimiento.

11.- Recapitular. Pedir a los alumnos que señalen lo que se estuvo demostrando, guiar sus respuestas para presentar, en el pizarrón, las siguientes conclusiones que deberán anotar en sus cuadernos:

- a) Los solutos no desaparecen en una disolución.
- b) Los solutos se separan hasta quedar como las partículas más pequeñas, según su naturaleza, como iones o moléculas, cuando están en disolución.
- c) Los compuestos iónicos se separan quedando como iones; es decir, se disocian.
- d) Los compuestos polares o no polares se disgregan hasta quedar como moléculas individuales, pero no se disocian en iones.
- e) "Lo semejante disuelve a lo semejante" o "Lo polar disuelve a lo polar y lo no polar disuelve a lo no polar".
- f) Hidratación es el proceso en el que el agua, actuando como disolvente, rodea las partículas de soluto.
- g) Solvatación es la distribución de moléculas de un disolvente, diferente al agua, alrededor de las partículas de soluto.

VII.6 EXPERIENCIA DE CÁTEDRA 4

ESTADOS DE AGREGACIÓN DE LAS DISOLUCIONES

VII.6.1 Objetivo

- a) Mostrar ejemplos de disoluciones en los tres estados de agregación.

VII.6.2 Material

Un bote o lata de un litro aproximadamente, cubierto con una franela conteniendo agua hasta la mitad de su capacidad.

Hielo seco.

Un refresco (bebida gaseosa), sin destapar, en botella transparente.

Un trozo de latón.

VII.6.3 Desarrollo

(Tiempo aproximado: 20 minutos)

1.- Se deposita un trozo de hielo seco bote con agua. Se presenta el bote a los alumnos y se les pregunta qué sucede con el dióxido de carbono que está escapando del bote. Se dirigen las respuestas para que relacionen este fenómeno con la disolución. Se les pide que indiquen cuál es el soluto y el disolvente y por qué.

2.- Se les pide que piensen cómo son las atracciones entre las moléculas de los gases y que deduzcan por qué los gases, cuando no reaccionan entre sí, forman disoluciones.

En este punto los alumnos pueden contestar las preguntas 16 y 17 del cuestionario de seguimiento.

3.- Se presenta la bebida embotellada a los alumnos y se les pide que expliquen qué es un refresco. Se dirigen las respuestas para que deduzcan que es una disolución, y que enumeren los distintos componentes de ésta. Se enfatiza el hecho de que existe un gas disuelto en el agua. Se destapa la botella para que los alumnos aprecien la salida del gas.

En este punto los alumnos pueden contestar la pregunta 18, 19 y 20 del cuestionario de evaluación.

4.- Se enfatiza que las disoluciones no sólo se presentan en estado líquido, sino que existen en los tres estados de agregación.

5.- Se les presenta un trozo de latón y se les indica que es una disolución de zinc en cobre. Tienen ya ejemplos de disoluciones de sólido en líquido, de gas en líquido, de gas en gas y de sólido en sólido. Se les pide que den ejemplos de una disolución en la que el disolvente y soluto sean líquidos, etcétera.

VII.6.4 Cuestionario para las experiencias de cátedra 2,3 y 4

DISOLUCIONES II

Contesta las siguientes preguntas mientras se desarrolla la clase.

- 1.- ¿Cuáles son el disolvente y soluto de la disolución formada en la experiencia?
- 2.- ¿Qué diferencias existen entre el agua sola y la disolución formada entre el agua y la sal?
- 3.- ¿Cuál es la densidad del agua y cuál la de la disolución?
- 4.- ¿Qué provocó el aumento de la densidad?
- 5.- ¿Cómo es la densidad de la disolución si la determinamos en 500 mL, 250 mL y 100 mL?
- 6.- ¿Por qué el agua facilita la separación de los iones en el cloruro de sodio?
- 7.- ¿Cómo se llama al proceso en el cual un compuesto iónico se separa en los iones que lo forman, por medio de un disolvente?
- 8.- ¿Por qué la disolución de cloruro de sodio conduce la corriente eléctrica?
- 9.- ¿A qué se llama hidratación?
- 10.- ¿Qué tipo de compuestos tiene afinidad por el agua?
- 11.- ¿Qué semejanzas y diferencias existen entre la disolución de sal y la de azúcar?
- 12.- ¿Por qué la disolución de azúcar no conduce la corriente eléctrica?
- 13.- ¿Con qué tipo de disolvente puedes disolver un compuesto no polar?
- 14.- ¿Por qué una sustancia X no se disuelve en agua?
- 15.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de un disolvente, que no es el agua, rodean las partículas de un soluto?
- 16.- Al dejar escapar el dióxido de carbono al medio ambiente, ¿cuáles son los componentes de la disolución?
- 17.- ¿Por qué dos gases que no reaccionan forman una disolución sin importar que sus moléculas sean polares o no polares?
- 18.- ¿Qué se demostró al destapar el refresco?
- 19.- Escribe dos ejemplos en los que tanto el disolvente como el soluto sean líquidos.
- 20.- Si el agua es polar y se mezcla con alcohol, pero no con aceite ni gasolina: ¿Cómo clasificarías a: a) el alcohol, b) el aceite, c) la gasolina?, ¿serán polares o no polares?

VII.6.5 Cuestionario de tarea

DISOLUCIONES II

Contesta en equipo de 2 ó 3 alumnos el siguiente cuestionario.

- 1.- Representa con dibujos la hidratación de las moléculas de alcohol (alcohol etílico o etanol).
- 2.- Dibuja cómo se vería ultramicroscópicamente una disolución de cloruro de potasio en agua.
- 3.- Representa a nivel ultramicroscópico la disolución del azufre.
- 4.- Investiga y anota los nombres y proporciones de los componentes del aire.
- 5.- Escribe un ejemplo de aleación, diferente al que se dio en la experiencia de cátedra.
- 6.- Investiga y anota la composición de las amalgamas.
- 7.- Elabora una tabla en la que se ejemplifiquen los estados de agregación de las disoluciones anotando el estado de agregación de la disolución, del soluto y del disolvente.

Bibliografía consultada:

Ilustración VII.3 Ejemplar del cuestionario aplicado durante las experiencias de cátedra 2 y 3 perteneciente a un alumno de preparatoria.

CUESTIONARIO PARA LA EXPERIENCIA DE CÁTEDRA II DISOLUCIONES II

Nombre del alumno: SÁNCHEZ SÁNCHEZ CYNTHIA. Grupo: 553.

1.- ¿Cuáles son el disolvente y soluto de la disolución formada en la experiencia?

EL DISOLVENTE: AGUA.

2.- ¿Qué diferencias existen entre el agua sola y la disolución formada entre el agua y la sal?

EL SOLUTO: SAL.
PROBARLA, EL SABOR.
LA TEMPERATURA DE PUNTO DE EVOLUCIÓN.

3.- ¿Cuál es la densidad del agua y cuál la de la disolución?

(500) AGUA = $\frac{500g}{500ml} = 1g/ml$ DISOL. = $\frac{600g}{540ml} = 1.11g/ml$

4.- ¿Qué provocó el aumento de la densidad?

LA SAL.

5.- ¿Cómo es la densidad de la disolución si la determinamos en 500 mL, en 250 mL y 100 mL?

ES IGUAL.

6.- ¿Por qué el agua facilita la separación de los iones en el cloruro de sodio?

¡JAJAJO ESTA DISUELTA LA SAL
PORQUE ES UNA MOLECULA POLAR.

7.- ¿Cómo se llama al proceso en el cual un compuesto iónico se separa en los iones que lo forman, por medio de un disolvente?

DISOCIACIÓN.

8.- ¿Por qué la disolución de cloruro de sodio conduce la corriente eléctrica?

Por qué tienen cationes y aniones.

9.- ¿A qué se llama hidratación?

CUANDO LAS MOLECULAS DE AGUA RODEAN DE CADA MOLECULA
ELEMENTOS. O A LOS IONES.

10.- ¿Qué tipo de compuestos tiene afinidad por el agua?

que pueden formar disoluciones Polares

11.- ¿Qué semejanzas y diferencias existen entre la disolución de sal y la de azúcar?

1) DEL SABOR
2) LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA
3) DIFERENCIAS en densidad

12.- ¿Por qué la disolución de azúcar no conduce la corriente eléctrica?

Por qué no hay IONES LIBRES y no se forman.

13.- ¿Con qué tipo de disolvente puedes disolver un compuesto no polar?

con un disolvente no polar

14.- ¿Por qué una sustancia X no se disuelve en agua?

Por qué es no polar

15.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de un disolvente que no es agua rodean las partículas de un soluto?

SOLVATACIÓN.
ACEITE
ALCOHOL

Ilustración VII.4 Ejemplar del cuestionario aplicado durante la experiencia de cátedra 4 perteneciente a un alumno de preparatoria.

DISOLUCIONES II
(Segunda parte)

Cuestionario de seguimiento para la experiencia de cátedra IV

Nombre GRANADOS CAMACHO ARTURO Grupo: 553

16.- Al dejar escapar el dióxido de carbono al medio ambiente, ¿cuáles son los componentes de la disolución?

SOLUTO → DIOXIDO DE CARBONO

SOLUENTE → AIRE

17.- ¿Por qué dos gases que no reaccionan forman una disolución sin importar que sus moléculas sean polares o no polares?

PORQUE SUS MOLECULAS TIENEN MUY Poca ATRACCION ENTRE SI.

18.- ¿Qué se demostró al destapar el refresco?

QUE CONTENIA GAS DISUELTO.

19.- Escribe dos ejemplos en los que tanto el disolvente como el soluto sean líquidos:

ALCOHOL CON AGUA

GASOLINA CON ACEITE

20.- Si el agua es polar: ¿cómo serán a) el alcohol, b) el aceite, c) la gasolina?

a) POLAR

b) No POLAR

c) No POLAR.

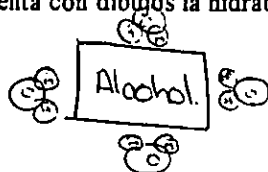
Ilustración VII.5 Ejemplar de la primera parte del cuestionario de tarea resuelto después de las experiencias de cátedra 2,3 y 4 perteneciente a un alumno de secundaria.

**CUESTIONARIO DE TAREA
DISOLUCIONES II**

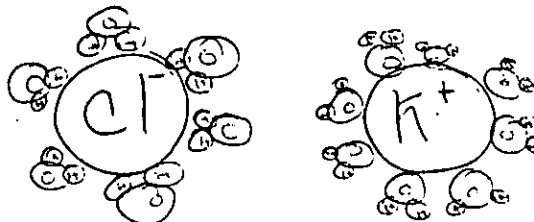
Nombres de los alumnos: Zorica García López

Contesta en equipo de 2 ó 3 alumnos el siguiente cuestionario.

1.- Representa con dibujos la hidratación de las moléculas de alcohol (alcohol etílico o etanol).



2.- Dibuja cómo se vería microscópicamente una disolución de cloruro de potasio en agua.



3.- Representa a nivel microscópico la disolución del azufre.

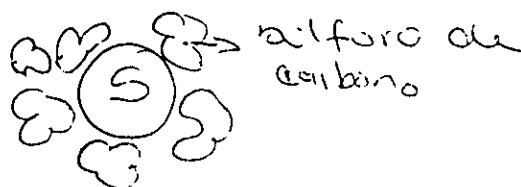


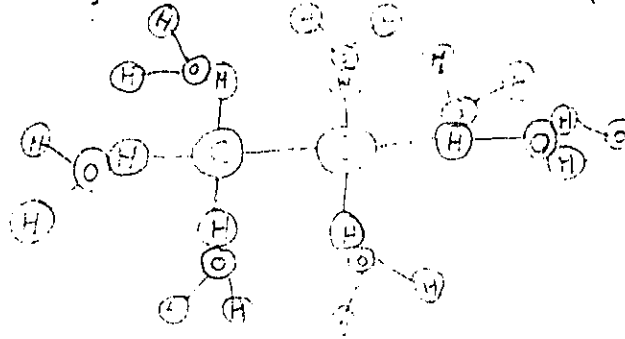
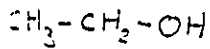
Ilustración VII.6 Ejemplar de la primera parte del cuestionario de tarea resuelto después de las experiencias de cátedra 2,3 y 4 perteneciente a un alumno de preparatoria.

**CUESTIONARIO DE TAREA
DISOLUCIONES II**

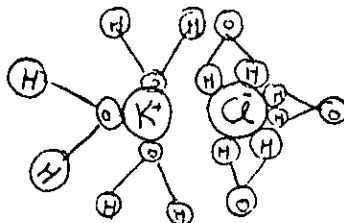
Nombres de los alumnos: Tirado Mendosa Alirio

Contesta en equipo de 2 ó 3 alumnos el siguiente cuestionario.

1.- Representa con dibujos la hidratación de las moléculas de alcohol (alcohol etílico o etanol).



2.- Dibuja cómo se vería microscópicamente una disolución de cloruro de potasio en agua.



3.- Representa a nivel microscópico la disolución del azufre. Disolución de Carbono



Ilustración VII.7 Ejemplar de la segunda parte del cuestionario de tarea resuelto después de las experiencias de cátedra 2,3 y 4 perteneciente a un alumno de preparatoria.

- 4.- Investiga y anota los nombres y proporciones de los componentes del aire.

Nitrogeno 76%
 Oxígeno 24%
 Argón 1%

Dioxido de Carbono 0.1 %
 Pequeñas cantidades de neón, criptón, xenón, y helio y apreciables pero variables de vapor de agua

- 5.- Escribe un ejemplo de aleación, diferente al que se dio en la experiencia de cátedra.

Aleación marina, es una aleación de aluminio con el 2% de magnesio y el 6.2 % de antimonio.

- 6.- Investiga y anota la composición de las amalgamas.

Es una aleación compuesta por 69 % de plata, 5% de cobre, 1% de zinc y 25% de estaño. todo mezclado con mercurio.

- 7.- Elabora una tabla en la que se ejemplifiquen los estados de agregación de las disoluciones anotando el estado de agregación de la disolución, del soluto y del disolvente.

Tipos de Disoluciones

SOLUTO	DISOLVENTE	MEZCLA	EJEMPLOS
Gas	Gas	Gas	Aire, gas natural
Gas	Líquido	Líquida	Bebidas efervescentes, agua de una pecera
Gas	Sólido	Sólida	Hidrógeno adsorbido en metales
Líquido	Gas	Gaseosa	Brisa de mar
Líquido	Líquido	Líquida	Vinagre, alcohol
Líquido	Sólido	Sólida	Amalgamas dentales, vaselina aromática.
Sólido	Líquido	Líquida	Agua de mar
Sólido	Sólido	Sólida	Aleaciones, ceras y parafinas
Sólido	Gas	Gaseosa	Algunos humos finos

Bibliografía:

Diccionario Enciclopédico Larousse. México 1968
 Química 2 Talanquer Artigas Augusto, Martínez Vázquez Ana.
 México, D.F. 1997. Ed. Santillana.

VII.7 PRÁCTICA 1

DISOLUCIONES

Nota: Esta práctica debe efectuarse preferentemente, después de la primera experiencia de cátedra.

VII.7.1 Introducción

Las disoluciones son mezclas homogéneas gaseosas, líquidas o sólidas formadas por un disolvente y uno o más solutos.

Puesto que son mezclas, podemos separar sus componentes por métodos físicos y podemos preparar un número infinito de disoluciones empleando las mismas sustancias, con sólo variar las proporciones de éstas.

La diferencia entre una disolución y otro tipo de mezcla, es que las partículas disgregadas, llamadas en este caso soluto, son las más pequeñas que pueden existir en una mezcla y están separadas totalmente entre sí; es decir, el soluto en una disolución consiste de moléculas o iones rodeados por moléculas de disolvente. En otro tipo de mezcla, las partículas dispersas son moléculas gigantes o agrupaciones de miles o millones de moléculas.

Una disolución se forma cuando hay semejanza de polaridad entre las moléculas de las sustancias que se mezclan: "Lo polar disuelve a lo polar, lo no polar disuelve a lo no polar". Aunque algunas veces es muy difícil distinguir sólo con nuestros sentidos entre la formación de una disolución y una reacción química, o entre una disolución y un coloide, podemos tratar de conocer cuándo estamos formando una disolución.

VII.7.2 Objetivos

Efectuar mezclas heterogéneas, disoluciones y reacciones químicas para distinguir las entre sí.

Conocer las características de una disolución.

Conocer los componentes de una disolución.

VII.7.3 Material

1 Gradilla

6 Tubos de ensayo

5 buretas graduadas de 50 mL (para todo el grupo), conteniendo los líquidos que se van a emplear.

10 palillos planos

Acetona

Agua

Alcohol etílico

Bicarbonato de sodio

Carbón en polvo
 Cloruro de sodio (sal común)
 Disulfuro de carbono
 Iodo
 Sacarosa (azúcar común)
 Sulfato de cobre
 Talco
 Vinagre
 Ácido nítrico concentrado y cobre en alambre (solamente para que haga la demostración el maestro). El maestro proporcionará el ácido nítrico para la prueba con bicarbonato de sodio.

VII.7.4 Desarrollo

(Tiempo aproximado: 50 minutos)

Une las sustancias indicadas en cada caso, en un tubo de ensayo limpio (lava el tubo y elimina la mayor cantidad de agua que puedas, cada vez que realices una unión diferente). Utiliza para los sólidos la cantidad que puedas recoger con la parte ancha del palillo y para los líquidos 1 mL.

Agita el contenido del tubo y obsérvalo con cuidado.

Cuidados: Debes tener sumo cuidado con el manejo de las sustancias de esta práctica.

El alcohol, la acetona y el disulfuro de carbono, son altamente inflamables por lo que se deben manejar en ausencia de flamas.

El disulfuro de carbono es altamente tóxico y el ácido nítrico es altamente corrosivo por lo que debes evitar inhalarlos o tener contacto con ellos a través de la piel. Si te cae alguno sobre la piel, avisa a tu profesor, lávate inmediatamente con abundante agua y jabón. Evita a toda costa el contacto de estas sustancias con los ojos. Usa lentes de protección.

El iodo es muy oxidante, por lo que produce quemaduras. Evita el contacto de tu piel y tu ropa con él.

Anota tus observaciones en el cuadro.

Sustancias empleadas	No hubo ni reacción ni disolución	Hubo reacción	Hubo disolución	disolvente	soluto
1) Agua y azúcar	_____	_____	_____	_____	_____
2) Azúcar y alcohol	_____	_____	_____	_____	_____
3) Disulfuro y sulfato de cobre	_____	_____	_____	_____	_____
4) Sulfato de cobre y agua	_____	_____	_____	_____	_____
5) Acetona y cloruro de sodio	_____	_____	_____	_____	_____

6) Acetona y alcohol	_____	_____	_____	_____	_____
7) Agua y Disulfuro de C	_____	_____	_____	_____	_____
8) Carbón y agua	_____	_____	_____	_____	_____
9) Carbón y vinagre	_____	_____	_____	_____	_____
10) Agua y bicarbonato de sodio	_____	_____	_____	_____	_____
11) Vinagre y bicarbonato de sodio	_____	_____	_____	_____	_____
12) Iodo y agua	_____	_____	_____	_____	_____
13) Iodo y Disulfuro de Carbono	_____	_____	_____	_____	_____
14) Disulfuro de Carbono y acetona	_____	_____	_____	_____	_____
15) Talco y agua	_____	_____	_____	_____	_____
16) Talco y vinagre	_____	_____	_____	_____	_____
Demostración por el maestro:					
17) Cobre y ácido nítrico	_____	_____	_____	_____	_____

VII.7.5 Cuestionario

Según tus observaciones en la práctica:

- 1) El agua es polar y “lo polar disuelve a lo polar”. Tomando en cuenta esto, nombra 4 sustancias cuyas moléculas sea polares.
- 2) ¿Cómo sabes que sus moléculas son polares?
- 3) El disulfuro de carbono no polar y “lo no polar disuelve a lo no polar”. Tomando esto en cuenta, nombra 4 sustancias cuyas moléculas **no** sean polares.
- 4) ¿Cómo sabes que sus moléculas son no polares?
- 5) ¿Qué te indican las observaciones hechas en el tubo que contiene iodo y agua?
- 6) ¿Cuáles pueden ser fenómenos que te indiquen que no se ha llevado una disolución sino una reacción química?
- 7) Nombra tres cualidades observables que presenta una disolución:
- 8) En qué estados de agregación se puede encontrar una disolución?
- 9) Escribe 2 ejemplos de disolución gaseosa y dos ejemplos de disolución sólida:
- 10) ¿El oxígeno se disuelve en el agua? Si es así ¿Qué evidencia existe de ello?

Conclusiones:

Bibliografía consultada:

Ilustración VII.8 Ejemplar de un registro de resultados llenado durante la práctica 1 perteneciente a un alumno de secundaria.

Daniel	Práctic	Condiciones	2 ^{da} c	Soluto	Disolvente
Aplicación	No Reacc	Reacción	Disolución		
Agua y Azúcar	✓ No Disol		✓	Agua	Azúcar
Agua y Alcohol	✓				
Dióxido de Sulfuro y Sulfato de cobre	✓				
Sulfato de cobre y agua			✓	Agua	Sulfato de cobre
Acetona y cloruro de sodio	✓				
Acetona y cloruro de sodio			✓	Alcohol	Acetona
Agua y Dióxido de carbono	✓		✓	Alcohol	Acetona
Carbono y agua	✓				
Carbono y ácido nítrico		✓			
Agua y bicarbonato de sodio			✓	bicarbonato de Sodio	Agua
Acido N. nítrico bicarbonato de sodio		✓			
Iodo y agua			✓	Iodo	agua
Iodo y disulfuro de carbono			✓	Iodo	disulfuro de carbono
disulfuro de carbono y acetona			✓	Acetona	disulfuro de Carbono
Talco y agua	✓				
Talco y ácido nítrico	✓				
Cobre y ácido N. nítrico		✓			

Ilustración VII.9 Ejemplar de un registro de resultados llenado durante la práctica 1 perteneciente a un alumno de preparatoria.

Iodo
 Sacarosa (azúcar común)
 Sulfato de cobre
 Talco
 Ácido nítrico concentrado y cobre en alambre (solamente para que haga la demostración el maestro).
 El maestro proporcionará el ácido nítrico para la prueba con bicarbonato de sodio.

DESARROLLO:

Une las sustancias indicadas en cada caso, en un tubo de ensayo limpio (lava los tubos y elimina la mayor cantidad de agua que puedas cuantas veces sea necesario). Utiliza para los sólidos la cantidad que puedas recoger con la parte ancha del palillo y para los líquidos 1 mL.
 Agita el contenido del tubo y obsérvalo con cuidado.

Cuidados: Debes tener sumo cuidado con el manejo de las sustancias de esta práctica.
 El alcohol, la acetona y el disulfuro de carbono, son altamente inflamables por lo que se deben manejar en ausencia de flamas.
 El disulfuro de carbono es altamente tóxico y el ácido nítrico es altamente corrosivo por lo que debes evitar inhalarlos o tener contacto con ellos a través de la piel. Si te cae alguno sobre la piel, lávate inmediatamente con abundante agua y jabón. Evita a toda costa el contacto de estas sustancias con los ojos. Usa lentes de protección.
 El iodo es muy oxidante, por lo que produce quemaduras. Evita el contacto con él

Anota tus observaciones en el cuadro.

Sustancias empleadas	No hubo ni reacción ni disolución	Hubo reacción	Hubo disolución	disolvente	soluto
1) Agua y azúcar	_____	_____	✓	agua	azúcar
2) Azúcar y alcohol	✓	_____	_____	_____	_____
3) Disulfuro y sulfato de cobre	✓	_____	_____	_____	_____
4) Sulfato de cobre y agua	_____	_____	✓	agua	sulfato de cobre
5) Acetona y cloruro de sodio	✓	_____	_____	_____	_____
6) Acetona y alcohol	_____	_____	✓	acetona	alcohol

Ilustración VII.9 Ejemplar de un registro de resultados llenado durante la práctica 1 perteneciente a un alumno de preparatoria (continuación).

7) Agua y Disulfuro de C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Carbón y agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	agua	carbón
9) Carbón y ácido nítrico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ácido nítrico	carbón
10) Agua y bicarbonato de sodio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	bicarbonato de sodio	agua
11) Ácido nítrico y bicarbonato de sodio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) Iodo y agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Iodo	agua
13) Iodo y Disulfuro de Carbono	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Iodo	Disulfuro
14) Disulfuro de Carbono y acetona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Disulfuro de Carbono	acetona
15) Talco y agua	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16) Talco y ácido nítrico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demostración por el maestro:					
17) Cobre y ácido nítrico	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ácido Nítrico	Cobre

Ilustración VII.10 Ejemplar de un cuestionario de tarea resuelto después de haber tenido la práctica 1 perteneciente a un alumno de secundaria.

Argote García Daniel 2^oC.

CUESTIONARIO:

Según tus observaciones en la práctica

1) Nombra 4 sustancias cuya molécula sea polar, si sabemos que las moléculas de agua son polares:

1- Azúcar 2- Sal. 3- Ácido cítrico. 4- Alcohol.

2) ¿Cómo sabes que sus moléculas son polares?

Por que se disuelven en el agua.

3) Nombra 4 sustancias cuya molécula sea no polar si el disulfuro de carbono es una molécula no polar:

1- Carbono 2- Acetato 3- Aceite 4- Glicerina 5- Disulfuro de Carbono.

4) ¿Cómo sabes que sus moléculas son no polares?

Por que no se disuelven en el agua.

5) ¿Qué te indican las observaciones hechas en el tubo que contiene Iodo y agua? El Iodo es poco soluble.

6) ¿Cuáles pueden ser fenómenos que te indiquen que no se ha llevado una disolución sino una reacción química?

1- Cambio de materia 3- Liberación de gases.

2- Cambio de color 4- Producción de burbujas.

5- Producción de color o precip.

7) Nombra tres cualidades observables que presenta una disolución:

1- Si es líquida es transparente. 4- Tiene un disolvente y 2 o más solutos.

2- Es homogénea.

3- Es la formación de una fase.

8) En qué estados de agregación se puede encontrar una disolución? Sólida, líquida y gaseosa.

9) Escribe 2 ejemplos de disolución gaseosa y dos ejemplos de disolución sólida:

Gaseosa: Aire, el O_2 en agua, CO_2 en agua.

Sólida: Al Ag , amalgamas y sal de azúcar.

10) ¿El oxígeno se disuelve en el agua? Si es así ¿Qué evidencia existe de ello? Sí. Por que los peces respiran el oxígeno.

VII.8 EXPERIENCIA DE CÁTEDRA 5 ó PRÁCTICA NÚMERO 2

DEMOSTRACIÓN DE LA IONIZACIÓN

Nota: Esta parte puede ser llevada a cabo como práctica solamente por los alumnos de preparatoria, debido a las precauciones que se deben seguir. Con los alumnos de secundaria se debe desarrollar en forma de experiencia de cátedra.

VII.8.1 Objetivos

Se conducirá a los alumnos para que ellos deduzcan el objetivo de esta experiencia:
 Demostrar la ionización y su efecto en una reacción química.

Dos trozos de cinta de magnesio se someten a gases de cloruro de hidrógeno que no atacan al magnesio. Una de las cintas tiene además contacto con el agua por lo que el cloruro de hidrógeno reacciona con ésta, produciéndose los iones del ácido clorhídrico que atacan al magnesio. Si la experiencia es totalmente exitosa, los alumnos verán que el magnesio que estuvo en contacto con el agua ya no se encuentra como se dejó; se forma el cloruro de magnesio por lo que ya no encontramos la tira metálica o al menos se observa disminuye su superficie y grosor.

VII.8.2 Material

- 1 cristalizador grande
- 1 cristalizador mediano (de un tamaño suficiente para que quepa en el cristalizador grande)
- 1 cápsula de porcelana de 6 cm de diámetro aproximadamente (el tamaño debe permitir que se coloquen paralelamente sobre él 3 portaobjetos de vidrio sin que se caigan)
- 4 portaobjetos de vidrio
- 1 pipeta graduada de 5 ó 10 mL de capacidad
- 1 gotero o pipeta de 1 mL
- 1 cuchara o espátula
- Unas pinzas de disección o para depilar.
- 1 trozo pequeño (2 cm² aproximadamente) de lija metálica ("de agua"), de las más finas
- 1 trozo pequeño (5 cm² aproximadamente) de papel sanitario o de servilleta absorbente
- 2 cucharadas soperas de sal común
- 3 mL de ácido sulfúrico concentrado
- 3 mL de agua de la llave
- 1 franela vieja mojada en agua de tamaño suficiente que doblada en tres cubra el cristalizador grande.
- 1 lente de protección y si es posible mascarilla

VII.8.3 Preparación previa

(Tiempo de preparación aproximado: 10 minutos):

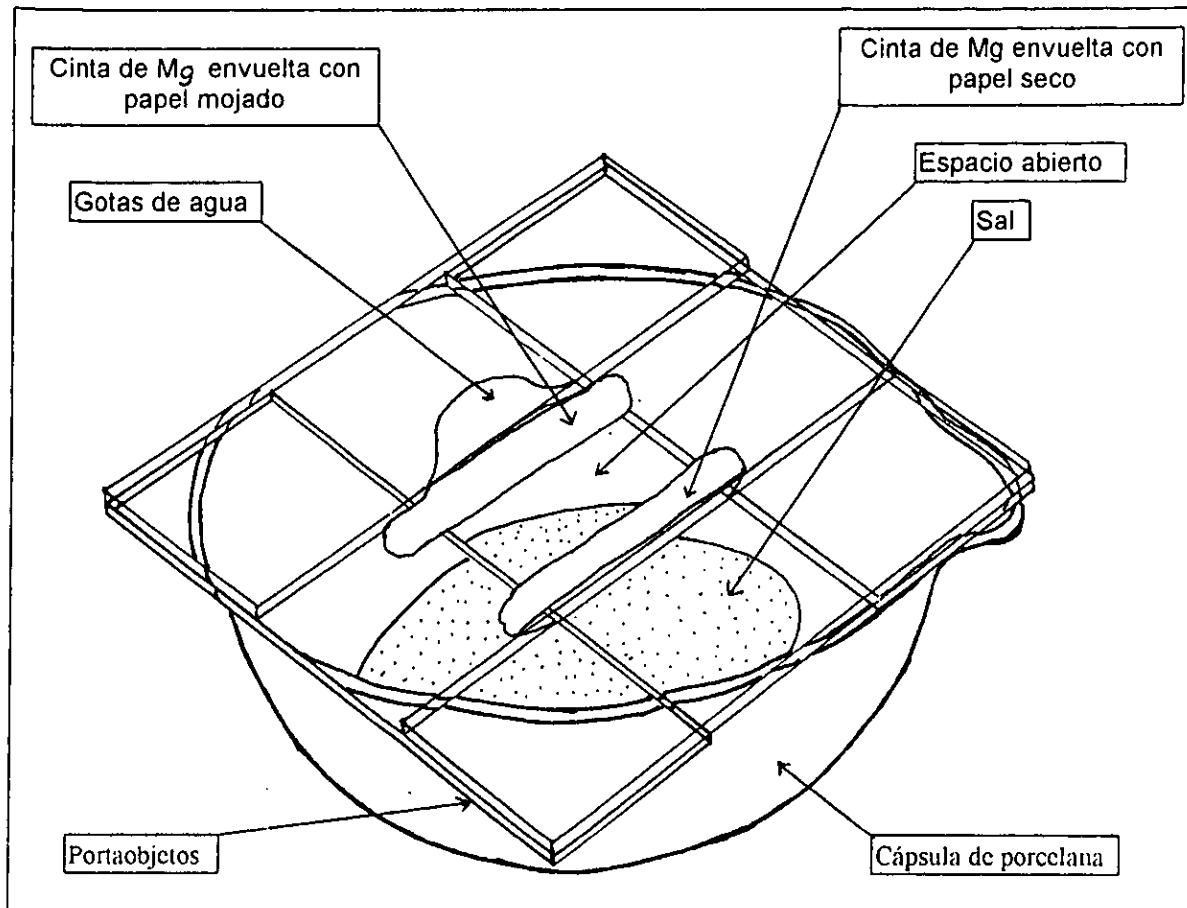
- 1.- Depositar 2 cucharadas soperas, rasas, de sal común en la cápsula de porcelana perfectamente seca.
- 2.- Colocar la cápsula de porcelana en el centro del cristizador grande, también perfectamente seco.
- 3.- Colocar los 4 portaobjetos sobre la cápsula de porcelana, de tal forma que cubran las orillas de la cápsula y que en el centro quede formado un cuadrado abierto sobre la sal (ver dibujo y nota a).
- 4.- Limpiar la superficie de la cinta de magnesio con la lija seca hasta que ésta muestre un brillo blanco.
- 5.- Colocar todo el material sobre la mesa del laboratorio o del escritorio del maestro.

VII.8.4 Desarrollo

(Tiempo aproximado: 30 minutos como experiencia de cátedra, 50 minutos como práctica)

- 1.- Distribuir el cuestionario que los alumnos deberán contestar en el transcurso de la experiencia. Decirles que ellos determinarán el objetivo de la experiencia. Explicarles cada paso de la ejecución de ésta, pero no anticipar los resultados que esperamos.
- 2.- Mostrar la cinta de magnesio y cortarla en dos trozos de la misma longitud.
- 4.- Envolver ambos trozos de magnesio en papel sanitario o servilleta tratando de apretar el papel para que esté en íntimo contacto con el magnesio.
- 5.- Colocar una de las cintas de magnesio sobre un extremo del cuadro abierto formado por los portaobjetos.
- 6.- Mojar la envoltura de la segunda cinta de magnesio tocando el agua con un extremo de ésta y depositarla en el extremo contrario del cuadrado (b).
- 7.- Depositar aproximadamente 5 gotas de agua sobre el portaobjetos que está en contacto con la cinta empapada (c).
- 8.- Acercar el segundo cristizador para tenerlo a la mano.
- 9.- Llenar **¡con cuidado!** la pipeta con los 3 mL de ácido sulfúrico. Permitir que el ácido alcance poco a poco el nivel requerido al sumergir la pipeta en el recipiente que lo contiene o usar la pera. **El ácido sulfúrico es altamente corrosivo por lo que debe evitarse que éste tenga contacto con la piel.**
- 10.- Depositar **¡con cuidado!** el ácido sulfúrico sobre la sal de la cápsula y tapar rápidamente con el segundo cristizador (d).
- 11.- Esperar 10 minutos a que se lleve a cabo la reacción. Tener preparada la franela empapada (e).
- 12.- Retirar el cristizador con cuidado y depositarlo boca abajo (sin voltearlo) sobre la mesa (f). Tapar rápidamente el cristizador descubierto con la franela. Esperar 2 minutos (g).
- 13.- Utilizando las pinzas, sacar las cintas de magnesio. Descubrir la cinta que no se mojó, y luego la que se mojó. Mostrarlas a los alumnos, si es necesario colocarlas sobre un recipiente (tapa de caja Petri o vidrio de reloj) con todo y sus respectivos papeles para pasarla a los alumnos y que observen de cerca las diferencias(h,i).
- 14.- Anotar las observaciones en el pizarrón y comentar los resultados.

Ilustración VII.11 Dispositivo empleado para demostrar la ionización.



15.- Explicar a los alumnos lo que sucedió, escribiendo las reacciones en el pizarrón. Estar seguros que los alumnos comprendan la transformación del magnesio. Enfatizar el cambio en las propiedades químicas de un compuesto cuando éste está en estado molecular y cuando se ioniza al estar en disolución.

VII.8.5 Cuidados en el desarrollo de la experiencia de cátedra 4 o de la práctica 2

- a) Los portaobjetos se colocan de la manera indicada para que los gases que se desprenden de la reacción salgan precisamente por donde tenemos colocadas las cintas de magnesio.
- b) Se debe evitar que la envoltura de papel gotee por contener demasiada agua.
- c) También se debe evitar que el agua que se añade gotee hacia dentro de la cápsula.
- d) No debe caer ácido sulfúrico sobre las cintas. Para evitar que el ácido gotee, se puede acercar a la punta de la pipeta un trozo de servilleta. Cuando entra en contacto el ácido sulfúrico con la sal se produce el cloruro de hidrógeno que es irritante al inhalarlo, por lo que esta operación debe hacerse rápidamente y con cuidado. Es muy recomendable el uso de mascarilla.
- e) El tiempo de espera debe prolongarse unos minutos más después de que ya no hay reacción en la cápsula de porcelana para permitir que el cloruro de hidrógeno que se encuentra en el cristizador entre en contacto con el agua y se forme el ácido clorhídrico que a su vez reaccionará con el magnesio.
- f) Practicar la forma de retirar el cristizador; dependiendo de la diferencia del tamaño de los cristizadores, puede ser difícil introducir los dedos entre ellos para sujetar el que se va a retirar.
- g) La franela debe estar suficientemente mojada pero no debe gotear; nos servirá para evitar que se desprenda hacia el ambiente la mayor parte de los gases producidos. Se deberá tener cuidado con el posterior manejo de esa franela depositándola inmediatamente en el cristizador que colocamos boca abajo y enjuagándola luego con abundante agua.
- h) Aunque la cinta de magnesio, que se puso en contacto con el agua, no haya reaccionado totalmente, se podrá hacer notar la diferencia en tamaño, forma, grosor, etc. que guarda con respecto a la cinta que no estuvo en contacto con agua.
- i) Los alumnos podrán notar que se formó una fina película blanca en la cinta que no debía reaccionar. Si esto ocurre se les tiene que explicar que se debe a que también presentó cierta reacción debido a la humedad que existe en el ambiente. Se puede aprovechar para recordarles que existe agua disuelta con los otros componentes del aire, que también es una disolución. También se puede determinar la humedad del aire empleando un papel previamente impregnado de disolución de cloruro de cobalto y recientemente deshidratado (se pone a secar, con cuidado, sobre aluminio y una parrilla eléctrica o en el horno de microondas). El papel cambiará de azul a rosa con la humedad del ambiente al formarse la sal hidratada.

VII.8.6 Cuestionario de la experiencia de cátedra 4 o de la práctica 2

Contesta las siguientes preguntas conforme se vaya desarrollando la experiencia.

- 1.- ¿Qué tipo de fenómeno se llevó a cabo al añadir el ácido sulfúrico a la sal?
- 2.- Escribe la ecuación de la reacción.
- 3.- ¿Qué gas se desprende en la reacción?
- 4.- ¿Crees que este gas puede atacar al magnesio?
- 5.- ¿Por qué crees que se tapa con el cristalizador el recipiente donde se lleva la reacción y se encuentra el magnesio?
- 6.- ¿Qué diferencia presentan las dos cintas de magnesio que se encuentran en el dispositivo?
- 7.- ¿Qué apariencia tiene el magnesio, que se mantuvo "seco", al final de la experiencia?
- 8.- ¿Qué apariencia tiene el magnesio que se mantuvo "mojado", al finalizar la experiencia?
- 9.- ¿Qué crees que influyó para obtener diferentes resultados en cada cinta de magnesio?
- 10.- ¿Cómo crees que actuó el agua?
- 11.- Describe el o los objetivos de esta experiencia, relacionándola con el tema disolución, disociación, ionización.

Dos preguntas adicionales posibles son:

- 12.- ¿Cómo aseguras que el magnesio envuelto en el papel seco está en contacto con el HCl gaseoso?
- 13.- ¿Cómo verificarías que fue el HCl acuoso el que atacó al magnesio y no el agua?

VII.9 CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

Cuestionario aplicado a los alumnos que participaron en la propuesta para evaluarlos.

Contesta las siguientes preguntas o elige la respuesta correcta. (Si necesitas más espacio puedes escribir en la parte de atrás de la hoja, anotando cuidadosamente el número de la pregunta).

- 1.- Escribe dos ejemplos de disolución.
- 2.- ¿Qué es una disolución?
- 3.- Una disolución es:
 - a) El resultado de un proceso físico
 - b) El resultado de un proceso químico
 - c) El resultado de un proceso físico o químico
 - d) El resultado de un proceso natural
- 4.- Cuando disolvemos estamos llevando a cabo:
 - a) La formación de una mezcla
 - b) Una reacción química
 - c) Una mezcla y una reacción química
 - d) La formación de un compuesto

Ilustración VII.12 Ejemplar de la práctica 2 y el cuestionario aplicado durante ésta perteneciente a un alumno de preparatoria.

PRÁCTICA NÚMERO 2: IONIZACIÓN

Nombre del alumno: Laura Rodriguez. Grupo: 553

OBJETIVO: EL ALUMNO DETERMINARÁ EL PROPÓSITO DE ESTA PRÁCTICA.

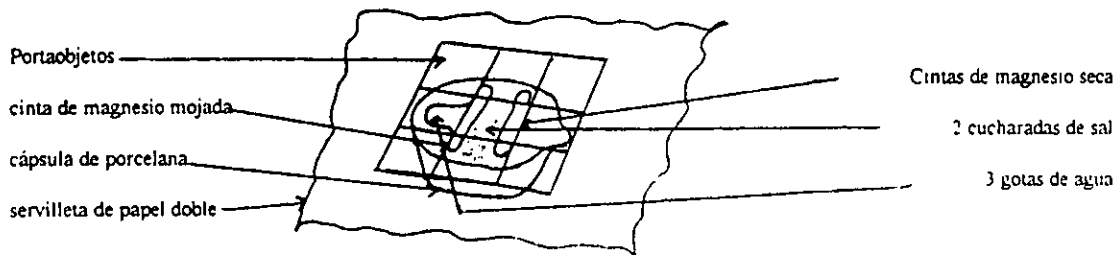
MATERIAL:

- 1 cristalizador
- Servilleta de papel
- 1 cápsula de porcelana
- 4 portaobjetos de vidrio
- 1 jeringa sin aguja de 10 mL de capacidad
- 1 gotero, agitador de vidrio o pipeta.
- 1 cuchara o espátula
- Unas pinzas de disección o para depilar.
- 1 trozo pequeño de lija metálica
- 2 cucharadas soperas de sal común
- 4 mL de ácido sulfúrico concentrado
- 3 mL de agua de la llave
- 1 franela mojada (no debe estar goteando).

DESARROLLO:

- 1.- Limpia la cinta de magnesio lijando ligeramente hasta que ésta presente un color blanco brillante.
- 2.- Envuelve las cintas con el trozo pequeño de servilleta. Trata de que el papel quede apretado.
- 3.- Moja una de ellas. (No debe gotear).

4.- Monta el dispositivo como lo indica el dibujo: Observa el que se ha preparado como modelo



5.- Acercar el cristalizador para tenerlo a la mano.

El ácido sulfúrico es altamente corrosivo por lo que debe evitarse que éste tenga contacto con la piel.

- 6.- Toma ;con cuidado! 4 mL de ácido sulfúrico con la jeringa. (Para evitar que el ácido gotee, se puede acercar a la punta de la jeringa un trozo de servilleta).
- 7.- Respira profundamente y manten la respiración mientras depositas el ácido sobre la sal ;CON CUIDADO! Que no caiga acido sobre el agua o las cintas.
- 7.- Cubre rápidamente todo con el cristalizador.
- 8.- Esperar 10 minutos a que se lleve a cabo la reacción.

a) ¿Por qué crees que se aguanta la respiración al agragar el ácido sulfúrico y se tapa con el cristalizador el dispositivo?

porque despende gases tóxicos

b) ¿Cómo es el gas?

blanco

Ilustración VII.12 Ejemplar de la práctica 2 y el cuestionario aplicado durante ésta perteneciente a un alumno de preparatoria (continuación).

c) ¿Qué tipo de fenómeno se produjo?

Químico

d) Escribe la ecuación de la reacción:



e) Según la reacción, ¿qué gas fue el que se desprendió?

Cloruro de hidrógeno

f) ¿Para que se habrán lijado las cintas de magnesio?

para que reaccionara más rápida.
para quitar impurezas y el óxido.

9.- Retirar en cristalizador con cuidado y depositarlo boca abajo (sin voltearlo) sobre la mesa (f). Tapar rápidamente el dispositivo con la franela. Esperar 2 minutos.

10.- Retirar la franela con cuidado. Utilizando las pinzas, retirar las dos envolturas de papel servilleta. Descubrir la cinta que no se mojó, y luego la que se mojó. Observar con cuidado.

g) Observaciones:



h) ¿Cuál era la diferencia en las condiciones en que tuvimos las cintas de magnesio?

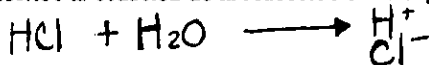
El agua

i) ¿Crees que esta diferencia haya afectado en los resultados del experimento?

Si
j) ¿Cómo crees que afectó?

en una copa se deshizo.

k) Escribe la ecuación de la reacción entre el gas y el agua:

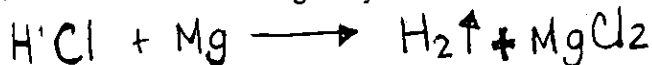


l) ¿Cómo se llama este fenómeno? ¿Es físico o es químico?

ionización

Químico

l) Escribe la reacción entre el magnesio y la sustancia formada.



m) ¿Por qué si las dos cintas de magnesio estuvieron expuestas al mismo gas, fueron afectadas de diferente forma?

porque una estaba mojada y la otra no

n) Escribe cuál fue el objetivo de la práctica y tus conclusiones a la vuelta de la hoja.

Lava con cuidado el material y enjuagar con mucho cuidado y con abundante agua las franjas.

Observar la ionización y el efecto de los iones sobre magnesio

5.- En una disolución:

- a) Sólo se encuentra un componente
- b) Se pueden separar los componentes que la forman mediante procesos físicos
- c) Se pueden separar los componentes que la forman mediante procesos químicos
- d) No se pueden separar los componentes que la forman

6.- Una disolución:

- a) Es una mezcla homogénea o heterogénea
- b) Es una mezcla homogénea
- c) Es una mezcla heterogénea
- d) No es una mezcla

7.- Cuando se disuelve polvo para preparar agua de sabor en agua ¿Cuáles son dos o tres solutos y el disolvente?:

8.- Los componentes de una disolución son:

- a) Un soluto y un disolvente
- b) Uno o más solutos y un disolvente
- c) Uno o más solutos y uno o más disolventes
- d) Varios disolventes

9.- Si tenemos una disolución de agua salada podemos recuperar el agua pura y la sal. ¿Qué nos demuestra eso?

10.- ¿En una disolución cómo distingues cuál es el disolvente y cuál es el soluto?

11.- Una disolución está formada por:

- a) Ninguna fase
- b) Una fase
- b) Dos fases
- c) Dos o más fases

12.- ¿En qué estados de agregación se pueden presentar las disoluciones?

- A) Solamente líquido
- b) Líquido y sólido
- c) Líquido y gaseoso
- d) Gaseoso, líquido y sólido

13.- Según la respuesta anterior, escribe un ejemplo de disolución en cada estado en que se presenten.

14.- Si tienes dos disoluciones de agua del mismo sabor pero el color de la primera es más intenso que el de la segunda, ¿Qué significa?

15.- Con azúcar y agua:

- a) No puedo preparar una disolución
- b) Puedo preparar sólo una disolución con una concentración fija
- c) Puedo preparar un gran número de disoluciones de diferente concentración
- d) Puedo realizar una reacción química

16.- Las disoluciones:

- a) Son compuestos
- b) No tienen composición
- c) Tienen una composición única o constante
- d) Tienen una composición múltiple o variable

17.- Escribe dos formas de expresar la concentración de una disolución:

18.- Son unidades para expresar la concentración

- a) L, mL, dL
- b) g/mL, g/L, g/g
- c) m/seg, km/seg, Km/min
- c) g, Kg, mg

19.- La concentración de una disolución expresa:

- a) La cantidad que existe de soluto
- b) La cantidad que existe de disolvente
- c) La cantidad que existe de soluto y disolvente
- d) La proporción que existe entre la cantidad del soluto y del disolvente

20.- De los siguientes pares de disoluciones ¿Qué par tiene diferente concentración?

- a) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 10 gramos de soluto en 200 mL de agua
- b) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 2.5 gramos de soluto en 50 mL de agua
- c) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 200 mL de agua
- d) Una de 0 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 0 mL de agua

21.- ¿Cuántos gramos de ácido cítrico y cuántos mililitros de agua emplearías en cada disolución para tener dos de diferente concentración?

22.- ¿Qué diferencia hay entre una disolución diluida y una concentrada?

23.- ¿Qué haces para diluir una disolución?

24.- ¿Cómo es una disolución después de diluirla?

- a) No tiene concentración
- b) Tiene la misma concentración
- c) Tiene menor concentración
- d) Tiene mayor concentración

25.- ¿Cuál es la diferencia entre disolver y diluir?

26.- Si tenemos una disolución de 4 g de sulfato de cobre en 1 litro de agua:

- a) ¿Cuántos componentes tiene?
- b) ¿Cuántas fases tiene?
- c) ¿Cuál es el soluto?
- d) ¿Cuál es el disolvente?
- e) ¿Cuál es la concentración de la disolución?
- f) ¿Cómo prepararías a partir de esta disolución 100 mL de una disolución con una concentración de 2 g/L?
- g) ¿Cómo prepararías solamente 50 mL de una disolución también con una concentración de 2 g/L?
- h) ¿Cómo probarías si en la disolución el sulfato de cobre está disociado?

27.- ¿Por qué no vemos al soluto cuando se encuentra disuelto?

28.- Hay varias formas de demostrar la existencia de un soluto en una disolución. Menciona dos de ellas.

29.- ¿Cómo se encuentran las partículas de un soluto en una disolución?

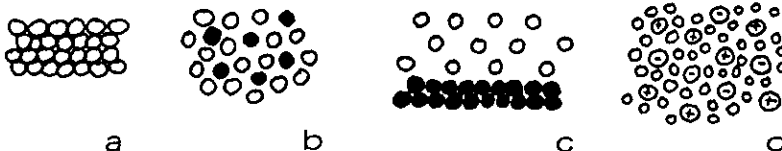
- a) separadas en forma de átomos
- b) separadas en forma de electrones y protones
- c) separadas en forma de iones o de moléculas
- d) separadas en forma de agregados de muchas moléculas

30.- ¿Qué hace el disolvente a las partículas de soluto al formarse una disolución?

- a) Nada
- b) Las rodea
- c) Las separa
- d) Las separa y las rodea

31.- ¿Qué dibujo representa la vista ultramicroscópica de una disolución de un compuesto covalente?

32.- ¿Qué dibujo representa la vista ultramicroscópica de la disolución de un compuesto iónico?



33.- ¿Cómo son las disoluciones respecto a la conductividad eléctrica?

- a) Ninguna conduce la corriente eléctrica
- b) Sólo la de cloruro de sodio conduce la corriente eléctrica
- c) Algunas conducen la corriente eléctrica y otras no
- d) Todas conducen la corriente eléctrica

34.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que conduce la corriente eléctrica?

- a) En forma de electrones y protones
- b) En forma de iones
- c) En forma de átomos
- d) En forma de moléculas

35.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que no conduce la corriente eléctrica?

- a) En forma de electrones y protones
- b) En forma de iones
- c) En forma de átomos
- d) En forma de moléculas

36.- ¿A qué tipos de compuestos disuelve el agua?

- a) Solamente a los compuestos covalentes polares
- b) Solamente a los compuestos covalentes no polares
- c) Solamente a los compuestos iónicos
- d) A los compuestos covalentes polares y a los iónicos

37.- ¿Qué característica de las moléculas del agua les permite interactuar con moléculas de compuestos que presentan densidad de carga o carga eléctrica?

- a) Su forma
- b) El número de átomos que las forman
- c) Su polaridad
- d) Su tamaño

38.- ¿A qué tipo de compuestos disuelve el tetracloruro de carbono, que es un compuesto no polar?

- a) Solamente a los compuestos covalentes polares
- b) Solamente a los compuestos covalentes no polares
- c) Solamente a los compuestos iónicos
- d) A los compuestos covalentes polares y a los iónicos

39.- ¿Cómo se llama al proceso en el cual un compuesto iónico se separa o disocia en iones por el efecto del disolvente?

- a) Atomización
- b) Dilución
- c) Disociación
- d) Ionización

40.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de agua rodean a las partículas de soluto en una disolución?

- a) Disociación
- b) Hidratación
- c) Reacción química
- d) Solvatación

41.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de un disolvente que no es el agua rodea las partículas del soluto?

- a) Disociación
- b) Hidratación
- c) Reacción química
- d) Solvatación

42.- ¿Cómo se llama el proceso en que un compuesto reacciona con otro para formar iones?

- a) Disolución
- b) Disociación
- c) Hidratación
- d) Ionización

43.- ¿Qué tipo de fenómeno es la ionización?

- a) Físico
- b) Químico
- c) Físico o químico
- d) Natural

44.- ¿Cuál es un ejemplo de ecuación de ionización?

- A) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{Cl}^-$
- b) $\text{C} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{calor}$
- c) $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

45.- ¿Qué diferencias existen entre la disociación y la disolución?

Ilustración VII.13.1 Ejemplar del cuestionario de evaluación resuelto después de finalizar las sesiones de enseñanza perteneciente a un alumno de preparatoria.

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

Nombre: Jiménez Hernández Elizabeth

Contesta las siguientes preguntas o elige la respuesta correcta. (Si necesitas más espacio puedes escribir en la parte de atrás de la hoja, anotando cuidadosamente el número de la pregunta)

1.- Escribe dos ejemplos de disolución.
 - Sal con agua ✓
 - Azúcar con leche x

2.- ¿Qué es una disolución?
 Cuando el soluto se disuelve en un disolvente ✓

3.- Una disolución es:
 a) El resultado de un proceso físico ✓
 b) El resultado de un proceso químico
 c) El resultado de un proceso físico o químico
 d) El resultado de un proceso natural

4.- Cuando disolvemos estamos llevando a cabo:
 a) La formación de una mezcla ✓
 b) Una reacción química
 c) Una mezcla y una reacción química
 d) La formación de un compuesto

5.- En una disolución:
 a) Sólo se encuentra un componente
 b) Se pueden separar los componentes que la forman mediante procesos físicos. ✓
 c) Se pueden separar los componentes que la forman mediante procesos químicos
 d) No se pueden separar los componentes que la forman

6.- Una disolución:
 a) Es una mezcla homogénea o heterogénea
 b) Es una mezcla homogénea ✓
 c) Es una mezcla heterogénea
 d) No es una mezcla

7.- Cuando se disuelve polvo para preparar agua de sabor en agua ¿Cuáles son dos o tres solutos y el disolvente?
 disolvente - agua
 Solutos - Polvo, azúcar ✓

8.- Los componentes de una disolución son:
 a) Un soluto y un disolvente
 b) Uno o más solutos y un disolvente ✓
 c) Uno o más solutos y uno o más disolventes
 d) Varios disolventes

9.- Si tenemos una disolución de agua salada podemos recuperar el agua pura y la sal. ¿Qué nos demuestra eso?
 Que es reversible es decir que podemos obtener lo que tenemos antes de hacer la disolución x

10.- ¿En una disolución cómo distingues cuál es el disolvente y cuál es el soluto?
 Si lo revolvemos el que se disuelve será el soluto. ✓

11.- Una disolución está formada por:
 a) Ninguna fase
 b) Una fase ✓
 c) Dos fases
 d) Dos o más fases

Ilustración VII.13.2 Ejemplar del cuestionario de evaluación resuelto después de finalizar las sesiones de enseñanza perteneciente a un alumno de preparatoria (continuación).

12.- ¿En qué estados de agregación se pueden presentar las disoluciones?
 A) Solamente líquido
 b) Líquido y sólido
 c) Líquido y gaseoso
d) Gaseoso, líquido y sólido ✓

13.- Según la respuesta anterior, escribe un ejemplo de disolución en cada estado en que se presenten.
 - Agua + Alcohol ✓ - Oxígeno + Xenón ✓
 - Sal + Azúcar x

14.- Si tienes dos disoluciones de agua del mismo sabor pero el color de la primera es más intenso que el de la segunda, ¿Qué significa?
 Que tiene mas concentración. ✓

15.- Con azúcar y agua:
 a) No puedo preparar una disolución
 b) Puedo preparar sólo una disolución con una concentración fija
c) Puedo preparar un gran número de disoluciones de diferente concentración
 d) Puedo realizar una reacción química

16.- Las disoluciones:
 a) Son compuestos
 b) No tienen composición
 c) Tienen una composición única o constante
d) Tienen una composición múltiple o variable ✓

17.- Escribe dos formas de expresar la concentración de una disolución:
 500ml Agua + 100 g de Kool-Aid 1lt Agua + 100 g de Kool-Aid. ✓

18.- Son unidades para expresar la concentración
 a) L, mL, dL
b) g/mL, g/L, g/g ✓
 c) m/seg, km/seg, Km/min
 c) g, Kg, mg

19.- La concentración de una disolución expresa:
 a) La cantidad que existe de soluto
 b) La cantidad que existe de disolvente
c) La cantidad que existe de soluto y disolvente ✓
 d) La proporción que existe entre la cantidad del soluto y del disolvente

20.- De los siguientes pares de disoluciones ¿Qué par tiene diferente concentración?
 a) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 10 gramos de soluto en 200 mL de agua
 b) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 2.5 gramos de soluto en 50 mL de agua ✓
c) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 200 mL de agua
 d) Una de 0 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 0 mL de agua

21.- ¿Cuántos gramos de ácido cítrico y cuántos mililitros de agua emplearías en cada disolución para tener dos de diferente concentración?
 10 gramos de ácido cítrico en 100 ml. de agua ✓
 5 gramos de ácido cítrico en 500 ml de agua

22.- ¿Qué diferencia hay entre una disolución diluida y una concentrada?
 Que la concentrada va a tener mas cantidad de soluto y menor disolvente y la diluida va a tener mas disolvente. x

23.- ¿Qué haces para diluir una disolución?
 le agregas mas disolvente ✓

Ilustración VII.13.3 Ejemplar del cuestionario de evaluación resuelto después de finalizar las sesiones de enseñanza perteneciente a un alumno de preparatoria (continuación).

24.- ¿Cómo es una disolución después de diluirla?

- No tiene concentración
- Tiene la misma concentración ✓
- Tiene menor concentración
- Tiene mayor concentración

25.- ¿Cuál es la diferencia entre disolver y diluir?

Diluir es agregar más disolvente a la disolución para quitarle concentración

26.- Si tenemos una disolución de 4 g de sulfato de cobre en 1 litro de agua:

- ¿Cuántos componentes tiene? 2 ✓
- ¿Cuántas fases tiene? 1 ✓
- ¿Cuál es el soluto? *Sulfato de cobre* ✓
- ¿Cuál es el disolvente? *Agua* ✓
- ¿Cuál es la concentración de la disolución? *4g/litro* ✓
- ¿Cómo prepararías a partir de esta disolución 100 mL de una disolución con una concentración de 2 g/L? *50 ml → 1g L^x*
- ¿Cómo prepararías solamente 50 mL de una disolución también con una concentración de 2 g/L?
- ¿Cómo probarías si en la disolución el sulfato de cobre está disociado?

Pasando corriente ✓

27.- ¿Por qué no vemos al soluto cuando se encuentra disuelto?

Por que las partículas del soluto están disueltas en el disolvente

28.- Hay varias formas de demostrar la existencia de un soluto en una disolución. Menciona dos de ellas.

Evaporación, cristalización ✓

29.- ¿Cómo se encuentran las partículas de un soluto en una disolución?

- separadas en forma de átomos
- separadas en forma de electrones y protones ✓
- separadas en forma de iones o de moléculas/ ✗
- separadas en forma de agregados de muchas moléculas

30.- ¿Qué hace el disolvente a las partículas de soluto al formarse una disolución?

- Nada ✓
- Las rodea
- Las separa
- Las separa y las rodea ✓

31.- ¿Qué dibujo representa la vista microscópica de una disolución de un compuesto covalente?

32.- ¿Qué dibujo representa la vista microscópica de la disolución de un compuesto iónico?

33.- ¿Cómo son las disoluciones respecto a la conductividad eléctrica?

- Ninguna conduce la corriente eléctrica ✓
- Sólo la de cloruro de sodio conduce la corriente eléctrica
- Algunas conducen la corriente eléctrica y otras no ✓
- Todas conducen la corriente eléctrica

34.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que conduce la corriente eléctrica?

- En forma de electrones y protones
- En forma de iones ✓
- En forma de átomos
- En forma de moléculas

35.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que no conduce la corriente eléctrica?

- En forma de electrones y protones
- En forma de iones
- En forma de átomos ✓
- En forma de moléculas ✓

Ilustración VII.13.4 Ejemplar del cuestionario de evaluación resuelto después de finalizar las sesiones de enseñanza perteneciente a un alumno de preparatoria (continuación).

37.- ¿Qué característica de las moléculas del agua les permite interactuar con moléculas de compuestos que presentan densidad de carga o carga eléctrica?

- a) Su forma
- b) El número de átomos que las forman
- c) Su polaridad/
- d) Su tamaño

38.- ¿A qué tipo de compuestos disuelve el tetracloruro de carbono, que es un compuesto no polar?

- a) Solamente a los compuestos covalentes polares
- b) Solamente a los compuestos covalentes no polares
- c) Solamente a los compuestos iónicos
- d) A los compuestos covalentes polares y a los iónicos

39.- ¿Cómo se llama al proceso en el cual un compuesto iónico se separa o disocia en iones por el efecto del disolvente?

- a) Atomización
- b) Dilución
- c) Disociación/
- d) Ionización

40.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de agua rodean a las partículas de soluto en una disolución?

- a) Disociación
- b) Hidratación/
- c) Reacción química
- d) Solvatación

41.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de un disolvente que no es el agua rodean las partículas del soluto?

- a) Disociación
- b) Hidratación
- c) Reacción química
- d) Solvatación/

42.- ¿Cómo se llama el proceso en que un compuesto reacciona con otro para formar iones?

- a) Disolución
- b) Disociación
- c) Hidratación
- d) Ionización/

43.- ¿Qué tipo de fenómeno es la ionización?

- a) Físico
- b) Químico/
- c) Físico o químico
- d) Natural

44.- ¿Cuál es un ejemplo de ecuación de ionización?

- A) $\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
- b) $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{calor}$
- c) $\text{OH}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

45.- ¿Qué diferencias existen entre la disociación y la disolución?

- Disociación: Es un proceso en el cual un comp iónico se disocia en iones por efecto del disolvente
- Disolución: Es una mezcla homogénea en la que el disolvente disuelve un soluto

VII. 10 NOTA

Puesto que las sesiones de enseñanza se impartieron en horas y condiciones normales del trabajo en el aula y ambiente escolar, la asistencia de los alumnos a éstas también estuvo supeditada a este factor (ver la siguiente tabla).

Tabla VII.1 Porcentaje de asistencia a las sesiones de enseñanza y de entrega de cuestionarios de tarea.

	Alumnos de: secundaria		preparatoria.	
Total	40		20	
Asistencia a la experiencia de cátedra 1	37	93%	20	100%
Entrega del cuestionario de tarea 1	27	68%	19	95%
Asistencia a la experiencia de cátedra 2 y 3	34	85%	18	90%
Asistencia a la experiencia de cátedra 4	35	88%	18	90%
Entrega del cuestionario de tarea 2	34	85%	16	80%
Asistencia a la Práctica 1	34	85%	18	90%
Entrega del cuestionario de la práctica 1	21	53%	20	100%
Asistencia a la práctica 2 o exp. de cát. 5	35	88%	19	95%
Promedio	32	80%	19	95%

VII.11 RESULTADOS

En el apéndice b (al final de la cuarta parte de la tesis) se encuentran las tablas de resultados. En las tablas se presentan las respuestas a cada una de las preguntas distribuidas en los ocho cuestionarios aplicados al grupo *piloto* comparándolas con las respuestas a esos mismos cuestionarios obtenidas con el grupo inicial o *testigo*.

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

En este estudio, se encontraron mejoras significativas -cualitativas y cuantitativas- en la comprensión de la mayoría de los conceptos respecto a los resultados obtenidos en el estudio del grupo *testigo*. A nivel general:

- Se presentó una incidencia más alta en las respuestas correctas, con una menor dispersión en las respuestas incorrectas; en el estudio de prueba o *piloto*, el 88%^{*} del total de las preguntas registró los porcentajes más altos en las respuestas correctas contra 37% del estudio *testigo*.

- Se registraron incrementos en los porcentajes en el 88% de las respuestas correctas. Este aumento tuvo un amplio rango que fue desde 4% (al explicar la diferencia entre una disolución concentrada y una diluida), hasta 66%^{**} (al dibujar los dos componentes de la disolución en las representaciones microscópicas).

- Hubo un incremento de 27 puntos en el promedio de los cuestionarios finales equivalente al 88% del valor obtenido en los cuestionarios *testigo*: el promedio total de las respuestas correctas en los cuestionarios *testigo* correspondió a 33%, mientras que este resultado se elevó a 61% en las respuestas de los alumnos que recibieron las sesiones de enseñanza; es decir, **el promedio de los porcentajes de las respuestas correctas casi se duplicó**.

- El 18% de las preguntas, tomadas individualmente, registró aumento en las respuestas correctas equivalente a más de 50 puntos porcentuales, comparadas con las respuestas del cuestionario *testigo*.

- Sólo 9% de las respuestas disminuyó en sus porcentajes presentando rangos entre 0.1% (al representar contacto entre las moléculas en las representaciones de la disolución) hasta 6.67% al clasificar un ejemplo de disolución (ver tabla VIII.2).

La agrupación de los resultados por tema proporcionó información valiosa sobre las áreas en las que los alumnos mejoraron tras las sesiones de enseñanza. En el capítulo VI, que

^{*} El porcentaje en este caso se obtuvo sumando los "sí" del estudio *piloto* registrados en la 5ª columna de la tabla VIII.3 (59) y haciendo la relación con el total de preguntas en estudio (67).

^{**} El porcentaje en este caso se obtuvo restando del porcentaje registrado para la pregunta 5.6c del estudio *piloto* (6ª columna), el porcentaje registrado para el estudio *testigo* (fila 5.6c, 4ª columna): $98.33 - 32.37 = 65.96$ (ver tabla VIII.3).

se refiere a la determinación de preconcepciones, los aspectos estudiados fueron agrupados en 14 temas ordenados de acuerdo al nivel de conocimiento que se esperaba encontrar en los alumnos; es decir, desde los aspectos que pensábamos tendrían los más altos porcentajes de respuestas correctas, a los que tendrían los más bajos. Este orden dependía a su vez de la secuencia que se sigue durante la práctica didáctica al ir sentando las bases y profundizando al abordar el tema *disolución*.

En la propuesta de enseñanza se modificó el orden de los temas previsto en el capítulo IV considerando, principalmente, la posibilidad práctica de tocar cada uno de ellos en las sesiones previstas. Se plantearon los siguientes argumentos (el número romano corresponde al orden dado en el capítulo VI):

- IV.- Iniciamos mostrando o ejemplificando el propio proceso de elaboración de disoluciones.
- V.- Pasamos a conocer el nombre que reciben los componentes en la disolución. En este punto enfatizamos que el uso de estos nombres define en sí mismos a una disolución.
- VII.- Hablamos aquí del concepto fase, aunque hay gran heterogeneidad entre los profesores sobre las ventajas y los inconvenientes de emplear este concepto a nivel secundaria y aún a nivel preparatoria. Hay incluso discrepancia en el significado del término entre autores de libros de texto, principalmente de secundaria. (Ver la discusión sobre este punto en la parte correspondiente al análisis de libros de texto).
- III.- Guiamos después a los estudiantes a diferenciar a las disoluciones de otro tipo de mezclas; en un primer momento, a distinguir que las disoluciones son mezclas homogéneas.
- II.- Enseguida hicimos que los alumnos definieran qué tipo de fenómeno es una disolución y por qué. La diferenciación de los tipos de fenómenos se considera como el tema más importante que debe conocer un alumno, desde el primer curso de la educación secundaria, para que sirva de base a conocimientos que se presentan posteriormente.
- IX.- Para argumentar la composición variable de las disoluciones, se introdujo a los alumnos en el concepto de *concentración*.
- X.- El concepto dilución se presentó como una forma de preparar una disolución diluida a partir de una concentrada.
- I.- El siguiente paso fue verificar la conservación de la masa en una disolución. Esta parte, que podría estar situada inmediatamente después de la definición de una disolución como un fenómeno físico, la colocamos en este punto para que los alumnos tuvieran presente que aun cuando se observa que un componente aparentemente desaparece al formarse una disolución u otro tipo de mezcla homogénea, éste se conserva y, por lo tanto, también su masa.
- VIII.- La representación a nivel microscópico requeriría la comprensión de que la disolución es una mezcla homogénea, que es un fenómeno físico y que no hay pérdida de masa, por eso la situamos en esta parte.
- XI.- Enseguida se explicaron los conceptos hidratación y solvatación, lo que requería tener clara la representación a nivel microscópico de la disolución.
- XII.- Se inició después el estudio de las interacciones entre soluto y disolvente, dando una introducción a las características de las moléculas de los compuestos covalentes polares, no polares y los compuestos iónicos.

- VI.- Luego se subrayó la existencia de disoluciones en los tres estados de la materia, para que los alumnos aplicaran los conocimientos anteriores a la explicación de los modelos a nivel de partículas de las disoluciones sólidas y gaseosas.
- XIII.- Para que hubiera una clara comprensión de lo que es una disolución electrolítica, los alumnos tenían que conocer las características de los compuestos iónicos; por ello este tema quedó situado en este lugar.
- XIV.- Después de lo anterior, se explicó la diferencia que existe entre la disociación y la ionización.

Tabla VIII.1 La tabla muestra los porcentajes obtenidos por tema en el estudio inicial ó *testigo* y en el final ó *piloto* y el lugar que cada tema ocupó según el porcentaje obtenido (de mayor a menor). En la primera columna se muestra (con números romanos) el orden previsto de los temas, desde los que obtendrían los mayores porcentajes de respuestas correctas hasta los que obtendrían los menores, según los argumentos dados en el capítulo VI. En la segunda columna se muestra (con números ordinales) el orden según la secuencia de la propuesta para la enseñanza de cada uno de los temas.

Previs to	En pro puesta	Tema	%inicial <i>testigo</i>	Lugar	%final <i>piloto</i>	Lugar
I	8°	Conservación de la masa	51.80%	2	93.33%	1
II	5°	La disolución es un fenómeno físico	36.47%	6	78.75%	4
III	4°	La disolución es una mezcla homogénea	47.69%	3	65.56%	6
IV	1°	Disolución, definición de	42.54%	5	63.83%	8
IV	2°	Componentes de una disolución	56.28%	1	89.34%	2
VI	12°	Disoluciones en los tres estados de agregación	35.21%	7	81.66%	3
VII	3°	Las disoluciones presentan una sola fase	9.00%	14	60.83%	9
VIII	9°	Representaciones a nivel microscópico	46.00%	4	69.68%	5
IX	6°	Concentración de una disolución	12.71%	13	41.95%	14
X	7°	Dilución	22.83%	11	44.68%	13
XI	10°	Interacciones entre soluto y disolvente I	31.74%	8	55.56%	10
XII	11°	Interacciones entre soluto y disolvente II	20.94%	12	49.59%	12
XIII	13°	Disoluciones electrolíticas	30.96%	9	65.00%	7
XIV	14°	Disociación y ionización	29.81%	10	50.83%	11
		Promedio total	33.86%		60.93%	

Tabla VIII.2.- Comparación de resultados obtenidos en cada una de las 57 preguntas de los ocho cuestionarios aplicados al grupo de alumnos *tesfigo* y al grupo de alumnos *piloto* (que participó en las sesiones de enseñanza). En la primera columna, el primer número corresponde al número del cuestionario y el segundo, al número de pregunta en él. La segunda columna muestra el número romano asignado a cada pregunta. La tercera y quinta columnas indican si la respuesta correcta registró o no el mayor porcentaje entre las otras respuestas. La cuarta y la sexta columnas indican el porcentaje obtenido en la respuesta correcta para cada pregunta. La séptima columna muestra la diferencia entre los porcentajes obtenidos en el estudio con el grupo *tesfigo* y el grupo *piloto*.

Tabla VIII.2

Comando y concepto que se estudia	Porcentaje de respuestas correctas						
	Pregunta número	Mayor % Res.Corr.	Estudio control	Mayor % Res.Corr.	Estudio piloto	Diferencia	
1.1 Explicar disolver	I	no	9.36%	sí	59.09%	49.73%	
1.2 Explicar preparación de una disolución	II	sí	50.89%	sí	74.36%	23.47%	
1.3 Explicar preparación de una disolución en el laboratorio	III	no	37.83%	sí	74.70%	36.87%	
2.1 Elegir qué tipo de fenómeno es la disolución	IV	no	26.06%	sí	53.33%	27.27%	
2.2 Elegir número de sustancias que forman la disolución	V	sí	69.01%	sí	65.00%	-4.01%	
2.3 Elegir estado de agregación de las disoluciones	VI	sí	35.21%	sí	81.66%	46.45%	
2.4 Elegir tipo de mezcla que es la disolución	VII	no	32.39%	sí	55.00%	22.61%	
2.5 Elegir número de fases que presenta una disolución	VIII	no	15.49%	sí	56.66%	41.17%	
3.1 Explicar la diferencia entre disol. concentrada y diluida	IX	no	8.97%	no	13.33%	4.36%	
3.2 Explicar la preparación de disol. concentrada y diluida	X	sí	24.81%	sí	76.67%	51.86%	
4.1 Clasificar un ejemplo de disolución	XI	sí	50.00%	no	43.33%	-6.67%	
4.2 Clasificar un ejemplo de disolución	XII	sí	40.00%	sí	46.66%	6.66%	
4.3 Clasificar un ejemplo de disolución	XIII	sí	79.31%	sí	88.33%	9.02%	
4.4 Clasificar un ejemplo de dilución	XIV	sí	37.93%	no	36.66%	-1.27%	
4.5 Clasificar un ejemplo de disolución	XV	sí	33.79%	sí	66.66%	32.87%	
4.6 Clasificar un ejemplo de disolución	XVI	no	25.52%	sí	50.00%	24.48%	
4.7 Clasificar un ejemplo de disolución	XVII	no	29.66%	sí	50.00%	20.30%	
4.8 Clasificar un ejemplo de dilución	XVIII	no	26.90%	no	21.66%	-5.24%	
4.9 Clasificar un ejemplo de dilución	XIX	no	9.66%	no	15.00%	5.34%	
4.10 Clasificar un ejemplo de dilución	XX	no	24.14%	sí	38.33%	14.19%	
5.1 Nombrar el fenómeno observado de disolución	XXI	sí	69.06%	sí	85.48%	16.42%	
5.2 Elegir el tipo de fenómeno observado	XXII	no	36.69%	sí	88.33%	51.64%	
5.3 Correspondencia entre el nombre y tipo de fenómeno	XXIII	no	35.04%	sí	85.00%	49.96%	
5.4 Argumentar el tipo de fenómeno elegido	XXIV	no	48.10%	sí	88.33%	40.23%	

Tabla VIII.2 (continuación)

Comando y concepto que se estudia	Porcentaje de respuestas correctas					
	Pregunta número	Mayor % Res.Corr.	Estudio %	Estudio % Res.Corr.	Mayor % Res.Corr.	Diferencia
5.5 Elegir la masa de la disolución	XXV	sí	51.80%	sí	93.33%	41.53%
5.6a Emplearon modelo molecular	XXVI a	sí	77.70%	sí	96.67%	18.97%
5.6b Representaron mezcla homogénea	XXVI b	sí	73.38%	sí	90.00%	16.62%
5.6c Dibujaron sólo a los dos componentes dados	XXVI c	no	32.37%	sí	98.33%	65.96%
5.6d Dibujaron la distribución de las moléculas como líquido	XXVI d	no	32.41%	sí	46.55%	14.14%
5.6e No representaron contacto entre moléculas	XXVI e	sí	51.96%	sí	51.85%	-0.11%
5.6f Las moléculas conservaron su tamaño	XXVI f	sí	75.83%	sí	89.66%	13.83%
5.6g Representaciones adecuadas de la disolución	XXVI g	no	5.76%	sí	35.00%	29.24%
5.7 Explicar lo sucedido al diluir la disolución	XXVII	no	31.79%	sí	61.18%	29.39%
5.8 Representar la disolución diluida a nivel molecular	XXVIII	no	33.02%	sí	69.64%	36.62%
6.1 Elegir cómo se expresa la concentración de una disol.	XXIX	no	23.33%	no	21.67%	-1.66%
6.2 Elegir dos disoluciones de diferente concentración	XXX	no	10.00%	sí	56.67%	46.67%
6.3 Elegir cómo es una disolución después de diluirla	XXXI	no	19.17%	sí	63.33%	44.16%
6.4 Elegir cómo se encuentran partículas de soluto en disol.	XXXII	no	21.67%	sí	53.33%	31.66%
6.5 Elegir qué hace el disolvente al soluto a nivel microscóp.	XXXIII	no	31.66%	sí	55.00%	23.34%
6.6 Elegir cómo son las disol. respecto a la conduc. eléctrica	XXXIV	no	29.17%	sí	63.33%	34.16%
6.7 Elegir cómo están las partículas en una disol. electrol.	XXXV	no	19.17%	sí	63.33%	44.16%
6.8 Elegir cómo están las part. en una disol. no conductora	XXXVI	no	17.50%	sí	50.00%	32.50%
6.9 Elegir caract. molec. agua disolver comp. cov. pol. o ión.	XXXVII	no	9.17%	sí	56.67%	47.50%
6.10 Elegir tipo de comp. que disuelve un compuesto polar	XXXVIII	no	21.19%	sí	41.67%	20.48%
6.11 Elegir el nombre de la disociación	XXXIX	no	19.17%	sí	46.66%	27.49%
6.12 Elegir el nombre de la hidratación	XL	sí	46.67%	sí	60.00%	13.33%
6.13 Elegir el nombre de la solvatación	XLI	no	14.17%	sí	41.67%	27.50%
6.14 Elegir el nombre de la ionización	XLII	sí	34.17%	sí	71.67%	37.50%
6.15 Elegir qué tipo de fenómeno es la ionización	XLIII	sí	44.17%	sí	71.67%	27.50%
7.1 Obtener el número de componentes de una disol. dada	XLIVa	sí	52.50%	sí	96.67%	44.17%
7.2 Obtener el número de fases de una disolución dada	XLIVb	no	2.50%	sí	65.00%	62.50%
7.3 Determinar qué componente es el soluto	XLIVc	no	32.50%	sí	96.67%	64.17%
7.4 Determinar qué componente es el disolvente	XLIVd	sí	34.17%	sí	96.67%	62.50%
7.5 Obtener la concentración de la disolución	XLIVe	no	0.00%	no	45.00%	45.00%
7.6 Explicar preparación de disol. concentrada y diluida	XLV	no	9.17%	sí	38.33%	29.16%

Tabla VIII.2 (continuación)

Comando y concepto que se estudia	Porcentaje de respuestas correctas						Estudio piloto	Diferencia
	Pregunta número	Mayor % Res.Corr.	Estudio testigo	Mayor % Res.Corr.	Estudio piloto	Diferencia		
7.7 Explicar cómo diluir una disolución	XLVI	no	0.00%	si	51.67%	51.67%	51.67%	
8.1 Elegir una disolución conductora de la electricidad	XLVII	no	22.88%	si	73.33%	50.45%	50.45%	
8.2 Elegir el significado de hidratación	XLVIII	si	49.15%	si	65.00%	15.85%	15.85%	
8.3 Elegir el significado de solvatación	XLIX	no	27.12%	si	58.33%	31.21%	31.21%	
8.4 Elegir el significado de disociación	L	no	24.58%	si	43.33%	18.75%	18.75%	
8.5 Elegir el significado de ionización	LI	si	37.29%	si	45.00%	7.71%	7.71%	
8.6 Elegir la representación ultramicroscópica de un componente	LII	si	93.22%	si	91.67%	-1.55%	-1.55%	
8.7 Elegir la represent. ultramicroscóp. de una mezcla heterogénea	LIII	si	37.29%	si	51.67%	14.38%	14.38%	
8.8 Elegir la represent. de disolución de comp. covalente	LIV	no	27.97%	si	41.67%	13.70%	13.70%	
8.9 Elegir la represent. ultramicrosc. de disol. de comp. iónico	LV	no	25.42%	si	58.33%	32.91%	32.91%	
8.10 Elegir la represent. ultramicroscópica de la disociación	LVI	no	19.49%	no	26.67%	7.18%	7.18%	
8.11 Elegir la represent. ultramicrosc. de disol. conductora de elec.	LVII	si	66.10%	si	75.00%	8.90%	8.90%	
Promedio								
total		37.31%	33.49%	88.06%	60.93%	27.44%	27.44%	

Tabla VIII.3 Comparación de los resultados obtenidos en cada una de las 57 preguntas (67 contando los apartados señalados con letras) ordenadas por tema del estudio inicial o testigo y el estudio piloto. Las columnas corresponden a la misma descripción dada en la tabla VII.2

Tabla VIII.3

Comando y concepto que se estudia	Porcentaje de respuestas correctas						Diferencia
	Pregunta número	Mayor % Res.Corr.	Estudio testigo	Mayor % Res.Corr.	Estudio piloto		
I En una disolución se conserva la masa							
5.5 Elegir la masa de la disolución	XXV	si	51.80%	si	93.33%	41.53%	
III La disolución es un fenómeno físico							
2.1 Elegir qué tipo de fenómeno es la disolución	IV	no	26.06%	si	53.33%	27.27%	
5.2 Elegir el tipo de fenómeno observado	XXII	no	36.69%	si	88.33%	51.64%	
5.3 Correspondencia entre el nombre y tipo de fenómeno	XXIII	no	35.04%	si	85.00%	49.96%	
5.4 Argumentar el tipo de fenómeno elegido	XXIV	no	48.10%	si	88.33%	40.23%	
		Promedio	36.47%		78.75%	42.28%	
III La disolución es una mezcla homogénea							
2.4 Elegir tipo de mezcla que es la disolución	VII	no	32.39%	si	55.00%	22.61%	
5.6b Representaron mezcla homogénea	XXVI b	si	73.38%	si	90.00%	16.62%	
8.7 Elegir la represent. ultramicroscópica de una mezcla heterogénea	LIII	si	37.29%	si	51.67%	14.38%	
		Promedio	47.69%		65.56%	17.87%	
IV Disolución							
1.1 Explicar disolver	I	no	9.36%	si	59.09%	49.73%	
1.2 Explicar preparación de una disolución	II	si	50.89%	si	74.36%	23.47%	
1.3 Explicar preparación de una disolución en el laboratorio	III	no	37.83%	si	74.70%	36.87%	
4.1 Clasificar un ejemplo de disolución	XI	si	50.00%	no	43.33%	-6.67%	
4.2 Clasificar un ejemplo de disolución	XII	si	40.00%	si	46.66%	6.66%	
4.3 Clasificar un ejemplo de disolución	XIII	si	79.31%	si	88.33%	9.02%	
4.5 Clasificar un ejemplo de disolución	XV	si	33.79%	si	66.66%	32.87%	
4.6 Clasificar un ejemplo de disolución	XVI	no	25.52%	si	50.00%	24.48%	
4.7 Clasificar un ejemplo de disolución	XVII	no	29.66%	si	50.00%	20.30%	
5.1 Nombrar el fenómeno observado de disolución	XXI	si	69.06%	si	85.48%	16.42%	
		Promedio	42.54%		63.86%	21.32%	

Tabla VIII.3 (continuación)

Comando y concepto que se estudia	Porcentaje de respuestas correctas						Diferencia
	Pregunta número	Mayor % Res. Corr.	Estudio % Res. Corr.	Estudio % Res. Corr.	Estudio piloto		
V Componentes de una disolución: soluto y disolvente							
2.2 Elegir número de sustancias que forman la disolución	V	sí	69.01%	sí	65.00%	-4.01%	
7.1 Obtener el número de componentes de una disol. dada	XLIVa	sí	52.50%	sí	96.67%	44.17%	
7.3 Determinar qué componente es el soluto	XLIVc	no	32.50%	sí	96.67%	64.17%	
7.4 Determinar qué componente es el disolvente	XLIVd	sí	34.17%	sí	96.67%	62.50%	
8.6 Elegir la representación ultramicroscópica de un componente	LII	sí	93.22%	sí	91.67%	-1.55%	
		Promedio	56.28%		89.34%	33.06%	
VI Existen disoluciones en los tres estados de agregación							
2.3 Elegir estado de agregación de las disoluciones	VI	sí	35.21%	sí	81.66%	46.45%	
VII Las disoluciones están constituidas por una sola fase							
2.5 Elegir número de fases que presenta una disolución	VIII	no	15.49%	sí	56.66%	41.17%	
7.2 Obtener el número de fases de una disolución dada	XLIVb	no	2.50%	sí	65.00%	62.50%	
		Promedio	9.00%		60.83%	51.84%	
VIII Representaciones a nivel microscópico							
5.6a Emplearon modelo molecular asignado	XXVI a	sí	77.70%	sí	96.67%	18.97%	
5.6c Dibujaron sólo a los dos componentes dados	XXVI c	no	32.37%	sí	98.33%	65.96%	
5.6d Dibujaron la distribución de las moléculas como líquido	XXVI d	no	32.41%	sí	46.55%	14.14%	
5.6e No representaron contacto entre moléculas	XXVI e	sí	51.96%	sí	51.85%	-0.11%	
5.6f Las moléculas conservaron su tamaño	XXVI f	sí	75.83%	sí	89.66%	13.83%	
5.6g Representaciones correctas de la disolución	XXVI g	no	5.76%	sí	35.00%	29.24%	
		Promedio	46.00%		69.68%	23.68%	
IX Concentración de una disolución							
3.1 Explicar la diferencia entre disol. concentrada y diluida	IX	no	8.97%	no	13.33%	4.36%	
3.2 Explicar la preparación de disol. concentrada y diluida	X	sí	24.81%	sí	76.67%	51.86%	
6.1 Elegir cómo se expresa la concentración de una disol.	XXIX	no	23.33%	no	21.67%	-1.66%	
6.2 Elegir dos disoluciones de diferente concentración	XXX	no	10.00%	sí	56.67%	46.67%	
7.5 Obtener la concentración de la disolución	XLIVe	no	0.00%	no	45.00%	45.00%	
7.6 Explicar preparación de disol. concentrada y diluida	XLV	no	9.17%	sí	38.33%	29.16%	
		Promedio	12.71%		41.95%	29.24%	

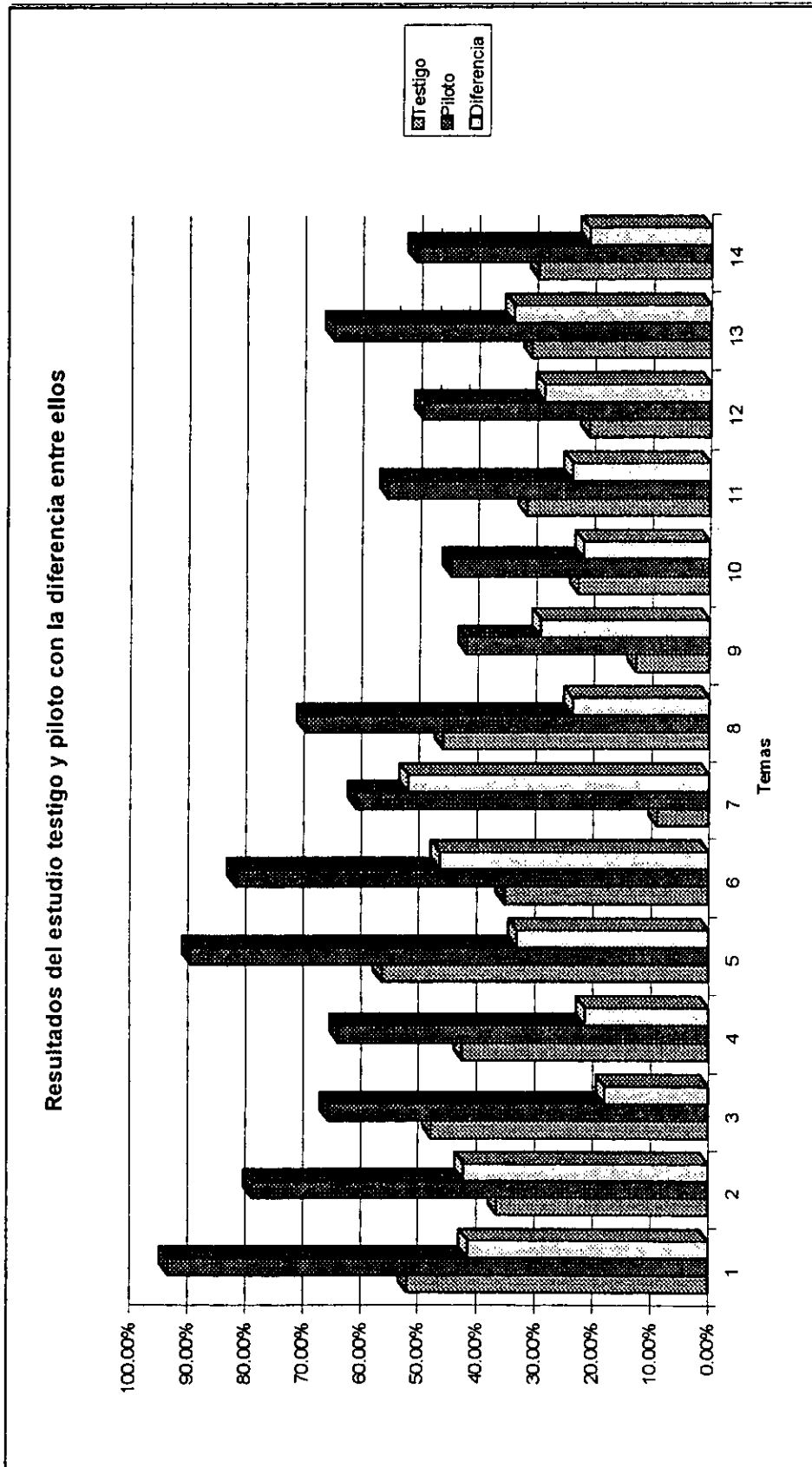
Tabla VIII.3 (continuación)

Comando y concepto que se estudia	Porcentaje de respuestas correctas						Estudio piloto	Diferencia
	Pregunta número	Mayor % Res. Corr.	Estudio Res. Corr.	Mayor % Res. Corr.				
					Estudio	Res. Corr.		
X Dilución								
4.10 Clasificar un ejemplo de dilución	XX	no	24.14%	si	38.33%	14.19%		
4.4 Clasificar un ejemplo de dilución	XIV	si	37.93%	no	36.66%	-1.27%		
4.8 Clasificar un ejemplo de dilución	XVIII	no	26.90%	no	21.66%	-5.24%		
4.9 Clasificar un ejemplo de dilución	XIX	no	9.66%	no	15.00%	5.34%		
5.7 Explicar lo sucedido al diluir la disolución	XXVII	no	31.79%	si	61.18%	29.39%		
5.8 Representar la disolución diluida a nivel molecular	XXVIII	no	33.02%	si	69.64%	36.62%		
6.3 Elegir cómo es una disolución después de diluirla	XXXI	no	19.17%	si	63.33%	44.16%		
7.7 Explicar cómo diluir una disolución	XLVI	no	0.00%	si	51.67%	51.67%		
		Promedio	22.83%		44.68%	21.86%		
XI Interacciones entre soluto y disolvente I (solvatación e hidratación)								
6.12 Elegir el nombre de la hidratación	XL	si	46.67%	si	60.00%	13.33%		
6.13 Elegir el nombre de la solvatación	XLI	no	14.17%	si	41.67%	27.50%		
6.4 Elegir cómo se encuentran partículas de soluto en disol.	XXXII	no	21.67%	si	53.33%	31.66%		
6.5 Elegir qué hace el disolvente al soluto a nivel ultramicroscóp.	XXXIII	no	31.66%	si	55.00%	23.34%		
8.2 Elegir el significado de hidratación	XLVIII	si	49.15%	si	65.00%	15.85%		
8.3 Elegir el significado de solvatación	XLIX	no	27.12%	si	58.33%	31.21%		
		Promedio	31.74%		55.56%	23.82%		
XII Interacciones entre soluto y disolvente II (com. polares y no polares)								
6.10 Elegir tipo de comp. que disuelve un compuesto polar	XXXVIII	no	21.19%	si	41.67%	20.48%		
6.9 Elegir caract. molecula. agua p/ disolver comp. cov. pol. o iónicos	XXXVII	no	9.17%	si	56.67%	47.50%		
8.8 Elegir la represent. ultramic. de disolución de comp. covalente	LIV	no	27.97%	si	41.67%	13.70%		
8.9 Elegir la represent. ultramicrosc. de disol. de comp. iónico	LV	no	25.42%	si	58.33%	32.91%		
		Promedio	20.94%		49.59%	28.65%		
XIII Disoluciones electrolíticas								
6.6 Elegir cómo son las disol. respecto a la conduc. eléctrica	XXXIV	no	29.17%	si	63.33%	34.16%		
6.7 Elegir cómo están las partículas en una disol. electrol.	XXXV	no	19.17%	si	63.33%	44.16%		
6.8 Elegir cómo están las part. en una disol. no conductora	XXXVI	no	17.50%	si	50.00%	32.50%		
8.1 Elegir una disolución conductora de la electricidad	XLVII	no	22.88%	si	73.33%	50.45%		
8.11 Elegir la represent. ultramicrosc. de disol. conductora de elec.	LVII	si	66.10%	si	75.00%	8.90%		
		Promedio	30.96%		65.00%	34.04%		

Tabla VIII.3 (continuación)

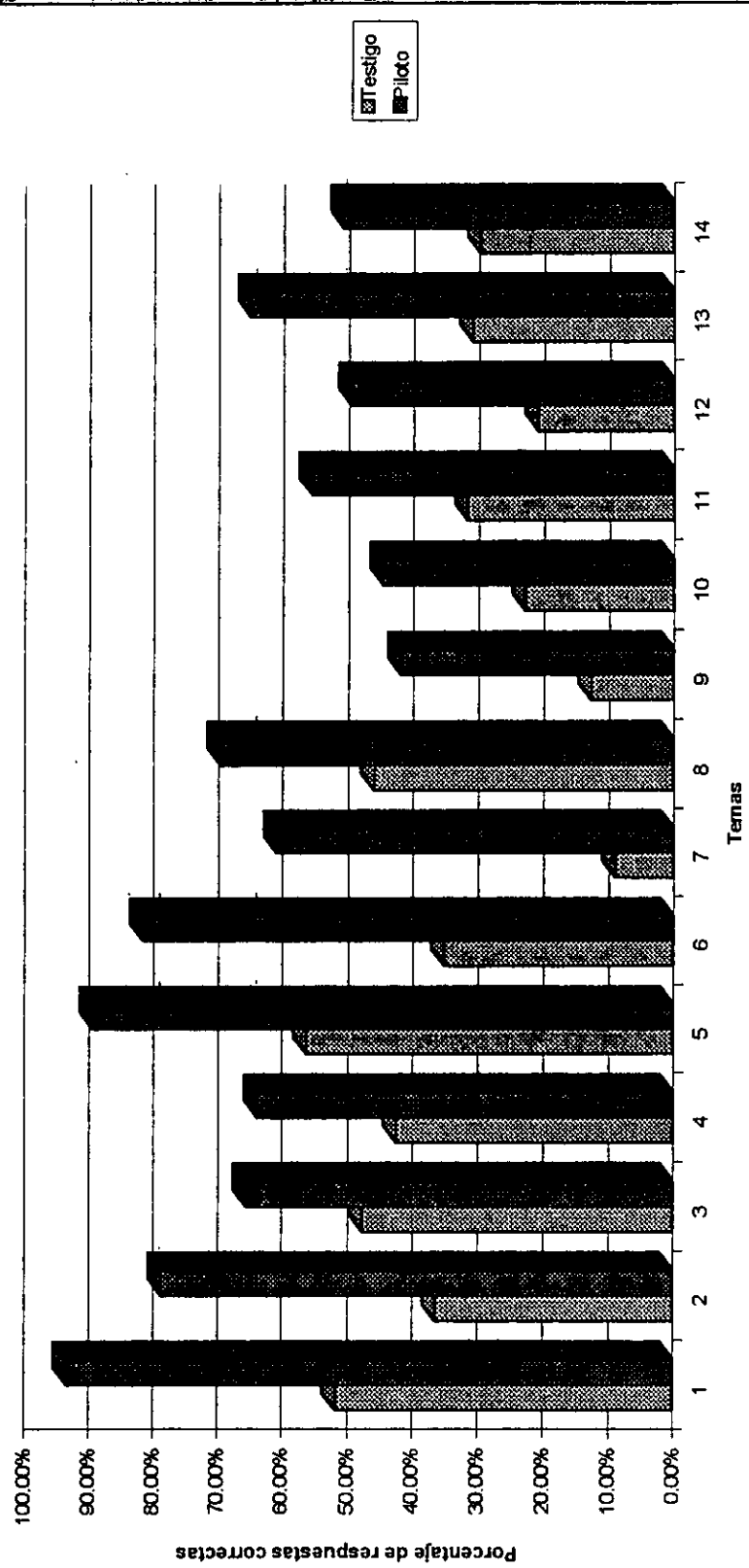
Comando y concepto que se estudia	Porcentaje de respuestas correctas						Diferencia
	Pregunta número	Mayor % Res. Corr.	Estudio testigo	Mayor % Res. Corr.	Estudio piloto		
XIV Disociación y ionización							
6.11 Elegir el nombre de la disociación	XXXIX	no	19.17%	sí	46.66%	27.49%	
6.14 Elegir el nombre de la ionización	XLII	sí	34.17%	sí	71.67%	37.50%	
6.15 Elegir qué tipo de fenómeno es la ionización	XLIII	sí	44.17%	sí	71.67%	27.50%	
8.10 Elegir la represent. ultramicroscópica. de la disociación	LVI	no	19.49%	no	26.67%	7.18%	
8.4 Elegir el significado de disociación	L	no	24.58%	sí	43.33%	18.75%	
8.5 Elegir el significado de ionización	LI	sí	37.29%	sí	45.00%	7.71%	
		Promedio	29.81%		50.83%	21.02%	
	Promedio						
	total	37.31%	33.40%	88.06%	60.93%	27.53%	

Gráfica VIII.1

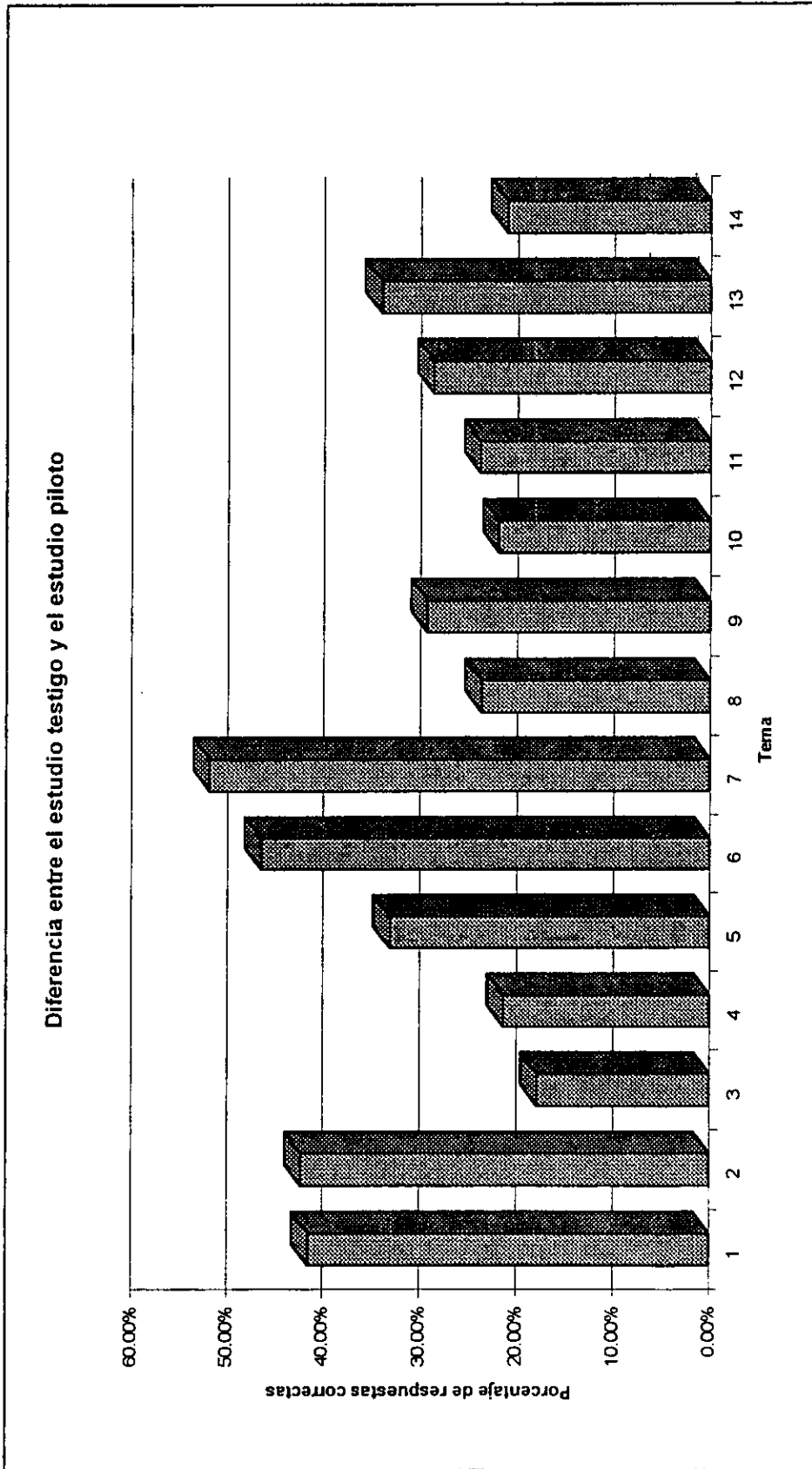


Gráfica VIII.2

Resultados del estudio testigo y del estudio piloto



Gráfica VIII.3



VIII.1 ANÁLISIS POR TEMA (Tabla VIII.3)

Los 14 temas en los que fueron agrupadas las preguntas, registraron aumento en el porcentaje de las respuestas correctas -desde 18 puntos en el tema "*La disolución es una mezcla homogénea*" hasta 52 en el tema "*Existen disoluciones en los tres estados de agregación*". A continuación se presenta el análisis de los resultados de cada uno de ellos (el número romano al principio del nombre del tema corresponde al orden previsto en el capítulo VI; el número ordinal, al orden encontrado según los resultados obtenidos en el estudio *piloto*, desde mayor a menor porcentaje de respuestas correctas. Ver la tabla VIII.1).

I.- CONSERVACIÓN DE LA MASA (1^{er} lugar)

La comprensión por parte de los alumnos sobre la conservación de la masa en el proceso de disolución sufrió un incremento muy significativo tras las sesiones de enseñanza. El porcentaje se elevó de 52 a 93 (42% de diferencia). Este resultado muestra que los esfuerzos y procedimientos para superar la idea de que "el soluto desaparece en la disolución" dieron buenos resultados al aplicarlo en un cálculo cuantitativo.

II.- LA DISOLUCIÓN ES UN FENÓMENO FÍSICO (4^o lugar)

Este conocimiento, sumamente importante, subió del 6^o al 4^o lugar en el estudio *piloto*. El promedio de porcentajes se incrementó de 37 a 79% (más del doble) lo que significa que hay más claridad sobre este aspecto. Las 4 preguntas involucrando este punto tuvieron los máximos porcentajes en las respuestas correctas. El resultado al elegir (cuestionario 2) el tipo de fenómeno, mostró que el 53% de los alumnos considera que la disolución es un fenómeno físico, pero el 32% pensó que puede ser físico y químico a la vez. Sin embargo, el 75% de las preguntas que se derivaron de la observación directa de la disolución (cuestionario 5) tuvo resultados de 85 y 88% (cuestionario 5). Estos resultados muestran que aumentó el conocimiento de lo que es fenómeno físico y fenómeno químico (los alumnos explicaron el tipo de fenómeno elegido) y aumentó el conocimiento sobre el tipo de fenómeno que es la disolución.

III.- LA DISOLUCIÓN ES UNA MEZCLA HOMOGÉNEA (6^o lugar)

El promedio de porcentajes en la diferenciación de mezclas homogéneas y heterogéneas y la clasificación de la disolución como una mezcla homogénea aumentó de 48 a 66%, todos los mayores porcentajes correspondieron a las respuestas correctas. Al definir una disolución, el mismo porcentaje de alumnos (5%) que en el estudio *testigo*, expresó que se trata de una mezcla homogénea. Sin embargo, en las representaciones a nivel microscópico y en los cuestionarios de opción múltiple, los porcentajes aumentaron de 73 a 90, de 32 a 55; y de 37 a 52%.

IV.- DISOLUCIÓN (8° lugar)

El promedio de porcentajes de respuestas correctas aumentó de 42 a 64%. El 90% de las preguntas registró los porcentajes más altos en las respuestas correctas. **Aumentó muy significativamente el grado de precisión al definir *disolución*. Las definiciones correctas de disolución aumentaron de 9 a 59%.** Los verbos o sus derivados utilizados para esta definición se redujeron de 13 a 3% (mezclar, combinar y unir) desapareciendo verbos como *desaparecer*, *descomponer*, *diluir*, *reaccionar*, etcétera.

Cinco de seis preguntas para clasificar un ejemplo de disolución tuvieron aumentos en las respuestas correctas desde 7 a 33%. La pregunta que registró una diferencia negativa, tuvo el mayor porcentaje en la opción que mencionaba un concepto más general que disolución: *mezcla*, que no es del todo incorrecto y que tal vez fue elegida por los alumnos al no leer las opciones siguientes, entre las que se encontraba la más precisa.

La idea de que desaparece un componente

En promedio, el 2% de los alumnos (contra el 6% del estudio *testigo*) sigue pensando que un componente desaparece en una disolución.

Esta idea ya no se presentó al dar la definición de disolución (cuestionario 1); tampoco hubo alumnos que eligieron que una disolución está formada por una sola sustancia, por lo que esto no se asocia a la idea de que desaparece un componente. Sin embargo, el promedio de porcentajes bajó sólo de 8 a 6% en el cuestionario 4 donde los alumnos tenían para elegir la opción "desaparece (un componente)" para explicar diferentes fenómenos. El mayor porcentaje (12, contra 23% del estudio *testigo*) también fue para la explicación de lo que le sucede al gas de la estufa en el aire, lo que se sigue ligando a una percepción asociada a la observación directa de lo que sucede.

En las representaciones de una disolución a nivel microscópico, tampoco hubo representaciones de desaparición de componente (el porcentaje bajó de 5 a 0%) pero en las representaciones de lo que es dilución sí se encontraron. Los porcentajes de las representaciones en las que un componente disminuye de tamaño o desaparece completamente, bajaron de 16% en el estudio *testigo* a 5% en el estudio *piloto*.

Ya no hubo respuestas que identificaran la disolución con un cambio de estado. También en las respuestas abiertas de los cuestionarios 1 y 5, los alumnos ya **no presentaron la idea de que la disolución es una reacción química o la formación de una nueva sustancia.** Sin embargo, siguen utilizando el concepto combinar como sinónimo de *mezclar* (9%) y dos alumnos definieron la disolución como "mezclar sustancias para formar otra", en la que no está claro si la nueva sustancia es resultado de un proceso químico o el alumno maneja ya que las propiedades de los componentes que forman una disolución son diferentes, cuando se encuentran independientes, a las propiedades de la mezcla en la que coexisten.

Aunque la utilización de diluir como sinónimo de disolver desapareció en las definiciones (cuestionario 1), al observar la formación de una disolución (cuestionario 5) el mismo porcentaje de alumnos (3%) la siguió calificando como dilución.

Sólo un alumno, contra 7 del estudio *inicial* (1.5 contra 4%), no pudo generalizar para dar la definición de disolución y tuvo que recurrir a explicar un ejemplo.

V.- COMPONENTES DE UNA DISOLUCIÓN (2º lugar)

Los alumnos alcanzaron un promedio de 97%, contra 38% en el estudio *testigo*, de respuestas correctas en 4 preguntas referidas a los *componentes* de una disolución.

Se amplió y fortaleció el conocimiento sobre los conceptos: *componente, soluto y disolvente*. Tres preguntas abiertas registraron 97% de respuestas correctas. En total, los porcentajes en las respuestas correctas en este aspecto se incrementaron de 44 a 64%, con un promedio de 33%.

El promedio bajó debido a que 2 preguntas registraron diferencias negativas de -1.6 y -4%. La primera cantidad se debió muy probablemente a la diferencia en la muestra de alumnos. Sobre la segunda cantidad (-4), hay que señalar que en el estudio *piloto* la elección del número de sustancias que forman una disolución se dividió principalmente entre las respuestas: b) Dos sustancias (28%) y c) Dos o más sustancias (65%) con un promedio de 47%; y la respuesta a) Una sustancia tuvo 0% de elecciones. Mientras que las elecciones b) y c) del cuestionario *inicial* tuvieron un promedio de 44% y hubo un 6% que eligió la respuesta a), lo que significa que aunque se haya obtenido un resultado negativo, también hay una mejora en el resultado de esta respuesta puesto que **los alumnos ya no eligieron la opción según la cual una disolución puede estar formada por una sustancia.**

El uso de los términos *componente, soluto y disolvente*, en las respuesta abiertas para definir una disolución y para diferenciar una disolución concentrada de una diluida se incrementó notablemente: de 1 a 64% en la definición (Comparar páginas 1 y 2 del cuestionario 1, en *Resultados*).

Sobre el estado físico de los componentes

Algunos alumnos (19%) siguieron definiendo la disolución haciendo alusión a un líquido. "*Es disolver sustancias en un líquido*".

La mayor parte de los alumnos sigue prefiriendo al agua como disolvente: del 19% anterior, el 10% nombró el agua en sus definiciones y **todas las respuestas correctas (74%), al dar ejemplos de disolución emplearon agua como disolvente.** Habría que diseñar un cuestionario para investigar sobre la ejemplificación de disoluciones en otros estados de agregación y con otro disolvente líquido diferente del agua.

En la representación microscópica puede aparecer un tercer componente

El porcentaje de las representaciones que dibujaron una línea marcando el límite de la disolución, bajó de 65% a 2%. A diferencia del estudio *testigo*, no hubo representaciones de otro tipo que significaran la existencia de un tercer componente.

VI.- EXISTEN DISOLUCIONES EN LOS TRES ESTADOS DE AGREGACIÓN (3^{er} lugar)

Aumentó la comprensión sobre los estados de agregación de las disoluciones. El porcentaje de las respuestas correctas en este punto aumentó de 35 a 82%. Esto significa que las sesiones de enseñanza contribuyeron para que casi la mitad de los alumnos (47%) se desprendieran de la idea de que las disoluciones son solamente líquidas.

VII.- LAS DISOLUCIONES PRESENTAN UNA SOLA FASE (9^o lugar)

El promedio de las respuestas tuvo un espectacular ascenso del 9 al 60%. Esto significa que las sesiones de enseñanza fueron efectivas al facilitar la construcción de este concepto en los alumnos.

VIII.- REPRESENTACIONES A NIVEL MICROSCÓPICO (5^o lugar)

Los alumnos mejoraron su capacidad de explicarse el fenómeno en términos ultramicroscópicos. El promedio de los porcentajes de las respuestas correctas aumentó de 46 a 70%. Todos los mayores porcentajes cayeron en las respuestas correctas. Cinco de seis respuestas registraron aumentos en sus porcentajes en un rango de 14 a 66% de aumento. El valor negativo que se registró (-0.11%) puede deberse a la diferencia de las muestras en cada estudio y correspondió a la representación de contacto entre las moléculas.

El porcentaje de alumnos que utilizó el modelo asignado aumentó de 78 a 97%. Otro valor muy significativo de buenos resultados fue el aumento del porcentaje de alumnos que dibujó sólo a los dos componentes dados (de 32 a 98%). **Las representaciones correctas de la disolución, tomando en cuenta: que no forman agrupación con contacto directo entre las moléculas, que la distancia entre ellas corresponde a la del líquido, que hubo conservación de su forma, tamaño y color subieron de 6% a 35%.**

Sobre la existencia de contacto o no entre las moléculas

Como vimos anteriormente, hubo una ligera disminución en el porcentaje de las respuestas correctas en este aspecto. El estancamiento en este resultado (no es propiamente un retroceso) pudo deberse a que no se enfatizó durante las sesiones de enseñanza, sobre la distancia que debían guardar las moléculas entre sí, en una disolución. Cuando se dieron las explicaciones, se representó la disolución con modelos adheribles sobre el pizarrón y se respetaron esas

distancias, pero no se hizo la observación verbalmente ni se compararon las distancias que existen en otros sistemas.

Sobre la forma en que se distribuyen las moléculas

La representación aceptable de la separación de las moléculas correspondiendo a un líquido aumentó de 32 a 47% y las representaciones de moléculas separadas como en los gases disminuyó de 56 a 38% pero aumentaron las representaciones de moléculas muy juntas como en el sólido (de 12 a 38%).

Aunque ya no hubo representaciones de la disolución en las que las moléculas se "integran" entre sí "ahucándose", "achicándose", "partiéndose", etcétera; en las representaciones de la dilución las hubo (3%) en forma de cambio de color de las moléculas (ver ilustración...). Así, el aspecto de la forma en que se distribuyen las moléculas, que se relaciona estrechamente con el anterior, tiene que ser enfatizado en las sesiones de enseñanza.

Sobre la conservación del tamaño de las moléculas

Ningún alumno (contra el 5% en el estudio inicial) representó la desaparición de algún tipo de molécula en la disolución. Sin embargo, al representar la dilución se mantuvo esta idea (3%). También la representación de la idea de que las moléculas de azúcar disminuyen de tamaño se mantuvo en la disolución y en la dilución aunque, bajaron los porcentajes de 19 a 10% y de 16 a 3%, respectivamente.

En términos generales, **los alumnos adquirieron una mejor comprensión del fenómeno de la disolución;** el promedio de los porcentajes de las respuestas correctas sobre este concepto (temas I al VIII) aumentó de 41 a 75%.

IX.- CONCENTRACIÓN DE UNA DISOLUCIÓN (14º lugar)

A pesar de que el promedio de los porcentajes obtenidos es el más bajo de los 14 puntos estudiados y de que los porcentajes de las respuestas correctas son bajos (42% en promedio) se registró un aumento, en relación con el estudio *testigo*. Sin embargo, **los bajos resultados en este aspecto, obtenidos en los dos estudios, ponen de manifiesto que es más difícil para ser construido por los alumnos por lo que requiere más tiempo en nuestros programas.**

Las respuestas que explican la diferencia entre una disolución concentrada y una diluida en términos de proporción entre soluto y disolvente, subieron de 2 a 8%; el total de las respuestas correctas, incluyendo las explicaciones relacionadas con la densidad y la concentración, subió de 8 a 13%.

El porcentaje de alumnos que atribuyó la diferencia, entre estos dos tipos de disoluciones, a cantidades de soluto y disolvente pero que no pudo expresar su relación, aumentó de 23 a 73%.

El porcentaje de alumnos que relaciona la diferencia de estas disoluciones con ideas totalmente erróneas como la falta de disolución del soluto, el tiempo, la pureza, etcétera, disminuyó de 66 a 13%. A partir de estos resultados pudimos observar que los **alumnos avanzaron en la comprensión de que la diferencia entre una disolución concentrada y una diluida tiene que ver con las cantidades de las mismas, pero fue incapaz de entender la relación entre ellas.**

Al ejemplificar disoluciones concentradas y diluidas, los alumnos avanzaron aumentando el porcentaje de respuestas correctas de 25 a 77%.

Al elegir dos disoluciones de diferente concentración, las repuestas correctas aumentaron de 10 a 57% y al obtener la concentración de una disolución, el porcentaje aumentó de 0 a 45%.

Al preguntar cómo diluir una disolución, el porcentaje de respuestas correctas aumentó de 9 a 38%. Hay que señalar que muchas respuestas fueron contabilizadas como incorrectas porque contestaron que se añadía agua; es decir no generalizaron su respuesta para contestar que lo que se tenía que añadir era más disolvente, sin embargo esa respuesta mostraba también avance en lo que se refiere al concepto dilución, no así en lo que se refiere a la variabilidad del disolvente, es decir, que éste no es sólo agua.

El 83% de las respuestas correctas tuvo porcentajes abajo de 57%, que son resultados pobres en términos absolutos, pero buenos resultados si los comparamos con los del estudio *testigo*. El resultado negativo que se registró (-1.66) corresponde a una diferencia probablemente debida a las muestras de alumnos y se encontró en una pregunta referente a un punto que fue poco enfatizado en las sesiones de enseñanza, por lo que los resultados son comprensibles (de hecho no hubo una sesión especial para el tema de concentración de una disolución; se tocó de manera indirecta, los ejercicios para calcular concentraciones fueron muy pocos y no se hizo la presentación de las diferentes formas para expresar concentraciones).

X.- DILUCIÓN (13º lugar)

El promedio de porcentajes de respuestas correctas aumentó de 23 a 45%. Solamente el 63% de las preguntas tuvieron los mayores porcentajes en las respuestas correctas. Aunque los alumnos obtuvieron, relativamente, buenos resultados: al explicar lo que sucedía mientras observaban la dilución (61%), al representar la disolución diluida a nivel microscópico (70%) y al elegir cómo es la concentración de una disolución después de diluirla (63%); tuvieron porcentajes bajos en las respuestas correctas al clasificar ejemplos de dilución (28%) y al explicar cómo diluir una disolución (52%). Sin embargo, representaron también avance respecto a los resultados del estudio *testigo* (25 y 0% respectivamente).

El 15% de los alumnos calificó espontáneamente a la dilución con su nombre mientras observaban el fenómeno. Hay que aclarar en este punto, que no se les pidió a los alumnos dar el nombre del fenómeno, sino sólo explicar lo que sucedía al añadir más agua a la disolución.

Las representaciones a nivel microscópico donde aumentó la proporción de moléculas de agua, se elevaron de 33 a 70%. Sin embargo, siguieron presentándose los dibujos en los que las moléculas cambian la forma de agruparse (7 contra 11% del estudio *testigo*) y se elevó (de 8 a 16%) el número de representaciones en las que aumenta el espacio entre las moléculas. Este resultado está relacionado con la dificultad de los alumnos para expresar la diferencia entre una disolución concentrada y una diluida. El separar las moléculas puede estar expresando que se dan cuenta que disminuye la proporción de moléculas de soluto, pero no saben con respecto a qué, ellos lo pueden estar interpretando que es con respecto al espacio que las rodea.

Ya no se presentaron las respuestas indicando que "desaparecen moléculas de azúcar" o que "el azúcar se disuelve mejor" al explicar la dilución, pero en las representaciones de la disolución diluida el 5% de los alumnos no dibujó moléculas de azúcar o las dibujaron más pequeñas.

Solamente disminuyó de 3 a 2 el porcentaje de las ideas según las cuales las moléculas de agua "crecen" durante el proceso de dilución. Este tipo de resultados muestra cómo es más difícil desterrar las ideas incorrectas cuando el porcentaje de los alumnos que las mantienen es bajo; es decir el tipo de ideas derivadas de formas de pensamiento muy "especiales".

Los resultados que podemos calificar como menos positivos, correspondieron a las respuestas a las preguntas agrupadas en los temas "*Concentración de una disolución*" y "*Dilución*". En estos, los promedios de los porcentajes de las respuestas correctas aumentaron de 13 a 42 y de 23 a 45%, respectivamente, siendo los menores porcentajes obtenidos entre los 14 temas.

Como lo hemos mencionado en otras partes de este trabajo, la mayor parte de los alumnos de preparatoria y casi la totalidad de los de secundaria, no han alcanzado el tipo de razonamiento formal. Hemos citado que aún una gran cantidad de estudiantes de los primeros semestres de la licenciatura de Química no se encuentra, como era de esperarse según el esquema de Piaget, en el estadio de las operaciones formales (Castro Acuña). Lo anterior tiene como consecuencia que, aún cuando se empleen procedimientos adecuados para la enseñanza, si el alumno no es capaz, desde el punto de vista de su desarrollo intelectual, de entender ciertos conceptos, no lo hará **hasta que alcance** el nivel requerido en este desarrollo.

Así pues, los resultados pobres obtenidos al presentar estos dos temas, empleando las mismas estrategias que dieron resultado al abordar otro tipo de conceptos, se atribuyen, primeramente, a la localización de nuestros estudiantes en un estadio inferior al de las operaciones formales, o al menos a la falta de ejercitación de los procesos característicos de éste.

No podemos comparar el aprendizaje de los conceptos *concentración* y *dilución* con la representación ultramicroscópica del fenómeno de la disolución, porque a pesar de que ambos son conceptos abstractos, los primeros lo son aún más porque involucran tres variables interdependientes y es más difícil representarlas a través de un modelo. De aquí se desprende la diferencia de los resultados obtenidos para promover la representación a nivel ultramicroscópico de la disolución.

El segundo factor que contó en la obtención de resultados pobres al enseñar los conceptos *concentración* y *dilución*, fue el poco tiempo asignado para ello, que vino a multiplicar las dificultades causadas por el primer factor. Mientras más abstracto es un concepto, su enseñanza a alumnos "novatos" requiere mayor tiempo y esfuerzo. Con lo anterior queremos decir que no es imposible que un alumno aprenda este tipo de conceptos "difíciles", pero sí que se requerirán otras vías y herramientas adicionales para lograrlo.

La exploración del manejo de conceptos más particulares y por ello más nuevos para los alumnos como: solvatación, disolvente polar, compuesto iónico (agrupados en los temas "Interacciones entre soluto y disolvente I y II"; "Disoluciones electrolíticas y "Disociación y ionización"), **mostró que los resultados obtenidos son buenos si consideramos el poco tiempo que se dedicó a la presentación de estos.** Los promedios de los porcentajes en estos temas aumentaron de 28 a 55%.

XI.- INTERACCIONES ENTRE SOLUTO Y DISOLVENTE I (10° lugar)

El promedio de los porcentajes de respuestas correctas aumentó de 32 a 56%. Todas las preguntas registraron los más altos porcentajes en las respuestas correctas. El rango de aumento de porcentaje en las respuestas correctas fue entre 13 y 31% con respecto al estudio *inicial*. Los mayores porcentajes se siguieron presentando en las respuestas referidas al concepto hidratación, pero los mayores aumentos se registraron en el concepto solvatación. Lo que significa que **hubo una consolidación del concepto *hidratación* y un nivel mayor en la construcción del concepto *solvatación*.**

XII.- INTERACCIONES ENTRE SOLUTO Y DISOLVENTE II (12° lugar)

Este aspecto ocupó el mismo lugar (12°) en el promedio de porcentajes de respuestas correctas en ambos estudios. El promedio de porcentajes aumentó de 21 a 50%. Aunque todas las preguntas registraron los más altos porcentajes en las respuestas correctas, estos porcentajes fueron bajos en términos absolutos, pero adecuados si tomamos en cuenta que las sesiones de enseñanza ocuparon poco tiempo en la explicación de aspectos como son: la caracterización de compuestos covalentes y iónicos y de moléculas polares y no polares.

XIII.- DISOLUCIONES ELECTROLÍTICAS (7° lugar)

El promedio de los porcentajes en este punto aumentó de 31 a 65%. Todos los mayores porcentajes cayeron en las respuestas correctas. El mayor incremento en los porcentajes (de 23 a 73) se observó al elegir la disolución de agua con sal como conductora de la electricidad. La respuesta eligiendo una disolución de petróleo en gasolina disminuyeron de 48 a 8%.

XIV.- DISOCIACIÓN Y IONIZACIÓN (11° lugar)

El promedio de porcentajes de respuestas correctas subió de 30 a 51. El rango de aumento fue de 7% (al elegir la representación microscópica de la disociación) hasta 38% (al elegir el nombre de la ionización). El concepto de ionización presentó porcentajes de respuestas correctas más altos, probablemente debido a lo discutido en el análisis del estudio *testigo* sobre la relación estrecha que guarda el concepto con el propio nombre del fenómeno. Los porcentajes obtenidos para el fenómeno de disociación (entre 27 y 47%) nos muestran que el nivel de construcción de este concepto fue bajo, lo que se explica porque es un concepto nuevo que los alumnos no tuvieron oportunidad de reforzar en las sesiones de enseñanza, porque fue un aspecto que se vio en las últimas sesiones y, por lo tanto, con menos frecuencia.

CUARTA PARTE

RECOMENDACIÓN Y CONCLUSIONES

"En vez de enseñar lo que según un utópico deseo, debería enseñarse, hay que enseñar sólo lo que se puede enseñar, es decir, lo que se puede aprender...hay que reconocer que son el discípulo y sus condiciones peculiares lo único que puede guiarnos para construir un organismo en la enseñanza".

Ortega y Gasset

CAPÍTULO IX

RECOMENDACIÓN

La experiencia aportada por este estudio nos permite dar los primeros pasos en una propuesta de los periodos educativos y secuencia en que puede ser tratado el tema de disoluciones:

Preprimaria

Podemos considerar la necesidad del inicio de la presentación de este tema, como una parte de los conocimientos de las ciencias experimentales, desde el nivel de la preprimaria (4-5 años). El niño tiene que ser enfrentado a fenómenos comunes y sencillos de disolución (azúcar en agua, sal en agua, agua de mar, aire en una pecera) para que **comprenda que el azúcar, la sal y el aire no desaparecen mágicamente y que sea capaz de razonar que estos continúan en el agua**, tomando como factor de comprobación el sabor o la vida de los peces, y que comprenda que no se ven porque son demasiado pequeños para ser percibidos a simple vista. El infante deberá ser capaz de ejecutar órdenes como "Disuelve el azúcar", y sería ideal que empleara expresiones como: "El pez respira el aire que está en el agua" o "¿Disuelvo el azúcar en el agua?".

Primaria

Primera etapa (6-9 años):

Se enfrenta a los alumnos con más ejemplos sencillos de disoluciones: oxígeno en agua, gas de la estufa en el aire, agua preparada con un polvo comercial (saborizante, colorante, azúcar y ácido cítrico en agua), latón o soldadura, etcétera. Se les pide **reflexionar sobre la permanencia de lo que se disolvió (solute) en la disolución y se les permite verificar esto mediante experimentos sencillos como la evaporación. El niño deberá razonar que lo que se disolvió (solute) no se ve porque es de un tamaño tan pequeño que sólo puede ser visto a través de microscopios muy potentes.** El estudiante deberá ser capaz de ejecutar órdenes como "disuelve el azúcar" y emplear correctamente el término disolver en la vida cotidiana en expresiones como: "Hay sal disuelta en al agua del mar" o "El gas que se escapa de la estufa se disuelve en el aire".

Segunda etapa (10-12 años):

Se inicia la enseñanza de fenómeno químico y fenómeno físico con ejemplos claros y sencillos. Se presenta a los alumnos el proceso de formación o separación de una mezcla, como ejemplo de fenómeno físico, y se analiza por qué pertenecen a esta clasificación. Se presentan los conceptos mezcla homogénea y heterogénea, se estudia la disolución como un tipo de mezcla homogénea. Se enfrenta a los alumnos con más ejemplos sencillos de disoluciones: azufre en disulfuro de carbono, amalgamas, acero, disolución de oxígeno en nitrógeno, etcétera. Se promueve el razonamiento de que el soluto no se ve a simple vista porque se encuentra en forma de partículas que hasta hace poco tiempo se han podido ver con ayuda de microscopios muy potentes. El alumno deberá ser capaz de emplear los términos: mezcla, mezclar, disolver y disolución; de distinguir mezclas heterogéneas y homogéneas, de clasificar la disolución dentro de éstas; de dar ejemplos de disoluciones en los tres estados de agregación; de explicar que se trata de un fenómeno físico porque lo que se disuelve y lo que disuelve (soluto y disolvente) no sufren cambios químicos y pueden recuperarse por métodos físicos.

Secundaria

Primer año:

Los alumnos refuerzan los conceptos fenómeno físico y fenómeno químico, mezclas heterogénea y homogénea, clasifican a las disoluciones dentro de estas últimas, analizan más ejemplos de disoluciones y realizan más experimentos para recuperar los componentes de disoluciones. **Se presentan los conceptos soluto y disolvente. Se inicia la introducción del modelo molecular y se emplea para representar disoluciones de compuestos moleculares.** El alumno deberá ser capaz de emplear los términos: mezcla, mezclas homogénea y heterogénea, disolver, disolución, soluto y disolvente; de diferenciar y nombrar mezclas homogéneas y heterogéneas. De clasificar a las disoluciones dentro de las mezclas homogéneas, de determinar y nombrar al soluto y al disolvente; de dar ejemplos de disoluciones en los tres estados de agregación; de explicar que el soluto no se ve porque está en forma de partículas ultramicroscópicas y que el nombre de un tipo de estas partículas es *molécula*. Será capaz de clasificar y explicar que la disolución es un fenómeno físico porque no cambian las moléculas del soluto y del disolvente.

Segundo año:

Se refuerzan los conocimientos anteriores, **se presentan a los alumnos los conceptos coloide y suspensión y las características que los diferencian de la disolución. Se analizan ejemplos de estos sistemas en términos moleculares.** El alumno será capaz de realizar lo que hemos descrito para el primer año de secundaria y además, dar ejemplos de los tres tipos de mezclas homogéneas y las características que los diferencian. Podrá ser capaz de distinguir estos tres sistemas haciendo referencia al tamaño de las partículas y a la forma en que se agrupan las moléculas (individual, en cientos o miles).

Tercer año:

Se refuerzan los conocimientos anteriores, **se presentan los conceptos disoluciones electrolíticas, no electrolíticas y disociación incluyendo modelos de partículas; en este**

caso se analizan modelos de disoluciones de compuestos moleculares y iónicos. Los alumnos serán capaces de realizar lo señalado para el grado anterior y además de: emplear los términos disolución electrolítica, no electrolítica, electrólito, ion, anión, catión, disociación y de representar disoluciones de compuestos moleculares y iónicos empleando modelos de partículas.

Bachillerato

Segundo año de preparatoria:

Se refuerzan los conocimientos anteriores, se presentan los conceptos: **moléculas polares y no polares, disolvente polar y no polar , hidratación y solvatación. Se inicia la enseñanza del concepto concentración.** El alumno será capaz de emplear correctamente los conceptos mencionados, de resolver problemas sencillos de concentración manejando unidades dadas en gramos de soluto / L de disolución o en porcentaje en masa.

Debemos hacer notar que la enseñanza del concepto concentración está situada hasta el primer curso del nivel preparatoria, tomando en cuenta la necesidad de que los alumnos cuenten con la posibilidad del razonamiento formal, requerido para la comprensión de conceptos con dos o más variables interdependientes.

Tercer año de preparatoria (área químico-biológica):

Se refuerzan los conocimientos anteriores, se presentan a los alumnos los conceptos **concentración molar y dilución.** Los alumnos serán capaces de hacer cálculos para la preparación de disoluciones con concentraciones dadas en molaridad y para la preparación de disoluciones empleando cálculos sencillos de dilución.

Todas las consideraciones anotadas anteriormente significan más esfuerzo por parte del profesor y mayor tiempo del que se emplea actualmente para revisar cada uno de los contenidos. Muchas veces el interés de los alumnos, o sus dificultades para la comprensión, nos obliga a seguir trabajando o profundizando sobre un tema y no debemos desaprovechar y cortar ese interés o ignorar esa necesidad suspendiendo las explicaciones, sino por el contrario, ayudarle a construir el conocimiento de forma sólida y amplia cubriendo sus requerimientos y posibilidades. Esto será más favorable a corto y largo plazo incidiendo en la comprensión de otros aspectos de la misma asignatura y de otras relacionadas, así como en su desarrollo personal.

CONCLUSIONES SOBRE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

“Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un sólo principio, enunciaria éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto, y enséñese consecuentemente”.
David Paul Ausubel.

CAPÍTULO X

CONCLUSIONES

SOBRE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

A nivel general, los resultados obtenidos en los cuestionarios del estudio *piloto*, de los alumnos que recibieron las sesiones de enseñanza, nos indican que se produjeron apreciables mejoras en la comprensión de la mayoría de los conceptos.

En términos cualitativos, **los alumnos adquirieron una mejor comprensión del fenómeno de la *disolución***;

- **Aumentó muy significativamente el grado de precisión en las definiciones de *disolución***; los alumnos ya no emplearon verbos como *desaparecer*, *descomponer*, *diluir*, *reaccionar*, etcétera.
- **La identificación de la disolución como un fenómeno físico aumentó considerablemente.**
- **En el estudio *piloto* ya no hubo respuestas que identificaran la disolución como un cambio de estado.**
- **Los alumnos ya no presentaron la idea de que la disolución es una reacción química.**
- **Mejóro significativamente la comprensión sobre la conservación de la masa (y la materia al formar una disolución).**
- **Los alumnos aumentaron su nivel de abstracción para explicarse el fenómeno en términos ultramicroscópicos.**

La exploración del manejo de conceptos más particulares, y por tanto más nuevos para los alumnos, como: solvatación, disolvente polar, compuesto iónico (agrupados en los temas "Interacciones entre soluto y disolvente I y II"; "Disoluciones electrolíticas y "Disociación y ionización"), **mostró que los resultados obtenidos son buenos si consideramos el poco tiempo que se dedicó a la presentación de estos.**

Los resultados muestran la eficacia de las sesiones de enseñanza y, por tanto, del método empleado para diseñarlas. **La mejora en los resultados fue producto directo de la incorporación de elementos del constructivismo en el proceso didáctico.**

- El considerar las preconcepciones de los alumnos en el diseño de las sesiones de enseñanza, permitió encontrar medios para superar las concepciones erróneas que, en éste y otros estudios, han sido detectadas entre los estudiantes sobre aspectos relacionados con el concepto *disolución*.

- La presentación del material a enseñar a través del empleo, en cada sesión, de experimentos en forma de experiencias de cátedra y de prácticas, y el orden de los aspectos presentados, desde los más generales hasta los más particulares, facilitó los procesos de construcción del conocimiento en los alumnos, a la vez que desarrolló el interés por la materia.
- Las relaciones establecidas entre los alumnos y el maestro, así como entre los propios alumnos en el salón de clases y en el laboratorio, fueron un factor importante que contribuyó también con los procesos de construcción del conocimiento, al permitir la confrontación de ideas en un ambiente de respeto, comunicación y colaboración.
- Se puede suponer que el trabajo y la actitud del profesor al rechazar la fórmula cómoda de transmitir el conocimiento para ser memorizado y trabajando, al contrario, como guía o mediador de la construcción del conocimiento realizada por los propios estudiantes, propició el empleo de procesos mentales dirigidos a lograr un cambio en las estructuras de conocimiento que permite la profundización en la misma línea de conocimiento y posibilita el acercamiento a otras.

Los resultados que podemos calificar como menos positivos, correspondieron a las respuestas a las preguntas agrupadas en los temas "*Concentración de una disolución*" y "*Dilución*", siendo los menores porcentajes obtenidos entre los 14 temas.

La causa de estos resultados tiene principalmente dos explicaciones: la primera y más importante es que estos conceptos involucran relaciones de proporcionalidad que requieren nivel de *pensamiento formal* para ser comprendidos.

Es importante hacer notar también que, en general, los resultados obtenidos por los alumnos de preparatoria fueron mejores que los obtenidos por los alumnos de secundaria. Este hecho muestra, de forma indirecta, la influencia de más ciclos escolares y/o la existencia de procesos de pensamiento más desarrollados o experimentados.

Es posible que un alumno aprenda este tipo de conceptos "difíciles", pero se requerirán otras vías y herramientas adicionales.

A pesar de estas dificultades con las que se enfrentó la propuesta de enseñanza, en general se concluye que sus resultados son positivos y que pueden mejorar, en la medida en que se optimice, considerando aspectos como los discutidos en el capítulo VIII de análisis de resultados.

Más allá de los logros obtenidos sobre la enseñanza del concepto disolución, esta tesis es una muestra de que es posible y conveniente que los maestros realicen trabajos de investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (y en particular de la Química); que contribuyan proponiendo y llevando a la práctica algunas soluciones a los problemas que enfrentamos, tanto profesores como alumnos, cotidianamente en las aulas y que contribuyan, también, a la generación y desarrollo de una Teoría Educativa de las ciencias experimentales o más aún, a una Teoría Educativa de la Química en toda la extensión de la palabra.

El análisis de las preconcepciones de los alumnos, así como de la aplicación de una propuesta de enseñanza en el contexto escolar normal tiene la ventaja, sobre otros estudios, de

proporcionar resultados obtenidos de un trabajo que coexiste junto con toda la problemática que se presenta actualmente en la mayor parte de las escuelas y que la enfrenta en la práctica, de forma realista. Es decir, los resultados incluyen de manera implícita las influencias del medio ambiente que rodea tanto a los alumnos como al profesor en el ejercicio educativo cotidiano, por lo que consideramos tiene valor de uso práctico.

Durante la puesta en marcha de la propuesta de enseñanza, y a partir del análisis de los resultados obtenidos, se pudieron destacar algunas consideraciones generales y particulares que pueden aplicarse en la enseñanza de otros temas y conceptos, o que pueden ser la base para futuras investigaciones en el mismo ámbito. Estas consideraciones podrían contribuir también para la elaboración de un programa de estudio más adecuado a las necesidades de los alumnos y adaptado a las condiciones y a los requerimientos actuales de la educación escolar. (Algunos aspectos son ya conocidos y han sido destacados por trabajos anteriores de diversos autores).

- Es necesario desarrollar instrumentos adecuados para conocer y tomar en cuenta las preconcepciones de los estudiantes a lo largo de la actividad didáctica. Si bien los exámenes de diagnóstico se han generalizado en la práctica docente como un instrumento para conocer el punto de partida para la enseñanza de cada uno de los contenidos, es pertinente hacer una diferenciación entre éstos y los cuestionarios utilizados para determinar las preconcepciones de los alumnos.
- Debemos fortalecer la vinculación de los conceptos científicos con aspectos cotidianos. Si bien el objetivo en este punto es lograr que el alumno aprenda a pensar lógicamente, apoyándose en sus conocimientos científicos en cada momento de su vida, es conveniente señalar que es mejor que algo quede sin explicar a que se den explicaciones no científicas a los fenómenos de la vida cotidiana por falta de alcance del profesor. Por ejemplo, calificar una dispersión como disolución cuando no se conocen las características de las sustancias que están formando la mezcla, o calificar como físico un fenómeno por el único hecho de que no existe cambio en sus cualidades "macroscópicas" o aparentes.
- Tenemos que mejorar y ampliar las actividades experimentales, no sólo asegurando el trabajo sistemático del alumno en el laboratorio, sino incorporando las experiencias de cátedra como una herramienta invaluable en las clases impartidas en el salón.
- Hay que procurar analizar y cuidar en todo momento, qué significado tienen y cómo se están usando los términos científicos cuando se describen y explican los fenómenos. Evitar emplear términos químicos con su significado cotidiano; por ejemplo, el uso de términos como elemento, combinación, sustancia, disolver, etcétera, con su significado no científico puede crear confusiones en el alumno si se emplean así en la enseñanza de las ciencias. El desarrollo de las ciencias obliga a renombrar fenómenos y conceptos de los cuales se van especificando cada vez más sus características. Por ejemplo, no debería ser válido hoy decir que la gredina se disuelve en el agua (como se dice comúnmente en muchos laboratorios) si sabemos que no forma una disolución.
- También en este estudio, como en algunos anteriores (Valdez A., S. *et al*, 1988), se observa la necesidad y la conveniencia de explicar en cada oportunidad los fenómenos físicos y químicos, empleando los modelos a nivel de partícula (moléculas y iones) para que los alumnos tipifiquen los fenómenos y logren establecer las relaciones adecuadas entre sus observaciones a nivel macroscópico y las representaciones ultramicroscópicas. Al

presentar los modelos de partículas, se debe hacer hincapié en la representación de las distancias aproximadas que existen entre las moléculas y/o iones en los diferentes sistemas, de tal manera que los alumnos puedan diferenciar, por ejemplo, entre las distancias que presentan las moléculas en el sólido, en una disolución o la distancia entre los átomos de un compuesto. Es necesario enfatizar también los tipos de movimientos que presentan las moléculas en cada sistema.

- Es necesario asegurar que haya una mejor comprensión de las diferencias entre fenómeno físico y fenómeno químico antes de presentar conceptos más particulares. Esto agiliza la comprensión y diferenciación de fenómenos, como son: disolución, dilución, disociación y ionización y evita que el profesor se detenga a presentar ese tema, desviando la atención de los alumnos de los contenidos de aprendizaje. Cuando se ha comprendido bien la diferencia entre fenómenos físico y químico, estos conceptos se ven reforzados al tratar temas como disolución, ionización, etcétera.
- Se debe apoyar la comprensión, por parte de los alumnos, de los diferentes fenómenos estudiados proporcionándoles el mayor número de ejemplos en los que hay que variar los materiales o sustancias empleadas incluyendo las de uso cotidiano pero también las de uso más especializado o de laboratorio. Esto es importante, por ejemplo, para diferenciar mezclas homogéneas: coloides, suspensiones y disoluciones así como reacciones químicas. Es necesario también aumentar aún más el manejo de ejemplos de las disoluciones en estado sólido y gaseoso y disoluciones líquidas en las que el disolvente no sea agua.
- Al profundizar en los conceptos estudiados, es necesario enseñar a los alumnos a delimitar claramente los sistemas; por ejemplo ayudarles a comprender que aunque se forma un coloide al disolver el polvo de un sobre para preparar gelatina en agua, en realidad coexisten dos sistemas, uno que consiste en la disolución de azúcar, colorante y saborizante en agua, y otro sistema, el coloidal, formado por la dispersión de la gredina en esa disolución.

CUESTIONARIO 1

l) Respuestas a la pregunta: ¿Qué significa para ti disolver?

Estudio inicial o testigo: 125 alumnos encuestados con 171 respuestas (46 alumnos contestaron dos respuestas clasificadas como diferentes)

	Número de respuestas y porcentaje que representa	
<u>Respuestas correctas</u>	<u>07</u>	<u>4.09%</u>
Formar una solución	02	1.17 %
Mezcla de un soluto y un solvente	02	1.17 %
Mezclar sustancias solubles	03	1.75 %
<u>Respuestas incorrectas</u>	<u>164</u>	<u>95.90%</u>
Cambio de estado de una sustancia	14	8.19 %
Combinación de 2 o más sustancias	09	5.26 %
Desaparecer una sustancia en otra	08	4.68 %
Descomponer una sustancia	01	0.58 %
Deshacer o degradar una sustancia	16	9.36 %
Deshacer una sustancia en agua	03	1.75 %
Deshacer una sustancia en un líquido	04	2.34 %
Deshacer una sustancia sólida en un líquido	05	2.92 %
Desintegrar	02	1.17 %
Desintegrar en agua	02	1.17 %
Desintegrar una sustancia a partículas de menor tamaño	01	0.58 %
Diluir	01	0.58 %
Diluir una sustancia en un líquido	05	2.92 %
Diluir en agua	03	1.75 %
Dispersar una sustancia en otra	01	0.58 %
Dividir las moléculas de una sustancia	01	0.58 %
Ejemplo de azúcar y agua, etcétera	07	4.09 %
Formar un compuesto o nueva sustancia	05	2.92 %
Integrarse una sustancia en otra	02	1.17 %
Mezcla homogénea de dos o más sustancias	09	5.26 %
Mezclar o revolver dos o más sustancias	28	16.37 %
Mezclar una sustancia en un líquido	02	1.17 %
Mezclar una sustancia con agua	04	2.34 %
Mezclar o revolver un sólido en un líquido	10	5.85 %
Parecer que desaparece una sustancia en otra	04	2.34 %
Reacción de dos o más sustancias	01	0.58 %
Rebajar	03	1.75 %
Unir dos o más sustancias	06	3.51 %
Otras respuestas sin significado para el cuestionario	07	4.09 %
Total	171	99.99 %

* Los resultados en *negritas* corresponden a los valores más altos o a los que tienen especial importancia para el estudio. Los resultados subrayados corresponden a sumas parciales de resultados.

CUESTIONARIO 1

l) Respuestas a la pregunta: ¿Qué significa para ti disolver?

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados con 66 respuestas (6 alumnos dieron 2).

	Número de respuestas y porcentaje que representa	
<u>Respuestas correctas</u>	<u>35</u>	<u>53.04%</u>
Mezclar (juntar, unir) un soluto con un disolvente (solvente)	23	34.85%
Mezclar uno o más solutos y un disolvente	08	12.12%
Mezclar varios solutos y un disolvente	02	03.03%
"Combinar un soluto y un disolvente"	01	01.52%
"Hacer una disolución"	01	01.52%
<u>Respuestas incorrectas</u>	<u>31</u>	<u>46.98%</u>
"Combinar dos o más compuestos"	02	03.03%
"Combinar dos o más sustancias sin que se vean partículas"	02	03.03%
Mezclar sustancias y formar otra	02	03.03%
Hacer una mezcla	06	09.00%
"Combinar dos o más componentes"	01	01.52%
"Hacer una mezcla homogénea"	03	04.55%
Hacer una mezcla de moléculas de 2 sustancias	03	04.55%
"Mezclar un soluto en un líquido"	01	01.52%
"Mezclar una sustancia en un líquido"	01	01.52%
"Disolver sustancias en un líquido"	02	03.03%
"Mezclar algo en agua y se disuelve para hacer un compuesto"	01	01.52%
"Mezclar dos componentes en agua"	02	03.03%
"Mezclar un soluto en agua"	04	06.61%
Ejemplo correcto empleando agua:	01	01.52%
Total	66	100.02%

CUESTIONARIO 1

II) Respuestas a la pregunta: ¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las cosas que hay en la cocina de tu casa?

Estudio inicial o testigo: 125 alumnos encuestados dando 169 respuestas (44 alumnos dieron dos respuestas clasificadas como diferentes). En esta parte el registro de resultados se centró en los componentes que los alumnos señalaron para preparar la disolución. Emplean los verbos: disolver, mezclar, unir, juntar, revolver, combinar, etc. o la palabra "con".

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados dando 78 respuestas (algunos alumnos dieron dos o tres respuestas).

	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
<u>Respuestas que sí explican</u>				
<u>la preparación de una disolución</u>	<u>86</u>	<u>50.89 %</u>	<u>58</u>	<u>74.36%</u>
a) Respuestas que emplearon el agua como disolvente y un soluto				
(agua con azúcar, etcétera)	82	48.52 %	33	42.31%
b) Respuestas que emplearon agua como disolvente con dos o más solutos	00		25	32.05%
c) Respuestas que emplearon otro disolvente diferente al agua (acetona, alcohol)	04	02.37 %	00	
<u>Respuestas incorrectas</u>	<u>83</u>	<u>49.12%</u>	<u>20</u>	<u>25.64%</u>
Respuestas que explican la preparación de otro tipo de mezcla (suspensión, coloide, etcétera: leche con café, aceite con agua, etcétera)	50	29.59 %	18	23.08%
Explican cambio de estado (fusión)	05	02.96 %	00	
Los componentes citados reaccionan entre sí "Bicarbonato de sodio, sal, limón y agua"	00		02	02.56%
Respuestas que no mencionan los componentes requeridos, sólo procesos	19	11.24 %	00	
Sólo escriben los componentes	03	01.78 %	00	
Respuestas que emplean la palabra "combinando"	02	01.18 %	00	
Otras respuestas no significativas	01	00.59 %	00	
"No sé"	03	01.78 %	00	
Total	169	100.01%	78	100.00 %

CUESTIONARIO 1

III) Respuestas a la pregunta: ¿Cómo prepararías una disolución (solución) con las sustancias y materiales que hay en el laboratorio?

Estudio inicial o testigo: 125 alumnos encuestados dando 148 respuestas (23 alumnos dieron 2 respuestas diferentes).

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados dando 83 respuestas (alumnos dieron dos o más respuestas diferentes).

	Número de respuestas y porcentaje			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
<u>Respuestas correctas</u>	<u>56</u>	<u>37.83%</u>	<u>62</u>	<u>74.70%</u>
Agua y una sal: (bicarbonato de sodio, cloruro de sodio, etcétera)	33	22.30 %	36	43.37%
Agua con otra sustancia que sí forma disolución (colorante, saborizante, ácido, alcohol, etcétera)	20	13.51%	17	20.48%
Otras sustancias que sí forman disolución entre sí (acetona con alcohol, alcohol con iodo)	03	02.03%	09	10.84%
<u>Respuestas incorrectas</u>	<u>92</u>	<u>62.16%</u>	<u>21</u>	<u>25.30%</u>
Substancias que al mezclarlas no producen una disolución sino otro tipo de mezcla (agua con cal, leche con café)	15	10.14%	12	14.46%
Substancias que al unir las reaccionan (bicarbonato y vinagre, un ácido y fierro, agua y cloro)	20	13.51%	06	07.23%
Explican cambio de estado	03	02.03 %	00	
Dan lista de tres o más sustancias (de las cuales no está determinado si pueden tener o no una reacción entre sí)	10	06.76 %	01	01.21%
Dan sólo el nombre de un componente	07	04.73 %	01	01.21%
No dan el nombre de los componentes, explican sólo el procedimiento	34	22.97 %	00	
Sin contestar	01	00.68 %	01	01.21%
"No sé"	02	01.35 %	00	
Total	148	100.01 %	83	100.02%

CUESTIONARIO 2

(Encierra en un círculo la letra que corresponda a la respuesta que consideras es la correcta en cada una de las siguientes preguntas.)

Estudio inicial o testigo: 142 alumnos encuestados.

Estudio final o piloto : 60 alumnos encuestados.

IV) 1.- Una disolución (solución) es:

Respuesta correcta: a) El resultado de un cambio físico.

	Número de respuestas y porcentaje que representa			
	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) El resultado de un cambio físico	37	26.06 %	32	53.33%
b) El resultado de un cambio químico	38	26.76 %	09	15.00%
c) El resultado de un cambio físico o químico	64	45.07 %	19	31.66%
Sin contestar	03	02.11 %	00	
Total	142	100.00 %	60	99.99%

V) 2.- Una disolución (solución) está formada por:

Respuesta correcta: c) Dos o más sustancias.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
	a) Una sustancia	08	05.63 %	00
b) Dos sustancias	27	19.01 %	17	28.33%
c) Dos o más sustancias	98	69.01 %	39	65.00%
d) Ninguna de las anteriores	03	02.11 %	02	03.33%
Explica: "Tiene miles de sustancias"				
"Es una sustancia sólida"				
"Una o más sustancias"				
"Al ser una solución es sólo una"				
e) "No sé"	05	03.52 %	00	
Sin contestar	01	00.70 %	02	03.33%
Total	142	99.98 %	60	99.99%

CUESTIONARIO 2

VI) 3.- Una disolución puede ser:

Respuesta correcta: e) Gaseosa, líquida o sólida.

	Número de respuestas y porcentaje que representa			
	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Solamente líquida	42	29.58 %	03	05.00%
b) Líquida o gaseosa	26	18.31 %	04	06.66%
c) Líquida o sólida	20	14.08 %	03	05.00%
d) Sólida o gaseosa	00		00	
e) Gaseosa, líquida o sólida	50	35.21 %	49	81.66%
f) Ninguna de las anteriores	00		00	
g) "No sé"	04	02.82 %	00	
Sin contestar	00		01	01.66%
Total	142	100.00 %	60	99.98%

VII) 4.- Una disolución es:

Respuesta correcta: c) Una mezcla homogénea.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
	a) Una mezcla heterogénea	35	24.65 %	16
b) Una mezcla homogénea o heterogénea	43	30.28 %	07	11.66%
c) Una mezcla homogénea	46	32.39 %	33	55.00%
d) Ninguna de las anteriores	01	00.70 %	00	
e) "No sé"	16	11.27 %	00	
Respuestas dobles (anulada)	01	00.70 %	00	
Sin contestar	00		04	06.66%
Total	142	99.99 %	60	99.98%

VIII) 5.- Una disolución tiene:

Respuesta correcta: a) Una sola fase.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
	a) Una sola fase	22	15.49 %	34
b) Dos fases	41	28.87 %	08	13.33%
c) Dos o más fases	57	40.14 %	13	21.66%
d) Ninguna de las anteriores	00	00 %	00	
e) "No sé"	22	15.49 %	03	05.00%
Sin contestar	00		02	03.33%
Total	142	99.99 %	60	99.98%

CUESTIONARIO 3

IX) Respuestas a la pregunta:

¿Qué diferencia existe entre una disolución concentrada y una diluida?

Estudio inicial o testigo: 126 alumnos encuestados dando 145 respuestas (varios de ellos dieron dos o más respuestas clasificadas como diferentes).

	Número de respuestas y porcentaje que representa	
<u>Respuestas consideradas correctas</u>	<u>13</u>	<u>08.97%</u>
a) Respuestas que explican la relación entre soluto y disolvente	03	02.07%
<i>"En la disolución concentrada hay mayor cantidad de la sustancia y menor cantidad de líquido, y en la disolución diluida hay menor cantidad de sustancia y mayor cantidad de líquido".</i>		
<i>"Concentrada.- es aquella en el cual tienen las partículas que la forman más juntas formando la concentración de la disolución. Diluida.- es aquella en el cual el movimiento de estas es más ligero".</i>		
<i>"Una concentrada tiene mayor porcentaje de un compuesto que la diluida".</i>		
b) Relacionan concentración con densidad (espesa, viscosa)	10	06.90 %
<i>"La concentrada es más densa y pura y la diluida no es tan pura ni tan densa".</i>		

Respuestas que diferencian los conceptos

"concentrada y diluida" con cantidades de soluto o disolvente pero que no explican adecuadamente la relación entre éstas

33 22.76%

"Diluida, se echa menos de una sustancia".

"Concentrada que tiene más de un elemento que del otro o sea un 70% un 30%. Diluida, que tiene casi el mismo porcentaje las dos o más soluciones 50% y 50%".

"Tienen la misma cantidad de un líquido y una tiene 1 g más de un elemento que otra".

Respuestas que no diferencian los conceptos

"concentrada" y "diluida" empleando cantidades de soluto o disolvente o la relación que existe entre ellas

95 65.52%

a) Identifican a la disolución concentrada

con la falta de disolución del soluto en ésta (o su dificultad para disolverse)

27 18.62%

"En la concentrada las sustancias se apartan y no se mezclan y en que las sustancias más pesadas se van al fondo y una diluida es que si ponemos un polvo en agua desaparece".

"Concentrada sería como mezclar un sólido azúcar con agua y se asienta y una solución diluida con 2 líquidos como alcohol con agua".

"Que la concentrada no hay el suficiente líquido para que se disuelva y en la diluida es la que se puede disolver sin complicaciones".

b) Relacionan a la disolución diluída con dilución o con la intervención de un tercer componente	19	13.10%
<i>"La concentrada es la disolución original sin ningún otro elemento ni otro compuesto y la diluida contiene otros elementos".</i>		
<i>"La concentrada está hecha por una sola sustancia y una disolución diluida está disuelta por 2 o más sustancias".</i>		
c) Relacionadas con "es más fuerte" o "más peligrosa"	11	07.59 %
d) Otras respuestas	11	07.59 %
<i>"Una disolución concentrada no se puede disolver ni hacerse una mezcla con ella".</i>		
<i>"En la concentrada están los elementos unidos, mientras que en la diluida se encuentran dispersos".</i>		
<i>"La concentrada se hace directamente y la diluida tienen otros procesos".</i>		
e) Consideran a la concentrada con mayor número de componentes	06	04.14 %
<i>"Concentrada tiene más sustancias y la diluida menos sustancias".</i>		
f) Una es sólida y otra es líquida	05	03.45 %
g) Establecen relación con la pureza	05	03.45%
<i>"La concentrada no tiene sustancias extrañas y la diluida se mezcla con alguna otra cosa, ha sido rebajada".</i>		
h) Emplean los mismos términos que se quieren diferenciar	04	02.76%
i) Identifican la disolución concentrada con la saturada	03	02.07 %
<i>"que la concentrada ya no va a tener más cambios porque ya no tiene manera de combinarse y diluida es cuando tiene todavía diferentes maneras de combinarse".</i>		
<i>"...la diluida se encuentra con una disolución más fácil y se diluye todo y una concentrada no se diluye todo y que hay una cierta concentración de algún elemento".</i>		
j) La concentrada es opaca y la diluida transparente	02	01.38 %
<i>"la diluida se puede diferenciar viendo a través de algo transparente y la concentrada no se puede observar a través de ella y la diluida sí".</i>		
k) Relacionan al tiempo	02	01.38%
<i>"una concentrada es cuando ya tiene más tiempo, por ejemplo el vino que se añeja y una diluida es cuando se acaba de disolver una sal en agua".</i>		
"No sé"	04	02.76 %
Total:	145	100.02 %

CUESTIONARIO 3

IX) Respuestas a la pregunta:

¿Qué diferencia existe entre una disolución concentrada y una diluida?

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados.

	Número de respuesta y porcentaje que representa	
<u>Respuestas consideradas correctas</u>	<u>08</u>	<u>13.33%</u>
a) Respuestas que explican correctamente la relación entre soluto y disolvente	05	08.33%
"En la misma cantidad de disolvente, la concentrada tiene más soluto y la diluida menos".		
"La concentrada es poco disolvente y mucho soluto, la diluida es mucho disolvente y poco soluto".		
"Que la concentrada tiene mayor concentración de soluto y la diluida menor concentración".		
b) Respuestas relacionadas con densidad	03	05.00%
"La concentrada, sus consistencia es más densa".		
"La concentrada es más espesa".		
<u>Respuestas que diferencian los conceptos</u>		
<u>"concentrada y diluida" con cantidades de soluto o disolvente pero que no explican adecuadamente la relación entre éstas</u>	<u>44</u>	<u>73.33%</u>
"En que la concentrada tiene más soluto y la diluida menos soluto".		
"La concentrada es cuando el soluto está en mayor cantidad y la diluida tiene menor cantidad de soluto".		
"En que la disolución concentrada tiene más solutos que solvente y la diluida creo que están en la misma cantidad".		
<u>Respuestas que no diferencian los conceptos</u>		
<u>"concentrada" y "diluida" empleando cantidades de soluto o disolvente o la relación que existe entre ellas</u>	<u>08</u>	<u>13.33%</u>
a) Relacionan a la disolución concentrada con la falta de disolución	01	01.66%
"La concentrada se ven partículas, la diluida no".		
b) Respuestas que relacionan mayor concentración con mayor sabor o color	02	03.33%
"La primera puede tener más color y más sabor".		
c) Otras respuestas	05	08.33%
"Concentrada: es cuando sus moléculas están muy juntas; diluida: sus moléculas están separadas".		
Total	60	99.99%

CUESTIONARIO 3

X) Respuestas al comando: "Escribe cómo prepararías una disolución concentrada y una diluida empleando las mismas sustancias para ambas".

Estudio inicial o testigo: 126 alumnos encuestados dando 133 respuestas (7 alumnos dieron dos respuestas diferentes).

Número de respuestas y porcentaje que representa

Respuestas que sí hacen la diferencia respecto

a la relación soluto-disolvente en cada caso

33 24.81 %

"Cuando se hace agua de algún jugo antes de agregar el jugo al agua se encuentra concentrado y cuando se agrega al agua se diluye y así disminuye su valor".

"Cuando un solvente se le aplica mas a la diluida para que se pueda diluir y menos a la concentrada".

a) Ejemplifican con cantidades específicas de soluto y disolvente 10 07.52%

"Concentrada: pondría en un recipiente el 80% de miel y el resto de agua, diluida: pondría el 80% de agua y el 20 % de azúcar".

"Concentrada echaba 1 litro de agua y 2 o 3 de clarasol, para la diluida 1/ 2 de clarasol y 2 o 3 litros de agua".

"Para la diluida lo mismo (reactivos) pero en menos porción y con un chorro de agua para que la diluya".

Respuestas que no hacen claramente la diferencia respecto

a la relación soluto-disolvente en cada caso

32 24.06 %

"Diluida le pondría un poco de todo".

"Concentrada más sal que agua y en la diluida más agua que sal".

"A una le pondría mayor cantidad de un elemento que a otra".

Dan como característica la no disolución del soluto

en una disolución concentrada

23 17.29 %

(algunos hacen referencia al soluto sin disolvente (3') y otras a disoluciones saturadas).

"Los residuos se van al fondo en la disolución concentrada, disolución diluida en que ponemos el agua y el polvo y le movemos y se diluye en el agua".

"Para crear una concentrada no agitaría la mezcla y para que fuera diluida empezaría a agitar la mezcla".

"La sal sin humedecerla con ninguna cosa y en agua para demostrar la diluida".

Respuestas incompletas que no explican la diferencia

18 13.53 %

"Diluida mezclando sustancias como azúcar con el agua".

"A una le pondría un gramo más de sustancia que a la otra".

Respuestas en las que no hay mención de cantidades sino de otras características	16	12.03 %
<i>"en una diluida son menos ingredientes..."</i>		
<i>"al hacer gelatina con grenetina y agua es ligera y al dejarla cuajar es concentrada".</i>		
<i>"concentrada: agua y arena y la diluida mezclando agua y azúcar".</i>		
"No sé"	08	06.05 %
Sin contestar	03	02.26 %
Total	133	100.03 %

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados.

	Número de respuestas y porcentaje que representa	
<u>Respuestas correctas</u>	<u>46</u>	<u>76.67%</u>
Respuestas que sí definen correctamente las proporciones entre el soluto y el disolvente	18	30.00%
<i>"Con la misma cantidad de disolvente y diferente de soluto, a la concentrada más y a la diluída menos".</i>		
<i>"La primera con poca agua y mucho disolvente y la otra con más agua y menos disolvente".</i>		
<i>"En la concentrada pondría más polvo de jamaica y menos agua; y en la diluída pondría más agua y menos polvo de jamaica".</i>		
a) Respuestas que mencionan cantidades	28	46.67%
<i>"100 mililitros de agua y 100 g de kool aid es la disolución concentrada, 200 mililitros de agua y 10 g de kool aid es disolución diluída".</i>		
<i>"Con un litro de agua y 400 g de azúcar y con un litro de agua y 100 g de azúcar".</i>		
<i>"Diluída: 1 litro de agua y 2 sobres de polvo; concentrada: ½ litro de agua y 4 sobres de polvo"</i>		
<u>Respuestas incorrectas</u>	<u>14</u>	<u>23.33%</u>
Respuestas que no logran expresar la proporción entre soluto y disolvente	05	08.33%
<i>"Poniendo a la concentrada más soluto y a la diluída menos soluto".</i>		
<i>"Una concentrada con mucha azúcar y una diluída con poca azúcar".</i>		
Otras respuestas	09	15.00%
<i>"Con limón y sal".</i>		
<i>"Usando agua para los dos y en una le ponemos alcohol".</i>		
Total	60	100.00%

CUESTIONARIO 4

(Encierra en un círculo la respuesta que consideres que es la MEJOR en cada una de las siguientes preguntas)

Estudio inicial o testigo: 145 alumnos encuestados.

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados.

XI) 1.- Después de añadir sal a la sopa, la sal:

Respuesta precisa: d) Se disuelve en el agua de la sopa.

Respuesta adecuada: b) Se mezcla con el agua de la sopa.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Desaparece en el agua de la sopa	03	02.07 %	01	01.66%
b) Se mezcla con el agua de la sopa	55	37.93 %	29	48.33%
c) Reacciona con el agua de la sopa	08	05.52 %	02	03.33%
d) Se disuelve en el agua de la sopa	73	50.34 %	26	43.33%
e) Se diluye en el agua de la sopa	06	04.14 %	02	03.33%
Total	145	100.00 %	60	99.98%

XII) 2.- Cuando añades un cubo de hielo al refresco, el agua del hielo:

Respuesta precisa: b) Se disuelve en el refresco.

Respuesta adecuada a) Se mezcla con el refresco.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Se mezcla con el refresco	48	33.10 %	10	16.66%
b) Se disuelve en el refresco	58	40.00 %	28	46.66%
c) Desaparece en el refresco	11	07.59 %	05	08.33%
d) Se diluye en el refresco	19	13.10 %	10	16.66%
e) Reacciona con el refresco	07	04.83 %	07	11.66%
Respuestas anuladas	02	01.38 %	00	
Total	145	100.00 %	60	99.98%

XIII) 3.- Cuando se prepara agua de sabores con el contenido en polvo de un sobre, el polvo:

Respuesta correcta: b) Se disuelve en el agua.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Se diluye en el agua	19	13.10 %	02	03.33%
b) Se disuelve en el agua	115	79.31 %	53	88.33%
c) Reacciona con el agua	08	05.52 %	02	03.33%
d) Desaparece en el agua	01	00.69 %	02	03.33%
Respuestas anuladas	02	01.38 %	00	
Sin contestar	00		01	01.66%
Total	145	100.00 %	60	99.98%

XIV) 4.- Cuando añades enjuague bucal al agua, el enjuague:

Respuesta precisa:d) Se diluye en el agua.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Desaparece en el agua	09	06.21 %	03	05.00%
b) Se disuelve en el agua	41	28.29 %	26	43.33%
c) Reacciona con el agua	39	26.90 %	09	15.00%
d) Se diluye en el agua	55	37.93 %	22	36.66%
Respuestas anuladas	01	00.69 %	00	
Total	145	100.02 %	60	99.99%

XV) 5.- Cuando se escapa gas de una estufa, el gas:

Respuesta correcta:c) Se disuelve en el aire.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Desaparece en el aire	33	22.76 %	07	11.66%
b) Reacciona con el aire	34	23.45 %	06	10.00%
c) Se disuelve en el aire	49	33.79 %	40	66.66%
d) Se diluye en el aire	27	18.62 %	06	10.00%
Respuestas anuladas:	02	01.38 %	00	
Sin contestar	00		01	01.66%
Total	145	100.00 %	60	99.98%

XVI) 6.- Cuando mezclas cloruro de potasio con agua, el cloruro de potasio:

Respuesta correcta: c) Se disuelve en el agua.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Reacciona con el agua	59	40.69 %	14	23.33%
b) Se diluye en el agua	18	12.41 %	03	05.00%
c) Se disuelve en el agua	37	25.52 %	30	50.00%
d) Se suspende en el agua	30	20.70 %	11	18.33%
Respuestas anuladas	01	00.69 %	00	
Sin contestar	00		02	03.33%
Total	145	100.01 %	60	99.99%

XVII) 7.- Cuando mezclas alcohol absoluto con agua, el alcohol:

Respuesta correcta: b) Se disuelve en el agua.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Se suspende en el agua	41	28.28 %	16	26.66%
b) Se disuelve en el agua	43	29.66 %	30	50.00%
c) Se diluye en el agua	49	33.79 %	13	21.66%
d) Reacciona con el agua	11	07.59 %	00	
Respuestas anuladas:	01	00.69 %	00	
Sin respuesta	00		01	01.66%
Total	145	100.01 %	60	99.98%

XVIII) 8.- Cuando mezclas alcohol comercial con agua, el alcohol:

Respuesta correcta: b) Se diluye en el agua.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) Reacciona con el agua	18	12.41 %	03	05.00
b) Se diluye en el agua	39	26.90 %	13	21.66
c) Se suspende en el agua	21	14.48 %	14	23.33
d) Se disuelve en el agua	67	46.21 %	29	48.33
Sin contestar	00		01	01.66
Total	145	100.00 %	60	99.98%

XIX) 9.- En el lenguaje de la Química, uno de los nombres empleados para el azúcar común es sacarosa. Cuando añades agua a una disolución acuosa de sacarosa:

Respuesta correcta: b) La disolución se diluye en el agua.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) La disolución se disuelve en el agua	24	16.55 %	07	11.66%
b) La disolución se diluye en el agua	14	09.66 %	09	15.00%
c) La sacarosa se disuelve en el agua	90	62.09 %	25	41.66%
d) La sacarosa se diluye en el agua	16	11.03 %	18	30.00%
Respuestas anuladas:	01	00.69 %	00	
Sin contestar	00		01	01.66%
Total	145	100.02 %	60	99.98%

XX) 10.- Cuando mezclas ácido clorhídrico concentrado con agua:

Respuesta correcta: d) La disolución se diluye en el agua.

	Cuestionario testigo		Cuestionario piloto	
a) El ácido se disuelve en el agua	25	17.24 %	07	11.66%
b) El ácido se diluye en el agua	49	33.79 %	20	33.33%
c) La disolución se disuelve en el agua	36	24.83 %	09	15.00%
d) La disolución se diluye en el agua	35	24.14 %	23	38.33%
Sin contestar	00		01	01.66%
Total	145	100 %	60	99.98%

CUESTIONARIO 5

XXI) Pregunta 1 (¿Qué sucedió?)

Estudio inicial o testigo: 139 alumnos encuestados.

Estudio final o piloto: 60 con 62 respuestas (dos alumnos dieron 2 respuestas diferentes).

Los alumnos usaron los siguientes verbos o sus derivados:

	Número de respuestas y porcentaje que representa			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
Disolver <i>"El azúcar se disolvió en el agua".</i> <i>"Se forma una solución".</i>	96	69.06 %	53	85.48%
Mezclar <i>"Se produjo una mezcla".</i> <i>"El azúcar se mezcló con el agua".</i>	18	12.94 %	2	03.23%
Revolver, dispersar, regar	7	05.03 %	2	03.23%
Respuestas con alusión al cambio de color (blanca, transparente, etcétera), sabor o volumen	6	04.32 %	2	03.23%
Diluir <i>"El azúcar se diluyó".</i>	4	02.88 %	2	03.23%
Deshacer <i>"El azúcar se deshizo en el agua".</i>	4	02.88 %	0	
Combinar, formar un compuesto	3	02.16 %	0	
Sin respuesta	1	00.72 %	1	01.61%
Total	139	99.99 %	62	100.01%

CUESTIONARIO 5

XXII) Respuestas a la pregunta 2: ¿Se trata de un fenómeno físico o químico?

Estudio inicial o testigo: 139 alumnos encuestados.

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados.

	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
Fenómeno físico	51	36.69 %	53	88.33%
Fenómeno químico	85	61.15 %	7	11.67%
Fenómeno físico y químico	3	02.16 %	0	
Total	139	100.00 %	60	100.00%

XXIII) Correspondencia entre las respuestas 1 y 2

Se determina si las respuestas con los conceptos: disolución, mezcla y dilución corresponden con la respuesta: fenómeno físico.

Estudio inicial o testigo: 117 alumnos encuestados.

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados.

	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
Si hubo correspondencia	41	35.04 %	51	85%
No hubo correspondencia	76	64.95 %	9	15%
Total	117	99.99 %	60	100%

CUESTIONARIO 5

XXIV) Respuestas a la pregunta 3 : ¿Por qué crees que se trata de ese tipo de fenómeno?

Estudio inicial o testigo: 79 alumnos encuestados. (El número de alumnos que tienen respondida esta pregunta es menor al número total de encuestados porque en un principio no se tenía contemplada, cuando se trabajó con los primeros grupos; se añadió al notarse que sería valiosa).

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados.

Las respuestas que están registradas corresponden a la idea que quiere dar el alumno, aunque de hecho emplea otras palabras o construcciones gramaticales.

Respuestas en las que contestaron, erróneamente, fenómeno químico	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
	41	51.90% del total	7	11.66%
<u>Respuestas adecuadas</u> (que sí explican un fenómeno químico):	<u>6</u>	<u>7.59%</u>	<u>2</u>	<u>3.33%</u>
Porque se altera la composición del agua y/o del azúcar	5	6.33 %	2	3.33%
Porque reaccionan	1	1.27 %	0	
<u>Respuestas incorrectas</u>	<u>35</u>	<u>44.30%</u>	<u>5</u>	<u>8.33%</u>
Porque se mezclan o disuelven "Mezclado en forma química".	11	13.92 %	5	8.33%
Porque son sustancias químicas	6	7.60 %	0	
Por sus propiedades	5	6.33 %	0	
Porque en química se hacen experimentos así	4	5.06 %	0	
Porque no lo efectúa el medio ambiente (lo provocamos nosotros)	3	3.80 %	0	
Porque el azúcar y/o el agua son fenómenos químicos	3	3.80 %	0	
Respuestas no significativas ("El azúcar se estanca", "es un fenómeno fís. y quím.", "los fenómenos físicos son diferentes")	3	3.80 %	0	
Total	41	51.91 %	7	11.66%

CUESTIONARIO 5

XXIV) Respuestas a la pregunta 3 : ¿Por qué crees que se trata de ese tipo de fenómeno?

Estudio inicial o testigo: 79 alumnos.

Estudio final o piloto: 60 alumnos.

Respuestas en las que contestaron correctamente fenómeno físico	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
	38	48.10%	53	88.33%
Respuestas correctas	14	17.72%	34	56.66%
<i>"No se alteran las propiedades de las sustancias"</i>	5	6.33 %	10	16.66%
<i>"Se puede separar el agua del azúcar" (dan un método físico)</i>	4	5.06 %	12	20.00%
<i>"Porque se forma una mezcla"</i>	3	3.80 %	10	16.66%
<i>"No reaccionan"</i>	2	2.53 %	2	3.33%
Respuestas incorrectas	24	30.38 %	19	31.67%
<i>"No agregamos sustancias químicas (tóxicas) o fuego"</i>	5	6.33 %	3	5.00%
<i>"Porque son sustancias naturales"</i>	4	5.06 %	0	
<i>"Por sus propiedades"</i>	4	5.06 %	0	
<i>"Es un fenómeno que se da en la naturaleza"</i>	2	2.53 %	0	
<i>"Porque el azúcar cambió de estado físico"</i>	2	2.53 %	0	
<i>"Porque el azúcar se desbarata, se deshace"</i>	2	2.53 %	0	
Respuestas sin significado para este estudio ("por el azúcar")	2	2.53 %	2	3.33%
<i>"Se observa a simple vista"</i>	1	1.27 %	0	
<i>"Por sus fórmulas"</i>	1	1.27 %	0	
<i>"No pueden volver a separarse"</i>	1	1.27 %	0	
<i>"Se transforma la materia"</i>	0		2	3.33%
<i>"El agua cambió de color"</i>	0		7	11.67%
Sin contestar	0		5	8.33%
Total	38	48.10 %	53	88.33%

CUESTIONARIO 5

XXV) Respuestas a la pregunta 4: "¿Cuál es la masa del contenido del matraz (de lo que está dentro del matraz) después del experimento?"

Estudio inicial o testigo: 139 alumnos encuestados.

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados.

	Número de respuestas y porcentaje que representa			
	Estudio inicial		Estudio final	
Menos de 1000g	5	03.60 %	0	
1000 g	7	05.04 %	0	
Más de 1000 g pero menos de 1200g	49	35.25 %	2	03.33%
1200 g	72	51.80 %	56	93.33%
Más de 1200 g	5	03.60 %	0	
No contestaron	1	00.72 %	2	03.33%
Total	139	100.01 %	60	99.99%

CUESTIONARIO 5

REPRESENTACIONES GRÁFICAS I

XXVI) Respuestas a la pregunta 5 : "¿Cómo veríamos las moléculas de lo que contiene el matraz (disolución de azúcar y agua), después de haber agitado el matraz y esperar a que terminara el movimiento del agua?"

Estudio inicial o testigo: 139 alumnos

Estudio final o piloto: 60 alumnos

Se observó el tamaño, número, color de las partículas, las distancias entre ellas y la forma de agruparse.

	Número de respuesta y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Empleo del modelo				
Sí emplearon el modelo	108	77.70%	58	96.67%
No emplearon el modelo				
o cambiaron la forma de las moléculas	31	22.30%	2	03.33%
b) Tipo de mezcla que representaron:				
Representaron una mezcla homogénea	102	73.38%	54	90.00%
Representaron una mezcla heterogénea	6	04.32%	4	06.67%
Total	139	100.00%	60	100.00%
c) Número de componentes:				
Dibujaron 2 componentes	45	32.37%	59	98.33%
Representaron otro más con una línea marcando el límite de la disolución	90	64.75%	1	01.67%
De otro tipo además de las moléculas de agua y azúcar	4	02.88%	0	
Total	139	100.00%	60	100.00%
d) Del total que sí emplearon el modelo, las moléculas se agruparon como:				
Moléculas o grupos de moléculas con una separación aceptable para el líquido	35	32.41%	27	46.55%
Moléculas o grupos de moléculas muy separadas como en el gas	60	55.56%	9	15.52%
Moléculas muy juntas como en el sólido	13	12.04%	22	37.93%
Total	108	100.01%	58	100.00%

e) De las moléculas que representaron una mezcla homogénea:

Moléculas que no tiene contacto entre sí	54	51.96%	28	51.85%
Moléculas que tiene contacto como en el sólido o formando agrupaciones de 2 o más moléculas	37	36.27%	26	48.15%
Moléculas que se "integran"	14	11.77%	0	
Total	102	100.00%	54	100.00%

f) De las moléculas que sí emplearon el modelo:

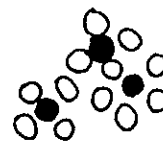
Las moléculas de azúcar conservan similar tamaño al de las de agua	82	75.83%	52	89.66%
Las moléculas de azúcar son evidentemente más pequeñas que las de agua	21	19.44%	6	10.35%
Desaparece un tipo de moléculas	05	04.63%	0	
Total	108	100.00%	58	100.01%

Número de respuestas y porcentaje que representan

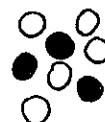
	Estudio testigo	Estudio piloto
--	-----------------	----------------

Modelos adecuados

1.- Fenómeno físico	0	9	15.00%
1.- Fenómeno químico	0	0	



2.- Fenómeno físico	4	2.88%	10	16.67%
2.- Fenómeno químico	2	1.44%	0	



3.- Fenómeno físico	2	1.44%	2	03.33%
3.- Fenómeno químico	0		0	

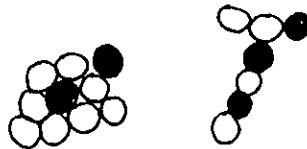


Total Fenómeno físico	6	4.32%	21	35.00%
-----------------------	---	-------	----	--------

Modelos inadecuados

Modelos con moléculas unidas

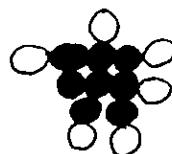
4.- Fenómeno físico	1	0.72%	6	10.00%
4.- Fenómeno químico	6	4.32%	0	



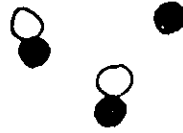
5.- Fenómeno físico	1	0.72%	4	6.67%
5.- Fenómeno químico	4	2.88%	1	1.67%



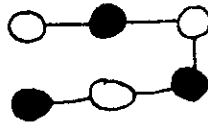
6.- Fenómeno físico	0		1	1.67%
6.- Fenómeno químico	0		0	



7.- Fenómeno físico	1	0.72%	3	5.00%
7.- Fenómeno químico	7	5.04%	0	



8.- Fenómeno físico	0		1	1.67%
8.- Fenómeno químico	2	1.44%	0	



9.- Fenómeno físico	0		0	
9.- Fenómeno químico	1	0.72%	0	

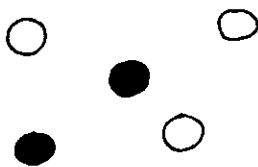


10.- Fenómeno físico	0		3	5.00%
10.- Fenómeno químico	2	1.44%	0	

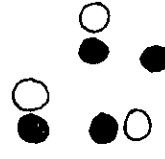
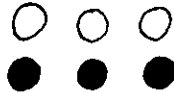


Modelos con moléculas muy separadas

11.- Fenómeno físico	13	09.35%	9	15.00%
11.- Fenómeno químico	25	17.99%	0	



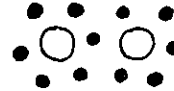
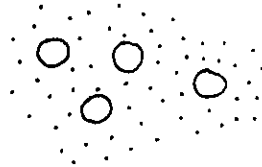
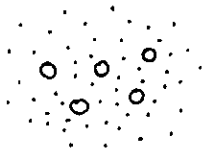
12.- Fenómeno físico	2	1.44%	0
12.- Fenómeno químico	6	4.32%	0



Las moléculas sufren cambios

Las moléculas de azúcar reducen su tamaño

13.- Fenómeno físico	0		3	5.00%
13.- Fenómeno químico	3	2.16%	0	

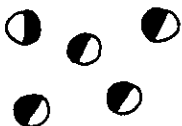


14.- Fenómeno físico	4	2.88%	0
14.- Fenómeno químico	5	3.60%	0

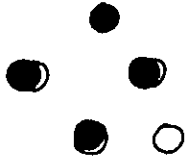


La molécula de azúcar se integra con la de agua

15.- Fenómeno físico	3	2.16%	0
15.- Fenómeno químico	2	1.44%	0



16.- Fenómeno físico	0		0
16.- Fenómeno químico	2	1.44%	0



17.- Fenómeno físico	0		0
17.- Fenómeno químico	2	1.44%	0

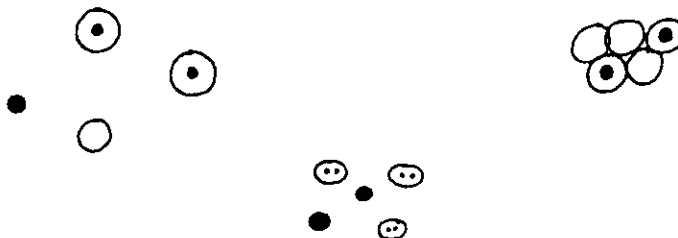


Las moléculas de azúcar se reducen de tamaño y se integran a las moléculas de agua

18.- Fenómeno físico	2	1.44%	0
18.- Fenómeno químico	2	1.44%	0



19.- Fenómeno físico	2	1.44%	0
19.- Fenómeno químico	1	0.72%	0



Desaparecen las moléculas de azúcar

20.- Fenómeno físico	5	3.60%	1	1.67%
20.- Fenómeno químico	0		0	



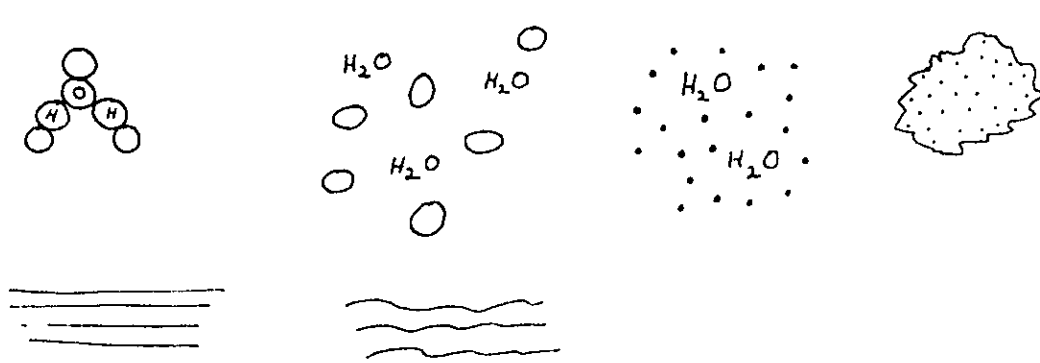
Desaparecen las moléculas de agua

21.- Fenómeno físico	1	0.72%	1	1.67%
21.- Fenómeno químico	1	0.72%	0	



No usaron el modelo

22.- Fenómeno físico	2	1.44%	2	3.33%
22.- Fenómeno químico	1	0.72%	0	



No contestaron	16	20.86%	4	6.67%
total	139	100.04%	60	100.02%

CUESTIONARIO 5

XXVII) Respuestas a la pregunta 6: "¿Qué sucede al contenido del matraz si se le añade más agua?"

Estudio inicial o testigo: 151 alumnos encuestados. Los alumnos que no contestaron, generalmente no pudieron usar el modelo gráfico. (Algunos alumnos dieron dos respuestas).

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados con 152 respuestas (Algunos alumnos dieron 2 o más respuestas).

	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
<u>Respuestas correctas</u>	<u>48</u>	<u>31.79%</u>	<u>93</u>	<u>61.18%</u>
<i>"Las moléculas de azúcar se separan más entre sí"</i>	19	12.58 %	10	06.58%
<i>"Aumenta el volumen de agua o disolución"</i>	08	05.30 %	14	09.21%
<i>"Aumenta la masa"</i>	08	05.30 %	13	08.55%
<i>"Aumenta el número de moléculas de agua"</i>	07	04.64 %	11	07.24%
<i>"El agua se mezcla con la disolución"</i>	04	2.65 %	01	00.66%
<i>"Disminuye la concentración"</i>	00		03	01.97%
<i>"Se diluye"</i>	01	00.66 %	23	15.13%
<i>"Disminuye la consistencia"</i>	01	00.66 %	00	
<i>"Disminuye el color o el sabor"</i>	00		18	11.84%
<u>Respuestas ambiguas</u>			<u>52</u>	<u>34.21%</u>
<i>"Cambia la concentración"</i>	0		13	08.55%
<i>"Cambia el volumen"</i>	0		10	06.58%
<i>"Cambia la masa"</i>	0		13	08.55%
<i>"Cambia el color, el sabor"</i>	10	6.62 %	16	10.53%

CUESTIONARIO 5

XXVII) Respuestas a la pregunta 6: "¿Qué sucede al contenido del matraz si se le añade más agua?"

Estudio inicial o testigo: 151 alumnos encuestados. Los alumnos que no contestaron, generalmente no pudieron usar el modelo gráfico. (Algunos alumnos dieron dos respuestas).

Estudio final o piloto: 60 alumnos encuestados con 152 respuestas (Algunos alumnos dieron 2 o más respuestas).

	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
<u>Respuestas incorrectas</u>	<u>93</u>	<u>61.59%</u>	<u>05</u>	<u>03.29%</u>
"Aumenta el peso"			03	01.97%
"Aumenta la dilución"			01	00.66%
"Se concentra"			01	00.66%
"Hay más partículas de agua que de azúcar"	29	19.21 %		
"Hay más solvente que soluto"	03	01.97 %	0	
"Desaparecen moléculas de azúcar"	20	13.25 %	0	
"Disminuye la cantidad de azúcar en las moléculas de agua"	02	01.33 %	0	
"No se distinguen bien las moléculas de azúcar"	03	01.97 %	0	
"Las moléculas de azúcar se separan de las del agua"	02	01.33 %	0	
"Las moléculas de agua se ven más grandes"	02	01.33 %	0	
"Las moléculas pierden sus propiedades"	01	00.66 %	0	
"Unas moléculas de agua estarían combinadas, otras no"	01	00.66 %	0	
"El azúcar se disuelve mejor, más o más rápido"	21	13.91 %	0	
"No sucede nada"	05	03.31 %	0	
Sin contestar	04	02.65 %	02	01.32%
Total	151	99.99 %	152	100.00%

CUESTIONARIO 5

REPRESENTACIÓN GRÁFICA II

XXVIII) Respuestas al comando 7: "Dibuja cómo se verían las moléculas en este caso."
(Después de añadir al contenido del matraz más agua; es decir después de diluir la disolución).

Estudio inicial o testigo: 139 alumnos

Estudio final o piloto: 60 alumnos

Empleo del modelo	Número de respuesta y porcentaje que representa			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
No emplearon el modelo	31	22.30%	1	01.67%
Sí emplearon el modelo	99	71.22%	56	93.33%
No dibujaron	9	06.48%	3	05.00%
Total	139	100.00%	60	100.00%

De los que emplearon el modelo (99 y 56):

1) Aumenta la proporción de moléculas de agua	33	33.33%	39	69.64%
2) Cambia la forma de agruparse de las moléculas	13	13.13%	6	10.71%
3) Aumenta el espacio entre las moléculas	16	16.16%	9	16.07%
4) Aumentó el tamaño de las moléculas de agua	3	03.03%	1	01.79%
5) Disminuye el tamaño de las moléculas de azúcar o desaparecen completamente	7	07.07%	2	03.57%
6) La molécula de azúcar se integra a la de agua	2	02.02%	1	01.79%
7) Aumenta la proporción de azúcar	2	02.02%	1	01.79%
8) No se representó cambio alguno	40	40.40%	7	12.50%

Total 117.16%

(Este total no suma 100% porque algunas representaciones están incluidas en dos clasificaciones)

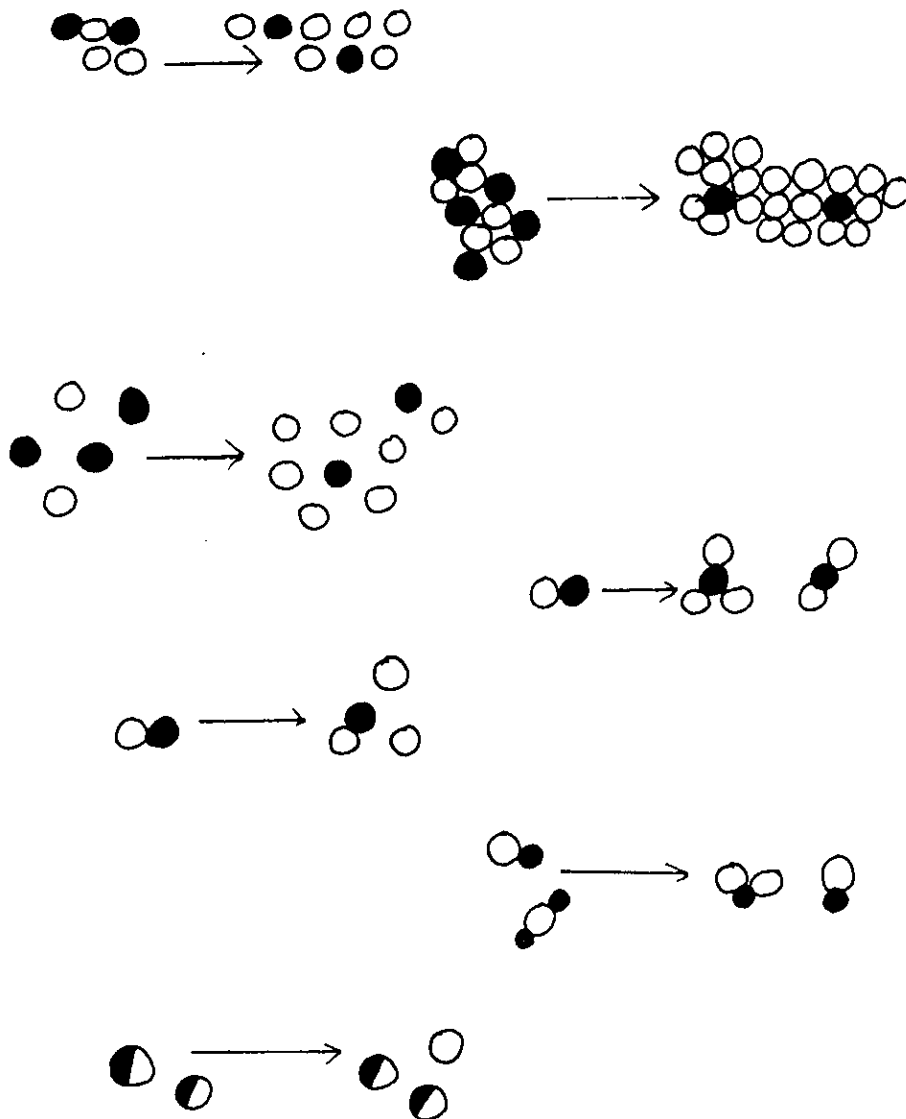
Número de respuesta y porcentaje que representa
 Estudio testigo Estudio piloto

Sólo aumenta la proporción de moléculas de agua

15 15.15%

29

51.79%



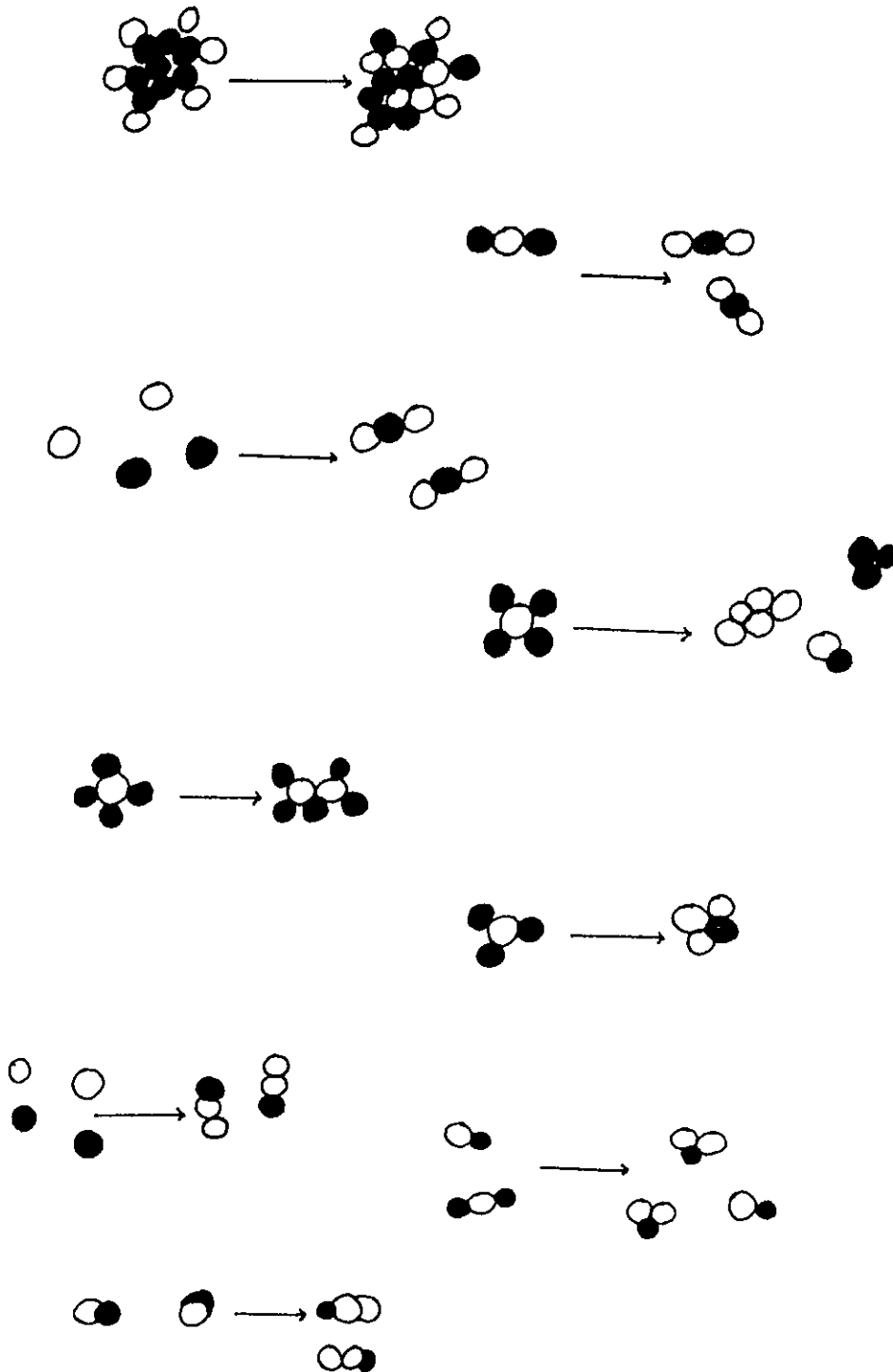
Aumenta la proporción de moléculas de agua y las moléculas cambian su agrupación

13

13.13%

5

8.93%



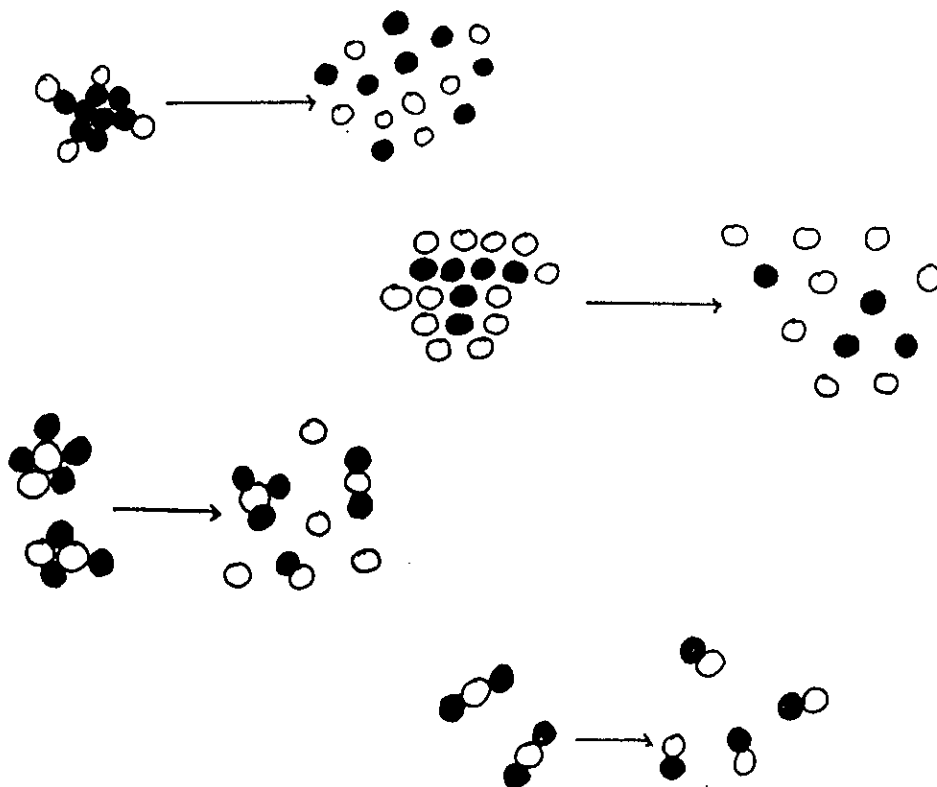
Aumenta la proporción de moléculas de agua y el espacio entre las moléculas

5

5.05%

5

8.93%



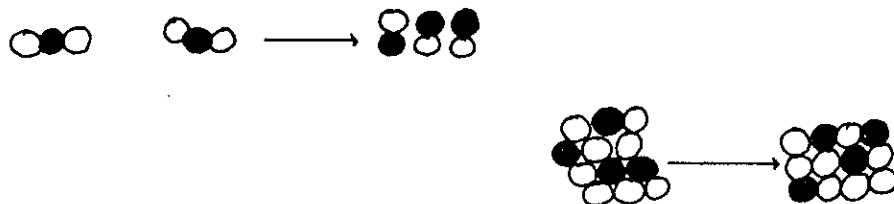
Sólo cambia la agrupación entre las moléculas

0

0%

1

1.79%

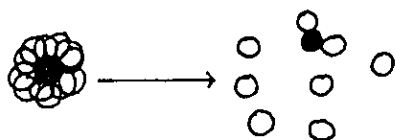
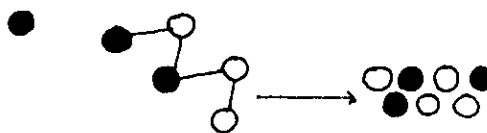
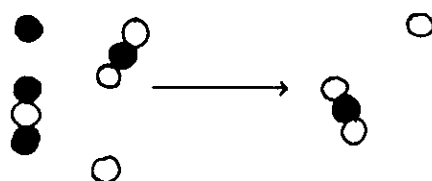
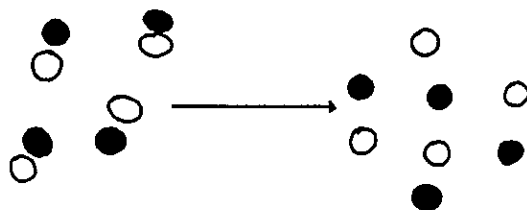
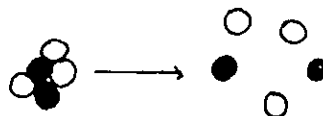
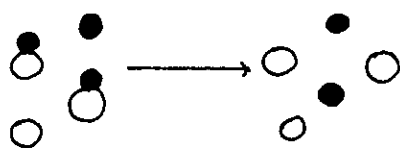


Sólo aumenta el espacio entre las moléculas

11 11.11%

4

7.14%

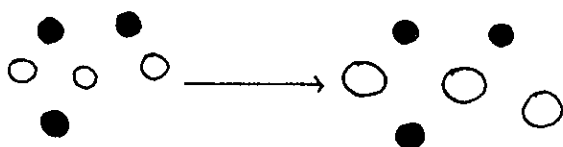


Aumenta el tamaño de las moléculas de agua

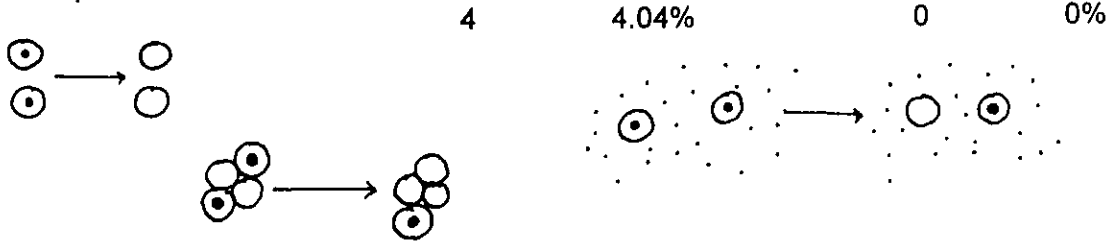
3 3.03%

1

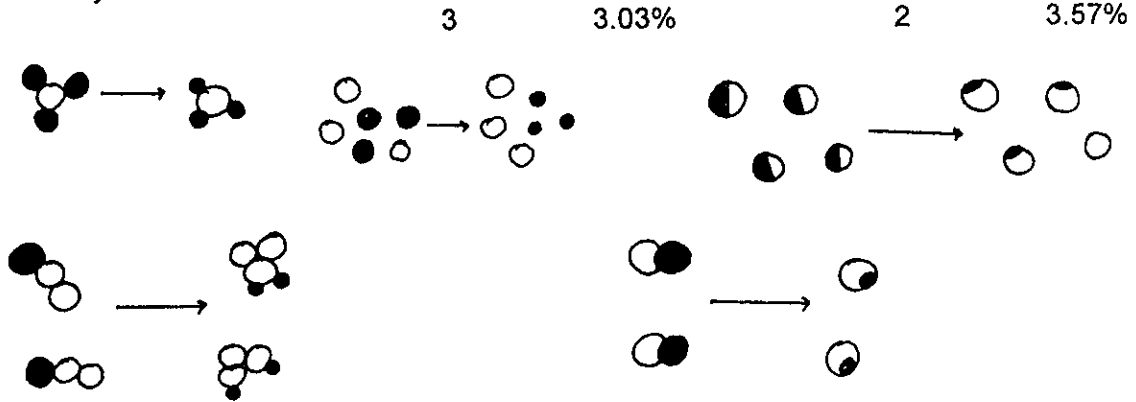
1.79%



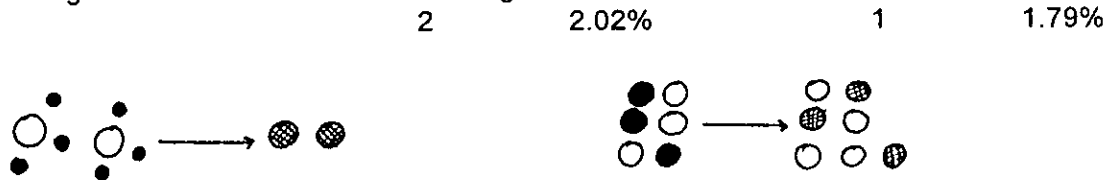
Desaparece el azúcar



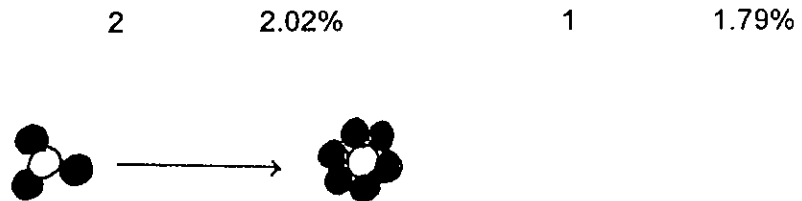
Disminuye el azúcar



Se "integra el azúcar" a la molécula de agua



Aumenta la proporción de azúcar



Total presentado	58	58.58%	49	87.50%
No se observó cambio	41	41.41%	7	12.50%
Total parcial	99	99.99%	56	100.00%
No utilizaron el modelo asignado	31		1	
No dibujaron	9		3	
Total	139		60	

CUESTIONARIO 6

Encierra en un círculo la letra de la respuesta correcta

Estudio inicial o testigo: 120 alumnos

Estudio final o piloto: 60 alumnos

XXIX) 1.- La concentración de una disolución expresa:

Respuesta correcta: d) La proporción que existe entre la cantidad de soluto y disolvente

	Número de respuestas y porcentaje que representan			
	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) La cantidad que existe de soluto	12	10.00%	13	21.67%
b) La cantidad que existe de disolvente	47	39.17%	03	05.00%
c) La cantidad que existe de soluto y disolvente	32	26.67%	29	48.33%
d) La proporción que existe entre la cantidad del soluto y del disolvente	28	23.33%	13	21.67%
Sin contestar	01	00.83	02	03.33%
Total	160	100.00%	60	100.00%

XXX) 2.- De los siguientes pares de disoluciones ¿Qué par tiene diferente concentración?

Respuesta correcta: c) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 200 mL de agua

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 10 gramos de soluto en 200 mL de agua	21	17.50%	05	08.33%
b) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 2.5 gramos de soluto en 50 mL de agua	45	37.5%	03	05.00%
c) Una de 5 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 200 mL de agua	12	10.00%	34	56.67%
d) Una de 0 gramos de soluto en 100 mL de agua y otra de 5 gramos de soluto en 0 mL de agua	39	32.50%	16	26.67%
Respuestas anuladas (doble respuesta)	02	01.67%		
Sin contestar	01	00.83%	02	03.33%
Total	120	100.00%	60	100.00%

XXXI) 3.- ¿Cómo es una disolución después de diluirla?

Respuesta correcta: c) Tiene menor concentración

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) No tiene concentración	44	36.66%	03	05.00%
b) Tiene la misma concentración	21	17.50%	09	15.00%
c) Tiene menor concentración	23	19.17%	38	63.33%
d) Tiene mayor concentración	28	23.33%	08	13.33%
Sin contestar	04	03.33%	02	03.33%
Total	120	99.99%	60	99.99%

XXXII) 4.- ¿Cómo se encuentran las partículas de un soluto en una disolución?

Respuesta correcta: c) Separadas en forma de iones o moléculas

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) separadas en forma de átomos	35	29.17%	07	11.67%
b) separadas en forma de electrones y protones	40	33.33%	06	10.00%
c) separadas en forma de iones o de moléculas	26	21.67%	32	53.33%
d) separadas en forma de agregados de muchas moléculas	17	14.17%	15	25.00%
Sin contestar	02	01.67%	00	
Total	120	100.01%	60	100.00%

XXXIII) 5.- ¿Qué hace el disolvente a las partículas de soluto al formarse una disolución?

Respuesta correcta: d) Las separa y las rodea

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Nada	22	18.33%	03	05.00%
b) Las rodea	17	14.17%	17	28.33%
c) Las separa	43	35.83%	07	11.67%
d) Las separa y las rodea	38	31.66%	33	55.00%
Total	120	99.99%	60	100.00%

XXXIV) 6.- ¿Cómo son las disoluciones respecto a la conductividad eléctrica?

Respuesta correcta: c) Algunas conducen la corriente eléctrica y otras no

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Ninguna conduce la corriente eléctrica	31	25.83%	01	01.67%
b) Sólo la de cloruro de sodio conduce la corriente eléctrica	43	35.83%	15	25.00%
c) Algunas conducen la corriente eléctrica y otras no	35	29.17%	38	63.33%
d) Todas conducen la corriente eléctrica	11	09.17%	06	10.00%
Total	120	100.00%	60	100.00%

XXXV) 7.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que conduce la corriente eléctrica?

Respuesta correcta: b) En forma de iones

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) En forma de electrones y protones	58	48.33%	15	25.00%
b) En forma de iones	23	19.17%	38	63.33%
c) En forma de átomos	28	23.33%	02	03.33%
d) En forma de moléculas	09	07.50%	05	08.33%
Sin contestar	02	01.67%	00	
Total	120	100.00%	60	99.99%

XXXVI) 8.- ¿Cómo están separadas las partículas en una disolución que no conduce la corriente eléctrica?

Respuesta correcta: d) en forma de moléculas

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) En forma de electrones y protones	20	16.67%	11	18.33%
b) En forma de iones	41	34.17%	06	10.00%
c) En forma de átomos	38	31.67%	11	18.33%
d) En forma de moléculas	21	17.50%	30	50.00%
Sin contestar	00		02	03.33%
Total	120	23.33%	60	99.99%

XXXVII) 9.- ¿Qué característica de las moléculas del agua les permite interactuar con moléculas de compuestos que presentan densidad de carga o carga eléctrica?

Respuesta correcta: c) Su polaridad

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Su forma	19	15.83%	01	01.67%
b) El número de átomos que las forman	76	63.33%	20	33.33%
c) Su polaridad	11	09.17%	34	56.67%
d) Su tamaño	13	10.83%	05	08.33%
Sin contestar	01	00.83%	00	
Total	120	99.99%	60	100.00%

XXXVIII) 10.- ¿A qué tipo de compuestos disuelve el tetracloruro de carbono, que es un compuesto no polar?

Respuesta correcta: b) Solamente a los compuestos covalentes no polares

a) Solamente a los compuestos covalentes polares	24	20.34%	12	20.00%
b) Solamente a los compuestos covalentes no polares	25	21.19%	25	41.67%
c) Solamente a los compuestos iónicos	28	23.73%	14	23.33%
d) A los compuestos covalentes polares y a los iónicos	41	34.75%	09	15.00%
Total	118	100.01%	60	100.00%

XXXIX) 11.- ¿Cómo se llama al proceso en el cual un compuesto iónico se separa o disocia en iones por el efecto del disolvente?

Respuesta correcta: c) Disociación

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Atomización	32	26.67%	03	05.00%
b) Dilución	58	48.33%	12	20.00%
c) Disociación	23	19.17%	28	46.66%
d) Ionización	07	05.83%	17	28.33%
Total	120	100.00%	60	99.99%

XL) 12.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de agua rodean a las partículas de soluto en una disolución?

Respuesta correcta: b) Hidratación

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Disociación	13	10.83%	16	26.67%
b) Hidratación	56	46.67%	36	60.00%
c) Reacción química	27	22.50%	03	05.00%
d) Solvatación	24	20.00%	05	08.33%
Total	120	100.00%	60	100.00%

XLI) 13.- ¿Cómo se llama el proceso en el cual las moléculas de un disolvente que no es el agua rodea las partículas del soluto?

Respuesta correcta: d) Solvatación

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Disociación	24	20.00%	09	15.00%
b) Hidratación	43	35.83%	16	26.67%
c) Reacción química	36	30.00%	10	16.67%
d) Solvatación	17	14.17%	25	41.67%
Total	120	100.00%	60	100.01%

XLII) 14.- ¿Cómo se llama el proceso en que un compuesto reacciona con otro para formar iones?

Respuesta correcta: d) Ionización

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Disolución	20	16.67%	01	01.67%
b) Disociación	31	25.83%	02	03.33%
c) Hidratación	28	23.33%	14	23.33%
d) Ionización	41	34.17%	43	71.67%
Total	120	100.00%	60	100.00%

XLIII) 15.- ¿Qué tipo de fenómeno es la ionización?

Respuesta correcta: b) Químico

	Estudio testigo		Estudio piloto	
a) Físico	15	12.50%	08	13.33%
b) Químico	53	44.17%	43	71.67%
c) Físico o químico	39	32.50%	09	15.00%
d) Natural	10	08.33%	00	
Sin contestar	03	02.50%	00	
Total	120	100.00%	60	100.00%

CUESTIONARIO 7

(Encierra en un círculo la letra de la respuesta correcta)

Estudio inicial o testigo: 120 alumnos.**Estudio final o piloto:** 60 alumnos.

XLIV) 1.- Si tenemos una disolución de 4 g de sulfato de cobre en 1 litro de agua:

a) ¿Cuántos componentes tiene?

Respuesta correcta: 2

	Estudio testigo		Estudio piloto	
2 componentes	63	52.50%	58	96.67%
4 componentes	13	10.83%	00	
Otro número de componentes	32	26.67%	00	
No sé	05	04.17%	00	
No contestó	07	05.83%	02	03.33%
Total	120	100.00%	60	100.00%

b) ¿Cuántas fases tiene?

Respuesta correcta: 1

	Estudio testigo		Estudio piloto	
Una fase	03	02.50%	39	65.00%
2 fases	31	25.83%	14	23.33%
4 fases	56	46.67%	00	
Otro número de fases	03	02.50%	00	
5 fases	15	12.50%	07	11.67%
No sé	08	06.67%	00	
No contestó	04	03.33%	00	
Total	120	100.00%	60	100.00%

c) ¿Cuál es el soluto?

Respuesta correcta: el sulfato de cobre

	Estudio testigo		Estudio piloto	
Respuestas correctas	39	32.50%	58	96.67%
El sulfato de cobre	14	11.67%	58	96.67%
El sulfato	25	20.83%	00	
El que se disuelve	05	04.17%	00	
El agua	12	10.00%	01	01.67%
Otra respuesta	43	35.83%	00	
(El sulfato de cobre y el agua, la disolución, un número)				
No sé	12	10.00%	00	
No contestó	09	07.50%	01	01.67%
Total	120	100.00%	60	100.01%

d) ¿Cuál es el disolvente?

Respuesta correcta: el agua

	Estudio testigo		Estudio piloto	
El agua	41	34.17%	58	96.67%
El sulfato de cobre	04	03.33%	01	01.67%
El sulfato	20	16.67%	00	
el cobre	03	02.50%	00	
El que lo disuelve	07	05.83%	00	
Las sustancias disueltas	02	01.67%	00	
Otras respuestas	28	23.33%	00	
(Dan un número, la disolución, agregarle agua, revolver)				
No sé	08	06.67%	00	
Sin contestar	07	05.83%	01	01.67%
Total	120	100.00%	60	100.01%

e) ¿Cuál es la concentración de la disolución?

Respuesta correcta: 4g / L

	Estudio testigo		Estudio piloto	
4g / L	00		27	45.00%
Diluida	00		02	03.33%
De menor concentración	00		02	03.33%
Otra cantidad (1400g)	00		11	18.33%
Expresan mal la concentración (4g-1mL)	00		04	06.67%
El sulfato de cobre	15	12.50%	00	
La cantidad de soluto	02	01.67%	00	
El sulfato	16	13.33%	00	
El cobre	03	02.50%	00	
el agua	06	05.00%	00	
Otras respuestas	31	25.83%	00	
(disolución, mezclar, sulfato y agua)				
No sé	14	11.67%	00	
No contestó	33	27.50%	14	23.33%
Total	120	100.00%	60	99.99%

XLV) 2.- ¿Cuántos gramos de ácido cítrico y cuántos mililitros de agua emplearías en cada disolución para tener dos de diferente concentración?

	Estudio testigo		Estudio piloto	
Dan los dos ejemplos con diferente concentración				
"3g de soluto en 10 mL de agua				
y otra de 1 g de soluto en 2.5 mL de agua"	11	09.17%	23	38.33%
Dan los dos ejemplos pero que presentan la misma concentración			19	31.67%
Dan un solo ejemplo "3 g en 30 mL"	52	43.33%	09	15.00%
No contestaron				
Sólo dan cantidades("200 mL, 500 mL")	14	11.67%		
Otro tipo de respuestas incorrectas				
"Una de 0 g de soluto en 100 mL de agua				
y otra de 5 g de soluto en 0 mL de agua"	05	04.17%	03	05.00%
No sé	21	17.50%		
Sin contestar	17	14.17%	06	10.00%
Total	120	100.01%	60	100.00%

XLVI) 3.- ¿Qué haces para diluir una disolución?

Respuesta correcta: Añadir más disolvente

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
Añadir (agregar, poner) más disolvente	00		31	51.67%
Agregarle agua	27	22.50%	03	05.00%
Añadir un ingrediente para que no sea tan concentrada	05	04.17%	00	
Con más o menos solvente y soluto	00		02	03.33%
Agregarle más soluto	00		02	03.33%
mezclar, agitar, revolver, disolver	59	49.17%	15	25.00%
Otras respuestas incorrectas (separarla, calentar)	16	13.33%	00	
Sin contestar	06	05.00%	07	11.67%
"No sé" ³	07	05.83%	00	
Total	120	100.00%	60	100.00%

CUESTIONARIO 8

(Elige la respuesta correcta)

Estudio inicial o testigo: 118 alumnos

Estudio final o piloto: 60 alumnos

XLVII) 1.- ¿Qué disolución conduciría la corriente eléctrica?

Respuesta correcta: c) Una disolución de sal en agua

	Número de respuestas y porcentaje correspondiente			
	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a) Una disolución de azúcar en agua	11	09.32%	02	03.33%
b) Una disolución de alcohol en agua	23	19.49%	09	15.00%
c) Una disolución de sal en agua	27	22.88%	44	73.33%
d) Una disolución de petróleo en gasolina	57	48.31%	05	08.33%
Total	118	100.00%	60	99.99%

XLVIII) 2.- Hidratación es cuando:

Respuesta correcta: c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química	29	24.58%	03	05.00%
b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución	19	16.10%	10	16.67%
c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución	58	49.15%	39	65.00%
d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución	12	10.17%	08	13.33%
Total	118	100.00%	60	100.00%

XLIX) 3.- Solvatación es cuando

Respuesta correcta: d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química	21	17.80%	07	11.67%
b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución	32	27.12%	09	15.00%
c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución	33	27.97%	09	15.00%
d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución	32	27.12%	35	58.33%
Total	118	100.01%	60	100.00%

L) 4.- Disociación es cuando:

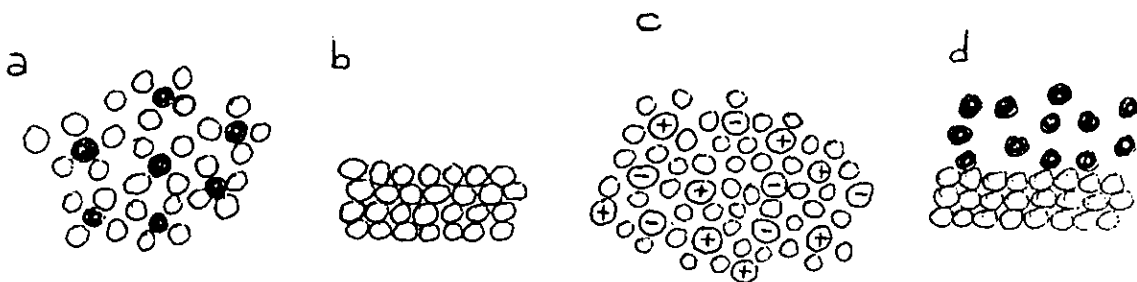
Respuesta correcta: b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química	39	33.05%	24	40.00%
b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución	29	24.58%	26	43.33%
c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución	26	22.03%	04	06.67%
d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución	24	20.34%	06	10.00%
Total	118	100.00%	60	100.00%

LI) 5.- Ionización es cuando:

Respuesta correcta: a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a) Se forman iones en disolución como resultado de una reacción química	44	37.29%	27	45.00%
b) Se separan los iones de un compuesto iónico al formarse una disolución	31	26.27%	17	28.33%
c) Las moléculas de agua rodean a las moléculas de un soluto en una disolución	19	16.10%	10	16.67%
d) Las moléculas de un disolvente diferente al agua rodea las moléculas de un soluto en una disolución	24	20.34%	06	13.33%
Total	118	100.00%	60	99.99%



De los dibujos anteriores:

LII) 6.- ¿Cuál representa un solo componente?

Respuesta correcta: b

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a)	05	04.24%	04	06.66%
b)	110	93.22%	55	91.67%
c)	00		00	
d)	03	02.54%	00	
Sin contestar	00		01	01.67%
Total	118	100.00%		

LIII) 7.- ¿Cuál representa una mezcla heterogénea?

Respuesta correcta: d

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a)	38	32.20%	20	33.33%
b)	09	07.63%	03	05.00%
c)	27	22.88%	06	10.00%
d)	44	37.29%	31	51.67%
Total	118	100.00%	60	100.00%

LIV) 8.- ¿Cuál representa la disolución de un compuesto covalente?

Respuesta correcta: a

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a)	33	27.97%	25	41.67%
b)	03	02.54%	00	
c)	54	45.76%	22	36.67%
d)	28	23.72%	11	18.33%
Sin contestar	00		02	03.33%
Total	118	99.99%	60	100.00%

LV) 9.- ¿Cuál representa la disolución de un compuesto iónico?

Respuesta correcta: c

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a)	33	27.97%	14	23.33%
b)	14	11.86%	04	06.67%
c)	30	25.42%	35	58.33%
d)	41	34.75%	07	11.67%
Total	118	100.00%	60	100.00%

LVI) 10.- ¿Cuál representa la disociación?

Respuesta correcta: c

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a)	34	28.81%	16	26.67%
b)	18	15.25%	08	13.33%
c)	23	19.49%	16	26.67%
d)	43	36.44%	19	31.67%
No contestó	00		01	01.67%
Total	118	99.99%	69	100.01%

LVII) 11.- ¿Cuál conduciría la corriente eléctrica?

Respuesta correcta: c

	Estudio testigo		Estudio Piloto	
a)	11	09.32%	04	06.67%
b)	17	14.41%	07	11.67%
c)	78	66.10%	45	75.00%
d)	12	10.17%	03	05.00%
No contestó	00		01	01.67%
Total	118	100.00%	60	100.01%

APÉNDICE C

GLOSARIO DE TÉRMINOS QUÍMICOS*

ANIÓN. Ion de carga negativa.

CAMBIO FÍSICO. Cambio de la materia durante el cual no se altera su estructura química.

CAMBIO QUÍMICO. Cambio de la materia durante el cual se altera su composición química produciéndose nuevas especies con propiedades diferentes.

CATIÓN. Ion de carga positiva.

COMBINACIÓN. Unión o reacción química. (En química no debe utilizarse como sinónimo de unión física).

COMBINAR. Unir químicamente. (En química no es sinónimo de mezclar).

COMPONENTE. Parte constituyente de una mezcla que presenta diferente composición química respecto al otro u otros componentes. (No son diferentes componentes si sólo presentan diferente estado de agregación). El componente de una mezcla puede ser: un elemento, un compuesto, otra mezcla, un cuerpo. (No es sinónimo de fase ni de sustancia).

COMPUESTO. Sustancia que tiene composición constante (ley de las proporciones definidas) formada al unirse químicamente átomos de al menos dos especies diferentes y que sólo se puede descomponer por métodos químicos.

CONCENTRACIÓN. Es la relación o proporción que existe entre la cantidad de soluto y la del disolvente.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. Capacidad que tiene un sistema para permitir el paso de la corriente eléctrica. (No es sinónimo de conductancia).

CRISTALIZACIÓN. Método de separación de mezclas o de purificación que consiste en la formación de un agrupamiento simétrico tridimensional, periódico de iones, átomos o moléculas (1). (No es sinónimo de precipitación).

DILUIR. Disminuir la concentración de una disolución o de una dispersión añadiendo disolvente o dispersante.

DILUCIÓN. Relación entre las concentraciones original y final.

DILUYENTE. Disolvente (o dispersante) que se emplea para disminuir la concentración de una disolución (o dispersión).

DIFUSIÓN. Movimiento de: energía, partículas (iones o moléculas), gases o líquidos, mediante el cual se distribuyen o dispersan en otro tipo de materia o en el espacio.

DIPOLO. Distribución de cargas eléctricas en la que se concentran las positivas en el extremo opuesto a las negativas.

DISOCIACIÓN. Separación de los iones que forman un compuesto iónico por acción de un disolvente.

* Los números corresponden a referencias de los libros analizados en el capítulo V.

- DISOLUCIÓN.** Mezcla homogénea cuyos componentes son un disolvente y uno o más solutos.
- DISOLUCIÓN ACUOSA.** Es aquella en la que el disolvente es agua.
- DISOLUCIÓN BINARIA.** Es aquella formada de dos componentes.
- DISOLUCIÓN CONCENTRADA.** Término cualitativo y relativo que se asigna a una disolución que presenta mayor concentración que otra con la que se le compara.
- DISOLUCIÓN DILUIDA.** Término cualitativo y relativo que se asigna a una disolución que presenta menor concentración que otra con la que se compara.
- DISOLUCIÓN FALSA.** Término mal empleado para nombrar a los coloides y suspensiones cuando erróneamente se considera a las disoluciones como *disoluciones verdaderas*.
- DISOLUCIÓN IDEAL.** Nombre que fue usado para las disoluciones en las que los solutos son de naturaleza iónica (25).
- DISOLUCIÓN MOLECULAR.** Disolución en la que el soluto está en forma de moléculas.
- DISOLUCIÓN, PARTÍCULAS EN.** Partículas (iones o moléculas) provenientes del soluto que se encuentran dispersas individualmente por acción del disolvente.
- DISOLUCIÓN SATURADA.** Disolución que contiene tal cantidad de soluto disuelto, que ya no se puede disolver una cantidad adicional de éste a la temperatura y presión dadas.
- DISOLUCIÓN SOBRESATURADA.** Disolución que contiene más soluto que el necesario para alcanzar la saturación.
- DISOLUCIÓN SUPERSATURADA.** Término empleado por algunos autores para hablar de las disoluciones sobresaturadas.
- DISOLUCIÓN TERCIARIA.** Es aquella formada de tres componentes.
- DISOLUCIÓN VERDADERA.** Término mal empleado para nombrar a las disoluciones cuando erróneamente se considera que los coloides y suspensiones son disoluciones falsas. Se considera también que las disoluciones verdaderas son aquellas en las que el soluto está disociado, es decir en forma de iones.
- DISOLUCIONES, CONDUCTIVIDAD DE LAS.** Es muy conveniente hacer esta diferenciación: *"Las soluciones son pobres conductoras comparadas con los metales; por ejemplo, la plata metálica, buen conductor de la electricidad, tiene una conductividad de 600 000 unidades a temperatura ambiente; mientras que la conductividad de soluciones como el cloruro de sodio y el ácido clorhídrico es aproximada a 0.01 dependiendo de la concentración; para el agua es 6×10^{-8} y para un aislante como el vidrio es de 1×10^{-14} "*(10).
- DISOLVENTE.** Componente de una disolución que dispersa o rodea las partículas del soluto. Generalmente es el que se encuentra en mayor proporción en la disolución.
- DISOLVENTE NO POLAR.** Aquél cuyas moléculas no presentan dipolo, por lo que sólo disuelve compuestos no polares.
- DISOLVENTE POLAR.** Aquel cuyas moléculas son polares por lo cual disuelve compuestos polares y iónicos.
- DISOLVER.** Formar una mezcla homogénea con un soluto o más y un disolvente.
- DISPERSAR.** Mezclar separando o esparciendo las partículas de un componente en las del otro.
- DISPERSIÓN.** Mezcla en la cual un componente es "continuo" y el otro u otros están finamente repartidos. Término poco usado actualmente para nombrar a un tipo de mezclas en las que un componente (dispersante) rodea partículas o grupos de partículas del otro u otros componentes disgregados observables macroscópicamente. (No es sinónimo de mezcla homogénea ni de disolución).

- ELECTRÓLITO.** Disoluciones o sustancias fundidas, en las que se ha producido la disociación iónica, por lo que son capaces de conducir la corriente eléctrica al mismo tiempo que se descomponen.
- ELECTRÓLITO DÉBIL.** Es aquel en el que sólo una parte de sus moléculas se hallan disociada en iones.
- ELECTRÓLITO FUERTE.** Es aquel en el que la mayoría de las moléculas (o la totalidad de los cristales iónicos) se halla disociada en iones.
- ELEMENTO.** Sustancia constituida por átomos del mismo número atómico y que se representa por un símbolo. (No se debe emplear en Química el término elemento como sinónimo de *parte*).
- FASE:** Parte homogénea de una mezcla que puede estar separada de otra fase por límites físicos visibles a simple vista. (No es sinónimo de componente, ni de estado de agregación, ni de sistema, ni de sustancia). Una mezcla homogénea consiste de una sola fase; una mezcla heterogénea consiste de dos o más fases.
- FUERZAS DIPOLO-DIPOLO.** Fuerzas intermoleculares que se producen entre las moléculas que tienen dipolos permanentes.
- FUERZAS INTERMOLECULARES.** Fuerzas que existen entre dos moléculas.
- HIDRATACIÓN.** Fenómeno que se presenta cuando las moléculas de agua separan y rodean a las partículas del soluto.
- INGREDIENTE.** Materia que entra con otra u otras diferentes en algún remedio, bebida, guisado u otro preparado. (No debe emplearse como sinónimo de componente).
- ION.** Partícula proveniente de un átomo (o grupo de átomos) que ha perdido o ganado uno o más electrones y, en consecuencia, tiene carga eléctrica positiva o negativa, respectivamente. (Nombre con el que se designan desde Faraday (1833) los componentes de los electrólitos, que por el paso de la corriente eléctrica se dirigen a los electrodos).
- IONIZACIÓN.** Transformación química de una molécula eléctricamente neutra en dos o más iones, por la acción de un disolvente o por campos eléctricos intensos.
- MEZCLA.** Sistema de composición variable formado por (no "que contiene" (15)) dos o más componentes, que pueden separarse por métodos físicos.
- MEZCLA HETEROGÉNEA.** Mezcla que presenta dos o más fases o en la que se puede distinguir a simple vista la existencia de al menos dos componentes.
- MEZCLA HOMOGÉNEA.** Mezcla que presenta una sola fase o en la que no se puede distinguir a simple vista, el número de componentes que la forman. (No es sinónimo de disolución).
- MEZCLA MECÁNICA.** Término poco usado para nombrar a las mezclas heterogéneas que pueden separarse por métodos mecánicos (Decantación, filtración, centrifugación, etc.). (No es sinónimo de mezcla heterogénea pues este último concepto abarca otros tipos de mezclas heterogéneas).
- MISCIBILIDAD.** Capacidad de la materia para mezclarse entre sí; se aplica especialmente a los líquidos.
- MISCIBLE.** Propiedad relativa que presenta un gas o líquido cuando puede formar una disolución con otro gas o líquido definido. A un sólido, generalmente, no se le da este calificativo.
- PRECIPITACIÓN.** Caída de un sólido insoluble formado por una reacción química que se ha llevado a cabo en el seno de una disolución. No es la formación y caída de un sólido por el efecto de la sobresaturación. (No es sinónimo de sedimentación ni de cristalización).
- PRECIPITADO.** Sólido insoluble que se forma por una reacción química y se separa de una disolución. (1)

- SEDIMENTACIÓN.** Formación de depósito, en el fondo de un recipiente, por acumulación de las partículas que un líquido lleva en suspensión. (No es sinónimo de precipitación).
- SOLUCIÓN.** Término empleado para nombrar a la disolución.
- SOLUCIÓN COLOIDAL.** Término mal empleado para nombrar al *coloide*.
- SOLUCIÓN FÍSICA.** Término mal empleado para designar a las disoluciones "*en las que la naturaleza del soluto no sufre alteración y puede ser recuperado por evaporación del disolvente*" (9). El concepto es erróneo porque contrapone la existencia de soluciones en las que el soluto sí se altera químicamente.
- SOLUCIÓN QUÍMICA.** Término mal empleado para asignar "*aquella que en el proceso de la disolución se producen reacciones químicas con el disolvente, alterando la naturaleza del soluto, que no puede ser recuperado simplemente por evaporación.*" (9).
- SOLUBILIDAD.** Es la propiedad que tiene una sustancia de dispersarse o separarse en forma de iones o moléculas en un disolvente determinado. Cuantitativamente es la cantidad en gramos que se necesita de una sustancia para saturar 100 g de disolvente a una temperatura y presión determinadas.
- SOLUTO.** Componente de una disolución cuyas partículas, moléculas o iones, se encuentran rodeadas por las moléculas del disolvente. Generalmente es el que se encuentra en menor proporción en la disolución.
- SOLVATACIÓN.** Nombre del fenómeno que se da cuando las moléculas de un disolvente, diferente al agua, rodea las moléculas o iones del soluto al formarse una disolución.
- SUSPENSIÓN.** Dispersión en la que el componente disperso es insoluble en el componente dispersante y se encuentra en forma de aglomerados de miles de moléculas que por su peso pueden separarse del componente dispersante. La mezcla puede ser homogénea pero turbia.
- SUSPENSIÓN COLOIDAL.** Dispersión en la que la que el componente disperso esta en forma de aglomerados de cientos o miles de moléculas que no se separan del componente dispersante.
- SUSTANCIA.** Forma de materia cuyas características son: tener una composición definida y constante, y poseer propiedades que la distinguen de las demás. (7)
- TURBIDIMETRÍA.** Método óptico de análisis mediante el cual se aprecia la cantidad de sustancia existente en una **suspensión** por la disminución de la intensidad luminosa de un haz que la atraviesa.
- TURBIO.** Dícese de los líquidos que por tener sustancias en **suspensión** han perdido la transparencia. (9)

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO I

- 1.- Clause, Arnould, *Evolución de las doctrinas y de los modelos pedagógicos*, Ed. Roca, México, 1986.
- 2.- Coll, C., Palacios, J. Marchesi, A., *Desarrollo psicológico y educación 2*, Ed. Alianza Psicología, Madrid, 1993.
- 3.- Chamizo José Antonio, *Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño*, Educación Química 7(1), México, 1995.
- 4.- Delval Juan, *¿Cantidad o Calidad?*, Cuadernos de Pedagogía, 225, España, 1994.
- 5.- Driver, R. *et al*, *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, MEC, Morata, Madrid, 1989.
- 6.- García Fernández H., *Reflexiones en defensa de la Química*, Educación Química 2(1), México, 1991.
- 7.- Oikion Solano E., *La oposición entre la pedagogía tradicional y la pedagogía de la escuela nueva: sólo una contradicción aparente*, Caminos Abiertos, Revista de la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad Azcapotzalco, México, 1996.
- 8.- Pozo, J.I. *et al*, *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química*, CIDE, Madrid, 1991.
- 9.- Valdez S. *et al*, *Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de Química vinculados al tema de disoluciones*, Educación Química, 9(3), México, 1998.

CAPÍTULO II

- 1.- Ausubel, D.P., Novak, J.D., Hanesian, H., *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo*, Ed. Trillas, México, 1978.
- 2.- Caravita, S. Y Hallden, O., *Re-framing the problem of conceptual change*, Learning and Instruction, 4, 1994.
- 3.- Carey, S. *Conceptual change in childhood*, Ed. Cambridge, 1985.
- 4.- Chamizo, José Antonio, *Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño*, Educación Química 7(1), México, 1995.
- 5.- Chi, M.T.H., Glasser, R. Y Rees, E., *Expertise in problem solving*, Advances in the psychology of human intelligence, 1, Hillsdale, 1982.

- 6.- Chi, M.T., Hutchinson, J.E. y Robin, A.F., *How inferences about novel domain-related concepts can be constrained by structures knowledge*, Merrill-Palmer Quarterly, 35, 1989.
- 7.- Coll, C., *Por una opción constructivista de la intervención pedagógica en el curriculum escolar*, Psicología y Educación, Ed. Visor, Madrid, 1987.
- 8.- Coll, C., *Conocimiento psicológico y práctica educativa*, Ed. Barcanova, Barcelona, 1988.
- 9.- Ferreiro, E. Y Teberosky, A., *Los sistemas de escritura en el desarrollo del niño*, Siglo XXI, México, 1979.
- 10.- García Madruga, J.A., *Desarrollo y conocimiento*, Siglo XXI, Madrid, 1991.
- 11.- Gómez Granell, C., *La representación gráfica de la multiplicación aritmética: una experiencia de aprendizaje*, Infancia y Aprendizaje, 31-32, 1985.
- 12.- Gómez Granell, C., *Lineas de investigación en la psicología de la educación española*, Infancia y Aprendizaje, 59-60, 1992.
- 13.- Gómez Granell, C. y Coll, Salvador C., *De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo*, Cuadernos de Pedagogía, España, 1994.
- 14.- Gómez Moliné, M.R. y Sanmartí Puig N., *La didáctica de las ciencias: una necesidad*, Educación Química 7(3), México, 1996.
- 15.- Herron, J. D., *Piaget pour les chimistes où on explique ce que les 'bons' étudiants ne peuvent comprendre*, Nouvelles Tendances de l'Enseignement de la Chimie, 5, Les Presses de l'UNESCO.
- 16.- Inhelder, B., Bovet, M. Y Sinclair, H., *Aprendizaje y estructuras del conocimiento*, Ed. Morata, Madrid, 1975.
- 17.- Izquierdo, M., *¿Qué son las ciencias?. Una reflexión imprescindible para enseñar ciencias*, Reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias naturales, Eumo, Vic. 1992.
- 18.- Kamii, C., *La teoría de Piaget y la educación*, Ed. Visor, Madrid, 1987.
- 19.- Lawson J. E., *A review of research on formal reasoning and science teaching*, Journal of Research in Science Teaching, 2, 1985.
- 20.- León Trueba, A. I., *¿Cómo Aprenden Nuestros Alumnos?*, Educación Química 1(3), México, 1990.
- 21.- Llorens, J.A., *Comenzando a aprender Química. Ideas para el diseño curricular*, Ed. Visor, Madrid, 1991.
- 22.- Lovell, K., *A follow up study of Inhelder and Piaget: the growth of logical thinking*, British J. Psychology, 52, 1961.
- 23.- Moreno, P., *Lo individual y lo social en la construcción del conocimiento*, Infancia y Aprendizaje, 59-60, 1992.
- 24.- Piaget, J., *Lógica y Psicología*, Tred. A. Redondo, Barcelona, 1953.
- 25.- Piaget, J., *Los estadios del desarrollo intelectual del niño y del adolescente*, 1956. Trad.: *Los estadios en la Psicología del Niño*, Ed. Nueva Visión, Buenos Aires, 1971.
- 26.- Piaget, J., *Seis estudios de Psicología*, Trad. Seix Barral, Barcelona, 1964.
- 27.- Piaget, J., *Biología y conocimiento*, 1967. Trad. Siglo XXI, Madrid, 1969.
- 28.- Piaget, J., *Le point de vue de Piaget*, 1968 a. Trad. *El punto de vista de Piaget*, en J. Delval, Lecturas de Psicología del Niño, 1, Alianza Universidad Textos, Madrid, 1978.
- 29.- Piaget, J., *El estructuralismo*, 1968 b. Trad. Proteo, Buenos Aires, 1968.
- 30.- Piaget, J., *Piaget's theory*, 1970 a. Trad. *La teoría de Piaget*, Infancia y Aprendizaje, Monografías 2, 1981.

- 31.- Piaget, J., *L'evolution intellectuelle entre l'adolescence et l'age adulte*, 1970. Trad. *La evolución intelectual entre la adolescencia y la edad adulta*, en J. Delval, Lecturas de Psicología del Niño, 2, Alianza Universidad Textos, Madrid, 1978.
- 32.- Piaget, J., *L'equilibration des structures cognitives*, 1975. Trad. *La equilibración de las estructuras cognitivas*, Problema central del desarrollo, Siglo XXI, Madrid, 1978.
- 33.- Piaget, J. E Inhelder, B., *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, Ed. Paidós, Buenos Aires, 1972.
- 34.- Piaget, J. E Inhelder, B., *Las operaciones intelectuales y su desarrollo*, 1963. Trad. en J. Delval, Lecturas de Psicología del Niño, 1, Alianza Universidad Textos, Madrid, 1978.
- 35.- Pomés Ruiz, J. y González Guerrero, A., *Estrategias de Aprendizaje en la Enseñanza de la Química*", Educación Química 1(4), México, 1990.
- 36.- Posner, G.J., et al, *Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change*, Science Education, 66 (2), 1982.
- 37.- Pozo, J. I., *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Ed. Morata, Madrid, 1989.
- 38.- Pozo, J. I., *Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza. ¿Concepciones alternativas?*, Infancia y Aprendizaje, 62-63, 1993.
- 39.- Radford, D., *Science, models and toys*, Simon and Schuster, London, 1990.
- 40.- Reif, F. Y Allen, S., *Cognition for interpreting scientific concepts: a study of acceleration*, Cognition and Instruction, 9(1), 1992.
- 41.- Resnick, L., *Knowing, learning and instruction*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1989.
- 42.- Rodríguez Moneo, M., *Preconceptos y Constructivismo*, notas del curso desarrollado en la Facultad de Química en febrero de 1996.
- 43.- Rodríguez Moneo, M., *Adquisición de Conocimiento y Cambio Conceptual*, en Carretero, M. Construir y entender las ciencias experimentales, Ed. Aique, Buenos Aires, 1996.
- 44.- Rodríguez Moneo, M., *Aprendizaje y cambio conceptual*, Ed. Aique, Buenos Aires, 1998.
- 45.- Shayer, M., *Towards a science of a science teaching*, Heinemann, London, 1981.
- 46.- Strike, K.A. y Posner, G.J., *A revisionist theory of conceptual change*, State University of New York Press, New York, 1992.
- 47.- Vosniadou, S., *Capturing and modeling the process of conceptual change*, Learning and Instruction, 4, 1994.
- 48.- Vygotski, L., *Thought and language*, Wiley, New York, 1962.
- 49.- Werstch, J.W., *Voices of the mind. A sociocultural approach to mediated action*, Cambridge, Harvard University Press, 1991.

CAPÍTULO III

- 1.- Ausubel, D.P., Novak, J.D., Hanesian, H., *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, Ed. Trillas, México, 1978.
- 2.- Bettencourt, A., *The construction of knowledge: a radical constructivist view*, en K. Tobin, The practice of constructivism in science education, Hillsdale, LEA, NJ, 1993.
- 3.- Carey, S., *Conceptual Change in Childhood*, Cambridge, 1985.
- 4.- Carey, S., *Cognitive science and science education*, American Psychologist, 41, 1986.
- 5.- Carretero, M., López Manjón, A., Pozo, J.I., León, J.A., Pérez Echeverría, M.P. y Asensio, M., *Psicología de la instrucción, razonamiento y conocimientos específicos*, Infancia y Aprendizaje, 59-60, 1992.

- 6.- Case, R., *Intellectual development: birth to adulthood*, Academic Press, New York, 1985.
Trad. Cast. *El desarrollo intelectual. Del nacimiento a la edad Adulta*, Paidós, Barcelona, 1989.
- 7.- Chi, M., *Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science*, en R.N. Giere (Ed.), Memory Development, University of Minnesota Press, Minnesota, 1992.
- 8.- Chinn, C.A. y Brewer, W.F., *The role of anomalous data in the knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction*, Review of Educational Research, 63, 1993.
- 9.- Clement, J., *A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students*, en D. Gentner y A.L. Stevens, Mental Models, Hillsdale, NJ: LEA, 1983.
- 10.- Cleminson, A., *Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of how children learn science*, Journal of Research in Science Teaching, 27, 1990.
- 11.- Confrey, J. y Doerr, H.M., *Changing the curriculum to improve student understanding of function*, en D.F. Treagust, R. Duit y B.J. Fraser, Improving teaching and learning science and mathematics, Teacher College Press, New York, 1996.
- 12.- Demetriou, et al, *Neo-piagetian theories of cognitive development. implications and applications for Education*, Routledge, London, 1992.
- 13.- Disessa, A.A., *Phenomenology and the evolution of intuition*, en D. Gentner y A.L. Stevens, Mental Models, Hillsdale, NJ: LEA, 1983.
- 14.- Disessa, A.A., *Responses*, Cognition and Instruction, 10, 1993.
- 15.- Driver, R., *Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas*, 1985, en R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. MEC Morata, Madrid, 1989.
- 16.- Driver, R., *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*, Enseñanza de las Ciencias, 4, 1986.
- 17.- Driver, R., *The construction of scientific knowledge in school classrooms*, en R. Millar, Doing Science. Images of science in science education, Falmer Press, London, 1989a.
- 18.- Driver, R., *Students' conceptions and the learning of science*, International Journal of Science Education, 11, 1989b.
- 19.- Driver, R. y Easley, J., *Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students*, Studies in Science Education, 5, 1978.
- 20.- Driver, R. y Scott, P.H., *Curriculum development as research: a constructivist approach to science curriculum development and teaching*, en D.F. Treagust, R. Duit y B.J. Fraser Eds., Improving and Learning in science and mathematics, New York, Teacher College Press, 1996.
- 21.- Duit, R., *Research on students' conceptions in science. Perspectives from the Federal Republic of Germany*, ponencia presentada en el International Seminar of Adolescent Development and School Science, King's College London, London, septiembre, 1987.
- 22.- Duit, R., *The constructivistic view a both fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice*, ponencia presentada en los seminarios Constructivism in Education, University of Georgia, College of Education, Athens, abril, 1990.
- 23.- Duit, R. y Fraser, B.J., *Improving Teaching and Learning Science and Mathematics*, Teacher College Press, New York, 1996.
- 24.- Duit, R. y Confrey, J., *Reorganizing the curriculum and teaching to improve learning in science and mathematics*, en D.F. Treagust, R. Duit y B.J. Fraser, Improving teaching and learning science and mathematics, Teacher College Press, New York, 1996.

- 25.- Eckstein, S.G. y Shemesh, M., *Stage theory of development of alternative conceptions*, Journal of Research in Science Teaching, 30, 1993.
- 26.- García Madruga, J.A. y Lacasa, P., *Concepciones teóricas en psicología evolutiva (II): Piaget y los enfoques cognitivos actuales*, en A. Corral, F. Gutiérrez y M.P. Herranz, Psicología Evolutiva I, UNED, Madrid, 1997.
- 27.- Gilbert, J., *Pupils' learning in science-issues in cognitive development*, en J. Drown, A. Cooper, T. Horton, F. Toates y D. Zeldin, Science in School, Milton Keynes, Philadelphia, 1986.
- 28.- Gilbert, J.K. y Swift, D.J., *Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs*, Science Education, 69, 1985.
- 29.- Gilbert, J.K. y Watts, M., *Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education*, Studies in Science Education, 10, 1983.
- 30.- Good, et al, *Cautionary notes on the appeal of the new "ism" (Constructivism) in science education, 1970*, en K. Tobin, *The practice of constructivism in science education*, Hillsdale, LEA, NJ, 1993.
- 31.- Hand, B. y Treagust, D.F., *Student achievement and science curriculum development using a constructive framework*, School Science and Mathematics, 91, 1991.
- 32.- Hall, G.S. y Browne, C.E., *Children's ideas of fire, heat, frost and cold*, Pedagogic Seminar, 10, 1903.
- 33.- Harlen, *Teaching and learning primary science*, Paul Chapman Publishing, Second edition, London, 1993.
- 34.- Inhelder, B. y Piaget, J., *De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent*, 1955, PUF, Paris, Trad. Cast. *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, Paidós, Barcelona, 1985.
- 35.- Kitchener, R., *Piaget's genetic epistemology: epistemological implications for science education*, en R.A. Dusschl y R.J. Hamilton, *Philosophy of Science in the Schools*, LEA, Mahawah, NJ, 1992.
- 36.- Klausmeier, H.J., *Conceptualizing*, en B.F. Jones y L. Idol, *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction*, Hillsdale, LEA, NJ, 1990.
- 37.- Lacasa, P. y García Madruga, J.A., *Aprendizaje, desarrollo y educación*, en J.A: Garcia Madruga y P. Pardo Psicología Evolutiva II, UNED, Madrid, 1997.
- 38.- Lawson, A.E., *Research on the acquisition of science knowledge: epistemological foundations of cognition*, en D.L. Gabel, Handbook of research on science teaching and learning, Macmillan, New York, 1994.
- 39.- Lythcott, J. y Duschl, R., *Qualitative research: from methods to conclusions*, Science Education, 74, 1990.
- 40.- McCloskey, M. *Naive theories of motion*, en D. Gentner y A.L. Stevens, Mental Models, Hillsdale, LEA, NJ, 1983.
- 41.- Millar, R., *Constructive criticism*, International Journal of Science Education, 11, 1989.
- 42.- Nussbaum, J. y Novick, S., *Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy*, Instructional Science, 11, 1982.
- 43.- Papadimitriou, V., Solomonidou, C. y Stavridou, H., *Acids and bases: formal knowledge and every day life, a study of student teacher's conceptions*, Proceedings ATTI, 2nd ECRICE, Italia, sep., 1993.
- 44.- Pfundt, H. y Duit, R., *Students' alternative frameworks and science education*, IPN at the University of Keil, 4th edition, Keil, Germany, 1994.
- 45.- Piaget, J., *La représentation du monde chez l'enfant*, PUF, Paris, 1926. Trad. cast. de V. Valls y Angles: *La representación del Mundo en el Niño*, Morata, Madrid, 1973.

- 46.- Piaget, J., *La causalité physique chez l'enfant*, Paris, 1927. Trad. cast. de J. Comas: *La causalidad física en el niño*, Espasa Calpe, Madrid, 1934.
- 47.- Piaget, J., *Los estadios del desarrollo intelectual del niño y del adolescente*, 1956. Trad.: *Los estadios en la psicología del niño*, Ed. Nueva Visión, Buenos Aires, 1971.
- 48.- Piaget, J., *El punto de vista de Piaget*, 1968 a. Trad. *Lecturas de psicología del niño*, 1, Alianza Universidad Textos, Madrid, 1978.
- 49.- Piaget, J., *El estructuralismo*, 1968 b. Trad. Proteo, Buenos Aires, 1968.
- 50.- Piaget, J., *La evolución intelectual entre la adolescencia y la edad adulta*, 1970. Trad.: *Lecturas de psicología del niño*, Vol. 2, Alianza Universidad Textos, Madrid, 1978.
- 51.- Piaget, J., *La teoría de Piaget*, 1970 a. Trad. *Infancia y aprendizaje*, 1981.
- 52.- Piaget, J., *La equilibración de las estructuras cognitivas*, 1975. Trad. Siglo XXI, Madrid,
- 53.- Piaget, J. y García, *Les explications causales*, PUF, París, 1971. Trad. cast.: *Las explicaciones causales*. Barral Editores, Barcelona, 1973.
- 54.- Piaget J. e Inhelder, B., *Le développement des quantités chez l'enfant: conservation et automisme*, Neuchâtel, Paris: Delachaux et Niestlé. Trad. cast.: *El desarrollo de las cantidades en el niño*, Nova terra, Barcelona, 1941.
- 55.- Piaget, J. e Inhelder, B., *La psychologie de l'enfant*, PUF, París, 1966. Trad. cast. *Psicología del niño*, Morata, Madrid, 1969.
- 56.- Pope, M. y Gilbert, J., *Personal experience and the construction of knowledge in science*, *Science Education* 67, 1983. Trad. cast.: *La experiencia personal y la construcción del conocimiento en ciencias*, En R. Porlán J. E. García y P. Cañal, *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*, Díada, Sevilla, 1988.
- 57.- Pozo, J.I. y Carretero, M., *Causal theories, reasoning strategies, and conflict resolution by experts and novices in newtonian mechanics*, en A. Demetriou, M. Shayer y A. Efklides, *Neo-piagetian theories of cognitive development. Implications and applications for education*, Routledge, London, 1992.
- 57.- Reif, F. y Allen, S. *Cognition for interpreting science concepts: a study of acceleration*, *Cognition and Instruction*, 9, 1992.
- 59.- Rodríguez Moneo, M., *Aprendizaje y cambio conceptual*, Ed. Aique, Buenos Aires, 1998.
- 60.- Rodrigo, et al., *Las teorías implícitas, una aproximación al conocimiento cotidiano*, Aprendizaje Visor, Madrid, 1993.
- 61.- Saunders, W.L., *The constructivist perspective: implications and teaching strategies for science*, *School Science and Mathematics*, 92, 1992.
- 62.- Shayer, M y Adey, P., *Towards a science of science teaching*, Heinemann Educational Books, London, 1981. Trad. cast.: *La ciencia de enseñar ciencias*, *Desarrollo cognoscitivo y exigencias de currículo*, Narcea, Madrid, 1984.
- 63.- Solomon, J., *Thinking in two worlds of knowledge*, en H. Helm y J.D. Novak. *Proceedings of the international Seminar: misconceptions in science and mathematics*, Cornell University, Ithaca, New York, 1983.
- 64.- Stavridou, H., Solomonidou, C, y Papadimitriou, V., *Student-teachers' conceptions about physical and chemical transformations of matter*, Proceedings ATTI, 2nd ECRICE, Italia, sep., 1993.
- 65.- Strike, K.A. y Posner, G.J., *A revisionist theory of conceptual change*, State University of New York Press, New York, 1992.
- 66.- Taylor, P.C.S., *Collaborating to reconstruct teaching: the influence of researcher beliefs*, en K. Tobin. *The practice of constructivism in science education*, Hillsdale, LEA, NJ, 1993.
- 67.- Von Glasersfeld, E., *An introduction to radical constructivism*, en P. Watzlawack, *The invented reality*, Norton, New York, 1984.

- 68.- Von Glasersfeld, E., *Questions and answers about radical constructivism*, en K. Tobin, The practice of constructivism in science education, Hillsdale, LEA, NJ, 1990.
- 69.- Wandersee, J.H., Mintzes J.J. y Novak, J.D., *Research on alternative conceptions in scienc*, en D.L. Gabel, Handbook of research on science teaching and learning, Macmillan Publishing Company, New York, 1994.

CAPÍTULO IV

- 1.- Arcá, M. Y Caravitas, S., *Le constructivisme ne résout pas tous le problemes*, Aster, 16, 1993.
- 2.- Ausubel , D.P., Novak, J.D., Hanesian, H., *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, Ed. Trillas, México, 1978.
- 3.- Baird, J.R. y White, R.T., *Metacognitive strategies in the classroom*, en D.F. Treagust R. Duit y B.J. Fraser. Improving teaching and learning in science and mathematics, Teacher College Press, New York, 1996.
- 4.- Barraza Ortega G., *A new attitude to improve education*, Journal of Chemical Education 71(7), 1994.
- 5.- Bodner, G.M., *I have found you an argument, the conceptual knowledge of begining chemistry graduate students*, Journal of Chemical Education, 68(5), 1991.
- 6.- Borsese A., *La educación química en Italia frente a la Unión Europea y frente a México*, Educación Química, 7(1), 1996.
- 7.- Brown, D.E., *Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models*, International Journal of Science Education, 16, 1994.
- 8.- Carey, S., *Cognitive science and science education*, American Psychologist, 41, 1986.
- 9.- Carretero, M, *De la larga distancia que separa la suposición de la certeza*, en M. Carretero y J.A. García Madruga, Lecturas de psicología del pensamiento, Alianza Psicología, Madrid, 1984.
- 10.- Chamizo José Antonio, *Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño*, Educación Química 7(1), México, 1995.
- 11.- Chinn, C.A. y Brewer, W.F., *The role of anomalous data in the knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction*, Review of Educational Research 63, 1993.
- 12.- Delval, Juan, *¿Cantidad o calidad?*, Cuadernos de Pedagogía 225, España, 1994.
- 13.- Disessa, A.A., *Knowledge in pieces*, en G. Forman y P. Pufall, Constructivism in the Computer Age, LEA, Hillsdale, NJ, 1988.
- 14.- Disessa, A.A., *Responses*, Cognition and instruction, 10, 1993.
- 15.- Driver, R., *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*, Enseñanza de las Ciencias, 4, 1986.
- 16.- Driver, R., *Changing conceptions*, en P. Adey, J. Bliss, J. Head y M. Shayer, Adolescent development and scholl science. The Falmer Press, London, 1989c.
- 17.- Driver, R. , Guesne, E. y Tiberghien, A., *Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias*, 1985, en R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia, MEC-Morata, Madrid, 1989.
- 18.- Driver, R. y Scott, P.H., *Curriculum development as research: a constructivist approach to science curriculum development and teaching*, en D.F. Treagust, R. Duit y B.J.

- Fraser, Improving teaching and learning in science and mathematics, Teacher College Press, New York, 1996.
- 19.- Duit, R., *Conceptual change approaches in science education*, Ponencia presentada en el "Symposium on Conceptual Change", Friedrich-Schiller-University of Jena, Germany, Septiembre, 1994.
- 20.- Duit, R. y Confrey, J., *Reorganizing the curriculum and teaching to improve learning in science and mathematics*, en D.F. Treagust, R. Duit y B.J. Fraser, Improving teaching and learning science and mathematics, Teacher College Press, New York, 1996.
- 21.- Garritz, Andoni, *Atención a los jóvenes o negación del futuro*, Educación Química 7(1), 1996.
- 22.- Gómez Moliné M.R. y Sanmartí Puig N., *La didáctica de las ciencias: una necesidad*, Educación Química 7(3), México, 1996.
- 23.- Halldén, O., *Conceptual change, conceptual rigidity or different domains of understanding*, Ponencia presentada en la 4th Binnual Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Turquía, Agosto, 1991.
- 24.- Hashweh, M. Z., *Toward an Explanation of Conceptual Change*. European Journal of Science Education, 8. 1986.
- 25.- Hatano, G., *Introduction*, Human Development, 37, 1994.
- 26.- Hennessey, M.G., *Students' Ideas About Their Conceptualization: Their Elicitation through Instruction*. Ponencia presentada en The annual meeting of the national association for research in science teaching, GA, Atlanta, 1993.
- 27.- Hewson, P.W., *Teaching for Conceptual Change*, en D.F. Treagust, R. Duit y B.J. Fraser, Improving teaching and learning in science and mathematics, Teacher College Press, New York, 1996.
- 28.- Hofacker, U., *Mejor Comprensión de los Procesos Psicológicos en el Aprendizaje de la Química*, Nuevas tendencias en la enseñanza de la Química IV, UNESCO, Paris, 1975.
- 29.- Karmiloff-Smith, A., *Beyond Modularity. A Developmental Perspective on Cognitive Science*, Cambridge, M.A.: MIT Press, 1992. Trad. Cast.: *Más allá la modularidad. La ciencia cognitiva desde la perspectiva del desarrollo*, Alianza Psicología Minor, Madrid, 1994.
- 30.- León Trueba, A.I., *Un estudio experimental del aprendizaje de las ciencias naturales en la educación primaria, desde una perspectiva constructivista*, Fac. De Química, UNAM, Tesis, México, 1986.
- 31.- Linder, C.J., *A challenge to conceptual change*, Science Education, 78, 1993.
- 32.- Northfield, J., Symington, D., *Learning in science viewed as personal construction*, Key Center School Science and Mathematics, Perth, Australia, 1996.
- 33.- Nuñez, M.S. et al., *Desarrollo de un modelo de enseñanza para las ciencias experimentales y la tecnología en la escuela primaria*, Informe de investigación, DIE-CONACYT, México, 1983.
- 34.- Nussbaum, J. y Novick, S., *Alternative frameworks, conceptual conflict and accomadation: toward a principled teaching strategy*, Instructional Science, 11, 1982.
- 35.- Papadimitriou, V., Solomonidou, C. y Stavridou, H., *Acids and bases: formal knowledge and every day life, a study of student teacher's conceptions*, Proceedings ATTI, 2nd ECRICE, Italia, Sep. 1993.

- 36.- Paris, S.G. y Winograd, P., *How metacognition can promote academic learning and instruction*, en B.F. Jones y L. Idol, Dimensions of thinking and cognitive instruction, Hillsdale, LEA, NJ, 1990.
- 37.- Piaget, Jean, *El Punto de Vista de Piaget*, 1968 a. Trad. Lecturas de Psicología del niño, 1, Alianza Universidad Textos, Madrid, 1978.
- 38.- Pines, A.L. y West, L.H.T., *Conceptual understanding and science learning: an interpretation of research whiting a source of knowledge framework*, Science Education, 70, 1986.
- 39.- Pomés Ruiz, J. y González Guerrero, A., *Estrategias de aprendizaje en la enseñanza de la Química*, Educación Química 1(4), México, 1990.
- 40.- Posner, G.J., et al., *Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change*, Science Education, 66(2), 1982.
- 41.- Reif, F. Y Allen, S., *Cognition for interpreting scientific concepts: a study of acceleration*, Cognition and instruction, 9(1), 1992.
- 42.- Reif, F. y Larkin, J.H., *Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications*, Journal of Research in Science Teaching, 28, 1991.
- 43.- Rodríguez Moneo, A. M., *Preconceptos y constructivismo*, notas del curso desarrollado en la Facultad de Química, UNAM, México, febrero, 1996.
- 44.- Rodríguez Moneo, M. *Aprendizaje y Cambio Conceptual*. Ed. Aique. Buenos Aires. 1998.
- 45.- Rodríguez Moneo M. y Carretero, *Adquisición de conocimiento y cambio conceptual*, en Carretero, M. Construir y entender las ciencias experimentales, Ed. Aique, Buenos Aires, 1996.
- 46.- Sanmartí, N., *¿Hi ha Diferentes Maneres Daprendre Ciències?*, en Guix, 185, 1993.
- 47.- Smith, C., Carey, S. y Wisner, M., *On differentiation: a case study of the development of the concepts of size, weight-density differentiation*, Cognition and Instruction, 9, 1985.
- 48.- Spelke, E., *Physical knowledge in infancy: reflections on Piaget's theory*, en S. Carey y R. Gelman, The epigenesis of mind, Essays on Biology and Cognition, Hillsdale, LEA, NJ, 1991.
- 49.- Stavridou, H. Y Solomonidou Ch., *Promoting the construction of the heat and temperature concepts by student-teachers*, 5th EARLI Conference, Grecia, 1993.
- 50.- Strike, K.A. y Posner, G.J., *A revisionist theory of conceptual change*, State University of New York Press, New York, 1992.
- 51.- Tiberhien, A., *Modelings as basis for analyzing teaching-learning situations*, Learning and Instruction, 4, 1994.
- 52.- Treagust, D.F., Harrison, A.G. y Venville, G.J., *Using an analogical teaching approach to engender conceptual change*, International Journal of Science Education, 18, 1996.
- 53.- Vosniadou, S., *Introduction*, Learning and Instruction, 4, 1994a.
- 54.- Vosniadou, S., *Capturing and modeling the process of conceptual change*, Learning and Instruction, 4, 1994b.
- 55.- Vosniadou, S., *Commentary*, Human Development, 37, 1994c.
- 56.- Vosniadou, S., *From cognitive theory to educational technology*, en S. Vosniadou, E. De Corte y H. Mandl, Technology-based learning environments, Springer, Berlin, 1991.
- 57.- Vosniadou, S. y Brewer, W., *Theories of knowledge restructuring in development*, Review of Educational Research, 57, 1987.

- 58.- Vosniadou, S. y Brewer, W., *Mental models of the Earth: a study of conceptual change in childhood*, Cognitive Psychology, 24, 1992.
- 59.- White, B., *The thinker tools project: computer microworld as conceptual tools for facilitating scientific inquiry*, en S.M. Glynn y R. Duit., Learning science in the schools, Mahwah, LEA, NJ, 1995.
- 60.- White, R.T. y Gunstone, R.F., *Metalearning and conceptual change*, International Journal of Science Education, 11, 1989.
- 61.- Wittrock, M.C., *Generative science teaching*, en P. Fensham, R. Gunstone y R. White, The content of science: a constructivist approach to its teaching and learning, The Falmer Press, London, 1994.
- 62.- Zimmerman, B. J. y Martínez-Pons, M., *Perceptions of efficacy and strategy use in the self-regulation of learning*, en D.H. Schunk y J.L. Meece, Students perceptions in the classroom, Hillsdale, LEA, NJ, 1992.

CAPÍTULO V (Referencia de libros de texto analizados)

- 1.- Allier, Castillo, Fuse, Moreno. *La Magia de la Química*, Ediciones pedagógicas, Primera edición, México, 1994, pgs.: 92-124.
- 2.- Arteaga Tovar Samuel, *Prácticas de Química* 3er curso, Ed. Santillana, primera Edición, México, 1994.
- 3.- Barceló, José R., *Diccionario terminológico de Química*, Ed. Alhambra, segunda edición, 1976.
- 4.- Bascuñán, Anibal; Bello, Silvia; Hernández, Gisela; Sandoval, Rebeca y Montagut, Pilar, *Química 1*. Ed. Limusa, primera edición, México, 1993, pgs.: 78-114.
- 5.- Becerril, Otero, Rodríguez, *Introducción a la Física y a la Química*, Ed. Harla, México, 1995.
- 6.- Bonnet Romero Florencia, *Química 1*, Ed. Harla, Oxford University Press, primera edición, México, 1994. pgs.: 53-65.
- 7.- Bonnet Romero Florencia, *Química 2*, Ed. Harla, Oxford University Press, primera edición, 1994, pgs.: 20-30.
- 8.- Braun, Eliezer y Gallardo, Irma, *Introducción a la Física y a la Química*, Ed. Trillas, segunda edición, México, 1994, pgs.: 159 - 168.
- 9.- Braun, Eliezer y Gallardo, Irma, *Química 2º grado*, Ed. Trillas, segunda edición, México, 1994, pgs.:73-79.
- 10.- Chamizo, José A.; Petrich, Margarita; Vilar, Ramón, *Libro para el maestro, Química*, Ed. SEP, primera edición, México, 1994, pgs.: 50-51, 64-69.
- 11.- Chávez de la Parra, Jorge A., *Prácticas de Física y Química* 1er curso, Ed. Santillana, primera edición, México, 1993, pgs.: 16, 22, 62-65.
- 12.- Chávez de la Parra, Jorge A. y Cabeza Gómez, Encarnación, *Prácticas de Introducción a la Física y Química*, Ed. Santillana, primera edición, México, 1997, pgs.: 23-25.
- 13.- Choppin, Gregory R. y Summerlin, Lee R., *Química*, Ed. Publicaciones Cultural, México, 1975, pgs.: 320-334.
- 14.- Cortés Juárez Alejandro, *Física y Química*, Ed. Fernández Editores, segunda edición, México, 1994, pgs.: 158-159.

- 15.- Cortés Juárez Alejandro y Shirásago Germán Roberto, *Química Práctica* 2º curso, Ed. Fernández Editores, segunda edición, México, 1994, pgs.: 122, 123, 129-145.
- 16.- Cortés Juárez Alejandro y Shirásago Germán, Roberto, *Química Práctica* 3er curso, Ed. Fernández Editores, segunda edición, México, 1994, pgs.: 22, 38-40, 205-207, 210-214.
- 17.- De la Cruz Castro Acuña y Ramírez Orozco, *Química*, Ed. Santillana, primera edición, México, 1994, pgs.: 14-15, 18-20, 108-109, 124-125.
- 18.- Dickson, T.R., *Introducción a la Química*, Ed. Publicaciones Cultural, primera edición, México, 1982, pgs.: 191-314.
- 19.- Flores de Labardini Teresita y Ramírez de Delgado Arcelia, *El Mundo, Tú y la Química*, Ed. Esfinge, Primera edición, México, 1994, pgs.: 81-102.
- 20.- Garzón G. Guillermo, *Fundamentos de Química General*, Ed. McGraw-Hill, segunda edición, Bogotá Colombia, 1990, pgs, 193-205.
- 21.- Guayasamín Guerrero, Guido, *Química, una Versión Moderna*, Ed. Limusa, México, 1991, pgs.: 173-181.
- 22.- Holum, John R., *Introducción a los principios de Química*, Ed. Limusa-Wiley, México, primera edición, 1971. pgs.:157-191.
- 23.- Irazoque P. G.; Martínez V. A.; Talanquer A. V., *Química* 3. Ed. Santillana, México, primera edición, 1998. pgs.:18-23.
- 24.- León Trueba Ana Isabel, *Introducción a la Física y a la Química*, Ed. Santillana, México, primera edición, 1998, pgs.:182-183.
- 25.- Redmore, Fred H., *Fundamentos de Química*, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1981, pgs.:294-317.
- 26.- Rosemberg, Jerome L., *Química General*, Ed. Mc Graw Hill, sexta edición, México, 1990, pgs.:159-161.
- 27.- Rosemberg L. Jerome y Epstein Laurence M., *Química General*, Ed. McGraw-Hill, séptima edición, Madrid, España, 1990 pgs.:232-236.
- 28.- Seese, William S. y Daub, G. William, *Química*, Ed. Prentice Hall, quinta edición, México. 1993, pgs.:55-57, 355-391, 421-423.
- 29.- Segarra Alberú, María del Pilar y Torres Galindo, Juan Carlos, *Física y Química*, Ed. Santillana, primera edición, México, 1994, pgs.:120 - 125.
- 30.- Solís Oba Aída y Zendejas Mendoza Pedro Javier, *Química* 2º curso, Ed. Santillana, primera edición, México, 1994, pgs.: 40-48.
- 31.- Tambutti, Romilio y Muñoz, Héctor, *Introducción a la Física y a la Química*, Ed. Limusa, México, primera edición, 1993, pgs.:234 -241.
- 32.- Valdés, Cataño, Cervantes, Mendoza, *La aventura con la ciencia, Química 1*, Ed. Ediciones pedagógicas, primera edición, México, 1994, pgs.:101-125.
- 33.- Valdés, Mendoza, Cataño, Cervantes, *La aventura con la ciencia, Química 2*, Ed. Ediciones Pedagógicas S.A., México, 1995, pgs.:27-28, 37-40.

CAPÍTULO VI

- 1.- Anamuah-Mensah, J., *Cognitive strategies used by chemistry students to solve volumetric analysis problems*, Journal of Research in Science Teaching, 23 (9), 1986.

- 2.- Anderson, B., *Chemical reactions*, EKNA Group, Universidad de Gothemburgo, Goutemburgo, Suecia, 1984, en: Driver *et al*, Ideas científicas en la infancia y la adolescencia, MEC, Morata, Madrid, 1989.
- 3.- Caruso, M. F., *et al*, Construcción del concepto de reacción química, Educación Química, 9(3), México, 1998.
- 4.- Chastrette, M. y Franco, M., *La reacción química: descripciones e interpretaciones de los alumnos de liceo*, Enseñanza de las Ciencias, 9(3) 243-247, 1991.
- 5.- De Posada Aparicio, J.M., *Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido*, Enseñanza de las Ciencias, 11(1), 12-19, 1993.
- 6.- Driver, R., *Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas*, 1985, en R, Driver, E. Guesne y A. Tiberghien, Ideas científicas en la infancia y la adolescencia, MEC Morata, Madrid, 1989.
- 7.- Driver, Rosalind, Guesne, E., Tiberghien, A., *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, MEC, Morata, Madrid, 1989.
- 8.- Duncan, I.M. y Johnstone, A.H., *The mole concept*, Education in Chemistry, 10, 1973.
- 9.- Ebenezer, Jazlin V. y Erickson, Gaalen L., *Chemistry student's conceptions of solubility: a phenomenography*, Science Education, 80(2), 1996.
- 10.- Frazer, M.J. y Servant, D.M., *Aspects of stoichiometry: where do students go wrong?*, Education in Chemistry, 24(3), 1987.
- 11.- Gabel, D.L., Samuel, K.V., *High school student's ability to solve molarity problems and their analog counterparts*, Journal of Research in Science Teaching, 23(2), 1986.
- 12.- Gabel, D.L., Samuel, K.V. y Hunn, D., *Understanding the particulae nature of matter*, Journal of Chemical Education, 64(8), 1987.
- 13.- Holding, B., *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in Chemistry: summary report*, Children's Learning in Science Project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, The University of Leeds, 1985.
- 14.- Llórens M. J., *Comenzando a aprender Química, ideas para el diseño curricular*, Aprendizaje Visor, España, 1991.
- 15.- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M., Sanz Serrano, A., *Disoluciones*, en Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las Ideas de los adolescentes sobre la Química, Apartado 6.3, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: CIDE, Madrid, 1991.
- 16.- Prieto, T., Blanco, A. Y Rodriguez, A., *The ideas of 11-14-year-old students about the nature of solutions*, International Journal of Science Education, 11(4), 1989.
- 17.- Serrano, T. Y Blanco, A., *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*, Narcea, apuntes IEPS, 47, Madrid, 1988.
- 18.- Schollum, B., *Chemical change*, Hamilton, Learning in science project, University of Waikato, New Zealand, 1981.
- 19.- Stavridou, H., Solomonidou, C., Papadimitriou V., *Student-teachers' conceptions about physical and chemical transformations of matter*, Proceedings ATTI, 2nd ECRICE, Italia, Sep., 1993.
- 20.- Valdez S. *et al*, *Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de Química vinculados al tema de disoluciones*, Educación Química, 9(3), México, 1998.